



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

boletín

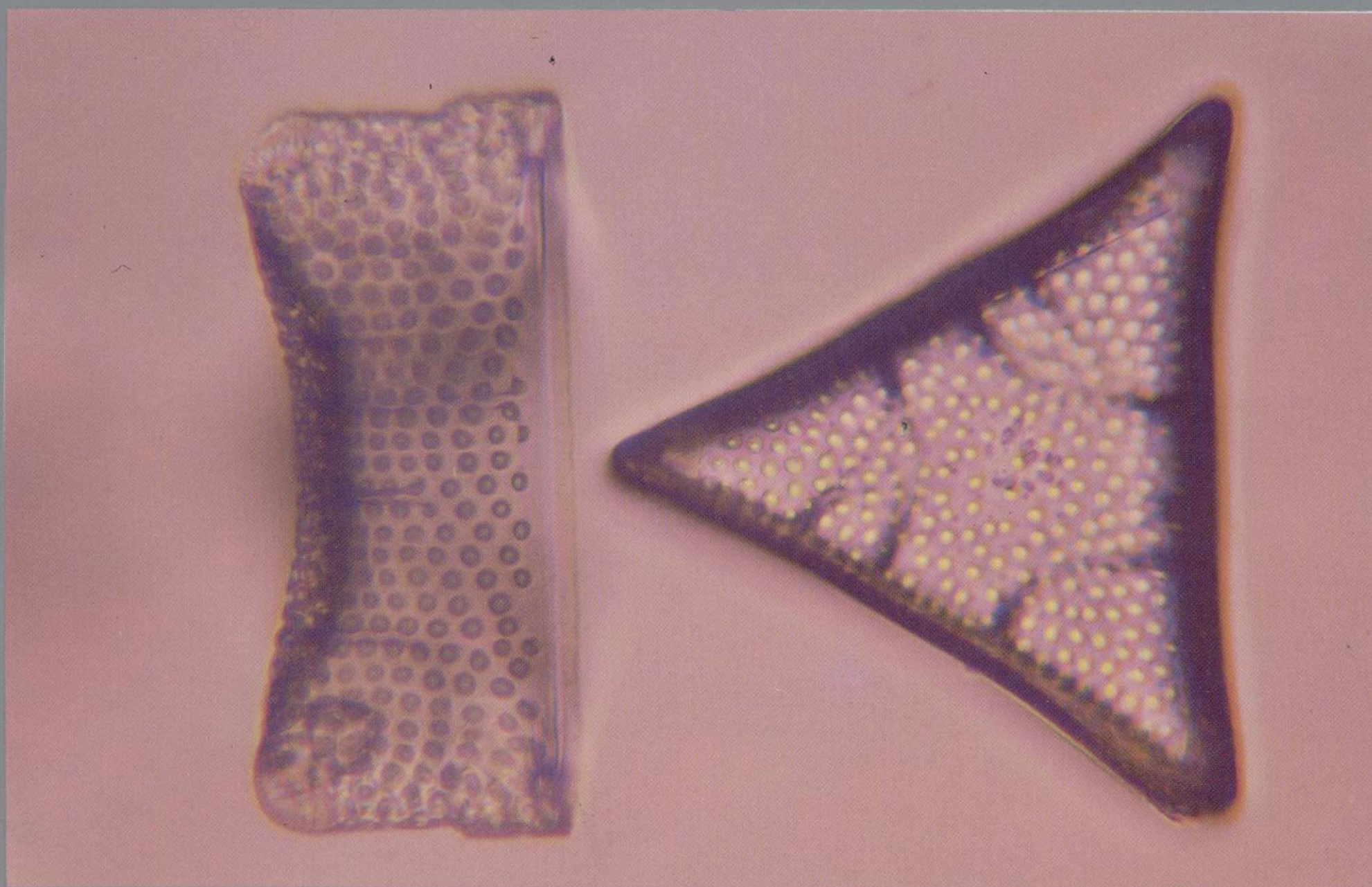
geológico

y minero

VOLUMEN 102

Enero - Febrero 1991

NUMERO 1



El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un «Geological Survey of Spain», es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R. D. 1.270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Volumen 102
Número 1
Enero - Febrero 1991

II, 1991
**boletín
geológico
y minero**

revista bimestral de geología, minería y ciencias conexas fundada en 1874 - 5.ª serie

Sumario

Geología	M.ª D. GIL CID: Caracterización paleontológica del Cámbrico de la zona de Ossa Morena (Z.O.M.) y sus paleorrelaciones con Marruecos y Centroeuropa 3
	R. PASTOR: La colección de Diatomeas del Instituto Tecnológico Geominero de España 19
	J. A. SANTOS GARCIA: Análisis sedimentológico y secuencias carbogénicas en un sector de la parte oriental de la Unidad Sobia-Bodón (Asturias, Cordillera Cantábrica) 93
Minería	A. RUBIO SANCHEZ-AGUILILLA y F. J. GARCIA FRUTOS: Procesos biotecnológicos en mineralurgia 108
Aguas Subterráneas	R. FERNANDEZ-RUBIO: Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén). Clausura del dique de estériles 119
Ingeniería GeoAmbiental	J. F. LLAMAS, E. CHACON y E. DE MIGUEL: Metales pesados en la atmósfera de Madrid 135
Geoquímica	S. DEL BARRIO MARTIN: Estudio e investigación de un espectrómetro de emisión plasma ICP aplicado a la prospección geoquímica multielemental. Parte I: Contribución del ICP al análisis de materiales geológicos 148
Información	Noticias y Notas bibliográficas 172

**DIRECCION, REDACCION
Y PUBLICACION**
Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid
Teléfono 441 70 67

**ADMINISTRACION, DISTRIBUCION
Y SUSCRIPCION**
Doctor Fleming, 7, 2.º - 28036-Madrid
Teléfono 250 02 03

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
GEOMINERO DE ESPAÑA**

**CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos

Los derechos de propiedad de los trabajos publicados en esta obra fueron cedidos por los autores al Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Triceratium stokesianum, Greville.

Preparación microscópica de E. FUNGAIRIÑO, realizada en 1894 utilizando la técnica de las preparaciones sistemáticas de E. CABALLERO, empleada en la mayor parte de la colección de este Instituto.

Proceden del yacimiento de Morón, Sevilla.

Optica empleada:

Objetivo Planacromático Zeiss-Jena, de 20 × y 0,40 A. N.

Proyectivo Zeiss-Jena Mf núm. 4.

Condensador aplanático Zeiss-Jena 1,40 A. N.

Luz polarizada.

Aumento de esta Impresión: 600 ×.

Aumento del original obtenido sobre Diapositiva Agfachrome 50 RS, 100 ×.

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

ISSN 0366 - 0176

NIPO 232 - 91 - 020 - 2

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

Caracterización paleontológica del Cámbrico de la zona de Ossa Morena (Z.O.M.) y sus paleorrelaciones con Marruecos y Centroeuropa.

Por M.^a D. GIL CID (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se hace una recopilación de los datos tanto de carácter bioestratigráfico como paleontológico, de la zona de Ossa Morena, en el SO español, para el Cámbrico, y se emiten hipótesis sobre sus relaciones con las series de igual edad en el norte de Marruecos.

Palabras clave: Cámbrico, Ossa Morena, Paleontología, Bioestratigrafía.

RESUMÉ

Ce travail est une récapitulation des informations sur les aperçus biostratigraphiques et paléontologiques de la zone de Ossa Morena au SW de l'Espagne pendant le Cambrien; on propose une hypothèse sur leurs rapports avec les séries du même âge au Nord du Maroc.

Mots clef: Cambrienne, Ossa Morena, Paleontologie, Biostratigraphie.

INTRODUCCION

Las sucesivas divisiones del Macizo Hespérico a partir de LOTZE, F. (1945) han permitido la separación entre las zonas que actualmente se conocen con las denominaciones de zona de OSSA MORENA (Z. O. M.) y ZONA CENTRO IBERICA (Z. C. I.). Durante la última década ha sido objeto de discusión científica la posición y naturaleza del límite entre ambas zonas; nuestros trabajos de investigación recientes han aportado, entre otras cosas, que dicha separación habría que caracterizarla para cada etapa geocronológica.

Durante el Precámbrico y buena parte del Cámbrico, los materiales situados al SO del batolito de Pedroches presentan comprobadas afinidades

* Departamento de Paleontología e Instituto de Geología Económica. Facultad de Ciencias Geológicas. CSIC-UCM. 28040 Madrid.

Este trabajo está enmarcado en el Proyecto PB 880046 de la CICYT.

nord-africanas, en tanto que a partir del Cámbrico Superior-Ordovícico Basal esa línea divisoria podría situarse más al SO, quedando emplazado en lo que más tarde sería el límite tectono-hercínico Porto-Badajoz-Córdoba.

El análisis de secuencias y los cuadros bioestratigráficos, paleoecológicos y evolutivos constituirían las herramientas a utilizar para llevar a cabo estos objetivos dentro de los materiales del Cámbrico y Ordovícico.

MARCO HISTORICO DEL PROBLEMA SOBRE EL LIMITE Z. O. M. - Z. C. I.*

Como consecuencia de los trabajos de investigaciones geológicas de carácter general en la Península Ibérica, surgió, de forma algo prematura, la tendencia a realizar en los terrenos hispanos

* Z. O. M.: Zona de Ossa Morena, y Z. C. I.: Zona Centro Ibérica.

unas divisiones que los «compartimentaban» en unidades con características geológicas propias.

Esta tendencia aparece expresada implícitamente en los primeros mapas, así como en la forma de estructurar los trabajos que van apareciendo sobre geología regional.

Los criterios que van a ser utilizados para la realización de estas divisiones obedecen o reflejan uno de estos tipos:

- a) Criterios de tipo cronológico (vg., «áreas arcaicas», primarias, etc.).
- b) Criterios de carácter geográfico (vg., Meseta, Montes de Toledo, Sierra Morena, Catalánides, etc.).

Ya en los comienzos del siglo XX se tuvo constancia de que la Península Ibérica tenía un sustrato pre-Mesozoico importante, el cual afloraba de forma masiva en las áreas occidentales de la misma, así como en los núcleos de las Cordilleras Alpinas. Después de diferentes tentativas, HERNANDEZ PACHECO, E. (1932) estableció el definitivo concepto y nombre de «MACIZO HESPERICO».

Es bien diferente este término que el pretendido sinónimo de Macizo Hespérico, ya que este último distingue el *nudo geográfico* que entronca la Cordillera Ibérica y la de la Demanda.

De forma casi simultánea se fue comprobando que las unidades clásicas tales como Macizo Astur-Galaico, Meseta Central, Montes de Toledo, etc., no se correspondían con unidades geológicas con identidades propias.

Los trabajos de F. LOTZE (1945 a y b) marcaron un momento crucial en el planteamiento de la macroestructura peninsular; estos trabajos han sido quizá los que mayor difusión han tenido, si bien, en mi opinión, aún contienen la posibilidad de realizar análisis más completos.

De la traducción directa realizada por J. M. RIOS podemos resaltar el siguiente texto por considerarlo clarificador: «...el basamento antiguo de la Meseta Ibérica es, en su totalidad, *variscico*. No se destacan, por consiguiente, como dijo STAUB, elementos distintamente determinados como un bloque arcaico, y estructuras caledónicas y hercínicas. Y, sin embargo, también dentro de los cuerpos estructurales variscos, podemos reconocer separaciones entre *distintas zonas*, diferenciadas entre sí por la diversa participación en su

estructura de las rocas intrusivas y metamórficas de las diferentes formaciones del Paleozoico sedimentario.

A este respecto podemos dividir el macizo de la Meseta, entre el mar Cantábrico al norte y la punta suroeste de Portugal, en las siguientes zonas:

1. Zona Cantábrica.
2. Zona Astur-Occidental-Leonesa.
3. Zona Galaico-Castellana.
4. Zona Luso oriental-Alcudiana.
5. Zona de Ossa Morena.
6. Zona Sur-Portuguesa...»

De estos párrafos se deducen, inmediatamente, los siguientes apartados:

- a) LOTZE suponía la inexistencia de núcleo antiguo estructurado en tiempos prehercínicos.
- b) Utilizaba como criterios para realizar la separación de «zonas» diferencias de tipo regional en cuanto a magmatismo y metamorfismo hercínico.
- c) Empleaba por *primera vez* el nombre de *Ossa Morena* (que hoy se conserva, si bien para un ámbito geográfico modificado), y el de «Luso oriental-Alcudiana» para referirse al sector centro ibérico, más meridional y contiguo a aquélla.

Así pues, para LOTZE, las características esenciales que definen y que, por ende, diferencian a estas zonas, son:

A) Zona Luso oriental-alcudiana

1. Semejanzas con la Astur occidental-Leonesa.
2. Predominio absoluto del Paleozoico Inferior y Medio, desde el «Cámbrico Inferior» (que actualmente podemos constatar como Precámbrico [Alcudiense]) hasta el «Devoniano Superior bajo».
3. Hiato discutible en la base de la «Cuarcita Armoricana»; en algunos lugares aparece sobre el denominado «Cambriano» y en otros se intercala un posible «Tremado-ciense».
4. Información contrapuesta sobre el carácter concordante o discordante de la base del «Devoniano».

5. Plegamiento varisco pre-Pérmico (al O) a pre-Stephaniense (al E).
6. Vergencias confusas o variables. Areas con «replegamientos».
7. El plutonismo en el sector O presenta grandes cuerpos graníticos, lo que da similitud con la zona Galaico-Castellana.

B) Zona de Ossa Morena

1. El flanco NE, constituido por un largo, estrecho y discontinuo plutón granítico (alineación formada por los complejos plutónicos de Alburquerque, Mérida, Vegas Altas del Guadiana y Los Pedroches).
2. Esta zona es la más variada, abigarrada y movida de toda la Meseta Ibérica.
3. Presencia de «rocas cristalinas», cuya edad «arcaico-algónquica» discute LOTZE.
4. El yacente del Cámbrico lo forma un potente «Algonquiense» desarrollado como formación porfiróide, el cual está ligado por tránsito con el «Algonquiense» de Azuaga.
5. El Cámbrico ofrece una potente sedimentación de mar geosinclinal variadamente dividida, que presentó finalmente un extenso vulcanismo submarino.
6. «El Siluriano (Ordovícico + Silúrico en términos actuales) están representados igualmente por considerables potencias y sin interrupción desde el Arenigiense (transgresivo) hasta el Ludlowense».
7. «El Silúrico y Devoniano están ligados uno a otro por tránsito y concordancia...».
8. «El Devoniano (que alcanza aproximadamente hasta la parte baja del Devoniano Medio) muestra conformación clástica, en parte de carácter pelágico, en oposición de lo que ocurre en el resto de España, donde predomina el desarrollo calizo...».
9. También existe un *Carbonífero Inferior* marino presente en la parte sureste de la zona bajo la forma de estrechas cuencas y manchadas aisladas.
10. «El desarrollo del *Carbonífero Superior* que

se presenta en pequeñas depresiones asinclinadas es puramente límnico...».

11. «Las orogénesis han hecho acto de presencia en repetidas veces...».
12. «El *plegamiento sárdico* tuvo mayor importancia cerca del borde suroeste en la zona y... parece extinguirse en dirección al nordeste».
13. El plegamiento principal varisco sería bretónico en Azuaga; otros serían subbéticos (Llerena). En algún sitio pre-Westfaliense / pre-Stephaniense y post-Pérmico Inferior (Cuenca del Viar), carácter germánico. En conjunto, las fases precoces condicionan más la estructura de la serie.
14. Las directrices axiales dominantes de los pliegues similares a las de la zona Luso oriental-Alcudiana (NO-SE dominantes), pero con vergencias dominantes al SO y flancos invertidos frecuentes.

Como consecuencia del análisis entre los apartados precedentes A y B podemos afirmar que LOTZE empleó criterios múltiples para diferenciar ambas zonas, si bien en nuestro caso podemos confeccionar un tercer apartado propio de análisis a ambos y en el que incluiríamos los siguientes puntos:

- a) No todas las divisiones en zonas llegan a significar un *contraste brusco*, sino que *podrían* quedar suficientemente explicadas mediante un tránsito gradual lateral de condiciones.
- b) El conocimiento de las zonas 4 y 5, podemos calificarlo, en aquellos momentos, de precario y, en algunas de las consideraciones expuestas han sido comprobadas recientemente como inexactas.

A partir de la división y nomenclatura en zonas de LOTZE, han aparecido en los últimos veinticinco años una gran cantidad de trabajos que han introducido variaciones implícita o explícitamente en la zonación peninsular. Para estos trabajos *proponemos* una agrupación en tres categorías:

- a) Aquellos que aportan progresivas modificaciones de los límites como consecuencia del avance en el conocimiento regional.

- b) Los grandes modelos propuestos para conexiones hercínicas de la Península con Europa, basados fundamentalmente en síntesis bibliográficas, que modifican a veces la estructura peninsular para que encaje con los esquemas preestablecidos del resto de la cadena.
- c) Trabajos que proponen enmiendas sustanciales al modelo de LOTZE y que modifican límites e incluso la entidad de algunas zonas. Como es evidente nuestro interés se centra en los trabajos encajables en nuestro apartado c).

Así, y dentro de los Antecedentes a la diferenciación entre la Zona de Ossa Morena y la Zona Centro Ibérica, estaría el de LLOPIS (1964), el cual muestra un esquema paleotectónico hercínico de España que para la región limítrofe «Ossa Morena - Centro Ibérica» es acorde con los recientes mapas de isopacas paleozoicas; este trabajo de LLOPIS ignora la zonación de LOTZE, si bien no la contradice sustancialmente. Contrariamente a LOTZE, LLOPIS no señala un límite neto Ossa Morena-Centro Ibérica, que estaría en el «Arco Oretano» entre las «Oretánides» al NE y las «Beturides» al SO, a la vez que recalca la existencia de un zócalo precámbrico con deformación karelida o incluso más antigua.

Otro trabajo clave para nuestro objetivo es el de JULIVERT et al. (1972), el cual presenta el Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, que incluye una nueva división del Mesozoico Ibérico y que sustituye a la de LOTZE; la propuesta por JULIVERT es la más comúnmente aceptada. La Zona Centro-Ibérica de estos autores engloba a grandes rasgos la Galaico-Castellana y la Lusoriental-Alcúdice de LOTZE, conserva Ossa Morena y sigue admitiendo como límite con la anterior el complejo batolítico de Los Pedroches, pero lo modifica al O haciéndolo coincidir con el cabalgamiento de FERREIRA DO ZEZE, que llega a ser casi N-S.

Del trabajo de JULIVERT et al. (1972) se pueden establecer caracteres diferenciales entre las zonas que nos ocupan, es decir, Zona Centro-Ibérica (Z. C. I.) y Zona de Ossa Morena (Z. O. M.).

A) Características fundamentales de la Z. C. I.

1. Carácter transgresivo de la cuarcita ordo-

vívica inferior que *no descansa* de modo continuo sobre el Cámbrico.

2. Sucesión preordovícica monótona con pobre diferenciación de Precámbrico y Cámbrico.
3. Núcleos precámbricos antiguos dudosos (Miranda de Duero, Toledo), y otros seguros y peculiares en la subzona galaico-transmontana con macizos y fosas que tendría además de materiales polimetamórficos (hasta eclogítico-granulíticos), otros precámbricos más jóvenes monomelanóforos.
4. Ordovícico bastante completo, con espesores medios, separado por una variable laguna de un Silúrico ubicuo con anomalías locales. Pobre representación de los depósitos silúricos.
5. Salvo en Galicia-Tras os Montes, dominio de largos sinclinales con escasa vergencia (si acaso hacia el SO).
6. Metamorfismos más altos (silimanita) se dan en la subzona del NO, y el más bajo, que alcanzan clorita, hacia el centro y SE.

B) Características fundamentales de la Z. O. M.

1. Gran extensión de afloramientos de edad Precámbrica y Cámbrica.
2. El Precámbrico aflora en varias fajas alargadas; según autores precedentes existirían dos conjuntos litológicos: inferior con rocas metamórficas de grado medio a alto (gneises, anfibolitas, micaesquistos, cuarcitas), y superior, con más de 5.000 m. de grauwacas y pizarras. Además gneises (perfiroides) y al menos un plutón de edad precámbrica clara.
3. El límite Precámbrico-Cámbrico precisa en varios puntos un apoyo de fauna, pero el carácter de contacto, concordante o discordante, discutido.
4. El Cámbrico abundante al SO de la zona y bien datado. *Únicamente Cámbrico Inferior y Medio*. Espesores locales de hasta más de 2.500 m. (incluye potentes sucesiones carbonatadas y episodios volcánicos).

5. El Ordovícico, insuficientemente conocido. Espesores bajos o reducidos. «Cuarcita armoricana», sólo junto al límite con la C. Z. I.
6. Silúrico irregular. Ocasionalmente vulcanodetrítico y transgresivo (incluso sobre el Cámbrico). Hacia el SO llega a los 2.000 m. de espesor.
7. El Devónico es variable, según sectores; presenta carácter flyschoides hacia el SO. Hacia el NE es Devónico Inferior epicontinental, puede faltar el Devónico Medio y el Superior forma, junto al Dinantiense, una potente sucesión tipo flysch, con lentejones de rocas básicas.
8. Viseense Superior-Namuriense, en el eje Peñarroya-Bélmez-Cerro Muriano. Formado por conglomerados, areniscas, pelitas y calizas.
9. Primera fase hercínica, osicrona, pre-Viseense Superior, dio pliegues con suave vergencia SO y esquistosidad de plano axial.
10. Segunda fase hercínica, más variable localmente, incluso con crenulaciones. Los cabalgamientos hacia el NE podrían ser más tardíos.
11. Fracturación Stephaniense (vg., sistema ENE-OSO).
12. Dos grupos de rocas plutónicas hercínicas: a) Las del primero, al SO, son granitos, granodioritas y tonalitas, y tienen deformaciones pre-Stephanienses (sintectónicas y tardihercínicas). b) Las rocas del segundo grupo, más ubicuas y variadas: adamellitas y granodioritas con frecuentes inclusiones de dioritas y gabros; son postectónicas, mayoritariamente Stephanienses, y muestran fracturación tardía.
13. Metamorfismo hercínico variable con fuertes variaciones de gradiente, que, en parte, se explicaría por «efectos zócalo» de los materiales cristalinos precámbricos. En el eje Badajoz-Córdoba, paragénesis de presiones intermedias. En el eje Aracena, metamorfismo plurifacial con una etapa de baja presión y temperatura alta, seguida de otra etapa de alta presión.

Otro autor cuyos trabajos debemos tener en cuenta es ROBARDET (1976); este autor conserva la nomenclatura propuesta por JULIVERT et al. para las zonas; en este caso se supone que, en base a criterios de carácter bioestratigráficos, el límite C. Z. I. - Z. O. M. coincide con el gran accidente Porto-Badajoz-Córdoba; no toma partido sobre el significado de la banda blasto-milonítica asociada; probable dominio de sutura (CAPDEVILLA, 1976) o desgarre sinmetamórfico-hercínico tardío, con antecedencia compleja incluso precámbrica (BLADIER & LAURENT, 1974; ARTHAUD & MATTE, 1975). Esta propuesta de cambio de límite con desplazamiento de unos 50 kilómetros hacia el SO, tiene como características esenciales:

a) La utilización de criterios de provincialismo faunístico.

b) La consideración exclusiva del fragmento de sucesión posterior a la base del Ordovícico.

c) La suposición *a priori* de que ese fragmento de sucesión es, entre el eje de Badajoz-Córdoba y Los Pedroches, muy similar a su equivalente en la vecina Z. C. I.

- Otro de los trabajos a considerar por su significado es el de CHACON & PASCUAL (1979); estos autores consideran la existencia de cuatro bandas diferenciadas entre los núcleos de «Ossa Morena» y su borde NE. Estas cuatro bandas son, respectivamente:
1. Banda Elvas-Zafra-Alanís.
 2. Banda Puebla del Maestre-Usagre-Malcocinado.
 3. Banda Portalegre-Azuaga-Los Santos.
 4. Banda Mérida-Adamuz.

Las bandas 1 y 2 serían, por sus sucesiones precámbricas y paleozoicas, por la forma de relacionarse ambas y por el metamorfismo y plutonismo que las afecta, típicas de «OSSA-MORENA».

- La banda 3 sería «resultado» de las relaciones tectónicas entre las Z. C. I. y Z. O. M. situadas, respectivamente, al NE y SO de la línea tectónica de Azuaga, en la cual concuerdan con las ideas de ROBARDET.

La banda 4, Mérida-Adamuz, es considerada de estratigrafía similar a la de la Z. C. I., ya que

«...se caracteriza, en resumen, por el predominio de materiales del Paleozoico Medio y Superior, que, desde la base, compuesta por un conglomerado ordovícico, descansa sobre un complejo Precámbrico poco metamórfico en general...». Por tanto, esta banda sería ya claramente Centro Ibérica para estos autores.

CHACON, en un trabajo de 1982, da por sentado el traslado del límite Z. C. I. - Z. O. M. hasta el eje Badajoz-Córdoba, aplicando, entre otros, criterios estratigráficos diferenciales entre ambas zonas. Refiriéndose a la Z. C. I. ampliada indica: «Allí, bajo el conglomerado de base del Arenig, aparece el potente conjunto detrítico conocido como *Complejo Esquistos-Grauváquico*, cuya edad parece corresponder al Cámbrico más o menos bajo y, posiblemente, al Vendense (MORENO, 1974; GIL CID et al., 1976; DIEZ BALDA & FOURNIER VINAS, 1981)». Como es conocido, no es precisamente este el cuadro estratigráfico Precámbrico/Paleozoico de los núcleos antiforales de Peraleda, Campillo, Valle de la Serena y Oliva de Mérida, incluidos todos ellos en la pretendida ampliación de la Z. C. I. hacia el SO.

Para este autor, con perspectiva regional y haciendo hincapié en la Z. C. I., «...no hay que desestimar la posibilidad de que la historia tectonometamórfica de esta región sea hercínica, como señalaron otros autores anteriormente...». En lo que se refiere a la faja milonítica puede ser interpretada como resultante de la *colisión continental*, por lo que las Zonas Centro Ibérica y Ossa Morena *quedarían empiladas entre sí, la segunda cabalgando sobre la primera*. Por otra parte, la coexistencia de gneises alcalinos, anfíbolitas, paleoeclogitas, serpentinitas y olivinitas en un complejo metamórfico predominantemente cuarzo-feldespático, ha sido señalado como indicativo de *paleosutura entre placas continentales colisionadas* (BARD & CARUBA, 1981). A favor de la posibilidad de que la faja milonítica represente el afloramiento de una zona de fricción subplanar entre la placa cabalgada (Z. C. I.) y la cabalgante (Z. O. M.) estaría el hecho de que el límite actual entre ambas zonas se encuentra al NE de la faja milonítica y determinado por una falla postcolisión como es la falla de Hornachos, que delimita las sierras ordovícicas más meridionales de la Z. C. I.

El límite Z. C. I. / Z. O. M. actualmente

Expresándolo de modo esquemático, el estado actual del problema es el siguiente:

1. Numerosos autores, además de los reseñados, proponen nuevos límites entre la Z. C. I. y la Z. O. M., siempre situados decenas de kilómetros al SO del originariamente propuesto por LOTZE.

Al O de Portugal este límite no se discute, ya que allí el contacto entre las zonas es una neta banda de fractura (para RIBEIRO et al., 1980, sería la línea de cizallamiento Porto-Tomar, en forma de arco prácticamente N-S, con un desplazamiento dúctil de 60-80 kilómetros e independientemente de los desgarramientos longitudinales paralelos al eje Badajoz-Córdoba).

2. Las nuevas propuestas de límites se basan en diferencias estratigráficas, tectónicas, magmáticas o paleobiogeográficas entre ambos lados de una línea o banda.
3. Frecuentemente, esas propuestas se refuerzan adjudicando al límite postulado un papel primordial en un esquema hercínico regional: zona de sutura, colisión, subducción, etc. Aún no hay un modelo hercínico incontestable e incluso existe un grave confusiónismo al utilizarse en muchos modelos elementos tectónicos, magmáticos e, incluso, estratigráficos, que realmente son prehercínicos.
4. No existen todavía los datos objetivos (mapas, dataciones, estratigrafía fina) necesarios para proponer un nuevo límite que mejore sustancialmente el clásico. En nuestra discusión mostraremos los datos que han introducido perturbaciones en los modelos regionales.
5. El conocimiento regional es aún hoy precario, y ello hace prematuro el intento de una nueva división del sector suroccidental del Macizo Hespérico. No obstante, vamos a exponer algunas orientaciones respecto a criterios que deberemos tener en cuenta para lograr nuestro fin.

Datos recientes y su significado

Se trata de informaciones de fácil acceso para

su comprobación en los lugares que se indica. Proceden de una ancha banda SO-NE que atraviesa cumplidamente el área problema. En este sentido SO-NE se encuentran las comarcas a que hacemos referencia.

1. Plataforma de Llerena-Puebla del Maestre (región del Viar).
2. Complejo de Zafra-Alconera.
3. Complejo de Alanís.
4. Núcleo de la Banda Badajoz-Córdoba.
5. Complejos de la Sierra de Córdoba.

6. Macizo Hornachos-Don Benito.
7. Complejo batolítico de Los Pedroches-Plutón de las Vegas Altas.
8. Sierra de Castuera.
9. Plataforma de La Serena-Alcudia occidental.
10. Areas de Los Navalucillos-Cortijos-Urda.

Desde el punto de vista estratigráfico, y haciendo una síntesis con los datos existentes hoy, podríamos elaborar un esquema estratigráfico aplicable a la región que abarca las antecitadas comarcas:

Edades	Unidades cronoestratigráficas	Carácter
Devónico	Superior	Detrítico + carbonatado (marino epicontinental)
	Inferior (+ Medio pp.)	Detrítico + carbonatado (marino epicontinental)
Silúrico	Indiferenciado	Detrítico + volcánico (marino)
Ordovícico	Arenigiense pp. «Ashgillense»	Detrítico marino (distalidad variable)
	Ordovícico basal (Tremadoc pp. + Arenig pp?) ...	Detrítico + vulcanoclástico (marino epicontinental)
Cámbrico - Ordovícico	Cámbrico Sup. (?) Hunnebergiense - Tremadoc pp. ...	Detrítico marino epicontinental
Cámbrico	Cámbrico Medio	Detrítico y volcánico marino epicontinental
	Cámbrico Inferior	Detrítico, carbonatado y vulcanismo marino epicontinental
Precámbrico Terminal ...	Superior	Vulcanismo y vulcanoclástico andesítico. Epicontinental
	Inferior	Vulcanoclástico ácido epicontinental.

Objetivos principales

El desarrollo del presente trabajo contempla la obtención de unos objetivos que podemos calificar de *Principales* o *Prioritarios*; entre estos objetivos está la comprobación de si tal y como hemos planteado en nuestras investigaciones previas, las Zonas de Ossa Morena (Z. O. M.) y de Centro Ibérica (Z. C. I.), representan algo más que dos zonas del Macizo

Hespérico caracterizadas y distinguidas entre sí en base a criterios de tipo convencional, o bien si realmente corresponden a sendos *litoferoclastos* cuya *paleoaproximación* se realizaría al menos desde el «Precámbrico terminal», y cuya *culminación* podría ubicarse en el *Cámbrico Superior*; si, por el contrario, ambas zonas correspondieran a sectores muy diferentes dentro de una misma cuenca, debería establecerse el modelo

de ésta con los datos paleoecológicos más característicos y definitorios. Para ello se intenta estudiar la evolución de la cuenca en el tiempo en el espacio, poniendo especial énfasis en la evolución de la cuenca Cámbrica, que da paso a la Ordovícica, para así establecer el cuadro paleobiogeográfico que confirme o rebata la antecitada paleoaproximación. Asimismo, es necesario comprobar, utilizando criterios bioestratigráficos y paleoecológicos, la hipótesis que supone para el Ordovícico la existencia de una barrera continental en el núcleo de Ossa Morena, de modo que la cuenca suroccidental quedaría separada de la nororiental común ya en Centro Ibérica.

Este objetivo pretende establecer la unidad o dualidad de origen de dos de las zonas del «Macizo Hespérico», así como acotar temporalmente el momento en que comienza la historia común.

Además de estos objetivos principales podemos establecer o fijar unos objetivos parciales, más concretos, y que tratarían de obtener respuesta razonada y científica a las siguientes cuestiones:

- ¿Constituye Ossa Morena un fragmento de paleocorteza de afinidades faunístico-sedimentarias nord-africanas yuxtapuesto al grueso del Macizo Hespérico antes del Ordovícico?
- Los materiales que constituyen el Precámbrico que flanquea la línea divisoria Ossa Morena / Centro Ibérica, ¿es radicalmente diferente a ambos lados del mismo?
- Los materiales del Precámbrico terminal de la Z. C. I. y de la Z. O. M., ¿reflejan un suave movimiento de aproximación de placas?
- ¿Cuál es el cuadro tectono-sedimentario y paleoecológico que reflejan los materiales del Cámbrico en ambas Zonas?
- Los diferentes vulcanismos detectados en el Precámbrico, Cámbrico y Ordovícico basal, ¿corresponden a un cuadro tectono-magmático de placas convergentes?
- ¿Cuál sería el cuadro paleoecológico de la cuenca Cámbrica y sus cuencas adventicias en Ossa Morena?
- ¿Existió un surco activo durante el Ordovícico sobre la línea de paleoaproximación o sutura?

- La hipotética barrera del núcleo de Los Pedroches, ¿constituía una interrupción continua o discontinua? ¿Afectaba a las faunas o también era un obstáculo para los aportes de sedimentos?

LOS TRILOBITES CAMBRICOS DE LA ZONA DE OSSA MORENA (Z. O. M.)

El primer hallazgo en España de faunas cámbricas se debe a Casiano DE PRADO, el cual, en 1855, cita la existencia en los Montes de Toledo de unas areniscas con Trilobites, los cuales, según VERNEUIL y BARRANDE (PRADO, 1855), hacen suponer en España la existencia de la denominada «Fauna Primordial».

En la Sierra Morena el primer hallazgo de Archeociatos se debe a MAC PHERSON, el cual, en 1878, encontró un ejemplar en las proximidades del «sitio llamado Campayar» (Sierra Morena), y que fue clasificado por ROEMER (1878) como *Archeocyathus marianus*.

En la denominada Zona de Ossa Morena existen una gran abundancia de afloramientos de materiales datados como Cámbricos, unas veces en base a su contenido fósil (Archeociatos, Trilobites, Braquiópodos), y otras, por estar situados estratigráficamente por debajo del nivel carbonatado, del Cámbrico Inferior, con Archeociatos.

Los afloramientos Cámbricos los encontramos localizados al sur del eje Badajoz-Córdoba, y al norte, ocupan el sinforme de Zafra-Alanís (fig. 1).

La sucesión Cámbrica consta de tres conjuntos:

- Serie inferior detrítica.
- Serie media carbonatada.
- Serie superior detrítica.

La serie inferior nos presenta sucesiones que marcan el límite Precámbrico-Cámbrico y los términos más inferiores del Cámbrico; la serie detrítica inferior no ha proporcionado fósiles hasta ahora, si bien ha sido atribuida al Cámbrico Inferior por su posición estratigráfica (LAUS, 1968; SUHR, 1969; VEGAS, 1971). Recientemente, LIÑAN et al. (1981) proponen en el sector de Zafra que la parte alta de esta serie detrítica inferior (Formación Torreárboles) sea considerada de

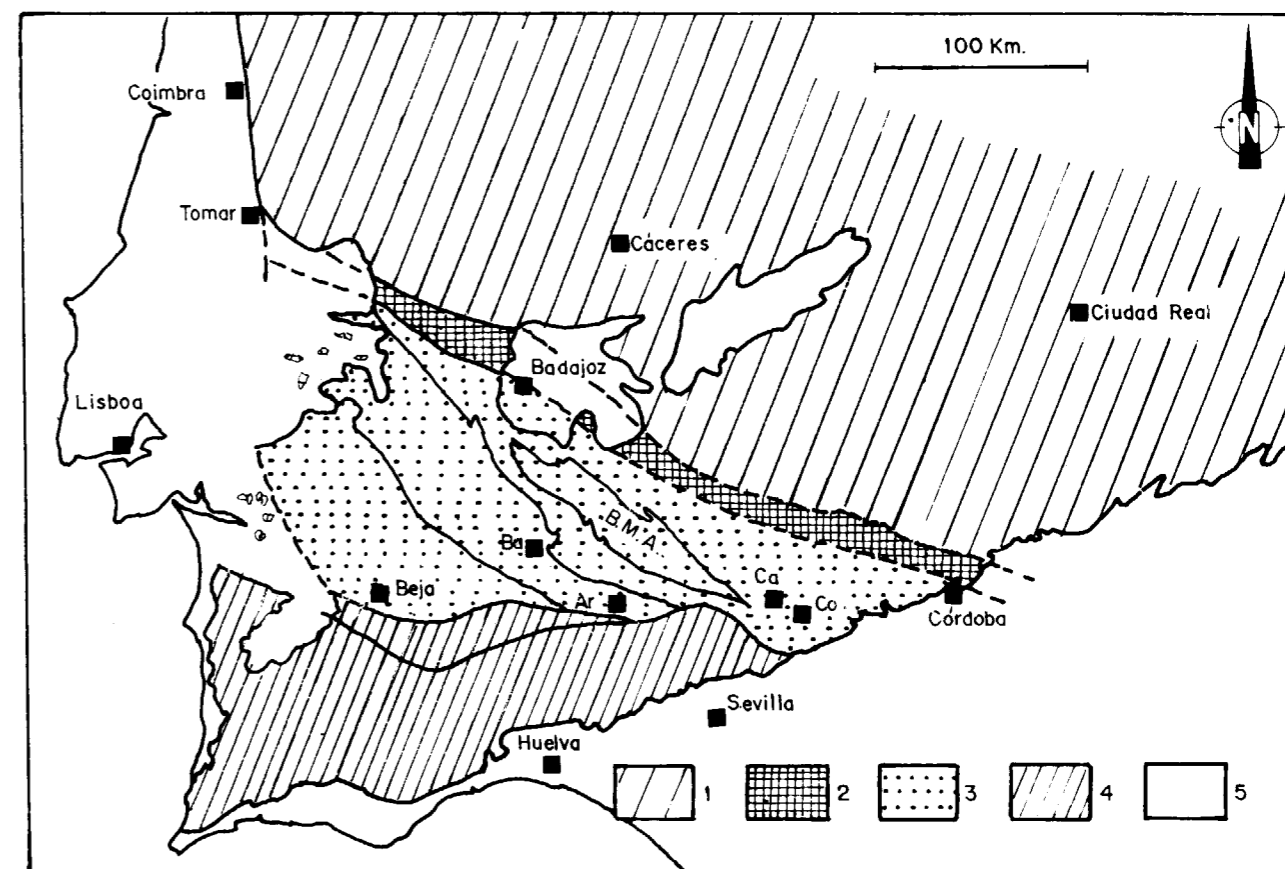


Figura 1.—SO del Macizo Hespérico según JULIVERT et al. (1974) y BURG et al. (1981). 1: Z. C. I.; 2: Zona Tomar-Badajoz-Córdoba; 3: Z. O. M.; 4: Zona Sur Portuguesa; 5: Formaciones Post-Paleozoicas.

edad Tommotiense, en base a la presencia de *Planolites* y *Teichichnus*.

La serie carbonatada se sitúa por encima de la serie detrítica inferior, y aflora extensamente en toda la zona de Ossa Morena.

En la Sierra de Córdoba (LIÑAN, 1978; LIÑAN y SDZUY, 1978) se han encontrado las faunas más antiguas de Trilobites. El hallazgo se refiere al género *Lemdadella* Sdzuy (1978), el cual era conocido únicamente en la base de la zona de *Fallotaspis tazemmourtensis* Hupé (1953), del Anti-Atlas; este hallazgo constituyó un argumento de gran importancia para el establecimiento de las estrechas relaciones entre las faunas de Trilobites del Cámbrico Inferior de Ossa Morena y las del Anti-Atlas.

Caracteres del Cámbrico Inferior

En el trabajo de P. HUPE de 1953 sobre el Precámbrico III y el Cámbrico Inferior del Anti-Atlas marroquí, se establecen ocho zonas en las cuales aparece un reparto vertical de las especies de Trilobites que allí se encontraron; en estas zonas el registro obtenido refleja, en gran medida, el que actualmente nos suministran los yacimientos de edad Cámbrico Inferior de la Z. O. M. (Alanís, Cumbres Mayores, Cala, Puebla del Maestre, Nogales, Alconera, Llerena, Sierra de Córdoba).

SDZUY, en 1971, indica la caracterización por géneros de Protolénidos, Elipsocephálidos y Redlichidos, la parte más baja del Cámbrico Inferior español; la parte media se caracteriza fundamen-

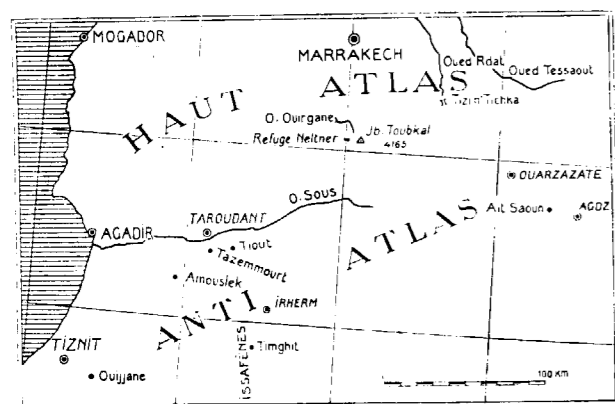


Figura 2.—Situación de la región de Marruecos con las principales localidades fosilíferas (HUPE, 1953).

talmente por *Triangulaspis* y *Delgadella*, y la parte más alta se caracteriza por la ausencia de Olenellidos y el dominio de Doleronidae s.l. (tabla 1); asimismo, establece las relaciones con el Anti-Atlas (tabla 2), relacionando los fósiles de Trilobites más característicos para el Bilbiliense, Marianense y Ovetiense.

Recientemente, los trabajos sobre las faunas del Cámbrico Inferior, principalmente Trilobites, llevadas a cabo por LIÑAN (1978-1986) y GIL CID (1972-1988), han ido completando el listado de géneros y especies encontrados en las diversas localidades de la Z. O. M.

Así, para el Cámbrico Inferior tendríamos que

TABLA 1

CORDILLERA IBERICA	OTRAS REGIONES	FOSILES CARACTERISTICOS	PISOS	
Capas de Valdemiedes	Los Cortijos Guadalcanal 3, Alanís Guadalcanal 2, Cala 2, Llerena Cala 1, Vila Boim Guadalcanal 1 Los Barrios d. L. (Hermida) (Concha de Artedo)	<i>Paradoxides murenoensis</i> <i>Hamatolenus</i> , <i>Termierella</i> <i>Realaspis</i> , <i>Pseudolenus</i> Protolenidae, Ellipsocephallidae <i>Saukianda</i> , <i>Perrector</i> , <i>Strenuaeva</i> <i>Serrodiscus</i> s. <i>silesius</i> <i>Judomia?</i> , <i>Hicksia</i> , <i>Delgadella</i> , <i>Gigantopygus</i> , <i>Triangulaspis</i> <i>Andalusiana</i> , <i>Triangulaspis</i> <i>Strenuaeva</i> , <i>Kingaspis</i> , <i>Lusatiops</i> <i>Dolerolenus</i> , <i>Anadoxides</i> , <i>Lunolenus</i> <i>Anadoxides</i> , « <i>Wutingaspis</i> » <i>Pararedlichia</i> , <i>Bigotinopsidae</i>	Bilbiliense	Unterkambrium C
Arenisca de Daroca				B
Pizarras de Huérmeda			Ovetiense	A
Dolomías del Ribota				
Capas del Jalón				
Capas de Embid				
Cuarcita del Bámbola				

el registro de Trilobites podría resumirse tal como sigue:

- Termierella sevillana* Sdzuy, 1961
- Protaldonaia morenica* Sdzuy, 1961
- Andalusiana cornuta* Sdzuy, 1961
- Alanisia onyx* Richter, 1941
- Perrector perrectus* Richter, 1941

- Strenuaeva insecta* Richter, 1941
- Alanisia* sp.
- Saukianda andalusiae* Richter, 1941
- Strenuaeva sampelayoi* Richter, 1941
- Eops eo* Richter, 1941
- Delgadella souzai* Delgado
- Lemdadella linaresae* Liñan y Sdzuy, 1978
- Lemdadella tioutensis* Sdzuy, 1978

TABLA 2

NEWFOUNDLAND	COMLEY	PENINSULA IBERICA	ANTI-ATLAS	SIBERIA
<i>Protolenus</i> zone	Ac 5 <i>Protolenus</i> Ac 4 <i>Strenuaeva</i>	Bilbiliense	Aguiliz	Lena ?
<i>Callavia</i> zone	Ac 3 <i>S. bellimarginatus</i> Ac 1 Ac 2 <i>Callavia</i>	Marianense	Tasousekht	Botoma
<i>Callavia</i>	Ab <i>Fallotaspis?</i>	Ovetiense	Timghit	Aldan
<i>Coleoloides</i> zone	<i>Coleoloides</i>		Amouslek	
			Assadas	

- Pararedlichia ovetensis* Sdzuy, 1978
- Bigotina* sp.
- Gigantopygus bondoni* Hupé, 1953
- Hicksia* sp.
- Serrodiscus speciosus* Ford, 1873
- Hebediscus* sp.
- Pagetiellus* sp.
- Serrania* sp.
- Proampyx* French, 1897
- Holmia* sp.

Estos Trilobites proceden de las localidades de Alanís, Santa María de Trassierra, Puebla del Maestre, Alconera, Nogales y Arroyo Pedroche, fundamentalmente, y los datos se basan en los publicados por LIÑAN y GIL CID, así como en datos inéditos de GIL CID (1990-91).

La información que suministran estos yacimientos establece una buena correlación con el Cámbrico Inferior de Marruecos.

Es de señalar el hecho singular de la existencia del enclave de Alanís (Sevilla); en esta localidad es en la única zona del Cámbrico Inferior europeo en que aparece la especie *Saukianda andalusiae* Richter 1941, presentando una paleoasociación similar a la de Marruecos (*Strenuaeva*, *Perrector*, *Eops*, *Gigantopygus* y *Resserops*); la especie *S. andalusiae* la podemos encontrar, asimismo, en el Cámbrico Inferior de Alconera y en Puebla del Maestre (yacimiento de Llerena), si bien en estos casos es una especie porcentualmente escasa

en cuanto a su representación fósil; también es de señalar el cambio de composición de la paleocomunidad, ya que en estos dos últimos casos está asociada a *Termierella*, *Rinconia*, *Sceneilla*, *Hylolitidos* y *Braquiópodos* inarticulados, no estando presente *Gigantopygus*, *Eops*, *Perrector* ni *Resserops*.

— Caracteres del Cámbrico Medio

El Cámbrico Medio está menos representado, en cuanto a cantidad de afloramiento, en la Z. O. M., que el Cámbrico Inferior.

La mejor sucesión, por sus características generales, considero que es la que se encuentra en la zona de Zafra. Allí, además, se puede observar claramente el tránsito Precámbrico-Cámbrico Inferior (Alconera) - Cámbrico Medio (Zafra).

El Cámbrico Medio de la zona de Zafra (figs. 3a y b) ha sido estudiado por GIL CID desde 1973, siendo varios los yacimientos que han suministrado faunas, tanto de Trilobites como de Braquiópodos (*Yorkia zafrensis* Melou y Gil Cid, 1988; *Jamesella iberica* Melou y Gil Cid, 1988), Equinodermos (género *Gogia*, inédito, comunicación personal de G. UBAGHS) e *Hylolites*. La relación de Trilobites para el Cámbrico Medio en esta región del SO del Macizo Hespérico, sería:

Paradoxides (tres especies)
Parabailiella sp.
Conocoryphe heberti (M. Chalmas)

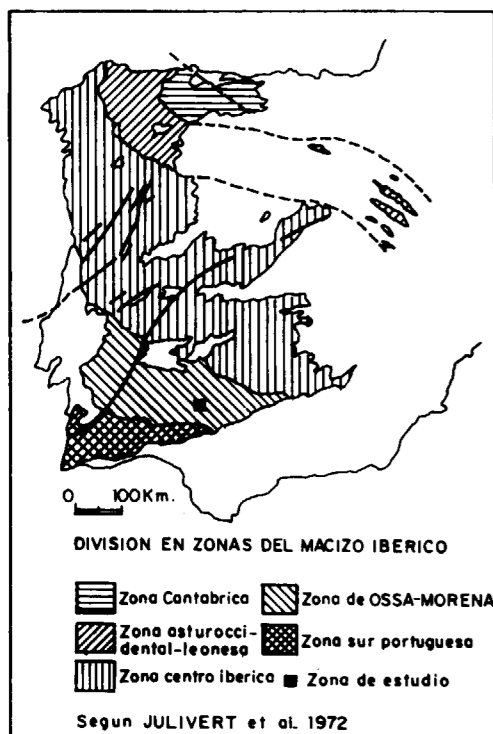


Figura 3a.—Situación geográfica de la zona de Zafra-Alconera, en el SO peninsular.

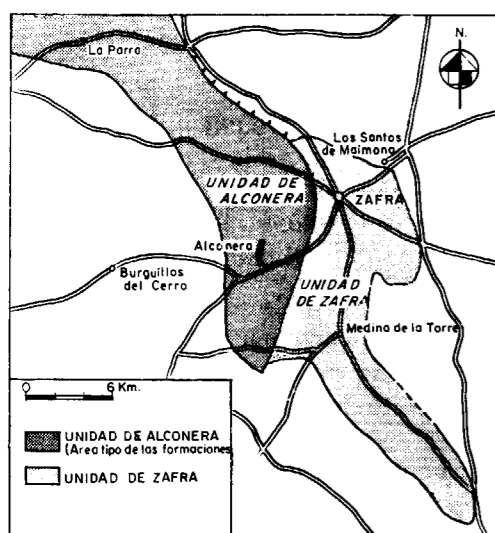


Figura 3b.—Distribución geográfica de la «Unidad Zafra» y de la «Unidad Alconera» (LIÑAN et al., 1981).

Ctenocephalus cf. *bergeroni*
Pardailhanis hispida
Sao hirsuta
Jincella sulcata
Condylopyge rex
Acadolenus sp.
Eccaparadoxides
Agraulos
Badulesia
Skreiaspis
Peronopsella

Existe una marcada diferencia entre las características del Cámbrico Inferior y las del Cámbrico Medio en los referentes a los Trilobites que aparecen en las sucesiones respectivas. Durante el Ovetiense la relación entre la Zona de Ossa Morena (Z. O. M.) y Marruecos es clara y estrecha, no siéndolo con el resto de la Península; esto ya había sido apuntado por varios autores (SDZUY, 1971; LIÑAN, 1984). Durante el Cámbrico Medio parece que tuvo lugar una situación de mayor comunicación entre faunas marinas, estableciéndose una homogeneización a nivel peninsular; así, tenemos la conquista de los mares cámbricos por las diferentes especies de *Paradoxides*, *Conocoryphidae* (s.l.); no obstante, quedan hechos singulares dentro de la Zona de Ossa Morena, como son la exclusividad de presencias tales como *Skreiaspis*, *Sao hirsuta*, *Jincella sulcata* y Braquiópodos como *Yorkia* y *Jamesella*, ausentes tanto en la Zona Centro Ibérica como en la Cantábrica.

Es de señalar, por tanto:

- Relación durante el Cámbrico Inferior entre la Zona de Ossa Morena con el norte de Marruecos, pudiéndose establecer ésta en base a identidades notables de faunas de Trilobites.
- El Cámbrico Inferior alto ofrece un carácter especial en los yacimientos de Cortijos de Malagón y Los Navalucillos (Ciudad Real y Toledo), proporcionando faunas de Trilobites «correlacionables» con las existentes en sucesiones equivalentes en el sur de Francia (Montagne Noire) (vg., género *Granolenus midi*, *Latoucheia*, etc.).
- Paulatina aproximación durante el Cámbrico Medio de la Z. O. M. al resto de la Península, con la consiguiente homogeneización.

- Durante el Ordovícico se obtiene una generalización de la situación, pudiéndose establecer identidades, a grandes rasgos, entre el Ordovícico del Macizo Armónico y el peninsular (fig. 4).

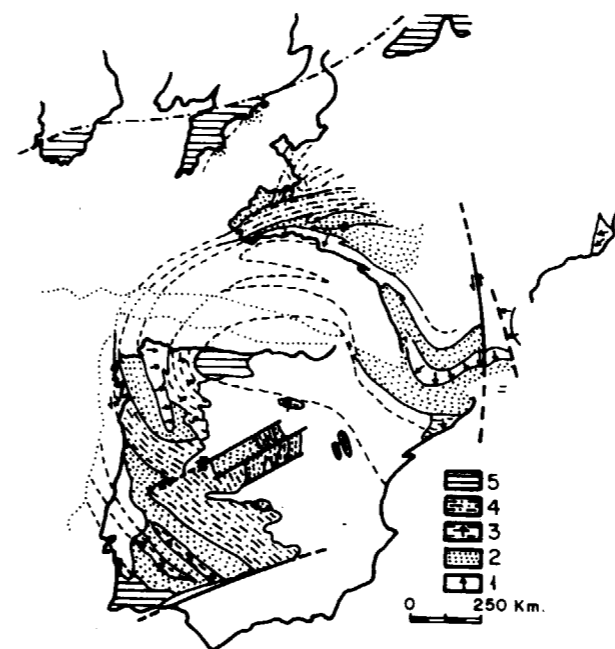


Figura 4.—Las diferentes zonas tectónicas de los segmentos hercínicos ibéricos y franceses.

- Es posible considerar, en virtud de los puntos anteriores, que durante el Cámbrico Inferior existiese una relación directa entre la actual Z. O. M. y Marruecos; ese área sufrió un paulatino acercamiento (litoferoclasto) al núcleo fundamental peninsular, estableciéndose una paleosutura como consecuencia de esa unión; el momento geológico en que se produjo y la posición exacta de dicha paleosutura, son todavía algo que necesita argumentarse aún más. No obstante, es un hecho que, durante el Cámbrico Medio, el proceso de homogeneización con la Península (Z. C. I.) ya es una realidad, en tanto que las relaciones con Marruecos se pierden; por otro lado, debemos pensar en una conexión/nes con Centroeuroa a través del área mediterránea (Cerdeña, Checoslovaquia, Bohemia, etc.), a partir del Cámbrico Inferior terminal.

REFERENCIAS

- BARD, J. P. (1964): *Observaciones sobre la estratigrafía del Paleozoico de la Región de Zafra (provincia de Badajoz, España)*. Not. y Com. ITGE, 76: 175-180.
- BARD, J. P. (1965): *Introduction à la géologie de la Chaîne Hercíniene dans la Sierra Morena occidentale (Espagne)*. Rev. Geogr. Phys., 7 (4): 323-337.
- BARD, J. P. (1969): *Le métamorphisme regionale progresif de Sierra d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne)*. Thèse Doct. Univ. Montpellier, 398 pp.
- BARD, J. P.; CAPDEVILLA, R.; MATTE, Ph., y RIBEIRO, A. (1973): *Geotectonic model of the Iberian Variscan orogen*. Nat. Physical Science, 241.
- BERGERON, J. (1988): *Note sur la presence de la faune primordiale (Paradoxidien) dans les environs de Terrals-Montagne (Herault)*. Bull. Soc. Geol. Fr., 3.ª ser., XVI: 282-285.
- BLAYAC, J. & THORAL, M. (1931): *Decouverte de Trilobites georgiens dans la Montagne Noire*. C. R. Acad. Sc. Paris, 192: 1250-1251.
- CABANAS, G. (1960): *Notas estratigráficas de la provincia de Córdoba*. Not. y Com. ITGE, 90: 77-80.
- COBBOLD, E. S. (1931): *Le genre Olenopsis en France*. Bull. Soc. Géol. Fr., 5.ª ser., 1: 561-571.
- COBBOLD, E. S. (1935): *Lower Cambrian faunas from Herault, France*. Ann. and Mag. Nat. Hist., pp. 25-48.
- COULLAUT, J. L.; FERNANDEZ CARRASCO, J.; GIL CID, M. D. & PEREJON, A. (1980): *Itinerario geológico Encinasola-Alconera. Resúmenes itinerarios*. Exc. Guía 2.ª Reunión G. E. O. M. Monesterio (Badajoz).
- COURTESOLE, R. (1967): *Une nouvelle esèce de Conocoryphe oculé dans le cambrien moyen du Nor-Leon (Espagne)*. Bull. Soc. Hist. Natur. Toulouse, 103 (3/4): 527-531.
- COURTESOLE, R. (1969): *Inventaire des principaus gisements fossilifères cambriens du Cabardès et du Minervois occidental (versant meridional de la Montagne Noire)*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 105 (1/2): 181-190.
- COURTESOLE, R. & TERMIER, H. & G. (1971): *Le Cambrien terminal de Ferrals-les-Montagnes (Herault)*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 107 (1/2): 339-356.
- COURTESOLE, R. & JAGO, J. B. (1980): *Biostratigraphie du Cambrien Inférieur du Cabardès (versant sud de la Montagne Noire, France meridionale)*. Mem. Soc. d'Etud. Scient. de l'Aude, Carcassonne.
- CHACON, J. (1979): *Ensayo de subdivisión de las series precámbricas del SO del Macizo Ibérico*. Cuad. Geol. Univ. Granada, 8: 1-19.
- CHACON, J. (1982): *El limite entre las zonas Centro Ibérica y Ossa Morena al Este de la tierra de Barros (SO Macizo Ibérico, Badajoz)*. Cuad. Lab. Xeol. Laxe, 3: 163-181.
- CHACON, J. & PASCUAL, E. (1979): *El anticlinorio Portalegre-Badajoz-Córdoba, divisoria entre las zonas Centro*

Ibérica y Ossa Morena (sector SO del Macizo Ibérico). Cuad. Geol. Univ. Granada, 8: 22-35.

CHANG, W. T. (1966): *On the classification of Redlichiacea with description of new families and new genera*. Acta Palaeont. Sinica, 14: 135-184.

COUBERT, G. (1953): *Le Precambrien III et le Georgien de l'Anti-Atlas*. Not. Mem. Serv. Geol. Maroc, 103: 7-39.

CHOUBERT, G. (1959): *Coup d'oeil sur la fin du Cambrien et le debut du Cambrien dans le sud marocain*. Notes Serv. Geol. Maroc, 17: 144.

COUBERT, G. (1964): *Precisions sur la transgression du Cambrien inférieur dans l'Anti-Atlas occidental*. C. R. Acad. Sci. Paris, 258: 2122-2124.

CHOUBERT, G. & FAURE-MURET (1956): *L'activité volcanique de la fin du Georgien dans l'Anti-Atlas et le Haute-Atlas occidentaux*. C. R. Acad. Sci. Paris, 242: 2735-2738.

COWIE, J. W. (1971): *Lower Cambrian faunal provinces. In: MIDDLEMISS, F. A., et al. (Eds.): Faunal provinces in space and time*. Proc. 17th Intern. Univ. Geol. Congr., London, 1969. Geol. J. Spec. Iss., 4: 31-46.

DEBRENNE, F. (1964): *Archaeocyatha. Contribution a l'étude des faunes cambriennes du Maroc, de Sardaigne et de la France*. Not. et Mem. Serv. Geol. Maroc, 179 (1): 265.

DELGADO, M.; LIÑAN, E.; PASCUAL & PEREZ LORENTE, F. (1977): *Criterios para la diferenciación de Dominios en Sierra Morena Central*. Stvda Geol. Salm., 12: 75-90.

DEAN, W. T. & DRUMMENACHER, R. (1961): *Cambrian trilobites from the Amanos Mountains, Turkey*. Palaeontology, 4: 71-81.

DEBRENNE, F. (1959): *Un nouveau genre d'Archaeocyatha du Cambrien marocain*. C. R. Soc. Geol. France, 1: 14-15.

DEBRENNE, F. (1959): *Archaeocyatha des Lentilles calcaires de Tazemmourt (Anti-Atlas)*. Not. Serv. Geol. Maroc, 18: 7-26.

DEBRENNE, F. (1960): *Deux nouveaux genres d'Archaeocyathides du Cambrien marocain*. C. R. Soc. Geol. France, 5: 118.

DEBRENNE, F. & LOTZE, F. (1963): *Die Archaeocyatha des Spanischen Kambriums*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Math-Nat. Kl., 2: 111-142.

DESTOMBES, J. et al. (1958): *Precisions sur l'extension de l'Acadien de l'E. de Casablanca (Meseta cotiere marocaine)*. C. R. Soc. Geol. France, 12: 267-269.

DESTOMBES, J. et al. (1969): *Revisions et découvertes paléontologiques (Brachiopodes, Trilobites et Graptolites) dans le Cambro-Ordovicien de Zemmour (Mauritaine Septentrionale)*. Bull. Soc. Geol. France (7), 11: 185-206.

FLORIDO, P. & QUESADA, C. (1981): *Estado actual de conocimiento sobre el Macizo de Aracena*. Libro-Guía Tercera Reunión Grupo Ossa Morena, Villaviciosa, 30 pp.

GAIBAR PUERTAS, C. (1976): *Predicción de las anomalías de la pesantez en la Península Ibérica*. Bol. Geol. Min., LXXXVII-V: 490-527.

GAIBAR PUERTAS, X. (1976): *Variaciones del espesor crustal y grado de equilibrio isostático asociable a las anomalías de Bouguer en la España Peninsular*. Bol. Geol. Min., LXXXVII-IV: 371-401.

GIL CID, M. D. (1971): *Nuevo yacimiento de Trilobites en el Cámbrico Inferior de Huelva (Sierra Morena)*. Estudios Geol., 27: 293-296.

GIL CID, M. D. (1972): *Aportación al conocimiento del Cámbrico Inferior de Sierra Morena*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 70: 215-222.

GIL CID, M. D. (1973): *Nota preliminar sobre el contenido faunístico y edad del Cámbrico de Zafra y Alconera (Badajoz)*. Bol. Geol. Min., 84 (1): 26-31.

GIL CID, M. D. (1978): *El género Hicksia y su interés bioestratigráfico en el Cámbrico Inferior de España*. Estudios geol., 34: 29-32.

GLAESSNER, M. F. (1963): *The base of the Cambrian*. J. Geol. Soc. Austral, 10 (1): 222-241.

GONÇALVES, F. (1971): *Subsídios para o conhecimento geológico de Nordeste alentejano*. Serv. Geol. Portugal, Mem. núm. 18 (N. S.), 62 pp.

GUTIERREZ ELORZA, M.; HERNANDEZ ENRILE, J. L. & VEGAS, J. R. (1971): *Los grandes rasgos geológicos del sur de la provincia de Badajoz y norte de Huelva*. Bol. Geol. Min., 82: 269-273.

HENNINGSMOEN, G. (1958): *Los Trilobites de las capas de Saukianda. Cámbrico Inferior en Andalucía*. Estudios geol., 14: 251-272.

HERRANZ, P., SAN JOSE, M. A. & VILAS, L. (1977): *Ensayo de correlación del Precámbrico entre los Montes de Toledo occidentales y el Valle del Matachel*. Estudios geol., 33: 327-342.

HERRANZ, P. (1984): *Las discontinuidades estratigráficas principales en el sector central del NE de Ossa Morena. Rango y significado tectonosedimentario*. Mem. et Not. Publ. Mus. Lab. Geol. Univ. Coimbra, núm. 97.

HERRANZ, P. (1984): *El Precámbrico del NE de Ossa Morena: Planteamiento y estado de la cuestión, unidades bases para su correlación y esquema evolutivo*. Cuad. Geol. Ibér., 9: 119-211.

HERRANZ, P.; SAN JOSE, M. A. & VILLAS, L. (1977): *Ensayo de correlación del Precámbrico entre los Montes de Toledo occidentales y el Valle del Matachel*. Estudios geol., 33: 327-342.

HUPE, P. (1952): *Contribution a l'étude du Cambrien inférieur et du Precambrien III de l'Anti-Atlas marocain*. Not. et Mem. Serv. Geol. Maroc, 103: 362 pp.

JAEGER, H. & ROBARDET, M. (1979): *Le Silurien et le Devonien basal dans le nord de la province de Seville (Espagne)*. Géobios, 12 (5): 687-714.

JULIVERT, M. (1978): *Algunas bases para una correlación paleogeográfica entre los macizos Hercinianos del Occidente de Europa*. Cuad. Sem. Est. Cerám. Sargadelos, 27: 159-191.

LAUS, L. (1969): *Stratigraphie und Tektonik im sudlichen Teil der Provinz Badajoz (Spanien)*. Diss. Univ. Münster, 131 pp.

LEFORT, J. P. (1981): *La limite meridionale de la Laurassia entre la Florida et le Bassin d'Aquitaine*. Bull. Soc. Geol. France (7), XXIII: 565-570.

LEFORT, J. P. & RIBEIRO, A. (1980): *La faille Porto-Badajoz-Cordome a-t-elle controlé l'évolution de l'océan paleozoïque sud armoricain?* Bull. Soc. Geol. France (7), XXII: 455-562.

LIÑAN, E. (1974): *Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba*. Acta Geol. Hispán., 9 (1): 15-20.

LIÑAN, E. (1979): *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tes. Doct. Univ. Granada, 191 pp.

LIÑAN, E. & DABRIO, C. (1974): *Litoestratigrafía del tramo inferior de la Formación de Pedroche (Cámbrico Inferior) (Córdoba)*. Acta Geol. Hispán., 9 (1): 21-26.

LIÑAN, E. & SCHMITT, M. (1981): *Microfósiles de las calizas precámbricas de Córdoba (España)*. Temas Geol. Min., 4: 171-194.

LIÑAN, E. & SDZUY, K. (1979): *A trilobite from the Lower Cambrian of Córdoba (Spain) and its stratigraphical significance*. Senckenb. Lethaea, 59 (4/6): 387-399.

LOTZE, F. (1945a): *Algunos problemas de la Meseta Ibérica*. Geotektonische Forschungen, 6: 1-12 (trad., J. M. Ríos).

LOTZE, F. (1945b): *Observaciones respecto a la división de las variscidas de la Meseta Ibérica*. Publ. Extr. del Inst. Lucas Mallada, CSIC, V: 149-166 (trad., J. M. Ríos).

LOTZE, F. (1961): *El Cámbrico de España. Estratigrafía*. Mem. IGME, 75: 1-256 (trad., J. Gómez de Llarena).

LU, Y. H., y CHU, C. L. et al. (1974): *Bio-environmental control hypothesis and its application to the Cambrian biostratigraphy and paleozoogeography*. Nanking Inst. Geol. Palaeont. Mem., 5: 27-110.

LLOPIS LLADO, N.: *Sur la paleotectonique des Asturies et ses rapports avec la moitié occidentales de la Península Ibérique*.

MATTE, Ph. (1986): *Tectonics and plate tectonics model for the variscan belt of Europe*. Tectonophysics, 126: 329-374.

ORTEGA, E. & GONZALEZ LODEIRO, F. (1983): *La discordancia intra-alcudense en el dominio meridional de la zona Centro-Ibérica*. Brev. Geol. Astur., XXVII (3/4): 27-32.

PALMER, A. R. (1977): *Biostratigraphy of the Cambrian system a progress report*. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. Palo Alto, 5: 13-33.

PARGA, J. R. (1970): *Evolución del Macizo Hespérico en los tiempos antemesozoicos y sus relaciones con otras áreas europeas*. Bol. Geol. Min., 81: 115-143, y Trab. Lab. Geol. Lage, 38.

PARIS, F. & ROBARDET, M. (1977): *Paleogeographie et relations ibero-armoricaines au Paleozoïque ante-Carbonifère*. Bull. Soc. Geol. France (7), XIX: 1121-1126.

PEREJON, A. (1973): *Contribución al conocimiento de los Arqueociátidos de los yacimientos de Alconera (Badajoz)*. Estudios geol., 29: 179-206.

PEREJON, A.; MORENO-EIRIS, E. & HERRANZ, P. (1981): *Datación con Arqueociátidos del Cámbrico Inferior al norte de Llerena, Badajoz (SO de España)*. Estudios geol., 37: 89-96.

PEREZ LORENTE, F. (1981): *Geología de la zona Ossa-Morena al norte de Córdoba (Pozoblanco-Bélmez-Villaviciosa de Córdoba)*. Tesis Doct. Univ. Granada, 281 pp.

RASETTI, F. (1972): *Cambrian trilobite faunas of Sardinia*. Atti Acad. Naz. dei Lincei, Mem. 9: 1-100.

RITCHER, R. & E. (1940): *Die Saukianda-Stufe von Andalusien, eine fremde fauna im europäischen Ober-Kambrium*. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges., 450: 1-88.

RITCHER, R. & E. (1941): *Die fauna des Unter-Kambriums von Cala in Andalusien*. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges., 455: 1-90.

REPINA, L. N. (1966): *Trilobites del Cámbrico Inferior del sur de Siberia (Superfamilia Redlichioidea)*. Acad. Cienc. URSS, Rama Siberiana. Trab. Inst. Geol. Geof., 203: 1-90.

ROBARDET, M. (1976): *L'originalité du regment hercynien sud-ibérique au Paleozoïque inférieur. Ordovicien, Silurien et Devonien dans le nord de la province de Seville (Espagne)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 283.

SAAVEDRA, J., y PELAEZ, J. R. et al. (1984): *Características stratigráficas y geoquímicas del Precambrien des Montes de Toledo (Espagne)*. 10e Reun. Annuelle Sc. Terre, Bordeaux.

SCHNEIDER, H. (1939): *Altpalaeozoikum bei Cala in der westlichen Sierra Morena*. Diss. Univ. Berlin, 72 pp.

SCHNEIDER, H. (1941): *Das Kambrium der Herrerias-Mulde bei Cala*. In: RICHTER, R. & E.: *Die Fauna des Unter-Kambriums von Cala in Andalusien*. Abh. Senck. Naturf. Ges., 455: 5-14.

SDZUY, K. (1959): *Die unterkambrische Trilobiten. Familie Dolerolenidae*. Senk. Lethaea, 40: 389-407.

SDZUY, K. (1961): *Trilobiten*. In: LOTZE & SDZUY: *Das Kambrium Spaniens*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Math. Naturw., 7-8: 217-408.

SDZUY, K. (1962): *Trilobiten aus dem Unter-Kambrium der Sierra Moerna (S. Spanien)*. Senck. Leth., 43 (3): 181-229.

SDZUY, K. (1971): *La subdivisión bioestratigráfica y la correlación del Cámbrico Medio*. Publ. I Congr. Hisp.-Luso-Amer. Geol. Econom., 2, 1: 769-782.

SDZUY, K. (1971): *Acerca de la correlación del Cámbrico Inferior en la Península Ibérica*. Publ. I Congr. Hispano-Luso-Amer. Geol. Econom., 2, 1: 753-768.

SDZUY, K. (1972): *Das Kambrium der Acadobaltischen Faunen-provinz*. Zbl. Geol. Palaont., II: 1-91.

SDZUY, K. (1978): *The Precambrian-Cambrian boundary beds in Morocco (Preliminary Report)*. Geol. Mag., 115 (2): 83-94.

SDZUY, K. (1987): *Trilobites de la base de la Formación del Jalón (Cámbrico Inferior) de Aragón*. Rev. Española de Paleontología, 2: 3-8.

TEXEIRA, C. & GONÇALVES, F. (1980): *Introdução a Geologia de Portugal*. Inst. Nac. Inv. Cient., 475 pp.

THORAL, M. (1935): *Contribution a l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire (These Paris)*. Bull. Serv. Carte Geol. Fr., núm. 192, XXXVIII: 320 pp.

VAZQUEZ GUZMAN, F. & FERNANDEZ POMPA, F. (1976):

Contribución al conocimiento geológico del suroeste de España en relación con la prospección de depósitos de magnetitas. Mem. Inst. Geol. Min. España, 89: 1-130.

VEGAS, R. (1971): *Precisiones sobre el Cámbrico del centro y sur de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el Valle de Alcudia y en las Sierras de Cáceres y N de Badajoz*. Estudios geol., 27: 419-425.

VILAS, L. & HERRANZ, P. et al. (1981): *El Precámbrico y sus relaciones con el Paleozoico Inferior en el sector centro-meridional del Macizo Ibérico*. R. Acad. C. Exactas, Fis. y Nat., PIGC; I Curso de Conf., mayo de 1979.

Original recibido: Abril de 1990.
Original aceptado: Octubre de 1990.

La colección de Diatomeas del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

Por R. PASTOR (*)

RESUMEN

Se da a conocer la gran colección de diatomeas del ITGE. Integrada por más de 5.000 muestras, el número de géneros distintos que fueron reconocidos en ella supera los doscientos.

La colección fue formada por Florentino AZPEITIA, eminente diatomólogo español fallecido en 1934. Al interés histórico de la colección se une el hecho de tratarse, en su mayoría, de muestras procedentes de yacimientos clásicos, tanto de España como de otras partes del mundo.

En el presente trabajo se recuperan las determinaciones originales de AZPEITIA y otros especialistas contemporáneos suyos. La revisión de las muestras será abordada en un futuro próximo.

Una selección de fotografías recoge algunas de las muestras más representativas de la colección.

Palabras clave: Botánica, Algas, Paleontología, Colección histórica.

ABSTRACT

The wide ITGE diatom collection is presented. Over 5.000 samples integrate it, and more than 200 genera were recognized.

The collection was formed by Florentino AZPEITIA, eminent Spanish diatomologist died in 1934. In addition to its historical interest, the collection is noteworthy because of the classical outcrops represented, many of them not Spanish.

In this work, the original determinations due to AZPEITIA and other specialists he worked with are respected. The taxonomical review of material will be attempted in the future.

A selection of photographs shows some of the most characteristic diatom genera represented in the collection.

Key words: Botany, Algae, Paleontology, Historic Collection.

PRESENTACION

La colección de diatomeas del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, que tengo el honor de prologar, representa uno de los logros más notables de especialistas, científicos y preparadores, que supieron aunar esfuerzos en la consecución de objetivos de singular interés y que convierten esta colección en una de las más completas del mundo. Se compone de la donada por Eduardo FUNGAIRO a la Escuela Técnica

Superior de Ingenieros de Minas y la de Florentino AZPEITIA, que se conservaba en el Instituto, hoy Tecnológico GeoMinero de España.

Durante muchos años, las diatomeas perdieron su interés sistemático, probablemente porque, en general, las especies no tienen excesivo valor cronoestratigráfico, aunque sí conservan el minero y comercial.

Gracias a la revisión de la totalidad de los ejemplares, llevada a cabo por Rafael PASTOR, parece posible un relanzamiento del tema, que no

(*) Plaza Virgen del Trabajo, 1. 28027 Madrid.

convierta en estériles los esfuerzos de tantos científicos ilustres.

Rafael PASTOR MORALES, Técnico Industrial Mecánico desde 1942, fue, desde 1957, Jefe del Departamento de Fotografía y Microfilm del Instituto Nacional de Industria, que proyectó y dirigió hasta su jubilación en 1984, siendo encargado por el Gobierno, en 1975, de montar y dirigir los Servicios Especiales de microfilmación en el Gobierno General del Sahara, para salvaguardar veinte millones de documentos.

Esta especialización, unida a sus grandes conocimientos en técnicas microscópicas y a su progresiva afición a las Ciencias Naturales, le convierten en uno de los más relevantes diatomólogos contemporáneos a escala mundial.

Desde 1982, aprovechando el ofrecimiento del profesor de mi Cátedra, Carlos MARTINEZ DIAZ, pudo comenzar el estudio, limpieza, reparación y microfotografiado de las preparaciones de diatomeas de la colección FUNGAIRIÑO, conservada en la ETSI Minas, continuándola hasta octubre de 1989 con la de AZPEITIA del IGME, hoy Instituto Tecnológico GeoMinero, que las acoge en su Museo conjuntadas, ordenadas y clasificadas, acompañadas de fotomicrografías de ejemplares enteros y de detalles estructurales cuyas referencias se encuentran en este trabajo.

La sílice activa, de procedencia orgánica, que la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales recoge en su diccionario de terminología científica, siguiendo nuestra propuesta, bajo el nombre de biosilicita (diatomeas, radiolarios, etcétera) es, desde este momento, algo más que un material con múltiples aplicaciones.

Consciente del entusiasmo de Rafael PASTOR por el mundo de las diatomeas, siento tan profundo respeto ante su trabajo, que no puedo permitirme realizar corrección alguna ni de contenido ni de forma y sólo debo valorar y agradecer esta generosa contribución durante siete años de su vida.

Indalecio QUINTERO AMADOR
Catedrático de Estratigrafía y Paleontología
de la ETSI Minas de Madrid

INTRODUCCION

La colección de diatomeas del Instituto Tecno-

lógico GeoMinero de España tiene su origen en la reunión de dos selectas colecciones. La primera fue formada por D. Eduardo FUNGAIRIÑO DE LA PEÑA y entregada a su fallecimiento en 1916 a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, en cuya Cátedra de Estratigrafía y Paleontología permaneció hasta su reciente revisión. La segunda fue creada por Florentino AZPEITIA Y MOROS, pasando al entonces Instituto Geológico y Minero a su fallecimiento, ocurrido en 1934, acompañada de una muy bien seleccionada y muy cuantiosa bibliografía sobre el tema, que se conserva en la Biblioteca del Instituto. Esta valiosa colección de monografías, lo mejor de su época, y aún hoy fundamental para el estudio diatomológico, está enriquecida con gran cantidad de anotaciones, aclaraciones y en muchos casos traducciones hechas por D. Florentino, hombre ordenadísimo que incluso produjo un tomo destinado a reseñar su biblioteca, utilísimo en nuestro estudio. Aparte de ello, en las preparaciones microscópicas de AZPEITIA figuran datos de bibliografía consultada, de sinonimias, de tamaño de ejemplares, croquis de detalle, descripciones de componentes estructurales, etc.

La motivación de estas colecciones fue distinta. FUNGAIRIÑO fue un gran naturalista enamorado de la Naturaleza y de sus bellezas y apasionado del microscopio, que encontró en las diatomeas los objetos más preciados para disfrutar del instrumento y poner en práctica sus grandes dotes de talento, paciencia y minuciosidad, muy notables no obstante su extraordinaria sencillez. De él escribía AZPEITIA: «Mi gratitud a D. Eduardo FUNGAIRIÑO, tan modesto como hábil diatomista, que además de haber sido mi primer maestro en la técnica de estos microscópicos seres, me ha facilitado sus ejemplares, libros, etc.»

FUNGAIRIÑO fue Grabador y Jefe de la Sección de Grabado en la Dirección de Hidrografía del Ministerio de Marina, mereciendo en su larga vida profesional varias condecoraciones, y el nombramiento de Teniente de Navío honorario por su meritisima labor y habilidad. Es un verdadero placer estudiar sus preparaciones microscópicas. Fue, además, conquiliólogo, poseyendo una magnífica colección.

En el tránsito entre los siglos XIX y XX alcanzó su mayoría de edad el microscopio, convirtiéndose en un instrumento científico muy curioso,

cómodo, y entonces barato, que podía llenar las horas libres de personas estudiosas, buscadoras de la misteriosa belleza de lo pequeño, e incluso de la aventura de resolver sus finísimas estructuras, poniendo a prueba su calidad óptica y la pericia en su manejo, ya que sólo una buena utilización del mismo permite optimizar los resultados de su empleo. Precisamente las diatomeas fueron internacionalmente seleccionadas, para poner a prueba la resolución de los sistemas ópticos del microscopio.

FUNGAIRIÑO fue un gran preparador, dominando la técnica del montaje de preparaciones microscópicas sistemáticas, desarrollada en España por CABALLERO, dando a las mismas una calidad y acabado no superados en todo el mundo, incluso en lo relativo a etiquetado, rotulado e impresión. Mantuvo relaciones científicas con otros diatomólogos europeos (por ejemplo, Otto WITT), y fue el indiscutible especialista de las diatomeas fósiles de Oamaru (Nueva Zelanda), objeto de la Sección III de esta colección que catalogamos.

AZPEITIA era un científico, Ingeniero y Profesor de la Escuela de Minas, y su interés fundamental se centraba en las diatomeas fósiles, constituyendo ellas la mayor parte de su colección. Reunió preparaciones de varios autores y fue también un magnífico especialista en el montaje de ejemplares aislados y preparaciones sistemáticas. Mantuvo intenso intercambio científico con autores extranjeros y fue un autoridad internacional en el tema. Por iniciativa del ilustre diatomólogo francés PERAGALLO (que le encomendó la corrección de alguna de sus obras) fue creado, y como género de gran importancia, el Azpeitia, fundamentado en diferencias estructurales descubiertas por D. Florentino en algunos individuos de los géneros Coscinodiscus y Triceratium, principalmente. Recientemente, en 6 de agosto de 1986, ha sido publicada una excelente monografía sobre este género.

Admirable en AZPEITIA era su capacidad de trabajo, dedicándose simultáneamente a otras ramas científicas como la Malacología. El Museo Nacional de Ciencias Naturales conserva su colección de 82.000 conchas perfectamente referenciadas y que forman la segunda colección espa-

ñola (la primera en importancia fue la de GONZALEZ HIDALGO, profesor de D. Florentino). Esto aparte de sus trabajos geológicos y paleontológicos.

Nuestra colección de diatomeas posee ejemplares de otros autores españoles coetáneos, como Alfredo TRUAN, colaborador de Otto WITT en el estudio de los especímenes fósiles de Jeremias, Haití, y que aporta algunas de la expedición del Challenger. Figuran también Cala, Fontán, Gamundi y Orueta. Del extranjero la participación más cuantiosa es la de Tempère (Sección V. Diatomeas recientes de Francia) y le sigue la de MÖLLER.

Estas preparaciones fueron confeccionadas hace un siglo, no siendo extraño que esto les afecte en diferentes aspectos:

- a) Espesores de portaobjetos y cubres fuera de Normas. Según las mismas (no existentes entonces) el espesor del portaobjetos ha de estar comprendido entre 0,8 y 1,1 mm. y el del cubreobjetos entre 0,13 y 0,17 mm., siendo este último el óptimo, tenido en cuenta para el cálculo de objetivos, y son escasas las preparaciones que cumplen estas condiciones, imposibilitando en algunos casos la utilización de algunos objetivos, y la de condensadores de fuerte AN. y de campo oscuro. El caso general en los cubres es el de que sean mucho más delgados (por debajo de 0,1 mm.), y esto, que afecta poco en inmersión homogénea, lo hace mucho en objetivos secos fuertes.

El espesor del medio de montura afecta poco en estas preparaciones que, por proceder de especialistas muy cualificados, llevan el espécimen adherido al cubreobjetos.

- b) Medios de inclusión. El más empleado es el Bálsamo del Canadá, que, aunque con los inconvenientes de su índice de refracción, muy próximo al de la sílice, ha proporcionado en todos los casos una excelente conservación.

Igualmente permanecen en buen estado las preparaciones cuyo medio es Styraque y Monobromuro de naftalina (preparaciones test de MÖLLER).

En cambio están fuertemente deterioradas, inútiles en algunos casos, las montadas en Bálsamo de Tolú y aire.

- c) En general, para facilitar la localización de especímenes sueltos, aislados, o en pequeños grupos, se ha trazado alrededor de los mismos una pequeña circunferencia coloreada, antigua y excelente costumbre, hoy casi desaparecida. En las preparaciones de TEMPERE y de TRUAN, el espécimen se encuentra en el centro de una finísima placa metálica en forma de diafragma a modo de separador entre porta y cubre, cuya oxidación en algunos casos ha impregnado el medio.
- d) Las etiquetas son muy buenas y en gran proporción contienen género, especie, autor, procedencia y bibliografía para identificación. Excepcional la caligrafía y terminación de la etiqueta de FUNGAIRIÑO, muy buena la de AZPEITIA e ilegible a veces la de TEMPERE, que, además, no indica localidad dentro de Francia.
- e) Evidentemente, el montaje de objetos con pelo, técnica seguida en toda la colección, permite un estudio muy satisfactorio y fácil de los ejemplares, perfectamente aislados y limpios, pero muy especialmente apreciables son aquellas preparaciones que contienen ejemplares en varias posturas, frente y perfil, frente y conectivo, etc., muy difíciles de conseguir, pero abundantes en esta colección. (Véase como ejemplo gen. *Triceratium*).

Sería muy difícil encontrar un conjunto tan excepcional de preparaciones como éste, que consideramos de un valor incalculable, dados los precios que hoy alcanzan, y la escasísima variedad de especies que se consiguen. Han desaparecido casi en su totalidad los preparadores, pero, sobre todo, y sin que le encontremos explicación, ha desaparecido el interés por las diatomeas.

Estas preparaciones se encontraron en bandejas planas capaces para 24 unidades, albergadas como cajones en muebles para 30 bandejas, o sea, para un total de 700 preparaciones cada mueble. El tiempo y la humedad inutilizó los

muebles, contruidos de tableros muy finos, y las bandejas con fondo de cartón terminaron apiladas. Aun sin cuidados, las colecciones fueron respetadas, sucias y sin protección, pero casi íntegras, lo que dice mucho de los que las tuvieron a su alcance. Hemos encontrado, aparte la gran suciedad, etiquetas y rotulaciones dañadas, pero ni una preparación con señales de incorrecta utilización, y no son precisamente fáciles de estudiar.

La primera operación que hemos realizado con ellas ha sido inscribirlas en un fichero alfabético, y seguidamente una limpieza a fondo, a veces bastante delicada, y reparación pegando etiquetas, adhiriendo cubreobjetos desprendidos, etc. No pudiendo ordenar de primera intención en forma definitiva, decidimos estudiarlas y microfotografiarlas por el orden en que las encontramos, archivando los datos.

A cada microfotografía le asignamos un número de seis cifras, año, mes, día y un número de orden en cada bobina de película. Comenzamos por 820207-1, o sea, número 1 de la bobina de película comenzada el 7 de febrero de 1982. Los datos archivados de cada foto son:

- Autor de la preparación.
- Género y especie.
- Origen citado en etiqueta.
- Bibliografía o datos etiquetados.
- Observaciones (fecha, montaje, anotaciones del autor, etc.).
- Optica empleada.
- Aumento obtenido sobre película original.

El número de registro de cada microfotografía lo hemos anotado a lápiz sobre las etiquetas. Cada preparación lleva una microfotografía de conjunto y las necesarias de detalle, siendo todos los ejemplares fotografiados en blanco y negro o en diapositivas color.

El estudio de todos los especímenes, realizado con varios microscopios, ha sido terminado con óptica Zeiss Jena planacromática y con aperturas numéricas de hasta 0,95 en objetivos secos y 1,40 en inmersión homogénea, en microscopio biológico provisto de equipo de polarización y de juego muy completo de filtros de selección. Los condensadores son aplanáticos de 1,40 AN y la iluminación cumpliendo exactamente los preceptos de KOHLER. Para las microfotografías

en blanco y negro se empleó filtro Zeiss V232 (546 nm), que, además de adaptar la luz a la longitud de onda del cálculo óptico, representa un considerable aumento de contraste para la sílice de las diatomeas.

El equipo fotográfico ha estado constituido por adaptadores Zeiss Mf. para cámaras de 35 mm., con exposición automática. En blanco y negro se empleó película Kodak Panatomic y en color diapositivas Agfachrome 50 RS.

No es objeto de este trabajo hablar de Microscopía, pero resumiendo la gran experiencia adquirida al estudiar esta colección que cuenta con ejemplares de toda la escala de MÖLLER, nos afirmamos en la idea de que las diatomeas necesitan extremar las condiciones de utilización del instrumento, exigiendo un centraje preciso de los elementos ópticos e iluminación, con empleo muy correcto del condensador, por lo que solamente aparatos bien constituidos y que permitan realizar con precisión las necesarias correcciones, y dotados de óptica aplanática, y en grandes exigencias apocromática de AN. 1,40, reúnen las características apropiadas.

Actualmente la colección se encuentra en local del Museo del Instituto Tecnológico GeoMinero, ordenada en modernos archivadores para preparaciones microscópicas biológicas, dividida en cinco secciones, que a continuación se detallan, y dentro de cada una, dotada de separadores por géneros.

Acompaña a la colección índice detallado que comprende todos los datos relativos a las preparaciones, incluidos los números correspondientes a las microfotografías obtenidas de cada una.

AUTORES DE LAS PREPARACIONES

En el Catálogo de preparaciones se antepone a cada especie la inicial del autor, como sigue:

AZPEITIA MOROS, Florentino	A
BOURGOGNE (Francia)	B
BOECKER, H.—Microscopisches Institut.	Bo
Wetzlar	C
CALA SANCHEZ, Miguel	Co
COLE.—Preparador y diatomólogo inglés	Ch
CHENEVIÈRE, E. (Francia)	

FUNGAIRIÑO DE LA PEÑA, Eduardo	F
FONTAN	Fo
GAMUNDI, Juan	G
HEGOT, Fernand.—Preparador francés	H
KINKER, J.—Amsterdam	K
MÖLLER, J. D.—Preparador alemán.	M
Wedel in Holstein	Mo
MOORE	O
ORUETA Y DUARTE, Domingo	P
PETICOLAS, C. I.—Richmond	R
RODIG, C.—Microscopisches Institut,	
Hamburgo	T
TEMPERE, J.—Greze sur Loing,	TP
Seine et Marne, Francia	To
TEMPERE, J., y PERAGALLO, H.	TR
TOPPING, C. M.—Londres	W
TRUAN Y LUARD, Alfredo	WA
WHEELER, E.—Londres	
WATSON	

PREPARACIONES REPETIDAS

Cuando, después de la especie, se pone un número entre paréntesis, éste indica el número de preparaciones del mismo autor y especie.

NOTAS IMPORTANTES

Se respeta en todo caso los nombres científicos (género, especie y autor) indicados en las preparaciones, aunque modernamente, en algunos casos, han variado. Será ulterior trabajo actualizar las clasificaciones y nombres científicos.

Únicamente se han añadido a las denominaciones de los géneros los nombres de los diatomólogos que los registraron, y el año. En cuanto a la ortografía se ha conservado la utilizada por AZPEITIA.

En caso de solicitar ampliación de datos o microfotografías indíquese sección, género, especie y localidad.

Para cualquier comunicación, escribir a:

Museo GeoMinero
Ríos Rosas, 23
28003 -MADRID
ESPAÑA

INDICE GENERAL DE LA COLECCION

SECCION I.—DIATOMEAS FOSILES DE ESPAÑA.

Clasificadas en 86 géneros.

SECCION II.—DIATOMEAS DE ORIGENES VARIOS.

Clasificadas en 85 géneros. En esta Sección figuran aquellas diatomeas que no pueden ser incluidas con seguridad en otra.

SECCION III.—DIATOMEAS FOSILES DE OAMARU (NUEVA ZELANDA).

Clasificadas en 47 géneros. Del más famoso yacimiento de diatomeas fósiles del mundo, casi la totalidad de sus preparaciones proceden de FUNGAIRIÑO.

SECCION IV.—DIATOMEAS FOSILES EXTRANJERO.

Clasificadas en 114 géneros. Representa una gran labor de intercambio realizada por D. Florentino AZPEITIA con diatomólogos de otras nacionalidades. Preparaciones efectuadas por él mismo.

SECCION V.—DIATOMEAS RECIENTES DE FRANCIA.

Clasificadas en 96 géneros. Es la colección de diatomeas creada por J. TEMPERE, famoso preparador francés, colaborador de PERAGALLO. Diatomeas recientes de aguas marinas, dulces y salobres.

APENDICE I.—MISCELANEA.

Preparaciones de diatomeas varias, mezcladas, todas ellas con procedencia.

APENDICE II.—MISCELANEA.

51 preparaciones de MÖLLER, de diatomeas mezcladas, todas con procedencia.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a los Profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas

D. Carlos Martínez Díaz

D. Indalecio Quintero Amador

D. Hermenegildo Mansilla Izquierdo

que han hecho posible la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS

AZPEITIA MOROS, F. (hasta 1897): *Indice sistemático de diatomeas*. Manuscrito, 167 pp.

AZPEITIA MOROS, F. (1911): *La diatomología española en los comienzos del siglo XX*. Ilustrado con fotografías.

AZPEITIA MOROS, F. (1912): *Mi biblioteca diatomológica*. Manuscrito.

BOURRELLY, P. (1981): *Les algues d'eau douce*. Tome II. Cinquième partie. 159 pp.+63 láms. y grabados. Paris N. Boubée & Cie.

BRUN, J. (1880): *Diatomées des Alpes et du Jura et de la région suisse et française des environs de Genève*.

BRUN, J. (1981): *Diatomées especes nouvelles, fossiles ou pelagiques*. 47 pp.+12 láms.

CABALLERO, E. (1911): *Diatomeas fósiles de Morón fotografiadas por el autor y clasificadas por Florentino Azpeitia* (9 láms).

CABALLERO BELLIDO, E. (1987): *Técnica de las preparaciones microscópicas sistemáticas*. Anales de la Sociedad Española de H. Natural, tomo XXVI, Madrid.

FRIXELL, G. A.; SIMS, P. A., y WATKINS, T. P. (1986): *AZPEITIA (Bacillariophyceae) Related Genera and Promorphology*. De *The American Society of Plant Taxonomist*, Vol. 13 de *Systematic Botany Monographs*. University of Michigan, Herbarium.

GERMAIN, H. (1981): *Flore des diatomées. Eaux douces et saumâtres du Massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale*. 444 pp. y 2.125 microfotografías. Paris N. Boubée & Cie.

HELMCKE, J. G., y KRIEGER, W. (1952-82): *Diatomeenschalen in elektronen-mikroskopischen. Bild*. 11 vol. y 1.148 microfotografías.

MARIN, A.: *Necrológica de D. Florentino Azpeitia*.

MEISTER, Fr. (1912): *Die Kieselalgen det Schweiz*. (La colección *Diatomeas recientes de Francia*. Sección V, en lo relativo a aguas dulces, utiliza como referencia este libro.)

MÖLLER, J. D. (1886-90): *Description de una collection très compléte de belles Typenplatten des diatomées*.

MÖLLER, J. D. (1892): *Diatomaceen*. *Präparate von...* 2 hojas+12 láms.

MÖLLER, J. D. (1891): *Möller'scher Diatomaceen*. *Präparate herausgegeben*, 59 láms.

ORUETA y DUARTE, D.: *Microscopia. La teoría y el manejo del microscopio*. Junta para ampliación de Estudios e Investigaciones científicas. Madrid, 1923.

PERAGALLO, H. (1897-1908): *Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins*, 1 tomo texto y 136 láms. (La colección *Diatomeas recientes de Francia*, Sección V, en lo relativo a marinas, utiliza como referencia este libro.)

PERAGALLO, H. (1915): *Diatomées du monde entier*. Colección Tempère y Peragallo.

PERAGALLO, M. (1897-1903): *Catalogue general de Diatomées*. Obra manuscrita por Azpeitia, F., 2 tomos.

SCHMIDT, Dr. A. (1874-1885): *Atlas der Diatomaceen-Kunde*. 8 vols., con 376 láms.

TEMPERE, J. (1895): *Diatomées*. Collection J. Tempère et H. Peragallo.

TEMPERE, J., y PERAGALLO, H. (1915): *Diatomées du monde entier. Lista alfabética y por regiones de las localidades citadas*. Índice y traducción, Azpeitia, 135 pp.

DE TONI, C. B. (1891): *Sylloge bacilliarum omnium hucusque cognitarum digessit*. Con índice por Azpeitia.

TRUAN Y LUARD, A. (1884-85): *Ensayo sobre la sinopsis de las diatomeas de Asturias*, 105 pp.+8 láms. Anales de la Sociedad Española de H. Natural, tomo XIII (1884) y tomo XIV (1885).

TRUAN, A., y WITT, O. (1888): *Die diatomaceen der Polycystinenkreide von Jeremie in Hayti, Westindian*.

VAN HEURCK, H. (1885): *Synopsis des diatomées de Belgique*.

VAN HEURCK, H. (1889): *Traité des diatomées*.

WOLLE, F. (1894): *Diat. of North America*.

Original recibido: Septiembre de 1990.

Original aceptado: Noviembre de 1990.

SECCION I

DIATOMEAS FOSILES DE ESPAÑA

ACTINOCYCLUS, Ehrenberg 1837

A. ellipticus, Grunow

6 A, Hellín (Albacete)

Nota: en la Dusodila (P. G. B.)

A. elongatus

3 A, Jerez y V. G. Montegil (Cádiz); Otiñar (Jaén)

A. ehrenbergii

2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Otiñar (Jaén)

A. fasciculatus, Castracane

2 A, subida Fuente Bermúdez (Jaén)

2 F, Aguilar (Córdoba); Morón (Sevilla)

A. hispanicus, Azpeitia

7 A, Hellín en Dusodila y P. G. B. (Albacete); subida a Fuente Bermúdez (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)

A. incertus, Grunow

4 A, Santiago de Calatrava y Otiñar (Jaén); Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Fernán Núñez (Córdoba)

A. jienensis, Azpeitia

1 A, Fernán Núñez (Córdoba)

A. moronensis, Deby y Rattray

1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)

1 G, Fuente de Bermúdez (Jaén)

A. quinarius, Ehrenberg

1 A, Lorca (Murcia), en mina

A. subtilis

2 C, Cortijo de la Vega, Morón (Sevilla)

A. sp.

2 A, Fuente Bermúdez (Jaén); Montalbán (Córdoba)

2 F, Aguilar (Córdoba)

ACTINOGONIUM, Ehrenberg 1872

A. sp.

1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)

2 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)

ACTINOPTYCHUS, Ehrenberg 1838

A. ambligoceros, Ehrenberg

1 A, Montalbán (Córdoba)

1 F, Aguilar (Córdoba)

A. biformis, Brun (= *undulatus*, Ehrenberg)

2 A, Otiñar (Jaén); Puente Genil (Córdoba)

A. boliviensis, Janisch

2 F, Morón (Sevilla)

A. clevei, A. Schmidt

4 A, Lorca (Murcia)-Mina y Serrata de Lorca

A. dilatatus, Pantocsek

1 F, Morón (Sevilla)

A. glabratus, Grunow

11 F, Morón (Sevilla)

1 A, Subida de Fuente Bermúdez (Jaén)

A. grundleri, A. Schmidt

2 A, Aguilar (Córdoba); subida de Fuente Bermúdez (Jaén)

A. janischii, Grunow

1 A, Fernán Núñez (Córdoba)

1 F, Morón (Sevilla)

A. morronensis, Greville

2 A, Puente de la Sierra (Jaén) (Heliopelta); Fernán Núñez (Córdoba) (Omphalopelta)

A. octonarius

1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)

A. splendens, Ralfs

3 F, Morón (Sevilla)

7 A, Fernán Núñez, Montalbán (Córdoba); subida a Fuente Bermúdez, Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén)

A. summisus, A. Schmidt

2 A, Lorca (Murcia) Mina

A. triangulus, A. Schmidt

1 F, Morón (Sevilla)

A. undulatus, Ehrenberg

3 F, Morón (Sevilla); Aguilar (Córdoba)

6 A, Otiñar (Jaén); Puente Genil, Aguilar y Montalbán (Córdoba); Lorca (Murcia); Hellín P. G. B. (Albacete)

A. undulatus var. *minima*, Ehrenberg

1 A, Serrata de Lorca (Murcia)

A. vulgaris, Schumann

4 A, Otiñar (Jaén)

A. sp.

4 F, Morón (Sevilla)

1 A, Serrata de Lorca (Murcia)

ACHNANTES, Bory 1822

A. brevipes, Agardh

9 A, Lorca (Murcia) en mina; Carboneras (Almería)

A. sp.

1 A, Carboneras (Almería)

AMPHIPLEURA, Kützing 1844

A. truani

1 TR, Trubia (Asturias)

AMPHIPRORA, Ehrenberg 1893

A. pulchra, Bailey

2 A, Hellín P. G. B. (Albacete)

AMPHITETRAS, Ehrenberg 1840

A. antediluvianus, Ehrenberg

1 F, Morón (Sevilla)

A. balearica, Cleve y Brun

1 A, Otiñar (Jaén)

A. paralela, Ehrenberg

1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)

A. paralela, var. *minor*, Ehrenberg

1 A, Hellín P. G. B. (Albacete)

AMPHORA, Ehrenberg 1831

A. complexa, Gregory

1 A, Serrata de Lorca (Murcia)

A. startii

1 A, Lorca (Murcia), en mina

A. javanica, A. Schmidt

1 A, Otiñar (Jaén)

A. sp.

1 A, Serrata de Lorca (Murcia)

1 H, Jaén

ANNELLUS, Tempère y Peragallo, 1908

A. californicus, Tempère

6 A, Montemayor (Córdoba)

ANTELMINELLA, Schütt, 1893

A. gazellae, Janisch

1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)

ARACHNOIDISCUS, Dcane 1847

A. ornatus, Ehrenberg

8 A, Subida Fuente Bermúdez y Otiñar (Jaén); Fernán

Núñez y Montalbán (Córdoba)

11 F, Morón (Sevilla)

1 C, Morón (Sevilla)

ASTEROLAMPRA, Ehrenberg 1844

A. dallasiana, Gregory

2 F, Morón (Sevilla); Aguilar (Córdoba)

A. grevillei Wall. (autor), var. *eximia*, Castracane

2 F, Osuna y Morón (Sevilla)

A. marylandica, Ehrenberg

5 F, Aguilar (Córdoba); Morón (Sevilla)

7 A, Fernán Núñez, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Otiñar, Ermita del Santo Cristo y Santiago de Calatrava (Jaén)

ASTEROMPHALUS, Ehrenberg 1844

A. arachne, Brebisson. = *Spatangidium*

1 A, Ermita del Santo Cristo (Jaén)

A. moronensis, Greville = *Asterolampra*

2 A, Fernán Núñez (Córdoba)

A. schadboltzanus, Greville

1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)

AULACODISCUS, Ehrenberg 1844

A. amoenus, Greville

5 F, Morón (Sevilla)

2 A, Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)

A. angulatus, Greville

1 A, Fernán Núñez (Córdoba)

A. chasei, Pantocsek

1 G, Fuente de Bermúdez (Jaén)

A. dubius, Azpeitia

1 A, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)

A. gamundii, Azpeitia

5 A, Serrata de Lorca (Murcia)

1 H, Jaén

- A. grevilleanus*, Normann=*grunowii*, Cleve
3 A, Serrata de Lorca (Murcia); subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
1 F, Fernán Núñez (Córdoba)
1 G, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- A. grunowii* var. *squamosa*, Pantocsek
1 H, Jaén
- A. rogersii*, Bailey
1 A, Jaén
- A. sp.*
8 A, Subida a Fuente de Bermúdez, Ermita de Santo Cristo (Jaén); Cortijo de Trenil en Montemayor (Córdoba)
1 F, Morón (Sevilla)
- AULISCUS, Ehrenberg 1847
- A. coelatus*, Bailey
7 A, Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén)
- A. coelatus* Bailey var. *minor*
2 A, Otiñar (Jaén)
- A. moronensis*, Greville
2 F, Morón (Sevilla)
- A. normannianus*, Greville
3 A, Fernán Núñez y Montalbán (Córdoba); Puente de la Sierra (Jaén)
11 F, Morón (Sevilla)
1 C, Morón (Sevilla)
- A. pruinosus*, Bailey var. *lorcana*, Azpeitia
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- A. sp.*
8 F, Morón (Sevilla); Aguilar (Córdoba)
- AZPEITIA, M. Peragallo 1912
- A. temperei*, M. Peragallo
1 T, Osuna (Sevilla)
- BIDDULPHIA, Gregory 1831
- B. fortiana*, Tempere
1 A, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- B. johnsoniana*, Greville
3 F, Fernán Núñez (Córdoba); Morón (Sevilla)
- B. moronensis*, Cleve
2 A, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla); Fuente de Bermúdez (Jaén)
- B. pulchella*, Gray
2 F, Morón (Sevilla)
- B. regina*, W. Smith
3 F, Morón (Sevilla)
- B. subaequa*, Kützing
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- B. tuomeyü*, Bailey
1 F, Morón (Sevilla)
1 A, Otiñar (Jaén)
- BRUNIA, Tempere 1890
- B. japonica*, J. Brun
1 F, Aguilar (Córdoba)
- B. mirabilis*, J. Brun
2 A, Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
- B. sp.*
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)
- CALONEIS, Cleve 1891
- C. sp.*
1 A, Carboneras (Almería)
- CAMPYLODISCUS, Ehrenberg 1840
- C. eximius*, Gregory
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)
- C. horologium*, Williamson
2 A, Serrata de Lorca (Murcia); Puente de la Sierra (Jaén)
- C. horologium*, Williamson, var. *mediterranea*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. limbatus*, Brebisson
2 A, Serrata de Lorca (Murcia); Puente de la Sierra (Jaén)
- C. massiliensis*, Grunow=*adriaticus* (Grunow) var.
1 A, Hellín (Albacete)
- C. sp.*
2 F, Morón (Sevilla)
- CAMPILONEIS, Grunow 1862
- C. regalis*, Greville
3 A, Hellín P. G. B. (Albacete)
- C. sp.*
2 A, Puente de la Sierra y Otiñar (Jaén)

- CERATAULUS, Ehrenberg
- C. johnsonianus*, Greville
3 F, Morón (Sevilla)
3 A, Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
- C. kinkezi*, A. Schmidt
4 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- C. thumii*, A. Schmidt
1 A, Otiñar (Jaén)
1 F, Morón (Sevilla)
- C. turgidus*
1 F, Morón (Sevilla)
- CESTODICUS, Greville 1865
- C. hispanicus*, M. Peragallo
1 A, Las Yolis, Osuna (Sevilla)
- C. hispanicus*, Greville. Antes clasificado *stokesianus*
2 A, Las Yolis, Osuna (Sevilla)
- C. hispanicus*, M. Peragallo, var. *minor*
1 A, Las Yolis, Osuna (Sevilla)
- C. ovalis*, Greville
3 A, Arcos (Cádiz); subida a Fuente de Bermúdez y Otiñar (Jaén)
- C. stokesianus*, Greville
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Lorca (Murcia)
- C. sp.*
1 A, Mercadillo Pegalajar (Jaén)
7 F, Morón (Sevilla); Córdoba; Jaén
- CLIMACOSIRA, Grunow 1862
- C. mirifica*, W. Smith (*Rhabdonema*)
1 G, Fuente de Bermúdez (Jaén)
2 A, Fuente de Bermúdez (Jaén)
- CLIMACOSPHEA, Ehrenberg 1843
- C. moniligera*, Ehrenberg
1 A, Montalbán (Córdoba)
- COCCONEIS, Ehrenberg 1835
- C. japonica*, A. Schmidt
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- C. maxima*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. moronensis*, A. Schmidt
2 F, Morón (Sevilla)
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. oculus cati*, Brun. var.?
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. pseudomarginata*, Grun.
1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)
- C. scutellum*, Ehrenberg
1 F, Morón (Sevilla)
3 A, Hellín (en la Dusodila) (Albacete)
- C. sigma*, Pantocsek
2 A, Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
4 F, Morón (Sevilla)
- C. grevillei*, W. Smith
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. regalis*, Greville
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. moronensis*, A. Schmidt
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. sp.*
4 A, Puente de la Sierra (Jaén); Carboneras (Almería); Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
1 F, Morón (Sevilla)
- COSCINODISCUS, Ehrenberg 1838
- C. biangulatus*, Ehrenberg
2 F, Morón (Sevilla); Fernán Núñez (Córdoba)
- C. caballeroi*, Azpeitia
3 A, Arcos (Cádiz); subida a Fuente Bermúdez (Jaén); Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- C. concavus*, Gregory
2 F, Morón (Sevilla)
1 C, Pintado el Alto, Morón (Sevilla)
- C. concinnus*, W. Smith, var. *moseleyi*, Rattray
3 A, Montalbán (Córdoba)
- C. crassus*, Bailey
1 F, Morón (Sevilla)
1 A, Cuesta de los Légamos, Andújar (Jaén)
- C. centralis*, Ehrenberg
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); V. G. Montegil, Jerez (Cádiz)
- C. debilis*, Grove
1 F, Morón (Sevilla)
- C. diorama*, A. Schmidt
8 A, Fernán Núñez y Cortijo Trenil en Montemayor

- (Córdoba); subida a Fuente de Bermúdez (Jaén); Morón y Lebrija (Sevilla)
1 TR, Morón (Sevilla)
- C. elegans*, Greville
3 A, Otiñar (Jaén)
- C. elongatus*, Grunow
3 A, Cortijo de las Navas, Arcos (Cádiz); Otiñar (Jaén); V. S. Montegil, Jerez (Cádiz)
- C. evadens*, Rattray, var. *parvula*, Rattray
3 A, Puente Genil (Córdoba); Las Yollis, Osuna, Lebrija (Sevilla)
- C. excentricus*, Ehrenberg
2 A, Otiñar (Jaén)
- C. gigas*, Ehrenberg
1 F, Fernán Núñez (Córdoba)
- C. gigas*, Ehrenberg, var. *woodwardii*
2 F, Morón (Sevilla)
- C. griseus*, Greville, var. *gallopagensis*, Grunow
1 A, Puente Genil (Córdoba)
- C. lacustris*, Grunow (*Slephanodiscus transylvanicus*)
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- C. lentiginosus*, Janisch
2 A, Otiñar (Jaén)
- C. leptopus*, Grunow
2 F, Morón (Sevilla)
4 A, V. S. Montegil, Jerez (Cádiz); Hellín, P. G. B. (Albacete)
- C. lewisianus*, Greville
2 A, Las Yollis, Osuna (Sevilla); Cantera de Mercadillo, Pegalajar (Jaén)
- C. lineatus*, Ehrenberg
7 A, Serrata de Lorca (Murcia); Morón y Lebrija (Sevilla); Fernán Núñez, Aguilar (Córdoba); Otiñar (Jaén)
2 F, Aguilar (Córdoba); Morón (Sevilla)
- C. lineatus*, Ehrenberg var. *leptopus*, Grunow
2 A, Montalbán (Córdoba); Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- C. marginatus*, Ehrenberg
8 A, Cantera del Mercadillo, Pegalajar (Jaén); Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia); Puente Genil (Córdoba); Arcos (Cádiz)
- C. marginatus* Grunow var. *curvato-striata*, Grunow
1 A, Fuente de Bermúdez (Jaén)
- C. micans*, A. Schmidt
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- C. minor*, Ehrenberg?
1 A, Otiñar (Jaén)
- C. minor*, Ehrenberg (?)
1 A,
- C. naviculoides*, Truán y Witt
2 A, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia)
1 G, Las Yollis, Osuna (Sevilla)
- C. nitidulus*, Grunow
4 A, Arcos (Cádiz); Otiñar (Jaén); Hellín, P. G. B. (Albacete)
- C. nitidus*, Gregory
3 A, Cortijo de las Navas, Arcos (Cádiz); Otiñar (Jaén)
- C. obscurus*, A. Schmidt
6 A, Fernán Núñez (Córdoba); Hellín, P. G. B., y en la Dusodela (Albacete)
1 F, Morón (Sevilla)
- C. obscurus*, A. Schmidt var. *minima*, Azpeitia
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- C. oculus-iridis*, Ehrenberg
2 A, Camino de Otiñar (Jaén); Montalbán (Córdoba)
- C. odontodiscus*, Grunow
2 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- C. omphalantus*, Ehrenberg
2 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- C. oruetae*, Azpeitia (*Ethmodiscus*)
3 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- C. pilosus*, A. Schmidt
3 A, Lorca (Murcia); Otiñar (Jaén)
- C. plicatus*, Grunow
7 A, Fernán Núñez, Montalbán (Córdoba); Lebrija (Sevilla); Subida a Fuente de Bermúdez, Otiñar (Jaén)
- C. pulchellus*, Greville
1 A, Puente Genil (Córdoba)
- C. punctatus*, Ehrenberg (*Cestodiscus ovalis*, Greville)
1 A, Ermita del Santo Cristo (Jaén)
1 F, Aguilar (Córdoba)
- C. sarmaticus*, Pantocsek
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- C. sol*, Wallich. (*Planktoniella*)
2 A, Arcos (Cádiz); Serrata de Lorca (Murcia)
- C. subtilis*, Ehrenberg
5 A, Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia); Montalbán (Córdoba); Lebrija (Sevilla)
- C. subtilis*, Ehrenberg var. *normanianus*, Gregory
2 A, Otiñar (Jaén); Lebrija (Sevilla)
- C. symbolophorus*, Grunow
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)

- C. temperei*, Brun.
6 A, Fernán Núñez (Córdoba); Lebrija (Sevilla); Otiñar (Jaén)
- C. woodwardii*, Eulens
2 F, Morón (Sevilla)
- C. sp.*
1 C, Pintado el Alto en Morón (Sevilla)
10 A, Cortijo de las Navas en Arcos (Cádiz); Jerez (Cádiz); Lebrija (Sevilla); Otiñar, subida a Fuente Bermúdez (Jaén)
7 F, Morón (Sevilla); Fernán Núñez y Aguilar (Córdoba)
- CRASPEPODISCUS, Ehrenberg 1844
- C. coscinodiscus*, Ehrenberg
4 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Canteras de Mercadillo en Pegalajar, subida de Fuente de Bermúdez y Puente de la Sierra (Jaén)
5 F, Morón (Sevilla); Aguilar (Córdoba)
- CYCLOTELLA, Kützing 1833
- C. calae*, Azpeitia
2 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- C. castracani*, Brun.
1 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- C. sevillana*, Deby
1 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- C. sexpunctata*, Deby
1 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- C. sp.*
2 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- CIMATOSIRA, Grunow 1862
- C. adaroi*, Azpeitia
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- CYMBELLA, Agardh 1830
- C. cymbiformis*, Kützing
1 A, ¿Segovia? Procede de diatomepelita, de procedencia dudosa, según Azpeitia. Creemos es de La Roda (Albacete)
- CHAETOCEROS, Ehrenberg 1844
- C. wighamii*, Brightwell
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- C. sp.*
2 A, Lorca (Murcia)
- DENTICULA, Kützing 1844
- D. frigida*, Kützing
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- D. nicolarica*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- D. sp.*
1 A, Carboneras (Almería)
- DICLADIA, Ehrenberg 1844
- D. capreolus*, Ehrenberg
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Serrata de Lorca (Murcia)
- D. fungairiñoi*, Azpeitia
2 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- D. sp.*
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- DIMEROGRAMMA, Ralfs 1861
- D. marinum*, Gregory (*Denticula*)
3 A, Lorca (Murcia), en mina
- D. sp.*
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- DIPLONEIS, Ehrenberg 1841
- D. bombus*, Ehrenberg
4 A, Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia)
- D. beyrichiana*, A. Schmidt (*Navicula*)
1 F, Aguilar (Córdoba)

- D. fusca*, Gregory
2 A, Otiñar (Jaén)
- D. gemmata*, Greville var. *fossilis*, Pantocsek
1 A, Otiñar (Jaén)
- D. gemmatula* Grunow var. *grunowii*, Cleve
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- D. nitescens*, Gregory (*Navicula*)
3 A, Otiñar (Jaén)
- D. sp.*
1 A, Otiñar (Jaén)
- DITYLIUM, Bailey 1861
- D. sp.*
1 A, Otiñar (Jaén)
- DOSSETIA, Azpeitia 1911
- D. temperei*, Azpeitia
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- ENDICTYA, Ehrenberg 1845
- E. Schmidtii*, Pantocsek
5 A, Lorca (Murcia), en mina
- EPITHEMIA, de Brebisson 1838
- E. argus* (Ehrenberg), Kützing
7 A, Hellín, P. G. B., *Dusodila* (Albacete); Balsa de la Toba en Ateca (Zaragoza)
- E. argus* (Ehrenberg), Kützing, var. *ocellata* (*Cystopleura ocellata*, Brebisson)
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- E. gibberula*, Ehrenberg var. *baltica*, O. Müll.
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- E. ocellata*, Kützing
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- E. westermanni*, Ehrenberg (*Eunotia* y antes *Navicula*)
1 A, Diatomepelita de La Roda (Albacete)
- E. sp.*
1 A, Sierra de Cartagena (Murcia), Diatomepelita
- EUODIA, Bailey 1860
- E. gibba*, Bailey
4 A, Otiñar, subida a Fuente de Bermúdez (Jaén); Puente Genil (Córdoba)
1 F, Morón (Sevilla)
- E. gibba*, Bailey, var. *moronensis*, Tempère y Peragallo
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- E. janischii*, Grunow
6 A, Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén)
- E. sp.*
1 A, Otiñar (Jaén)
- FRAGILLARIA, Lyngbye 1819
- F. ischaboensis*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- F. pliocena*, Brun.
2 F, Aguilar (Córdoba)
3 A, Serrata de Lorca (Murcia); Otiñar (Jaén)
- F. pliocena* Brun. var. *minor*, Brun.
1 A, Otiñar (Jaén)
- F. sp.*
3 A, Otiñar (Jaén)
- GAILLONELLA, Borg 1823
- G. clavigera*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- GEPHYRIA, Arnott
- G. gigantea*, Greville
2 A, Otiñar (Jaén)
5 F, Morón (Sevilla)
- G. media*, Arnott
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)
2 C, Pintado Alto en Morón (Sevilla)
2 F, Morón (Sevilla)
- G. rodriguezii*, Azpeitia
1 A, Puente Genil (Córdoba)
- G. sp.*
1 A, Otiñar (Jaén)
- GONIOTHECIUM, Ehrenberg 1844
- G. odontella*, Ehrenberg
1 A, Puente Genil (Córdoba)
1 F, Aguilar (Córdoba)
- GRAMMATOPHORA, Ehrenberg 1840
- G. africana*, Ehrenberg
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)

- G. moronensis*, Greville
1 A, Otiñar (Jaén)
- G. oceanica*, Ehrenberg
1 A, Lorca (Murcia), en mina
- G. robusta*, Dippel
2 F, Morón (Sevilla)
5 A, Otiñar (Jaén); Hellín, P. G. B. (Albacete)
- G. serpentina*, Ehrenberg
1 A, Otiñar (Jaén)
- GYRODISCUS, Witt 1885
- G. hungaricus*, Pantocsek
1 A, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- HANTZSCHIA, Grun 1877
- H. amphioxys*, Grun
1 A, Otiñar (Jaén)
- HEMIAULUS, Ehrenberg 1844
- H. antarticus*, Ehrenberg?
3 A, Montalbán y Fernán Núñez (Córdoba)
- H. mitra*, Grun
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- H. sp.*
3 A, Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
1 F, Fernán Núñez (Córdoba)
- HERCOTHECA, Ehrenberg 1844
- H. caput-medusae*, Azpeitia
1 A, Lorca (Murcia)
- H. mammillaris*, Ehrenberg
1 A, Otiñar (Jaén)
- HYALODISCUS, Ehrenberg 1845
- H. stelliger*, Bailey (*Podosira maculata*, W. Smith)
2 A, Otiñar (Jaén)
- ISTMIA, Agardh 1830
- I. capensis*, Grunow
1 F, Aguilar (Córdoba)
- I. enervis*, Kützing
1 F, Morón (Sevilla)
1 A, Otiñar (Jaén)
- I. sp.*
1 F, Morón (Sevilla)
- MASTOGONIA, Ehrenberg 1844
- M. actinoptychus*, Ehrenberg
1 A, Otiñar (Jaén)
- MELOSIRA, Agardh 1824
- M. castracani*, Brun
1 A, ¿Segovia? (ver *Cyclotella*)
- M. clavigera*, Grunow
3 A, Cortijo Trenil Montemayor, Fernán Núñez (Córdoba); Hellín, P. G. B. (Albacete)
1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)
- M. ornata*, Grunow
2 A, Otiñar (Jaén)
- M. westii*, W. Smith
3 A, Otiñar (Jaén)
- M. sulcata* (Ehrenberg), Kützing
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- M. sulcata* (Ehrenberg), Kützing, forma radiata Grun.
1 A, Cuesta de los Légamos en Andújar (Jaén)
- M. var. γ*
3 A, Otiñar (Jaén)
- M. var. δ* (*Goillonella coronata*, Ehrenberg)
2 A, Otiñar (Jaén)
- M. sp.*
2 A, Otiñar (Jaén); Las Yolis en Osuna (Sevilla)
- NAVICULA, Bory de St. Vincent 1826
- N. abrupta*, Gregory
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- N. aspera*, Ehrenberg (*Stauroneis*)
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. beyrichiana*, A. Schmidt (*Diploneis*)
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. bleischiana*, Jenisch (*Caloneis*)
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. bombus*, Ehrenberg
1 C, Cortijo de la Vega en Morón (Sevilla)
1 A, Lorca (Murcia), en mina

- N. clavata*, Gregory
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. crabro*, Ehrenberg
4 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Otiñar (Jaén); Lorca (Murcia), en mina
- N. hennedyi*, W. Smith
3 A, Otiñar (Jaén); Lorca (Murcia), en mina
- N. iberica*, Azpeitia
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. lorcana*, Azpeitia
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- N. mediterranea*, Cleve y Brun (*Alloioneis*, Brun)
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Otiñar (Jaén)
1 F, Aguilar (Córdoba)
- N. praetexta*, Ehrenberg
4 A, Otiñar, Fuente de la Sierra y Ermita del Santo Cristo (Jaén)
3 F, Morón (Sevilla)
- N. pseudo-cincta*, De Toni
1 A, Carboneras (Almería)
- N. sparsi-punctata*, Grove y Sturt
1 F, Morón (Sevilla)
- N. smithii*, Brebisson
1 A, Ermita del Santo Cristo (Jaén)
- N. spectabilis*, Greville
1 F, Morón (Sevilla)
1 C, Morón (Sevilla)
1 A, Lorca (Murcia), en mina
- N. suborbicularis* Gregory var. *forcipata*
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. truani*, Pantocsek
2 A, Montalbán (Córdoba)
1 F, Morón (Sevilla)
- N. sp.*
4 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba) y Las Yolis en Osuna (Sevilla); Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén)
- NITZSCHIA, Hassal 1845
- N. doljensis*, Pantocsek
1 A, Carboneras (Almería)
- N. granulata*, Grunow
1 A,
- N. hispanica*, Azpeitia
3 A, Hellín, P. G. B. (Albacete); Carboneras (Almería)
- N. littoralis* Grunow (*Nitz. triblionella*, Hantzsch var.)
1 A, Otiñar (Jaén)
- N. punctata* (W. Smith), Grunow
1 A, Carboneras (Almería)
- N. sigma*, W. Smith
1 A, Lorca (Murcia), en mina
- N. thermalis*, Ehrenberg (var.?)
1 A,
- ODONTIDIUM, Kützing 1844
- O. mutabile*, W. Smith
1 A, ¿Segovia? Ver *Cyclotella*
- OMPHALOPELTA, Ehrenberg 1844
- O. moronensis*, Greville
1 A, Las Yolis en Osuna (Sevilla)
- ORTHONEIS, Grunow 1868
- O. splendida*, Gregory
5 A, Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén)
4 F, Morón (Sevilla); Aguilar y Fernán Núñez (Córdoba)
- PARALIA, Heiberg 1863
- P. sulcata*, Ehrenberg
2 A, Lorca (Murcia), en mina
- PERIPTERA, Ehrenberg 1844
- P. tetracladia*, Ehrenberg
2 A, Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia)
- P. sp.*
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Las Yolis en Osuna (Sevilla)
- PLAGIOGRAMMA, Greville 1859
- P. hidalgoi*, Azpeitia
2 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- P. neogradense*, Pantocsek, var. *curtum*, Azpeitia
1 A, Subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- P. validum*, Greville (Subtipo)
1 A,

- PLEUROSIGMA, W. Smith 1853
- P. affine*, Grunow
2 A, Otiñar y Ermita del Santo Cristo (Jaén)
- P. sagitta*, Tempére y Brun
4 A, Fernán Núñez (Córdoba); Serrata de Lorca (Murcia); margas camino de Otiñar (Jaén)
1 F, Aguilar (Córdoba)
- PODOSIRA, Ehrenberg 1840
- P. maculata*, W. Smith
2 A, Fernán Núñez (Córdoba); Otiñar (Jaén)
- P. sp.*
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- PSEUDO AULISCUS, Lend-Portmorel 1879
- P. pulvinatus*, Cleve
2 A, Morón (Sevilla); Puente de la Sierra (Jaén)
- PSEUDOSTEPHANODISCUS, Grunow 1884
- P. sp.*
1 F, Aguilar (Córdoba)
- PIXIDICULA, Ehrenberg 1833
- P. stella*, Azpeitia
1 A, Puente Genil (Córdoba)
- PIXILLA, Greville 1864
- P. fungalriñoi*, Azpeitia
3 A, Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia)
- RADIOPALMA, J. Brun 1891
- R. dichotoma*, J. Brun
1 C, Cañada de los Caballeros en Morón (Sevilla)
- RAPHONEIS, Ehrenberg 1844
- R. ampiceros*, Ehrenberg
1 A, Otiñar (Jaén)
- R. ampiceros*, Ehrenberg var. *rombica*, Brun
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)
- R. contrahecho* (*ampiceros* deformado?)
1 A, Otiñar (Jaén)
- R. belgica*, Grunow (*Pretiosa*, Ehrenberg var.)
1 F, Aguilar (Córdoba)
- R. caballeroi*, Azpeitia
1 A, Lorca (Murcia)
- R. hungarica*, Pantocsek
1 F, Aguilar (Córdoba)
1 G, Las Yolis en Osuna (Sevilla) (*Sceptroneis*)
- R. kinkerii*, Pantocsek
1 A, Aguilar (Córdoba)
- R. nitida*, A. Schmidt
3 A, Otiñar (Jaén); Serrata de Lorca (Murcia); Fernán Núñez (Córdoba)
- R. nitida*, A. Schmidt, forma trigona
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- RHABDONEMA, Kützing 1844
- R. adriaticum*, Kützing
5 A, Fernán Núñez (Córdoba); Lorca (Murcia), en mina; Otiñar (Jaén)
1 C, Pintado el Alto en Morón (Sevilla)
1 F, Morón (Sevilla)
- RHOPALODIA, O. Müller 1895
- R. gibberula*, O. Müller
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- R. musculus*, O. Müller (*Cystopleura*)
3 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- R. musculus*, O. Müller var. *constricta*, Brebisson (*Cystopleura*)
1 A, Lorca, en mina (Murcia)
- R. paralela* (Grunow), O. Müller
3 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- R. sp.*
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- SCEPTRONEIS, Ehrenberg 1844
- S. coluber*, Brun
1 A, subida a Fuente de Bermúdez (Jaén)
- SCHUETTIA, De Toni 1844
- S. amblyceros*, Ehrenberg (*Triceratium*)
1 A, Canteras del Mercadillo en Pegalajar (Jaén)

STAURONEIS, Ehrenberg 1843

- S. aspera*, Grunow
1 F, Morón (Sevilla)

STEPHANOPYXIS, Ehrenberg 1844

- S. appendiculata*, Ehrenberg
6 A, Lorca, en Mina (Murcia); Otiñar (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
- S. barbadensis*, Greville
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- S. turris*, Greville
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)

STICTODISCUS, Greville 1861

- S. californicus*, Greville
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- S. californicus*, Greville var. *areolata*, Grunow
2 A, Otiñar (Jaén); Hellín, P. G. B. (Albacete)
- S. japonicus*, Castracane
6 F, Morón (Sevilla)
- S. parallelus*, Castracane
1 F, Morón (Sevilla)
- S. varians*, Castracane
1 F, Morón (Sevilla)

SURIRELLA, Turpin 1827

- S. baldjikii*, Normann
2 A, Montalbán (Córdoba); Serrata de Lorca (Murcia)
- S. brevis*, Ehrenberg (*striatula*, Turpin var.)
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- S. fastuosa*, Ehrenberg
1 A, Lorca, en Mina (Murcia)
- S. neumayeri*, Janisch (*Plagiodiscus*)
1 A, Fuente de Bermúdez (Jaén)
- S. paralela*, Azpeitia
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)
- S. striatula*, Turpin
1 A, Hellín, P. G. B. (Albacete)

SYNEDRA, Ehrenberg 1831

- S. acus*, Kützing
1 A, Las Yolis en Osuna (Sevilla)

- S. affinis*, Kützing
3 A, Fernán Núñez (Córdoba); Serrata de Lorca (Murcia)
- S. delicatula*, Grunow
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- S. gracilis*, Kützing
4 A, Lorca, en Mina (Murcia)
- S. nitzschoides*, Grunow var. *lanceolata*, Grunow
1 A, Otiñar (Jaén)
- S. tubulata*, Kützing (= *affinis* var.)
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- S. sp.*
3 A, Las Yolis en Osuna (Sevilla); Otiñar (Jaén); Lorca, en Mina (Murcia)
1 F, Morón (Sevilla)

SYNEDROSPHENIA, Peragallo 1901

- S. jiennensis*, Azpeitia
1 A, Puente de la Sierra (Jaén)

TERPSINOE, Ehrenberg 1843

- T. americana*, Bailey
1 A, Aguilar (Córdoba)

TRICERATIUM, Ehrenberg 1840

- T. antediluvianum*, Ehrenberg
1 F, Morón (Sevilla)
- T. annamomeum*, Greville
1 F, Morón (Sevilla)
- T. antiquum*, Pantocsek
Las Yolis en Osuna (Sevilla)
- T. arabicum*, Brightwell
1 A, Fuente de Bermúdez (Jaén)
- T. arcticum*, Brightwell
2 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); subida a Fuente Bermúdez (Jaén)
- T. cambreroi*, Azpeitia
1 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- T. cinnamomeum*, Greville
5 A, Fernán Núñez, Puente Genil y Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Otiñar (Jaén)
2 F, Aguilar (Córdoba); Morón (Sevilla)
- T. elegans*, Greville?
1 F, Morón (Sevilla)

- T. favus*, Ehrenberg
3 A, Canteras de Mercadillo en Pegalajar y subida a Fuente de Bermúdez (Jaén); Fernán Núñez (Córdoba)
- T. favus*, Ehrenberg, var. *grande*, Brightwell
1 A, Otiñar (Jaén)
- T. grande*, Brightwell
5 F, Morón (Sevilla)
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- T. grundleri*, A. Schmidt
1 A, Puente Genil (Córdoba)
- T. jiennense*, Azpeitia
2 A, Ermita del Santo Cristo (Jaén)
- T. madagascariensis*, Grunow
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
1 F, Morón (Sevilla)
- T. multifrons*, Brun
3 A, Fernán Núñez (Córdoba); Otiñar (Jaén)
- T. parallelum*, Greville (Ehrenberg)
2 F, Morón (Sevilla)
7 A, Hellín, P. G. B. (Albacete); Otiñar y Puente de la Sierra (Jaén); Fernán Núñez y Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- T. setigerum*, Bailey
2 A, Montalbán (Córdoba)
- T. spinosum*, Grunow
2 F, Morón (Sevilla); Fernán Núñez (Córdoba)
- T. stokesianum*, Greville
6 F, Morón (Sevilla)
- T. stokesianum*, Greville, var. *moravica*, Grunow
1 A, Fernán Núñez (Córdoba)
- T. thumii*, A. Schmidt
2 F, Morón (Sevilla); Fernán Núñez (Córdoba)
- T. trisulcum*, Bailey
1 F, Morón (Sevilla)
- T. weissflogii*, Walker y Chase, var. (*madagascariensis*, Grunow)
1 F, Morón (Sevilla)

- T. sp.*
6 F, Morón (Sevilla); Aguilar (Córdoba)
3 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba); Puente de la Sierra (Jaén)

TRYBLIONELLA, W. Smith 1853

- T. sp.*
1 A, Otiñar (Jaén)

TROPIDONEIS, Cleve 1891

- T. maxima*, Gregory, var. *subalata*, Cleve (*Ortotropis*)
1 A, Lorca, en Mina (Murcia)
- T. subalata*, Cleve (*Ortotropis*)
1 A, Lorca, en Mina (Murcia)

XANTHIOPYXIS, Ehrenberg 1844

- X. aristata*, Tempère y Brun (*Stephanopyxis*)
2 A, Otiñar (Jaén)
- X. cingulata*, Ehrenberg
2 A, Lorca (Murcia); Otiñar (Jaén)
- X. cingulata*, Ehrenberg, var. *rotunda*
2 A, Lorca (Murcia); Otiñar (Jaén)
- X. globosa*, Ehrenberg
2 A, Serrata de Lorca (Murcia)
- X. oblonga*, Ehrenberg
1 A, Cortijo Trenil en Montemayor (Córdoba)
- X. sp.*
2 A, Serrata de Lorca (Murcia); Otiñar (Jaén)

ZIGOCEROS, Ehrenberg 1840

- Z. caballeroi*, Azpeitia
7 A, Serrata de Lorca (Murcia)

SECCION II

DIATOMEAS DE ORIGENES VARIOS

- ACTINOCYCLUS, Ehrenberg 1837
- A. americanus*, M. Peragallo
1 T, Port Townsend Wash. (U. S. A.)

- A. ehrenbergii*, Ralfs
1 A, Cuxhaven (Mar del Norte)
1 C, Penang

A. ralfsii, W. Smith
1 A, Guano del Perú

A. sp.
1 A, Trempang (China)

ACTINOPTYCHUS, Ehrenberg 1838

A. boliviensis, Janisch
1 F, Guano del Perú

A. glabratus, Grunow, y *halionyx*, Grunow
1 A, Guano del Perú

A. halionyx, Grunow (= *splendens*, var.)
3 A, Guano del Perú

A. janischii, Grunow
3 A, Guano del Perú

A. areolatus, Ehrenberg
1 M, Guano del Perú

A. splendens (*Shadb.*), Ralfs
1 F, Guano del Perú
1 A, Guano del Perú

A. ternarius, Janisch (= *undulatus*, Ehrenberg var.)
1 A, Guano del Perú

A. undulatus, Ehrenberg
1 A, Guano del Perú

A. trilingulatus, Brightwell
1 H, Foulpointe

A. wittianus, Janisch
1 F,

A. sp.
4 F, Guano del Perú

ACTINOSPHEMIA, Shadbolt 1854

A. splendens (Reciente), Shadbolt
1 Co, Pabellón de Pica Reciente (Perú)

ACHNANTES, Bory 1822

A. longipes, Agardh
1 M, Báltico, Ostsea

ATTHEYA, West 1860

A. decora
1 T,

AMPHIPLEURA, Kützing 1844

A. pellucida, Kützing
4 M, son preparaciones test de definición
3 W, son preparaciones test de definición
1 Ma, son preparaciones test de definición

A. truanii
1 TR, Trubia (Asturias)

AMPHITETRAS, Ehrenberg 1840

A. crucifera
1 Co, Rio de Janeiro

AMPHORA, Ehrenberg 1831

A. caucasica, M. Peragallo
1 T, Kisitih - Cáucaso

A. farcimen, var. *crassa*, Tempére y Peragallo
1 T, Honolulu. Sandwich. Hawai (U. S. A.)

A. farcimen, var. *gigantea*, Tempére y Peragallo
1 T, Honolulu, Sandwich o Hawai (U. S. A.)

A. fusca, A. Schmidt
1 A, Trempang (China)

A. latencingulata, M. Peragallo
1 T, Port Townsend, Wash. (U. S. A.)

A. obtusa, Gregory
2 A, Trempang (China)

A. obtusa, Gregory, var. *crassa*, Tempére y Peragallo
1 T, Port Townsend, Wash. (U. S. A.)

ARACHNOIDISCUS, Ocene 1847

A. ehrenbergii (Reciente)
1 Co, Puget-Sound

A. ehrenbergii (Reciente)
1 B

A. indicus (Reciente)
2 Co, California

A. japonicus
1 B,

A. ornatus (Reciente)
1 To,
2 Co, Bombay

ARDISONIA, De Notaris 1842

A. Formosa (*Hantz*), Grunow (*Synedra*)
2 A, Trempang (China)

ASTEROLAMPRA, Ehrenberg 1844

A. acutiloba, Forti
1 T, Sicilia

A. sp.
1 A, Sicilia

ASTEROMPHALUS, Ehrenberg 1844

A. challengerensis, Castracane
1 TR, Océano Glacial Artico, a 3.672 m. de profundidad. Expedición del «Challenger»

A. ralfsianus, Normann
1 F, Guano de Perú

AULACODISCUS, Ehrenberg 1844

A. africanus, Coltan
1 A,
1 Co,

A. comberii, Arnott
2 Co, Pabellón do Pica (Perú)
3 A, Guano de Perú
1 F, Guano de Perú

A. decorus, Greville
1 M, Samoa

A. formosus, Arnott
1 Co, Iquique (Perú)

A. kittonii, Arnott
3 A, Guano de Perú
2 F, Guano de Perú
2 Co, Monterrey Bay (Perú)

A. macraeanus, Greville
1 M, Jedito Bay

A. margaritaceus (Reciente)
2 Co, Río de Janeiro

A. multispadix
1 T,

A. oreganus, Bailey (Reciente)
1 Co, California

A. orientalis (Reciente)
1 Co, Society Islands

A. petersii, Ehrenberg (*Eupodiscus*)
1 K,

AULISCUS, Ehrenberg 1843

A. coelatus, Bailey (Reciente)
2 Co, Japón
1 T,

A. grevillei, Janisch
3 F, Guano de Perú
1 A, Guano de Perú

AURICULA, Castracane 1873

A. amphitetris, Castracane
1 T,

A. insecta, Grunow
1 T,

BACTERIASTRUM, Shadbolt 1854

B. varieties
1 Co, Hong Kong - Marbour

B. surcatum (Reciente)
1 Co, Hong Kong - Marbour

B. varians, Lauder
5 A, Trempang (China)

BIDDULPHIA, Gregory 1831

B. aurita, Brebisson
2 F, Trempang (China)

B. baileyi, W. Smith (= *B. mobiliensis*, Bailey)
2 A, Cuxhaven. Mar del Norte
1 M, Nordsea

B. edwardii, Febiger
1 M, California

B. pulchella, Gray (Reciente)
2 Co, Ceylan
4 A, Trempang (China); Agar-Agar (Japón)

B. reticulata, Roper
1 A, Trempang (China)

B. reticulata, Roper var. *romboides*
1 A, Trempang (China)

B. rhombus, W. Smith
2 A, Damaru?

B. rotunda, M. Peragallo
1 T, Port Townsend, Wash. (U. S. A.)

B. roperiana, Greville
2 A, Trempang (China)

CAMPYLODISCUS, Ehrenberg 1840

C. adriaticus, Grunow var. *massiliensis*, Grunow
1 A, Marsella

- C. ambiguus*, var. *upolensis*, Grunow
1 TR, Islas Sandwich o Hawai (U. S. A.)
- C. angularis*, Gregory
1 A, Trepang (China)
- C. biangulatus*, Greville
1 H, Antanambe
- C. clypeus* (Reciente)
2 Co, Inglaterra
- C. cribosus* (Reciente)
2 Co, Yarra - Yarra (Australia)
- C. concinnus*, Grunow, y *comptus*, Janisch
1 TR, Islas Sandwich o Hawai (U. S. A.)
- C. crassus*, Castracane
1 T, Yokosky. Castracane, Challenger
- C. decorus*, Brebisson
1 A, Mediterráneo
- C. delicatus*
1 Bo,
- C. echeneis*, Ehrenberg
3 A, Melbourne y Yarra - Yarra (Australia)
- C. fluminensis*, Grunow
1 A, Mediterráneo
- C. hibernicus*, Ehrenberg (= *C. costatus*, W. Smith)
4 A, Agua Dulce, Santa Mónica, California
- C. hibernicus*, Ehrenberg
1 A,
- C. imperialis*, Greville
1 M, Sudamérica
- C. limbatus*, Brebisson
1 A, Mediterráneo?
- C. lorenzianus*, Grunow
1 A, Mediterráneo
- C. ornatus*, Greville
1 H, Tamatabe
- C. studeri*, Janisch
1 TR, Manila
- C. tarnatus*, A. Schmidt
1 A, Trepang (China)
- C. thuretii*, Brebisson
1 A, Mar del Norte
- C. undulatus*, Greville (= *C. Brightwelli*, Grunow)
2 A, Trepang (China)
- CERATAULUS, Ehrenberg 1843
- C. laevis*, var. *robusta*, Tempère y Peragallo
1 T, U. S. A.
- C. orbicularis*, Forti
1 T, Mina de Sudda (Etiopía)
- C. smithii*
1 Co,
- CLADOGRAMMA, Ehrenberg 1844
- C. conicum*, var. *campanulatum*, Forti
1 T, Sicilia, Grotte
- CLIMACOSPHENIA, Ehrenberg 1843
- C. moniligera*
2 B,
- COCCONEMA, Ehrenberg 1838
- C. lanceolatum*, Ehrenberg
1 A, Trepang (China)
- COSCINODISCUS, Ehrenberg 1838
- C. concavus* (Reciente)
1 Co, Perú
1 A, Mar Chica, Melilla (España)
- C. concinnus*, W. Smith
2 A, Inglaterra
- C. elegans*
1 A, Mar Chica, Melilla (España)
- C. excavatus*, Greville
1 TR, Cambridge, Maryland
- C. janischii*, A. Schmidt
1 F, Guano de Perú
- C. japonicus*, Cleve (*Cestodiscus*)
2 A, Iki (Japón)
- C. lineatus*, var. *leptopus*, Ehrenberg
1 C, Jalafre
- C. macraeanus*, Greville
1 F, Guano de Perú
- C. obscurus* - *concavus*
1 A, Mar Chica, Melilla (España)
- C. praetextus*, Janisch (*C. fulgurialis*, Brun)
1 A, Guano de Perú
- C. rhombicus* var. *italicus*, Forti
1 T, Marmorito (Italia)
- C. radiatus* (Reciente)
1 Co, Perú

- C. sp.*
1 F, Guano de Perú
1 C, Jalafre
1 A, Mar Chica, Melilla (España)
- CYCLOTELLA, Kützing 1833
- C. horlogium*
1 B,
- C. rectangula*, Brebisson
- C. sp.*
1 A,
- CYMATOPLEURA, C. Agardh 1830
- C. appiculata*
1 Bo,
- C. elliptica* (Brebisson), W. Smith
1 W,
1 B,
- C. manni*, M. Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- C. nobilis*, Hatzsch.
1 M,
1 A,
- CYMBELLA, C. Agardh 1830
- C. affinis*, Kützing (Agua Dulce)
1 Fo, Antequera (Málaga)
- C. levis*, Naegeli
1 A, Seseña, Toledo (fuente pública)
- C. maculata*, Kützing
1 A, Segovia?
- C. producta*, M. Peragallo
1 T, Bunnells-Gond, Bristol (U. S. A.)
- C. turgidula*, Grunow, y otras esp.
3 A, Seseña, Toledo (fuente pública); Balsa de la Toba, Ateca (Zaragoza) (España)
- C. sp.*
1 A, Barbados
- CHAETOCEROS, Ehrenberg 1844
- C. sp.*
3 A, Trepang (China)
- DENTICULA, Kützing 1844
- D. elegans*, Kützing
1 A, Seseña, Toledo (fuente pública)
- DIATOMA, de Candolle 1805
- D. grande*
1 B,
- D. vulgare*, Bory
1 To,
- DIPLONEIS, Ehrenberg 1841
- D. mediterranea*, var. *elliptica*, Tempère y Peragallo
1 T, Honolulu, Islas Sandwich (U. S. A.)
- D. smithii*, Brebisson (*Navicula*) (Reciente)
1 Co, Colón
- DONKINA, Ralfs 1860
- D. recta*, Ralfs
1 M, Inglaterra
- ENCYONEMA, Kützing 1833
- E. ventricosum*, Grunow
2 A, Travertino de Châteldon
- EPITHEMIA, de Brebisson 1838
- E. hyndmani*, W. Smith
1 TR, Milton (U. S. A.)
1 A,
- E. hyndmani*, W. Smith, var. *capitata*, Tempère y Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- E. sorex*, Kützing
1 A, Cambridge, Barbados
- E. truncata*, M. Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- E. turgida* (Ehrenberg), Kützing
1 A,
- E. turgida* (Ehrenberg), Kützing, var. *granulata*
1 A,
- E. westermanni*, var. *stricta*, Tempère y Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)

- E. westermanni*
1 Co, Zebú
1 W,
2 M,
1 Bo,
- EUNOTIA, Ehrenberg 1837
- E. diadema*, Ehrenberg
1 A,
- E. dodecaedon*, Ehrenberg
1 A,
- E. elephas*, Ehrenberg
1 A,
- E. polyodon*, Ehrenberg (= *E. robustus*, Ralfs var.)
1 A,
- E. tetraodon*, Ehrenberg
1 To,
- E. triodon*, Ehrenberg
1 A,
- EUODIA, Bailey 1860
- E. janischii*, Grunow
1 A, Trepang (China)
- EUPLERIA, Arnott 1858
- E. pulchella*, Arnott
1 Co, Monterey, California
1 M, Australia
- EUPODISCUS, Ehrenberg 1844
- E. argus* (Reciente)
2 Co, Cuxhaven, Mar del Norte
- E. johannesianus*
2 Co, Hong-Kong; Mar del Norte
- E. oculatus*, Greville
2 A, Santa Mónica, California
- E. radiatus* (Reciente)
2 Co, Veracruz, Florida
- E. rogersii*, Bailey
1 T, Cambridge, Maryland
- FRUSTULIA, Agardh 1824
- F. saxonica*, Ralfs
1 B,
- GOMPHONEIS, Cleve 1894
- G. herculeana*, var. *rostrata*, Tempère y Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- GRAMMATOPHORA, Ehrenberg 1840
- G. marina*
1 M,
- G. subtilisima*
1 W,
1 M,
1 R,
- G. sp.*
2 A, Trepang (China)
- HANDMANNIA, Peragallo 1913
- H. austriaca*, M. Peragallo
1 T, Almsea (Austria)
- HIMANTIDIUM, Ehrenberg 1840
- H. pectinale*
1 Bo,
- HOMOEOLADIA, Agardh 1827
- H. martiniana*, Agardh
1 M,
- HYALODISCUS, Ehrenberg 1846
- H. maximus*, Ehrenberg
1 M, California
- H. subtilis*
1 M, California
- H. sp.*
4 A, Trepang (China); South Yarra (Australia)
- ISTMIA, Agardh 1830
- I. nervosa*
1 W,
1 To,

- LICMOPHORA, Agardh 1827
- L. ovata*, Grunow
1 M, Adria
- L. splendida*
1 W, Marina
- LIPAROGYRA, Ehrenberg 1848
- L. dendrateres*, Ehrenberg
1 M,
- MELOSIRA, Agardh 1824
- M. carenarum*, M. Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- M. distans*, Kützing
1 A,
- NAVICULA, Bory de St. Vincent 1826
- N. ambigua*, Ehrenberg, forma craticula
1 TR, Lago Balatón (Hungria)
- N. amphisbaena* (Agua Dulce)
1 B,
- N. amphirynchus*, Ehrenberg (*Neidium*)
1 M, Holstein
- N. aerosphaenia*, var. *dilatata*, M. Peragallo
1 T, Bunnell Gond Bristol (U. S. A.)
- N. americana*, var. *bacillaris*, M. Peragallo
1 T, Boldpatta Gond, Mass. (U. S. A.)
- N. americana*, var. *moesta*, M. Peragallo
1 T, Boldpatta Gond, Mass. (U. S. A.)
- N. antinitescens*, M. Peragallo
1 T, Tacoma, Washington (U. S. A.)
- N. attwoodii*, M. Peragallo
1 T, Quinipiao (U. S. A.)
- N. baileyana*, var. *ovata*, Tempère y Peragallo
1 T, Port Toesend, Washington (U. S. A.)
- N. bombus*, Ehrenberg (Reciente)
1 Co, Alejandria
- N. crabro*, Ehrenberg
1 A, Trepang (China)
- N. cuspidata*, Kützing
1 M,
- N. didyma* (Reciente)
1 Co, Perú
- N. delawarensis*, var. *robusta*, Tempère y Peragallo
1 T, Quinipiao (U. S. A.)
- N. gendrei*, Tempère y Peragallo
1 T, Biscarrosse (Francia)
- N. lanceolata*, var. *cuspidata*
1 T,
- N. lyra* (Reciente)
1 Co, Río de Janeiro
- N. mesostyla*
1 T, Sea Gond (U. S. A.)
- N. navaquineansis*, Tempère
1 T, Quinipiao (U. S. A.)
- N. peregrina*
1 Ba,
- N. peregrina*, var. *truncata*, M. Peragallo
1 T, Tacoma, Washington (U. S. A.)
- N. permagma*, Bailey
1 M, Deutsch
- N. prebayta*, var. *hennedyii* (Reciente)
1 Co, Zebú
- N. prebayta* (Reciente)
1 Co, Lamdash
- N. peticolassi*, M. Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- N. romboides*, Ehrenberg
3 M,
1 W, Bernis Lake (U. S. A.)
- N. seductilis*, A. Schmidt
1 A, Trepang (China)
- N. smithii*, var. *dilatata*, M. Peragallo
1 T, Fall Mountain, Conn. (U. S. A.)
- N. splendida* (Reciente)
1 Co, Manila
- N. strangulata*
1 Co, Río de Janeiro
- N. tabellaria*, Tempère y Peragallo
1 T, Mills Pond, Monio River
- N. yarrensii*, Grunow (Pinnularia)
1 A, Yarra - Yarra (Australia)
- NITZSCHIA, Hassal 1845
- N. curvula*, W. Smith
2 M,
- N. grandis*
2 Co, Colón

- N. linearis*, W. Smith
1 M,
- N. littoralis*, Grunow
1 A, Trepang (China)
- N. obtusa*, var. *scalpelliformis*
1 M,
- N. scalaris*, W. Smith
1 M, Samoa
- N. sigmoidea*, W. Smith
1 W,
1 R,
- N. spectabilis* (Ehrenberg), Ralfs
1 M, Rohnen?
- N. vidowichii*, Grunow
1 T, Villefranche
- OPEPHORA, Petit 1888
- O. americana*, M. Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- ORTHONEIS, Grunow 1868
- O. aspera*, Peragallo
1 T, King Georges Sound (Australia)
- O. splendida*, Gregory
1 TR, Braun, Moravia
- PERRYA, Kitton 1874
- P. pulcherrima* (Reciente)
2 Co, Colón
- PHALASPOTHRIA
- P. longispina*, Cleve y Grunow
1 M, Davis-Strasse
- PLAGIODISCUS, Grunow y Eulenstein 1867
- P. martensianus*, Grunow
1 H, Antanambe
- PLAGIOGRAMMA, Greville 1859
- P. elongatum* (Reciente)
2 Co, Rio de Janeiro
- P. new spec* (SIC)
1 Co, Campeche Bay
- PLEUROSIGMA, W. Smith 1853
- P. acuminatum*, Grunow
1 M,
- P. aestuarii*, W. Smith
1 M,
- P. angulatum*, W. Smith
1 Co, Inglaterra
3 M,
1 W,
1 B,
- P. angulatum, balticum, quadratum, strigosum* y otras especies
(Preparación test)
3 B,
- P. attenuatum*, W. Smith
1 M,
1 A,
- P. baileyi*, Grunow
1 M, Ostindien
- P. balticum*, Ehrenberg
1 M,
1 A, Trepang (China)
- P. balticum*, Ehrenberg, var. *trinitatis*, M. Peragallo
1 T, Puerto España, Trinidad
- P. balticum y quadratum*
1 B,
- P. convexum*, Grunow
1 M, Samoa
- P. elongatum*, W. Smith
1 M,
2 Co, Portsmouth (Inglaterra)
- P. fasciola*, W. Smith
1 W,
1 WA,
1 M,
- P. formosum* (Reciente)
2 Co, Inglaterra
- P. lithorale*, W. Smith
1 M, Inglaterra
- P. naviculaceum*, Brebisson
1 M, Samoa
- P. quininiacei*, M. Peragallo
1 T, Quininpiac, Conn. (U. S. A.)

- P. rigidum y decorum*
1 B,
- P. stringilis*
1 M,
- P. spencerii*, W. Smith
1 M,
- P. spectabilis*, Grunow
2 M, Brasil
- P. strigosum*, W. Smith
1 M,
- P. terrianura*, M. Peragallo
1 T, Leate's Island, Wash. (U. S. A.)
- P. sp.*
2 A, Trepang (China)
6 A,
- PODOCYSTIS, Kützing 1844
- P. adriatica*, Kützing
1 M, Capocesto
- PODOSIRA, Ehrenberg 1840
- P. hormoides?*
1 A, Agar - Agar (Japón)
- POLYMIXUS, Bailey 1855
- P. coronalis*, Bailey
1 TR, Para River (Brasil)
- P. coronata*
1 Co, Para River (Brasil)
- PORODISCUS, Greville
- P. elegans*, Greville
1 T,
- RAPHONEIS, Ehrenberg 1844
- R. amphiceros*, Ehrenberg
1 M, Nord Sea
- R. castracanii*, Grunow
1 M, Samoa
- R. liburnica*
1 Co, O'Meara
- R. nitida*, Greville, forma *major*, M. Peragallo
1 T,
- RHABDONEMA, Kützing 1844
- R. adriaticum*, Kützing
1 A, Trepang (China)
- R. arcuatum*, Kützing
1 B,
- RHIZOSOLENIA, Ehrenberg 1848
- R. gracillima*, Cleve
1 M, Schweden
- R. shivubsolii*, Cleve
1 M, Yheppey
- R. stiliformis*
2 M,
- RAPIDOPHORA, Kützing 1844
- R. paradoxa*
1 B,
- SCOLIOPLEURA, Grunow 1860
- S. convexa*, Grunow
1 M, Frankreich
- S. tumidia*
1 Bo,
- SCEPTRONEIS, Ehrenberg 1844
- S. caduceus*, Ehrenberg
1 M, Norteamérica
- S. gemmata*, Grunow
1 M, Mors, Dinamarca
- SCHIZONEMA, Agardh 1824
- S. grevilleis*
1 B,
- STAURONEIS, Ehrenberg 1843
- S. acuta*, W. Smith
1 F,
1 P, Columbia S., Ca. (U. S. A.)

- S. acuta*, W. Smith, var. *maxima*, M. Peragallo
1 T, Boldpatte Gond, Mass. (U. S. A.)
- S. phoenicenteron*, Ehrenberg
1 Bo,
- S. salina*, W. Smith — Con *Surirella*, *Pleurosigma* y otros
- STENOPTERVLIM
- S. anceps*
1 M, Norteamérica
- STEPHANODISCUS, Ehrenberg 1845
- S. niagarae*, Ehrenberg
1 M,
- STEPHANOGONIA, Ehrenberg 1844
- S. hillabyana*, Tempère y Peragallo
1 T, Monte Hillaby, Barbados
- STICTODISCUS, Greville 1861
- S. angulatus*, Grunow
1 M, Mors, Dinamarca
- S. californicus*
1 Co, Los Angeles
- S. pantocsekii*, Tempère, var. *coralina*
1 T, Barbados
- STRIATELLA, Agardh 1832
- S. unipunct*, Agardh
1 M,
1 W,
- SURIRELLA, Turpin 1827
- S. americana*, Terry
1 T, Port Townsend - Washington (U. S. A.)
- S. americana*, Terry, var. *intermedia*, M. Peragallo
1 T,
- S. cuneata*, Witt
1 A,
- S. elegans*, Ehrenberg
1 A, Bélgica
1 M,
1 Bo,
- S. elegans*, Ehrenberg, var. *producta*, Tempère y Peragallo
1 T, Lost Spring Ranch, California
- S. fastuosa*, Ehrenberg
1 A, Trepang (China)
- S. gemma*, Ehrenberg
2 M,
2 W,
- S. hybrida*, var. *elegans*, Tempère y Peragallo
1 T, Port Townsend, Washington (U. S. A.)
- S. japonica*, A. Schmidt
2 A, Trepang (China)
- S. kittonii*, var. *asperula*, M. Peragallo
1 T, Tacoma, Washington (U. S. A.)
- S. reniformis*
1 Co, Manila
- S. robusta*, var. *ovata*, Tempère y Peragallo
1 T, Biscarrosse
- S. spiralis*, Kützing
1 B,
2 A,
- S. splendida*, Ehrenberg
1 Bo,
1 A,
- S. striatula*
2 Co, M. Wales, Inglaterra
- S. suevica*, Zeller
1 TP,
- S. terry*, Ward
1 T, Sea Pond, Conn. (U. S. A.)
- S. valida* var. *crassa*
1 T, Tacoma, Washington (U. S. A.)
- S. sp.*
1 A,
- SYNDENDRIUM, Ehrenberg 1845
- S. diadema*, Ehrenberg
1 M, Norteamérica
- SYNEDRA, Ehrenberg 1831
- S. amphirhynchus*, Ehrenberg
2 A, Balsa de la Toba, Ateca (Zaragoza)
- S. capitata*
1 Bo,
1 B,

- S. goulard*, Brebisson, var. *elegante*, M. Peragallo
1 T, Rivera de Denis, La Reunión
- S. hialina*, M. Peragallo
1 T, La Brea, Trinidad
- S. ulna*, Ehrenberg
2 A, Seseña, Toledo (fuente pública)
- S. undulata*
2 Co, Inglaterra
- TABELLARIA, Ehrenberg 1840
- T. fenestrata*
1 Bo,
- TAXONIDEA
- T. balearica*, Grunow
1 G, Bahía de Palma
- T. insignis*, Donk
1 M, Firth of Fay
- TERPSINOE, Ehrenberg 1843
- T. intermedia*, Grunow
Salt Marsches n'Mobile, Alabama (U. S. A.)
- T. sp.*
1 A,
- TETRACYCLUS, Ralfs 1843
- T. lacustris*, Ralfs
1 M, Schweden
- T. rhombus*, var. *maxima*, Tempère y Peragallo
1 T, Swan Lake, Oregón (U. S. A.)
- TRACHYNEIS, Cleve 1894
- T. kerguelensis*, Tempère
1 T, Kerguelen
- T. velata*, var. *rhomboides*, M. Peragallo
1 T, King Georges Sound, Australia
- TRICERATIUM, Ehrenberg 1840
- T. arcticum*, Brightwell (Reciente)
1 Co, California
1 A, Trepang (China)
- T. arcticum*, Brightwell, var. *kerguelensis* β , Castracane
1 A, Trepang (China)
- T. arcticum*, Brightwell, var. α y β
1 Co, Monterey Bay
- T. balearicum*, Cleve
1 G, Bahía de Palma
- T. bicornis*, Cleve
1 H, Foulvointe
- T. biquadratum*, Janisch
1 T,
- T. costelliferum*, Grunow
1 F,
- T. disceforme*, Greville
1 Co, Colón
- T. favus*, Ehrenberg (prep. inicial To)
1 F,
1 Co, Cuxhaven (Reciente)
- T. favus*, Ehrenberg, var. *scitulum* (Reciente)
1 Co, Penang
- T. fimbriatum* (Reciente)
2 Co, Río de Janeiro
- T. formosum*, Brightwell, var. *pentagonalis*
1 H, Foulvointe
- T. grande*, Brightwell
1 T,
- T. megastonium*, Ehrenberg
1 H, Tomatave
- T. sculptum*
1 Co, Zebú
- T. septangulum* (Reciente)
1 Co, Colón
- T. sublime*, A. Schmidt
1 H, Tamatave
- T. tabellarium*, Brightwell, var. *diplostista*, Grunow (Reciente)
1 Co, Colón
- T. sp.*
2 A, Trepang (China)
- TRINACRIA, Heiberg 1863
- T. regina*
1 B, Jutland, Dinamarca

WILLEMOSIA, Castracane 1886

W. elegantula, Forti
1 T, Grotte, Sicilia

W. elongata, Forti
1 T, Grotte, Sicilia

W. elongata, Forti, var. *rhombrica*, Forti
1 T, Grotte, Sicilia

XANTHIOPYXIS, Ehrenberg 1844

X. umbolatus
1 Co,

SECCION III

DIATOMEAS DE OAMARU, NUEVA ZELANDA

Todas las preparaciones de esta sección son de Fungairiño (F), salvo raras excepciones que se indican con la inicial del autor.

En todo caso, proceden del yacimiento de diatomeas fósiles de Oamaru, Nueva Zelanda, Isla del Sur.

ACTINODISCUS, Greville 1863

A. barbadensis, Greville (7)

A. indicus, Ehrenberg (2)
A. sp.

ACTINOPTYCHUS, Ehrenberg 1858

A. elegantulus, Grove y Sturt
A. fuscus, Grove y Sturt
A. glabratus, Grunow
A. grovei, Thomas (*Heliopelta*)
A. maculatas, Grove y Sturt (2)
A. papilio, Brun
A. undulatus, Ehrenberg
A. vulgaris, Schum (8)
A. vulgaris, var. *maculata*, Grove y Sturt (4)
A. wittianus, Janisch (4)
A. wittianus, Janisch, var. *hexagona*, Janisch (2)
A. sp. (3)

ASTEROLAMPRA, Ehrenberg 1844

A. affinis, Bailey, var. *punctifera*, Grove
A. decora, Greville (4)
A. decora, Greville, var. *Castracane*

AULACODISCUS, Ehrenberg 1844

A. amoenus, Greville (5)
A. angulatus, Greville (3)
A. argus, Ehrenberg (A) (*Eupodiscus*)
A. barbadensis, Ralfs (2)
A. cellulosus, Grove y Sturt (6)
A. cellulosus, Grove y Sturt, var. *plana*, Grove y Sturt (3)
A. convexus, Grove y Sturt (2)
A. cruz, Ehrenberg
A. dispersus, Rattray
A. ehrenbergii, Bailey
A. huttonii, Grove y Sturt (6)
A. janischii, Grove y Sturt (16) (1 preparación de A)
A. margaritaceus, Ralfs (19) (1 preparación de A y otra de TR)
A. nigricans, Tempère y Brun
A. oamaruensis, Grove y Sturt (6)
A. patulus, Grunow (2)
A. radiosus, Grove y Sturt
A. rattrayii, Grove y Sturt (12)
A. sollittianus, Normann (15)

AMPHORA, Ehrenberg 1831

A. egregia, Ehrenberg
A. sp.

ANTHODISCUS, Grove y Sturt 1886

A. floreatus, Grove y Sturt (2)

ARACHNOIDISCUS, Dcane 1847

A. ehrenbergii, Bailey (13)
A. grevilleanus, Hardmann

A. sollittianus, Norman, var. *Nova-Zealandica*, Grove y Sturt (3)
A. subrimosus, Grove y Sturt (5)
A. sp. (5)

AULISCUS, Ehrenberg 1843

A. fenestratus, Grove y Sturt (4)
A. hardmannianus, Greville (2)
A. lacunosus, Grove y Sturt (2)
A. mannianus, Greville
A. oamaruensis, Grove y Sturt (5) (1 de A)
A. racimosus, Ralfs
A. sp. (3)

C. luctuosus, Grove
C. oculus-iridis, Ehrenberg (4)
C. rothii, Grunow (3) (= *symmetricus*, Greville)
C. spiniferus, Grove y Sturt (11)
C. subtilis, Ehrenberg
C. symbolophorus, Grunow
C. symbolophorus, Grunow, var. *oamaruensis*, A. Schmidt
C. undulatus, Cleve
C. sp. (3)

CRASPEDOPORUS, Greville 1863

C. elegans, Grove y Sturt (4)

CRASPEPODISCUS, Ehrenberg 1844

C. oblongus, Greville (A) (*Coscinodiscus*)

DIPLONEIS, Ehrenberg 1841

D. fusca, Gregory, var. *oamaruensis*, Cleve (*Nevicula*)

EUNOTIA, Ehrenberg 1837

E. striata, Grove y Sturt

EUNOTOGRAMMA, Weise 1854

E. producta, Grove y Sturt

EUPODISCUS, Rattray 1888

E. johnesianus, Greville (A)

GLYPHODESMIS, Greville 1862

G. constructum, Greville (var?)

GLIPHODISCUS, Greville 1862

G. stellatus, Greville

GONIOTHECIUM, Ehrenberg 1844

G. odontella, Ehrenberg (2) (1 preparación de A)

HEMIAULUS, Ehrenberg 1844

H. amplexans, Grove y Sturt (2)
H. amplexans, Grove y Sturt, var. *major*
H. angustus, Greville
H. claviger, A. Schmidt (2)

BIDDULPHIA, Gregory 1831

B. dissipata, Grove y Sturt
B. fossa, Grove y Sturt (4)
B. oamaruensis, Grove y Sturt
B. pedalis
B. podagrosa, Greville
B. punctata, Greville (3)
B. rhombus, W. Smith (A)
B. rigida, A. Schmidt (4)
B. vittata, Grove y Sturt (2)
B. sp. (2)

BRIGHTWELLIA, Ralfs 1861

B. pulchra, Grunow (7)

CERATAULUS, Ehrenberg 1843

C. subangulatus, Grove y Sturt (11)
C. sp.

CESTODISCUS, Greville 1865

C. sp.

COCCONEIS, Ehrenberg 1835

C. sp.

COSGINODISCUS, Ehrenberg 1838

C. concavus, Gregory (7)
C. concavus, Gregory, var. *punctata*, Grove
C. debilis, Grove (7)
C. galapaguensis, Rattray (7)
C. inaequalis, Grove y Sturt (*C. vetustissimus*, Pantosek)

- H. includens*, Grunow (4)
H. includens, Grunow (*H. tenuicornis*, Greville)
H. polycistinorum
H. polymorphus, Grunow
- HYALODISCUS, Ehrenberg 1845
H. radiatus, O'Meara
H. subtilis, Bailey
H. subtilis, Bailey, var. *robusta*, Grove y Sturt (7)
H. valens, A. Schmidt (7) (1 dudoso)
- ISTMIA, Agardh 1830
I. enervis, Ehrenberg
I. nervosa, Kützing (var?)
- KITTONIA, Grove y Sturt 1887
K. elaborata, Grove y Sturt (13) (1 de A)
K. virgata, Grove y Sturt
K. sp.
- LAMPRIUSCUS, Grunow 1864
L. debii, Grove y Sturt (género *Isodiscus*, Rattray)
- MELOSIRA, Agardh 1824
M. clavigera, Grunow (5) (2 de A)
M. oamaruensis, Grove y Sturt (6) (1 de A)
- MONOPSIA, Grove y Sturt 1887
M. mammosa, Grove y Sturt (2)
- NAVICULA, Bory de St. Vicent 1826
N. definitiva, Grove y Sturt
N. inelegans, Grove y Sturt (2)
N. oamaruensis, Grunow (5)
N. sparsi-punctata, Grove y Sturt (2)
N. variolata, Cleve (2)
- ORTHONEIS, Grunow 1868
O. splendida, Greville
O. sp.
- PODOSIRA, Ehrenberg 1840
P. maxima, Kützing (A)
P. sp.
- PORODISCUS, Greville
P. calyciflor, Tempère y Brun (4)
- PSEUDOALISCUS, Lend-Portmorel 1879
P. anceps, Rattray
P. pulvinatus, Cleve (?)
- PSEUDORUTILARIA, Grove y Sturt
P. monile, Grove y Sturt (2)
- RATTRAYELLA, De Toni 1889
R. oamaruensis, Grunow (2)
- RUTILARIA, Greville 1863
R. radiata, Grove y Sturt (8)
R. sp.
- STEPHANODISCUS, Ehrenberg 1845
S. astraea (Ehrenberg), Grunow, var. *intermedia*, Fricke
- STEPHANOOGONIA, Ehrenberg 1844
S. danica (Kitton), Grunow
- STEPHANOPYXIS, Ehrenberg 1844
S. barbadensis, Greville (2)
S. corona, Ehrenberg
S. grunowii, Grove y Sturt
S. valida, Grunow (2)
S. turris, Greville
- STICTODISCUS, Greville 1861
S. californicus, Greville (2)
S. californicus, Greville, var. *areolata*, Grove y Sturt
S. gibbosus, Grove y Sturt (A) (*S. parallelus*, Ehrenberg var.)
S. hardmannianus, Greville (7)
S. nitidus, Grove y Sturt (3)
S. novae-zealandiae, Grunow (13)
S. parallelus, Ehrenberg (2)
S. parallelus, Ehrenberg, var. *gibbosus*
S. truani, Azpeltia (A)
S. sp. (2)

- SYNDETONEIS, Grunow 1888
S. amplexans, Grove y Sturt (*Hemiaulus*)
- TERPSINOE, Ehrenberg 1843
T. americana, Bailey (2)
T. musica
- TRICERATIUM, Ehrenberg 1840
T. americana, Ralfs (2)
T. arcticum, Brightw. (12) (1 ejemplar forma cuadrada)
T. arcticum, Brightw., var. *5 gona*
T. arcticum, Brightw., var. *sendaiense*, A. Schmidt
T. bimarginatum, Grove y Sturt
T. castelliferum, Grunow (12) (1 de A)
T. coscinoides, Grove y Sturt (3)
T. crenulatum, Grove y Sturt (7) (1 de A)
T. cuspidatum, Janisch (4)
T. denticulatum, Greville (2)
T. fallaciosum, Grunow (4)
T. fractum, Walter y Chase (12)
T. favus, Ehrenberg (6) (formas triangulares y cuadradas)
T. glandiferum, Grunow (4)
T. grande, Brightw. (23) (1 dudosa)
T. grayii, Grove y Sturt
T. ligulata, Grove y Sturt
T. lincatum, Greville (11)
- T. majus*, Grove y Sturt (6)
T. montereyii, Brightw. (3)
T. morlandii, Grove y Sturt (17)
T. nebulosum, Grunow (?)
T. nitescens, Greville (3)
T. nova-zealandicum, Grove y Sturt (26) (1 de A)
T. oamaruense, Grove y Sturt (6)
T. pallaciosum, Grunow
T. papillatum, Grove y Sturt
T. parallelum
T. permagnum, Janisch
T. plano concavum, Brun (2)
T. plenum, Grove y Sturt (4)
T. pseudonervatum, Grove y Sturt (6)
T. pulvinar, A. Schmidt
T. punctatum, Brightw.
T. rugosum, Grove y Sturt (9)
T. undatum, Grunow (7) (1 de A)
T. venosum, Brightw.
T. sp. (15)
- TRINACRIA, Heiberg 1869
T. lingulata, Grove y Sturt (2)
T. simulacrum, Grove y Sturt (2)
T. ventricosa, Grove y Sturt (4)
- XANTHIOPYXIS, Ehrenberg 1844
X. sp. (2)

SECCION IV

DIATOMEAS FOSILES EXTRANJERO

- ACANTHODISCUS, Brun
A. clypeolus (Brun) (= *Cotyledon*, de Toni)
 1 A, Kusnetz (Rusia)
- ACTINOCYCLUS, Ehrenberg 1837
A. ehrenbergii, Ralfs
 1 TR, Cambridge, Maryland
- A. ovulis*, Roper
 1 M, Normandía
- A. roperii* (Brebisson), Kitton
 3 A, Cabours (Francia)
- A. sp.
 2 F, Szakal (Hungria)
- ACTINOGONIUM, Ehrenberg 1872
 A. sp.
 2 A, Barbados
- ACTINOPTYCHUS, Ehrenberg 1838
A. amblyoceros
 1 A, Richmond, Virginia

- A. bismarkii*
1 A, Santa Mónica, California
- A. delicatissimus*, O. Witt
1 F, Szakal, Hungría
- A. dilatatus*, Pantocsek
3 F, Szakal, Hungría
- A. excellens*, Schumann
1 M, Norteamérica
- A. geminus*, A. Schmidt
1 A, Anagniro, Rusia
- A. gründleri*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California
- A. halionix*, Grunow
5 F, Szakal, Hungría
1 M, Guano
- A. heliopelta*
1 To,
- A. heterostrophus*, A. Schmidt
4 A, Anagniro, Rusia
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
4 F, Archangelsk Kurgedowo, Simbirsk, Rusia
- A. leptonitos*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- A. markraei*, Deby-Szonlghii, Pantocsek
1 TR, Bary, Hungría
- A. praetor*, A. Schmidt
1 H, Nottingham
- A. punctulatus*, Pantocsek
2 F, Szakal, Hungría
- A. seductilis*, A. Schmidt
5 F, Archongelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. simbirskianus*, A. Schmidt
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
3 F, Archangelsk Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- A. splendens*, Schab
2 F, Szakal, Hungría
- A. stella*, A. Schmidt, var. *thumii*, A. Schmidt
1 F, Szakal, Hungría
2 A, Nagg-Kurtos, Hungría
- A. triangulus*, A. Schmidt
2 F, Szakal, Hungría
- A. truani*, A. Schmidt
1 A, Nagg-Kurtos, Hungría

- A. undulatus*, Ehrenberg
2 F, Szakal, Hungría
3 A, Richmond, Virginia; Barbados
- A. vulgaris*, Schumann
2 A, Monterey, California; Nyermegy, Hungría
- A. sp.*
5 A, Santa Mónica, California
1 F, Szakal, Hungría

ACHNANTES, Bory 1822

- A. brevipes*, Agardh
2 A, Nyermegy, Hungría
- A. clevei*, Grunow (?)
1 A, Travertino de Châtelguyon
- A. coarctata* (Brebisson), Grunow
2 A, Travertino de Châtelton
- A. gibberula*, Grunow
4 A, Travertino de Châtelton
- A. haynaldii*, Schaarsmidt
2 A, Travertino de Clermont Ferrand núm. 6
- A. lanceolata* (Brebisson), Grunow
4 A, Travertino de Clermont Ferrand núms. 6 y 4
- A. lanceolata*, Grunow, var. *dubia*, Grunow
8 A, Travertino de Châtelton
- A. linearis* (W. Smith), Grunow
1 A, Travertino de Leyvaux, Cantal
- A. longipes*
1 B,
- A. sp.*
1 A, Travertino de Châtelguyon

ALLOIONEIS, Schumann y Cleve 1878

- A. mediterranea*, Cleve y Brun
1 A, Richmond, Virginia

AMPHICAMPA, Rabenhorst 1845

- A. eruca*, Ehrenberg
1 A, Tisar, Méjico

AMPHORA, Ehrenberg 1831

- A. cingulata*, Cleve
1 A, Nyermegy, Hungría

- A. crassa*, Gregory, var. *punctata*, Grunow
1 A, Nyermegy, Hungría
- A. enoculata*, Herib?
2 A, Travertino de Châtelton y de Clermont Ferrand núm. 6
- A. libyca*, Ehrenberg
7 A, Travertino de Clermont Ferrand y Châtelguyon
- A. parcellus*, Kitton
1 A, Nyermegy, Hungría
- A. protracta*, Pantocsek
1 A, Travertino Châtelton núm. 2
- A. sp.*
8 A, Nyermegy, Hungría; Santa Mónica, California

ANISODISCUS, Grunow 1886

- A. pantocsekii*, Grunow
1 A, Nagg-Kurtos, Hungría

ANNELLUS

- A. californicus*, Tempère
1 T, Santa Mónica, California

ARACHNOIDISCUS, Dcane 1847

- A. ehrenbergii*, Bailey
5 F, Sendai, Japón; Szakal, Hungría
2 A, Nagg-Kurtos, Hungría; Monterey, California
- A. indicus*, Ehrenberg
1 A, Monterey, California
1 F, Archangelsk Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
1 TR, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. ornatus*, Ehrenberg
1 TR, Jeremías, Haití
1 A, Monterey, California
- A. ornatus*, Ehrenberg, var. *Japonicus*, Shadb
1 A, Agar-Agar, Japón
- A. sp.*
2 F, Sendai, Japón
3 A, New Castel, Barbados; Santa Mónica, California

ARDISONIA, De Notaris 1842

- A. superba*, Kützing
1 A, Santa Mónica, California

ASTEROLAMPRA, Ehrenberg 1844

- A. affinis*, Greville
1 A, Barbados
- A. concinna*, Greville
1 A, Naparima
- A. crenata*, Greville
1 A, Barbados
- A. darwinkii*, Greville
1 F, Sendai, Japón
- A. grevillei*, Wallich
1 A, Naparima
- A. inflata*
1 Co, Maryland?
- A. marylandica*, Greville
1 M, Norteamérica
- A. vulgaris*, Greville
1 Co, Barbados
3 A, Cambridge, Barbados; Springfield, Barbados
- A. sp.*
1 Co, Barbados

ASTEROMPHALUS, Ehrenberg 1844

- A. arachne* (Brebisson), Ralfs
1 M, Guano de Perú
- A. brookei*, Bailey
1 F, Sendai, Japón
- A. humboldtii*, Ehrenberg
5 A, Santa Mónica y Monterey, California
- A. humboldtii*, Ehrenberg, var. *senectus*, Tempère y Brun
1 A,
- A. hungaricus*, Pantocsek
4 A, Nyermegy, Hungría
- A. moronensis*
1 Co, Santa Mónica, California
- A. stellaris*, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón

AULACODISCUS, Ehrenberg 1844

- A. adonis*, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón
- A. africanus*, Cottam
1 A, Costa Oeste de Africa

- A. amoenus*, Greville
1 Co, Santa Mónica, California
1 A, Santa Mónica, California
1 F, Sendai, Japón
- A. angulatus*, Greville
1 F, Szakal, Hungría
- A. archangelskianus*, O. Witt
2 F, Archangelsk Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
1 T, Simbirsk, Rusia
- A. crux*, Ehrenberg
1 A, Richmond, Virginia
- A. excavatus*, A. Schmidt
4 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia; Kusnetz, Rusia
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. giganteus*, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón
1 T, Sendai, Japón
- A. kellerii*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- A. lahusenii*, O. Witt, var. *punctata*
2 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. margaritaceus*, Ralfs
4 A, Santa Mónica, California
- A. margaritaceus*, Ralfs, var. *möllerii*, Grunow
1 A, Santa Mónica, California
- A. nigricans*, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón
- A. oregonus*, Harvey y Bailey
6 A, Santa Mónica y Monterey, California
- A. probabilis*, A. Schmidt
2 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
3 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia, y Archangelsk, Kurgedovo, Rusia
- A. pulcher*, Normann
3 A, Santa Mónica, California (2 dudosas)
- A. quadrans*, A. Schmidt
1 TR, Anagniro, Simbirsk, Rusia
5 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. rogersii*
1 Co, Maryland
- A. schmidtii*, O. Witt
3 F, Anagniro, Simbirsk, y Archangelsk, Kurgedovo, Rusia
- A. schmidtii* y *lahusenii*, O. Witt
1 TR, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- A. temperei*, A. Schmidt
1 F, Sendai, Japón
- A. thumii*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California
1 Co, Maryland
- A. sp.*
2 A, Santa Mónica, California
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- AULISCUS, Ehrenberg 1843
- A. biddulphia*, Kitton
1 A, Monterey, California
- A. hantzschii*, Pantocsek (= *confluens*, Grunow, var.)
2 A, Nagg-Kurtos, Hungría
- A. intestinalis*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California
- A. joysonii*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California
- A. mirabilis*, Greville
1 A, Santa Mónica, California
- A. punctatus*, Bailey
1 A, Santa Mónica, California
- A. secalli*, Pantocsek?
1 A, Santa Mónica, California
- A. stoeckhardtii*, Janisch (var?)
1 A, Santa Mónica, California
- A. sculptus*
1 Co, Crescent City
- A. speciosus*, A. Schmidt
2 A, Santa Mónica, California
- A. stoeckhardtii*, Janisch, var. *flavescens*, Pantocsek?
1 A, Santa Mónica, California
- A. sp.*
1 A, Santa Mónica, California
1 F, Szakal, Hungría
- BACTERIASTRUM, Shadbolt 1854
- B. sp.*
1 A, Richmond, Virginia
- BIDDULPHIA, Gregory 1831
- B. calanus*, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón

- B. capuzina*, A. Schmidt
1 A, Nagg-Kurtos, Hungría
- B. elegantula*, Greville
2 A, Nagg-Kurtos, Hungría
- B. pustulata*, Brun (= *B. polycistinic*, Pantocsek)
1 A, Kusnetz, Rusia
- B. ruthenica*, O. Witt
1 A, Simbirsk, Rusia
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- B. setirulosa*, Grunow
2 A, Richmond, Virginia
- B. sp.*
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
3 F, Sendai, Japón; Szakal, Rusia
- BRIGHTWELLIA, Ralfs 1861
- B. johnsoni*, Ralfs
1 A, Barbados
1 Co, Barbados
- CAMPYLODISCUS, Ehrenberg 1840
- C. bergonii*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. contiguus*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California
- C. coronilla*, Brun
3 A, Santa Mónica, California
- C. decorus*, Brebisson?
1 F, Sendai, Japón
- C. echeneis*, Ehrenberg
1 A, Melbourne, Australia
- C. grunowii*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. hypodromus*, Brun
1 F, Sendai, Japón
- C. pacificus*, Grunow
2 A, Nyermegy, Hungría
- CERATAULUS, Ehrenberg 1843
- C. turgidus*, Ehrenberg
2 F, Szakal, Hungría
- C. sp.*
1 F, Sendai, Japón
1 A, Santa Mónica, California
- CERATONEIS, Ehrenberg 1840
- C. arcus*, Ehrenberg
2 A, Travertino de Châteldon
- CESTODISCUS, Greville 1862
- C. ovalis*
1 Co, Richmond, Virginia
- C. proteus*, Hardmann
1 A, Naparima
- C. pulchellus*, Greville, var. *trinitatis*, Grunow
2 A, Naparima
- CLAVULARIA, Greville 1865
- C. sp. (Nitzschia?)*
1 A, Monterey, California
- CLIMACOSPHEA, Ehrenberg 1843
- C. sp.*
2 A, Santa Mónica y Monterey, California
- COCCONEIS, Ehrenberg 1835
- C. lineata*, Ehrenberg
4 A, Travertinos de Châteldon y Châtelguyon
- C. scutellum*, Ehrenberg, var. *doljensis*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. trachytica*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. sp.*
2 A, Santa Mónica, California
- COCCONEMA, Ehrenberg 1828
- C. hungaricum*, Grunow y A. Schmidt
1 A, Travertino de Leyvaux, Cantal
- CORINNA, Herberg 1863
- C. elegans*, Heiberg
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- COSCINODISCUS, Ehrenberg 1838
- C. asteroides*, Truan y Witt
2 A, Naparima
1 Co, Maryland

- C. asteromphalus*
1 Co, Maryland, U. S. A.
- C. biangulatus*, A. Schmidt
1 F, Szabal, Hungría
- C. centralis*, Ehrenberg
6 F, Sendai, Japón; Szabal, Hungría
- C. clivus*, Pantocsek
5 F, Szabal, Hungría
- C. decrescens*, Grunow, var. *venustus*, Grunow
1 A, Naparima
- C. decrescens*, Grunow, var. *repletus*, Grunow
1 A, Naparima
- C. decrescens*, Grunow
1 A, Naparima
- C. diorama*, A. Schmidt
2 A, Naparima; Monterey, California
- C. diversus*, Grunow
4 A, Barbados
- C. elegans*
1 Co, Los Angeles, U. S. A.
- C. elegantulus*, Greville
3 A, Barbados
- C. endict*
1 A, Kusnetz, Rusia
- C. flexibilis*, Rattray?
1 F, Sendai, Japón
- C. fulguralis*, Brun
1 F, Sendai, Japón
1 A, Richmond, Virginia
- C. gigas*, Ehrenberg
4 F, Sendai, Japón
1 Co, Maryland
- C. lacustris*
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. leptopus*, Grunow
2 A, Nyermegy, Hungría
- C. lewisianus*, Greville
2 A, Naparima
- C. lineatus*, Ehrenberg
4 F, Szabal, Hungría; Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- C. macraeanus*
1 A, Springfield, Barbados
- C. micans*, A. Schmidt
1 A, Naparima
- C. oblongus*, Greville
1 Co, Barbados
- C. odontodiscus*, Grunow
1 A, Richmond, Virginia
- C. ovum*, Tempère y Peragallo
1 T, Monte Hillaby, Barbados
- C. pacificus*, Rattray
2 A, Barbados
- C. pageri*, Grunow, var. *subrepletus*, Grunow
1 A, Kusnetz, Rusia
- C. radiatus*, Ehrenberg
1 F, Szabal, Hungría
- C. robustus*, Greville
5 F, Sendai, Japón; Szabal, Hungría
- C. sarmaticus*, Pantocsek
3 A, Nyermegy, Hungría
- C. scutellum*, Ehrenberg, var. *dolgensis*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. scutellum*, Ehrenberg, var. *gemmata*, A. Schmidt
1 A, Nyermegy, Hungría
- C. simbirskianus*, Grunow
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
1 A, Aragniro, Rusia
- C. spinaligerus*, Rattray
1 A, Monterey
- C. suboculatus*, Rattray
2 F, Sendai, Japón
1 A, Naparima
- C. symbolophorus*, Grunow
3 A, Aragniro, Rusia; Nyermegy, Hungría
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- C. stellaris*, Roper
1 F, Sendai, Japón
- C. tubiformis*, Tempère y Peragallo
1 F, Sendai, Japón
- C. turgidus*, Rattray
1 A, Naparima
- C. subquadratum*, nov. sp.
2 A, Naparima
- C. wittianus*, Pantocsek
1 A, Anagniro, Rusia
- C. sp.*
4 F, Jeremías, Haití; Sendai, Japón; Szabal, Hungría
3 A, Nyermegy, Hungría; Naparima

- CRASPEDOPORUS, Greville 1863
C. truani, Pantocsek, var. *squamosa*, Pantocsek
3 A, Anagniro, Rusia
- CRASPEPODISCUS, Ehrenberg 1844
C. coscinodiscus, Ehrenberg
1 A, Richmond, Virginia
- C. sp.*
1 A, Richmond, Virginia
- CYCLOTELLA, Kützing 1833
C. terryana, Tempère y Peragallo
1 T, Monterey
- C. terryana*, Tempère y Peragallo, var. *major*
1 T, Monterey
- C. terryana*, Tempère y Peragallo, var. *minor*
1 T, Monterey
- CYMATOPLEURA, C. Agardh 1830
C. elliptica, var. *turta*, Tempère y Peragallo
1 T, Lostr. Spring Ranch, California
- CYMBELLA, Agardh 1830
C. affinis, Kützing
1 A, Travertino de Châteldon
- C. cymbiformis* (Kützing), Brebisson
1 A, Travertino Leyvaux, Cantal
- CHAETOCEROS, Ehrenberg 1844
C. distans, Cleve
1 F, Sendai, Japón
- CHELONIODISCUS, Pantocsek 1889
C. anagnirensis, Pantocsek
1 TR, Anagniro, Rusia
4 A, Anagniro, Rusia
- DENTICULA, Kützing 1844
D. sp.
1 A, Travertino de Châtelguyon
- DICLADIA, Ehrenberg 1844
D. capreolus, Ehrenberg
1 A, Richmond, Virginia
- DICTIONEIS, Cleve 1890
D. hungarica, Pantocsek, var. *lanceolata*
1 A, Nyermegy, Hungría
- DIPLONEIS, Ehrenberg 1841
D. bombus, Ehrenberg (var?)
1 A, Richmond, Virginia
- D. crabro*
1 A, Santa Mónica, California
- D. sp.*
1 A, Santa Mónica, California
- DITYLIUM, Bailey 1861
D. sp.
1 F, Sendai, Japón
- ENTOGONIA, Greville 1873
E. amabilis, Greville (Mioceno Superior)
1 CH, Szurdokpüspoki, Hungría
- E. brunii*, Berg. (Mioceno Superior)
1 CH, Szurdokpüspoki, Hungría
- E. daviana*, var. *intermedia*, Berg (Mioceno Superior)
1 CH, Szurdokpüspoki, Hungría
- E. daviana*, var. *propingua*, Barb. (Mioceno Superior)
1 CH, Szurdokpüspoki, Hungría
- E. formosa*, Berg. (Mioceno Superior)
1 CH, Szurdokpüspoki, Hungría
- E. marginata*, Brightwell (= *E. pulcherrima*, Greville, var. *marginata*, Greville)
1 A, Barbados
- ENTOPIILA, Ehrenberg 1841
E. australis, Ehrenberg (*Gephyria gigantea*, Greville)
3 A, Santa Mónica, California
- EPITHELION, Pantocsek 1892
E. curvatum, Pantocsek
3 A, Kusnetz, Rusia

- E. rassicum*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- E. spinifer*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- EPITHEMIA, de Brebisson 1838
- E. argus* (Ehrenberg), Kützing
2 A, Travertino de Châtelguyon
- E. heribaudii*, Azpeitia
2 A, Travertino de Châtelguyon
- EUCAMPIA, Ehrenberg 1839
- E. virginica*, Grunow
2 A, Richmond, Virginia
- EUNOTIA, Ehrenberg 1837
- E. arcus*, Ehrenberg
2 F, Essex, Mass., U. S. A.
- E. formica*, Ehrenberg
1 A, Nyermegy, Hungría
- E. pectinalis*
1 A, Travertino de Châtelon
- EUNOTOGRAMMA, Weise 1854
- E. amphioxix*, Ehrenberg
1 A, Richmond, Virginia
- E. weissii*, Ehrenberg
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia; Anagniro, Simbirsk, Rusia
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- EUODIA, Bailey 1860
- E. brightwellii*, Ralfs (*Triceratium semicircularis*, Brightwell)
3 A, Richmond, Virginia
- E. marylandica*
2 Co, Pamunkie y Holland's Cliftva
- E. sp.*
1 F, Sendai, Japón
- FRAGILARIA, Lyngbye 1819
- F. vivescens*, Ralfs
2 A, Travertino de Châtelon
- F. vivescens*, var. *oblongella*, Grunow?
1 A, Clermont Ferrand, núm. 1
- GEPHYRIA, Arnot 1860
- G. gigantea*, Greville
1 A, Monterey, California
- G. sp.*
1 A, Santa Mónica, California
- GLYPHODESMIS, Greville 1862
- G. sp.*
4 A, Santa Mónica, California
- GOMPHONEMA, Agardh 1824
- G. acuminatum*, Ehrenberg
1 A, Monterey, California
- G. angustatum* (Kützing), Grunow
2 A, Travertino de Clermont Ferrand
- G. parvulum*, Kützing
1 A, Travertino de Châtelon núm. 2
- GONIOTHECIUM, Ehrenberg 1844
- G. danicum*, Grunow?
1 A, Cemento Mors, Jutland, Dinamarca
- G. odontella*, Ehrenberg
2 A, Richmond, Virginia; New Castel, Barbados
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- G. sp.*
1 A, Richmond, Virginia
- GRAMMATOPHORA, Ehrenberg 1840
- G. hungarica*, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría
- G. robusta*, Dippel
1 A, Monterey, California
- G. serpentina*, Ehrenberg
1 F, Szakal, Hungría
- G. sp.*
1 A, Santa Mónica, California

- GYRODISCUS, Witt 1885
- G. vortex*, O. Witt
1 A, Anagniro, Rusia
- HANTZSCHIA, Grunow 1877
- H. amphioxix* (Ehrenberg), Grunow
2 A, Travertino de Châtelon
- H. vivax*, var. *granulata*, M. Peragallo
1 T, Fall Mountain, Conn., U. S. A.
- HEMIAULUS, Ehrenberg 1844
- H. affinis*, Grunow
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- H. alatus*, Greville
3 A, Springfield y Cambridge, Barbados
- H. antarcticus*, Weisse
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- H. danicus*, Grunow
4 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- H. hostilis*, Heiberg
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- H. includens*, Ehrenberg
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
2 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- H. longicornis*, Greville
1 A, Springfield, Barbados
- H. mitra*, Grunow
1 A, Cemento Mors, Jutland, Dinamarca
- H. polycvstinorum*, Ehrenberg
3 A, Springfield, Barbados
1 Co, Barbados
- H. sibericus*, Grunow
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- H. tenuicornis*, Greville
1 A, Springfield, Barbados
- H. virginicus*, Grunow
3 A, Richmond, Virginia
- H. sp.* (varias especies)
1 Co, Barbados
- HEMIDISCUS, Wallich 1860
- H. cuneiformis*
1 Co, Santa Mónica, California
- HERCOTHECA, Ehrenberg 1844
- H. sp.*
1 A, Richmond, Virginia
- HYALODISCUS, Ehrenberg 1845
- H. maximus*
1 F, Sendai, Japón
- H. radiatus*, O'Meara
1 A, Anagniro, Rusia
- H. subtilis*, Bailey
1 A, Nyermegy, Hungría
- H. sp.*
4 A, Santa Mónica, California; Richmond, Virginia; Nyermegy, Hungría; Barbados
1 F, Sendai, Japón
- HYDROSERIA, Wallich 1858
- H. javanica*, Cleve
1 F, Volcán Pangilong, Isla de Java
- H. sp.*
2 F, Jeremías, Haití; Szakal, Hungría
- ISTMIA, Agardh 1830
- I. nervosa*, Kützing
1 F, Sendai, Japón
1 A, Santa Mónica, California
- I. sp.*
1 A, Barbados
- JANISCHIA, Grunow 1882
- J. antiqua*, Grunow
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- KENTRODISCUS, Pantocsek 1889
- K. fossils*, Pantocsek
1 TR, Anagniro, Rusia
- LEPIDODISCUS, Witt 1885
- L. elegans*, O. Witt
5 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

LEUDUGERIA, Tempère 1893

- L. janischii*, Grunow
1 A, Santa Mónica, California

LIRADISCUS, Grove 1865

- L. capensis*, Cleve (var?)
3 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

LYSIGONIUM, Link 1820

- L. moniliforme*, Link?
2 A, Travertino de Châtelguyau

LITHODESMIUM, Ehrenberg 1840

- L. sp.*
1 A, Barbados

MASTOGLOIA, Thwaites 1848

- M. debyii*, Cleve
2 A, Nyermegy, Hungría

- M. neogena*, Pantocsek
3 A, Nyermegy, Hungría

- M. obtusa*, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría

- M. smithii*, Thwaites
1 A, Nyermegy, Hungría

- M. smithii*, Thwaites, var. *lacustris*, Grunow
1 A, Nyermegy, Hungría

- M. szontaghii*, Pantocsek
4 A, Nyermegy, Hungría

MELOSIRA, Agardh 1824

- M. arenaria*, Moore
1 A, Travertino de Châtelguyon

- M. boulayana*, M. Peragallo
2 A, Dépósito Gourgouras, Ardeche, Francia

- M. clavigera*, Grunow
1 A, Barbados

- M. irregularis*, Pantocsek
3 A, Anagniro y Kusnetz, Rusia

- M. minuta*, Heribaud (*Carnegia mirabilis*, Pantocsek)
3 A, Travertinos de Châtelon y Châtelguyon

- M. roeseana*, Rabenh
3 A, Travertinos de Châtelon y Châtelguyon

- M. russica*, Pantocsek
2 A, Kusnetz, Rusia; Anagniro, Rusia

- M. saratowiana*, Pantocsek
4 A, Kusnetz, Rusia

- M. sol* (Ehrenberg), Kützing
2 A, Kusnetz, Rusia; Santa Mónica, California

- M. sulcata*, Ehrenberg
3 A, Kusnetz, Rusia; Anagniro, Rusia; Nyermegy, Hungría

- M. sulcata*, Ehrenberg, var. *crenulata*, Grunow, forma *barbadensis* (A. Schmidt)
2 A, Barbados

- M. sulcata*, Ehrenberg, var. *siberica*, Grunow
1 A, Anagniro, Rusia

- 1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

- M. sulcata*, Ehrenberg, var. *siberica*, Grunow, forma *coronata*, Grunow
3 A, Anagniro, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

- M. thumii*, Pantocsek
1 A, Anagniro, Rusia

- M. sp.*
2 A, Anagniro, Rusia; Dubravica, Hungría
1 F, Szakal, Hungría

MUELLERIELLA, Van Heurk 1849

- M. limbata*, Ehrenberg (Pyxidicula)
2 A, Santa Mónica, California

NAVICULA, Bory de St. Vincent 1826

- N. angelorum*, Cleve
2 A, Santa Mónica, California

- N. amphigomphus*, Ehrenberg (período glacial)
1 F, Essex, Mass., U. S. A.

- N. aspera*, Ehrenberg
1 A, Santa Mónica, California

- N. brasiliensis*, Grunow
1 A, Nyermegy, Hungría

- N. cincta* (Ehrenberg), Kützing, var. *heufferi*, Grunow
1 A, Travertino de Châtelon núm. 2

- N. cuspidata*, Kützing
1 A, Clermont Ferrand núm. 1

- N. elegantissima*, M. Peragallo
1 T, Fall Mountain, Conn., U. S. A.

- N. elliptica*, Kützing
1 A, Travertino de Leyvaux, Cantal

- N. elongata*, Grunow (= *Liber*, W. Smith, var.)
1 A, Santa Mónica, California

- N. excavata*, Greville
1 A, Santa Mónica, California

- N. excavata*, Greville, var. *oswaldii*, Janisch
1 A, Santa Mónica, California

- N. fasciata*, Lagerst
3 A, Travertinos de Châtelguyon y Châtelon

- N. flattii*, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría

- N. gemmata*, Greville (*Diploneis*)
1 A, Santa Mónica, California

- N. Iridis*, Ehrenberg
2 F, Essex, Mass., U. S. A.

- N. lapeyrereana*, Tempère y Peragallo
1 T, Orán, Argelia

- N. lyra*, Ehrenberg
3 A, Nyermegy, Hungría; Santa Mónica, California

- N. martonfi*, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría

- N. minuscula*, Grunow
2 A, Clermont Ferrand núm. 1

- N. nivalis*, Ehrenberg (= *quinquenalis*, Grunow)
3 A, Travertino de Châtelguyon

- N. nobilis*, Ehrenberg (período glacial)
3 F, Essex, Mass., U. S. A.

- N. nodulosa* (Brebisson), Kützing
2 A, Travertinos de Châtelon y Leyvaux, Cantal

- N. oblongella*, Naegeli (= *ovalis*, Hilse, var.)
1 A, Nyermegy, Hungría

- N. ornata*, A. Schmidt
1 A, Santa Mónica, California

- N. ornata*, A. Schmidt, var. (*Diploneis*)
1 A, Monterey, California

- N. ovalis*, Hilse
3 A, Travertinos de Châtelguyon y Châtelon

- N. ovalis*, Hilse (*Diploneis* - *Navicula carpathorum*, Pantocsek)
1 A, Nyermegy, Hungría

- N. perducta*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría

- N. praetexta*, Ehrenberg
1 F, Szakal, Hungría
3 A, Santa Mónica, California (1 dudoso)

- N. praetexta*, Ehrenberg, var. *abundans*, A. Schmidt
2 A, Santa Mónica, California

- N. radiosa*, Kützing
5 A, Travertinos de Châtelguyon y Clermont Ferrand núm. 1

- N. robusta*, Grunow, y *gemmata*, Greville (*Caloneis* y *Diploneis*)
1 A, Santa Mónica, California

- N. robusta*, Grunow (*Caloneis*)
1 A, Santa Mónica, California

- N. sirians*, Brebisson
1 M, Erde von Tillowitz, Alemania

- N. spectabilis*, Gregory
2 A, Santa Mónica, California; Nyermegy, Hungría

- N. sphaerophora*, Kützing
1 A, Travertino de Clermont Ferrand núm. 1

- N. viridis* (Nitzsch), Kützing (*Pinnularia*)
2 A, Travertinos de Leyvaux, Cantal y Clermont Ferrand

- N. sp.*
9 A, Santa Mónica, California; Nyermegy, Hungría
1 F, Szakal, Hungría

NITZSCHIA, Hassal 1845

- N. amphibia*, Grunow
1 A, Travertino de Clermont Ferrand núm. 6

- N. commutata*, Grunow
2 A, Travertino de Châtelguyon (1 dudoso)

- N. linearis*, W. Smidt
3 A, Travertinos de Châtelon y Châtelguyon

- N. tribionella*, Hantz., var. *maxima*, Grunow
1 A, South Yarra, Australia

- N. vitrea*, Normann
2 A, Travertino de Châtelguyon

- N. sp.*
6 A, Santa Mónica, California; Nyermegy, Hungría;
Cambridge, Barbados; Travertino de Châtelguyon

ODONTELLA, Agardh 1832

- O. boryana*, Pantocsek
1 A, Nyermegy, Hungría

ODONTOTROPIS, Grunow 1844

O. calanus, Tempère y Brun
1 A, Santa Mónica, California

O. carinata, Grunow
6 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

O. cristata, Grunow
5 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

O. longispina, Grunow
1 A, Santa Mónica, California

OMPHALOPELTA, Ehrenberg 1844

O. cellulosa
2 Co,

OMPHALOTHECA, Ehrenberg 1880

O. jutlandica, Grunow
1 A, Cemento de Mors, Jutlandia, Dinamarca

ORTHONEIS, Grunow 1868

O. pethöi, Pantocsek
4 A, Nyermegy, Hungría (una de ellas sub-tipo)

O. splendida, Gregory
2 A, Monterey, California

O. sp.
1 A, Santa Mónica, California

PARALIA, Heiberg 1863

P. sulcata, forma *radiata*, Grunow
1 A, Richmond, Virginia

PINNULARIA, Ehrenberg 1843

P. aerosphaeria, Brebisson, var. *sandricensis*,
A. Schmidt
1 A, Travertino de Châtelguyon

P. borealis, Ehrenberg
2 A, Travertino de Châtelton

P. brebissonii, Kützing
1 A, Clermont Ferrand núm. 1

P. hemiptera, Kützing
1 A, Travertino de Châtelton núm. 2

P. nobilis, Ehrenberg
1 A, Travertino de Châtelguyon

P. viridis (Nitzsch.), Kützing
5 A, Travertino de Châtelguyon

PIXIDICULA, Ehrenberg 1833

P. weyprechtii, Grunow
2 A, Barbados

PIXILLA, Greville 1864

P. americana (Ehrenberg), Grunow (*Rhizosolenia*)
3 A, Richmond, Virginia

P. barbadensis, Greville
1 A, Springfield, Barbados

P. caput-avis, Brun
1 A, Barbados

P. carinifera, Grunow
3 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

P. dubia, Grunow
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

P. fungairiñoi, Azpeitia, var.
2 A, Naparima

P. gracilis, Tempère y Forti
2 A, Barbados

P. johnsoniana, Greville, var. *intermedia*, Tempère y
Forti
2 A, Barbados

P. johnsoniana, Greville, var. *intermedia*, Tempère y
Forti, forma *longior*, Forti
1 A, Barbados

P. rossica, Pantocsek
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

P. saratovianus, Pantocsek
1 A, Cambridge, Barbados

P. sp.
4 A, Barbados; Richmond, Virginia

PLAGIOGRAMMA, Greville 1859

P. staurophorum (Gregory), Heiberg
1 A, Nyermegy, Hungría

PLEUROSIGMA, W. Smith 1853

P. sp.
1 A, Richmond, Virginia

PODOSIRA, Ehrenberg 1840

P. baldjikiana, Grunow
2 A, Nyermegy, Hungría

P. robusta, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría

P. sp.
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia; Szakal,
Hungría

PORODISCUS, Greville

P. oblongus, Greville
1 A, Cambridge, Barbados

RAPHONEIS, Ehrenberg 1844

R. amphiceros, Ehrenberg, var. *rombica*, Grunow
1 A, Nyermegy, Hungría

R. gemmifera, Ehrenberg
3 A, Richmond, Virginia

R. lancettula, Grunow
2 A, Richmond, Virginia

RHABDONEMA, Kützing 1844

R. adriaticum, Kützing
2 A, Trepang, China; Nyermegy, Hungría

R. japonican, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón

R. valdelatum, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón

R. sp.
1 A, Nyermegy, Hungría

RAPHIDODISCUS, Christian 1887

R. nov. sp.
1 TR, Cambridge, Maryland

RHIZOSOLENIA, Ehrenberg 1848

R. hamuliferum
1 A, Nyermegy, Hungría

RHOPALODIA, O. Müller 1895

R. gibberula (Ehrenberg), O. Müller
2 A, Travertinos de Châtelguyon y Clermont Ferrand
núm. 6

R. gibberula (Ehrenberg), O. Müller, var. *protracta*,
Grunow
1 A, Nyermegy, Hungría
1 Co, Manila

R. musculus, Kützing
2 A, Travertinos de Leyvaux, Cantal y Clermont
Ferrand núm. 6

R. musculus, Kützing, var. *gibberula*
1 A, Travertino de Châtelguyon

R. tertiaria, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría (1 dudoso)

RUTILARIA, Greville 1863

R. capitata, Tempère y Brun
2 F, Sendai, Japón

R. exagona, Grunow
1 A, Monterey, California

R. longicornis, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón

RYLANDRIA, Greville 1861

R. biradiata, Greville
1 A, Springfield, Barbados

SCEPTRONEIS, Ehrenberg 1844

S. gemmata, Grunow
2 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

SKELETONEMA, Gregory 1865

S. barbadensis, Greville
1 A, Barbados

SOLIUM, Heiberg 1863

S. princeps, M. Peragallo
2 T, Monte Hillaby, Barbados

S. sculptum, Heiberg
3 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
1 B, Jutland (varios ejemplares)

STAURONEIS, Ehrenberg 1843

S. acuta, W. Smith (*Pleurostauron acutum*) (período gla-
cial)
2 F, Essex, Mass., U. S. A.

S. phoenicenteron, Ehrenberg (período glacial)
1 F, Essex, Mass., U. S. A.

STAUROSIRA, Ehrenberg 1841

S. grunowii, Pantocsek
2 A, Dubravica, Hungría
S. harrissonii, W. Smith
1 A, Dubravica, Hungría

STEPHANOGONIA, Ehrenberg 1844

S. danica, Grunow (*Pterotheca*)
1 A, Mors, Jutland, Dinamarca
S. poligona, Ehrenberg
3 A, Richmond, Virginia

STEPHANOPYXIS, Ehrenberg 1844

S. appendiculata, Ehrenberg
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
S. barbadensis, Greville
1 A, Barbados
S. danica, Grunow
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
S. grunowii, Grove y Sturt
1 A, Kusnetz, Rusia
S. peragalli, Tempère y Brun
1 F, Sendai, Japón
S. superba, Greville (*Creswellia*)
3 A, Barbados
S. turris (Greville), Ralfs
1 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
S. turris (Greville), Ralfs, var. *arctica*
2 A, Anagniro, Simbirsk, Rusia
S. turris (Greville), Ralfs, var. *cylindrus*, Grunow
1 A, Kusnetz, Rusia
S. sp.
6 A, Santa Mónica, California; Kusnetz, Rusia; Barbados
6 F, Anagniro, Rusia; Sendai, Japón; Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

STICTODISCUS, Greville 1861

S. buryanus, Greville
2 F, Jeremías, Haití; Santo Domingo

S. californicus
2 Co, Crescent City; Los Angeles, California

S. hardmannianus, Greville, var. *japonica*
1 F, Sendai, Japón

S. harrissonianus, Castracane
1 T, Barbados

S. japonicus, Castracane
1 F, Sendai, Japón

S. jeremianus, A. Schmidt
1 F, Jeremías, Haití, Santo Domingo

S. kinkerianus, Truán y Witt
1 A, Cambridge, Barbados
1 F, Jeremías, Haití, Santo Domingo

S. kittonianus, Greville
1 A, Richmond, Virginia

S. truani, O. Witt
2 F, Jeremías, Haití, Santo Domingo (*S. Johnsonianus*, Greville)

S. sp.
2 A, Santa Mónica, California
1 Co, Santa Mónica, California

SURIRELLA, Turpin 1827

S. baldjikii, Normann
1 A, Nyermegy, Hungría

S. gemma

S. kinkerii, Pantocsek
2 A, Nyermegy, Hungría

S. ovalis, Brebisson
1 A, Travertino de Châteldon

S. ovalis, Brebisson (var. *ovata*, Kützing?)
1 A, Travertino de Clermont Ferrand

S. ovata, Kützing
1 A, Travertino de Châtelayon

S. suevica, Zeller
4 A, Travertinos de Clermont Ferrand núms. 1 y 6, y Leyvaux, Cantal

S. sp.
1 A, Travertino de Clermont Ferrand núm. 6

SYMBOLOPHORUS, Ehrenberg

S. grunowii?
1 F, Sendai, Japón

S. sp.
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia

SYNEDRA, Ehrenberg 1831

S. affinis, Kützing
1 A, Nyermegy, Hungría

S. cristallina, Grunow
1 A, Santa Mónica, California

S. danica, Kützing (= *ulna*, var.)
1 A, Travertino Clermont Ferrand núm. 6

S. ulna (Nitzsch.), Ehrenberg
2 A, Travertino de Châtelayon y de Clermont Ferrand

S. vitrea, Kützing (= *ulna*, var.)
1 A, Travertino de Châtelayon

S. sp.
1 A, Santa Mónica, California
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia

SYNEDROSPHENIA, Peragallo 1901

S. sp.
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca

SYRINGIDIUM, Ehrenberg 1895

S. eximium, Grunow
1 T, Monte Hillaby, Barbados

S. sp.
1 F, Anagniro, Rusia

TABELLARIA, Ehrenberg 1840

T. fenestrata (Lyngbye), Kützing
1 A, Travertino de Châteldon

T. sp.
1 A, Nyermegy, Hungría

TRACHYNEIS, Cleve 1894

T. aspera, Ehrenberg
3 A, Santa Mónica, California

T. sp.
1 A, Santa Mónica, California

TRICERATIUM, Ehrenberg 1840

T. alternans, Ehrenberg
1 A, Guano del Perú

T. archangelskianus, O. Witt
3 F, Archangels, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. árticum, Grunow
5 F, Sendai, Japón
2 A, Monterey, California

T. árticum, Grunow, var. *californica*, Grunow
1 A, Monterey, California
1 F, Sendai, Japón

T. areolatum y *coniferum*
1 Co, Barbados

T. baleáricum, Cleve
1 TR, Kaona, Hungría

T. blandum, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. brachiatum, Brightwell
1 A, Springfield, Barbados
1 Co, Springfield, Barbados

T. calvescens, Castracane
1 F, Sendai, Japón

T. cellulosum, Greville, var. *simbirskianus*, O. Witt
1 A, Anagniro, Rusia
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia; Anagniro, Simbirsk, Rusia

T. coniferum, Brightwell
1 A, Springfield, Barbados

T. duplicatum, A. Schmidt (*Tr. flos*, Ehrenberg)
1 A, Simbirsk, Rusia

T. exornatum, Greville
1 A/F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. exornatum, Greville, var. *robusta*, O. Witt
1 A/F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. favus, Ehrenberg
1 A, Nagg-Kurtos, Hungría

T. fenestratum, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. flos, Ehrenberg, var. *hebetata*, Grunow
3 A, Kusnetz, Rusia

T. heibergii, Grunow
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia

T. montereyi, Brightwell
2 A, Santa Mónica, California
1 F, Sendai, Japón

- T. multifrons*, J. Brun
2 F, Sendai, Japón
- T. nobile*, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. pantocseki*, A. Schmidt
1 F, Szakal, Hungría
- T. parallelum*, Ehrenberg
1 A, Santa Mónica, California
- T. proprium*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- T. radiatum*, Brightwell
1 A, Barbados
- T. robustum*
2 Co, Pamunkie, Va.
- T. rugosum*, Grove y Sturt
1 F, Szabal, Hungría
- T. spinosum*, Bailey
3 A, Richmond, Virginia
- T. triasicum*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- T. trisuleum*, Bailey, var. *haitiana*, Truán y Witt
1 F, Jeremías, Haití, Isla de Santo Domingo
- T. trisuleum*, Bailey, var. *producta*, Truán y Witt
1 F, Jeremías, Haití, Isla de Santo Domingo
- T. undosum*, Pantocsek
1 A, Anagniro, Rusia
- T. validum*, Grunow
1 Co, Santa Mónica, California
- T. weissii*, Grunow
4 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
1 A, Anagniro, Rusia
- T. weissflogii*, Witt y Ch.
4 A, Kusnetz, Rusia
- T. sp.*
6 F, Anagniro, Rusia; Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia; Szabal, Hungría; Sendai, Japón
5 A, Santa Mónica, California
- TRINACRIA, Heiberg 1863
- T. conifera*, Brightwell
2 A, Barbados
- T. coronata*, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. excavata*, Heiberg
6 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- T. excavata*, Heiberg, var. *archangelskiana*
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. grevillei*, O. Witt
2 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. grunowii*, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. grunowii y grevillei*, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. heibergii*, Kitton, var. *sparsum-punctata*
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- T. hyxtris*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- T. pileolus*, Ehrenberg
3 A, Kusnetz, Rusia; Anagniro, Rusia
- T. regina*, Heiberg
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- T. regina*, Heiberg var. (procesos cortos)
1 A, Cemento de Mors, Jutland, Dinamarca
- T. regina*, Heiberg, var. *obtusa*, O. Witt
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. subcapitata*, Greville, var. *russica*, Pantocsek
1 A, Kusnetz, Rusia
- T. wittii*, A. Schmidt
1 A/F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- T. sp.*
1 F, Archangelsk, Kurgedovo, Simbirsk, Rusia
- TRUANIA, Pantocsek 1886
- T. archangelskianus*, Pantocsek
1 F, Anagniro, Simbirsk, Rusia
- XANTHIOPYXIS, Ehrenberg 1844
- X. oblonga*, Ehrenberg
1 A, Cambridge, Barbados
- X. umbonatus*, Greville
1 A, Monterey, California
- X. sp.*
5 A, Barbados; Monterey
- ZYGOCEROS, Ehrenberg 1840
- Z. circinus*, Bailey
2 F, Sendai, Japón

SECCION V

DIATOMEAS RECIENTES DE FRANCIA

Colección de preparaciones montadas por J. Tempère, que cuenta con especímenes de origen marino, y de aguas dulces y salobres, a cuyas últimas marcamos con A. D., después de la especificación.

En estas preparaciones no aparecen reseñados los puntos de origen de los ejemplares.

Tienen especial interés para su estudio e identificación las obras de Peragallo, Tempère y Meister que se citan en bibliografía.

ACTINOCYCLUS, Ehrenberg 1837

- A. crassus*, W. Smith
A. nebulosus, M. Peragallo
A. roperii, Brebisson
A. ralfsii, W. Smith
A. subtilis, Ralfs

ACTINOPTYCHUS, Ehrenberg 1838

- A. adriaticus*, Grunow
A. splendens, Shadbolt
A. splendens, var. *halionyx*
A. undulatus, Ehrenberg

ACHNANTES, Bory 1822

- A. brevipes*, Agardh
A. danica, Fogel (2 preparaciones)
A. longipes, Agardh
A. longipes, Agardh, forma *lata*
A. parvula, Kützing

ALTHEYA, West 1860

- A. decora*, West

AMPHIPLEURA, Kützing 1844

- A. pellucida*, Kützing, A. D.

AMPHIPRORA, Ehrenberg 1843

- A. ornata*, Bailey
A. presilla, Gregory

A. pulchra, Bailey

- A. sulcata* (2 preparaciones)

AMPHORA, Ehrenberg 1831

- A. arenaria*, Donk, var. *donkinii*
A. binodis, var. *bigibba*, Grunow
A. cingulata, Cleve
A. commutata, Grunow
A. crassa, Gregory
A. crassa, Gregory, var. *elongata*, Cleve
A. crassa, Gregory, var. *spuria*, Cleve
A. cymbifera, Gregory
A. egregia, Ehrenberg
A. eunotia, Cleve (2 preparaciones)
A. formosa, Cleve
A. grevilleana, Gregory
A. grevilleana, Gregory, var. *contracta*, Cleve
A. marina, W. Smith
A. mexicana, A. Schmidt
A. obtusa, Gregory, var. *oceanica*, Castracane (2 preparaciones)
A. obtusa, Gregory, var. *radula*, Cleve
A. ovalis, Cleve, A. D.
A. proteus, Gregory
A. spectabilis, Gregory

ANORTHONEIS, Grunow 1863

- A. excentrica*, Grunow

ASTERIONELLA, Hassal 1850

- A. gracillima*, Heiberg, A. D.
A. notata, Grunow

ASTEROLAMPRA, Ehrenberg 1844

A. marylandica, Ehrenberg

ASTEROMPHALUS, Ehrenberg 1844

A. brockei, Bailey (2 preparaciones)

AULACODISCUS, Ehrenberg 1844

A. argus, Ehrenberg

A. petersii, Ehrenberg

AULISCUS, Ehrenberg 1843

A. coelatus, Bailey

A. intercedens, Janisch

A. mediterraneus, M. Peragallo

A. punctatus, Bailey

A. rhipis, A. Schmidt

A. sculptus, W. Smith

BACTERIASTRUM, Shadbolt 1854

B. varians, Lauder

BELLEROCHEA, Van Heurck 1891

B. mallens, Van Heurck

BERKELEYA, Greville 1827

B. obtusa, Grunow

B. rutilans, Grunow

BIDDULPHIA, Gregory 1831

B. balaena, Ehrenberg

B. chinensis, Greville

B. mobiliensis, Bailey

B. obtusa, Ralfs

B. pulchella, Grunow

B. regina, W. Smith

B. rhombus, Ehrenberg

B. rhombus, Ehrenberg, var. *trigona*, Cleve

B. rhombus, Ehrenberg, var. *quadrata*

B. tuomeyi, Bailey

BREBISSONIA, Grunow 1860

B. boeckii, Grunow

CAMPYLODISCUS, Ehrenberg 1840

C. adriaticus, Grunow

C. adriaticus, Grunow, var. *massiliensis*

C. angularis, Grunow

C. balearicus, Cleve

C. biangulatus, Gregory

C. bicostatus, W. Smith

C. clevei, Peragallo

C. clypeus, Ehrenberg

C. costatus, W. Smith, A. D.

C. daschudianus?

C. decorus, Brebisson, var. *pinnata*, Peragallo

C. ecclesianus, Greville

C. echeneis, Cleve

C. eximius, Gregory

C. fluminensis, Grunow

C. hibernicus, Ehrenberg, A. D.

C. horologium, Witt

C. horologium, Witt, var. *mediterranea*, Grunow

C. hudgsonii, W. Smith

C. impressus, Grunow

C. latus, Shadbolt

C. limbatus, Brebisson

C. noricus, Ehrenberg, A. D.

C. ralfsii, W. Smith

C. samoensis, Grunow

C. simulans, A. Schmidt

C. thuretii, Brebisson

C. thuretii, Brebisson, var. *simulans*, A. Schmidt

CAMPYLONEIS, Grunow 1862

C. grevillei, Grunow

CERATAULINA, H. Peragallo 1892

C. bergonii, H. Peragallo (2 preparaciones)

CERATAULUS, Ehrenberg 1843

C. laevis, Ehrenberg

C. laevis, Ralfs (SIC), A. D.

C. polymorphus, Van Heurck

C. smithii, Ralfs

C. turgidus, Ehrenberg

C. turgida, var. *spinifera*, Peragallo

CERATONEIS, Ehrenberg 1840

C. arcus, Kützing, A. D.

CLIMACOSPHEA, Ehrenberg 1843

C. elongata, Bailey

C. moniligera, Ehrenberg

COCCONEIS, Ehrenberg 1835

C. grata, A. Schmidt

C. heteroidea, Kützing

C. pseudo marginata, Gregory

C. scutellum, var. *stauromiformis*, W. Smith

COSCINODISCUS, Ehrenberg 1838

C. centralis, Ehrenberg

C. concavus, Gregory

C. concinnus, W. Smith

C. concinnus, W. Smith, var. (= *C. nobilis*)

C. devius, A. Schmidt

C. excentricos, Ehrenberg

C. gigas, Ehrenberg (*C. diorama*, A. Schmidt)

C. kützingii, var. *glacialis*, Grunow

C. lineatus, Ehrenberg (S/Azp.=var. *leptopus*, Grunow)

C. nitidus, Gregory

C. nodulifer, A. Schmidt

C. subtilis, Ehrenberg

CYCLOPHORA, Castracane 1873

C. tenuis, Castracane (2 preparaciones)

CYCLOTELLA, Kützing 1833

C. bodanica, Ful. A. D.

C. conita, var. *radiosa*, A. D.

C. operculata, Kützing, A. D.

C. punctata, W. Smith (= *lacustris*, Grunow) (2 preparaciones)

C. striata, var. *intermedia*, Grunow

C. striata, Kützing

CYMATOPLEURA, C. Agardh 1830

C. apiculata, W. Smith, A. D.

C. elliptica, W. Smith, A. D.

C. elliptica, W. Smith, var. *constricta*, W. Smith, A. D.

C. hibernica, W. Smith, A. D.

C. simulans, A. Schmidt (= *thuretii*, var.)

C. solea, Brebisson, var. *gracilis*, Grunow, A. D.

C. solea, Brebisson, var. *vulgaris*, Meister, A. D.

C. thuretii, Brebisson

C. thuretii, Brebisson, var. *simulans*, A. Schmidt

CYMBELLA, C. Agardh 1830

C. affinis, Kützing, A. D.

C. affinis, Kützing, var. *excisa*, Grunow, A. D.

C. cistula, Kirchn., var. *excelsa*, Meister, A. D.

C. cymbiformis, var. Ehrenberg, A. D.

C. ehrenbergii, Kützing, A. D.

C. ehrenbergii, Kützing, var. *major*, A. D.

C. gastroides, Kützing, A. D.

C. heteropleura, Ehrenberg, A. D.

C. maculata, Kützing, A. D.

C. parva, W. Smith, A. D.

C. tumidula, Grunow, A. D.

CHAETOCEROS, Ehrenberg 1844

C. armatum, West

C. cinctum, Grunow

C. criophilum, Castracane

C. curvisetum, Cleve

C. lorenzianus, Grunow

C. peruvianus, Brightwell

DENTICULA, Kützing 1844

D. elegans, Kützing, var. *cyprica*, Grunow, A. D.

D. thermalis, Kützing, A. D.

DIATOMA, De Candolle 1805

D. grande, var. *Ehrenbergii*, A. D.

D. hyemale, Heiberg, A. D.

- D. hyemale*, Heiberg, var. *maxima*, A. D.
D. hyemale, Heiberg, var. *mesodon*, Grunow, A. D.
D. vulgare, Bory, A. D.
D. vulgare, Bory, var. *breve*, A. D.
D. vulgare, Bory, var. *capitata*, Grunow, A. D.
- DICTYONEIS, Cleve 1890
- D. jamaicensis*, Greville, var. *gigantea*, Cleve
D. marginata, Cleve
- DIMEROGRAMMA, Ralfs 1861
- D. marinum*, Greville
- DIPLONEIS, Ehrenberg 1841
- D. dydima*, Ehrenberg, A. D.
D. elliptica, Cleve, A. D.
D. elliptica, var. *grandis*, Cleve, A. D.
D. smithii, Cleve, A. D.
D. smithii, Cleve, var., A. D.
D. smithii, Brebisson
- DRURIDGEA, Donkin 1861
- D. geminata*, Donkin (2 preparaciones)
- ENCYONEMA, Kützing 1833
- E. coespitosum*, var. *anciswaldd*, A. D.
E. ventricosum, A. D.
- ENDICTYA, Ehrenberg 1845
- E. oceanica*, Ehrenberg
- EPITHEMIA, De Brebisson 1838
- E. argus* (Ehrenberg), Kützing, A. D.
E. argus (Ehrenberg), Kützing, var. *alpestris* (W. Smith), Grunow, A. D.
E. hyndmannii, W. Smith, A. D.
E. mullerii, A. D.
E. musculus, Kützing
E. sorex, Kützing, A. D.
E. turgida, Ehrenberg, var. *granulata*, Ehrenberg, A. D.

- EUCAMPIA, Ehrenberg 1839
- E. zodiacus*, Ehrenberg
- EUNOTIA, Ehrenberg 1837
- E. glacialis*, Meister, A. D.
E. gracilis (Ehrenberg), Rabenh, A. D.
E. pectinalis, var. *media*, Kützing, A. D.
E. pectinalis, var. *minor*, Kützing, A. D.
E. pectinalis, var. *undulata*, A. D.
E. polyodon, Ehrenberg, A. D.
E. robusta, Ralfs, var. *carendon*, Ralfs, A. D.
E. soleisolei, Rabenh, A. D.
E. triadon, Ehrenberg, A. D.
- EUODIA, Bailey 1860
- E. atlantica*, P. P.
- FRAGILARIA, Lyngbye 1819
- F. aequalia*, var. *producta*, Lagerstedt, A. D.
F. capucina, Demazieres, A. D.
F. construens, var. *binudis*, Ehrenberg, A. D.
F. construens, var. *venter*, Grunow, A. D.
F. cratonensis, Kützing, var. *media*, Schöter y Vogler, A. D.
F. mutabile, Grunow, A. D.
F. smithiana, Grunow, A. D.
F. virescens, Ralfs, A. D.
- GLYPHODESMIS, Greville 1862
- G. williamsonii*, Gregory
- GOMPHONEMA, Agardh 1824
- G. acuminatum*, Ehrenberg, var. *coronata*, Ehrenberg, forma *curta*, A. D.
G. angustatum, Kützing, var. *intermedia*, Grunow, A. D.
G. angustatum, Kützing, var. *producta*, A. D.
G. gemmatum, Ehrenberg, A. D.
G. olivaceus, Kützing, A. D.
- GRAMMATOPHORA, Ehrenberg 1840
- G. angularis*, var. *mediterranea*, Grunow
G. longissima, P. P.

- G. marina*, Kützing
G. oceanica, var. *subtilissima*, Bailey
G. serpentina, Ehrenberg
- GRUNOWIELLA, Van Heurck 1892
- G. gemmata*, Van Heurck
- GUINARDIA, H. Peragallo 1892
- G. flaccida*, H. Peragallo (2 preparaciones)
- HOMOEOLADIA, Agardh 1827
- H. martiana*, Agardh (2 preparaciones)
- HYALODISCUS, Ehrenberg 1845
- H. ambiguus*, Grunow
H. laevis, Ehrenberg
H. maximus, Grunow
H. radiatus, Bailey
H. stelliger, Bailey
H. subtilis, Bailey
H. subtilis, var. *scotica*, Kützing
- ISTHMIA, Agardh 1850
- I. enervis*, Ehrenberg
I. nervosa, Kützing
- LEPTOCYLINDRUS, Cleve 1869
- L. danicus*, Cleve
- LICHMOPHORA, Agardh 1827
- L. dalmatica*, Kützing
L. ehrenbergii, Kützing
L. flabellata, Agardh
L. flabellata, Agardh, var. *splendida*
L. gracilis, Ehrenberg
L. lyngbyiis, Kützing
L. tincta, Agardh

- MASTOGLOIA, Thwaites 1848
- M. apiculata*, W. Smith
M. braunii, Grunow
M. braunii, Grunow, var. *major*, Grunow
M. erythrea, Grunow
M. lanceolata, Thwaites
M. quinquecostata, Grunow, var. *hanhschii*
- MELOSIRA, Agardh 1824
- M. borrieri*, Agardh
M. borrieri, Agardh, var. *hispida*, Castracane
M. crenulata (Ehrenberg), Kützing, var. *ambigua*, Grunow, A. D.
M. crenulata (Ehrenberg), Kützing, var. *lineolata*, Grunow, A. D.
M. crenulata (Ehrenberg), Kützing, var. *tenuis*, Grunow, A. D.
M. crenulata (Ehrenberg), Kützing, var. *valida*, Grunow, A. D.
M. nummuloides, Bory
M. sulcata, Ehrenberg
M. varians, var. *subflexilis*, Kützing, A. D.
M. westii, W. Smith
- MERIDION, Agardh 1824
- M. circulare* (Greville), Agardh, A. D.
M. constructum, Ralfs, A. D.
- NAVICULA, Bory de St. Vincent 1826
- N. abrupta*, Gregory
N. aestira, Donk
N. ambigua, Ehrenberg, A. D.
N. ambigua, Ehrenberg
N. ambigua, Ehrenberg, var. *craticula*, Ehrenberg, A. D.
N. ambigua, Ehrenberg, forma *craticula*
N. americana, Ehrenberg, A. D.
N. amphisbaena, Bory, A. D.
N. amphigomphus, Ehrenberg, A. D.
N. amphigomphus, Ehrenberg, var. A. D.
N. apis, Donk
N. arenaria, Donk
N. baileyana, A. Schmidt
N. beyricheana, A. Schmidt
N. blanda, A. Schmidt

- N. boenicea*, Ehrenberg, A. D.
N. bombus, Ehrenberg
N. brevis, Gregory
N. boryana, Pantocsek
N. carinifera, Gregory
N. clavata, var. *elongata*, H. Peragallo
N. confervacea, Kützing, var. *hungarica*, Grunow, A. D.
N. crabro, Ehrenberg
N. crabro, Ehrenberg, var. *multicostata*
N. crabro, Ehrenberg, var. *separabilis*
N. cruciformis, Donk
N. cryptocephala, Kützing, A. D. (forma *lunaire*?)
N. cuspidata, Kützing, A. D.
N. cyprinus, W. Smith
N. cheroonensis, Grunow
N. didyma, var. *major*
N. digito radiata, Gregory
N. directa (var. *cincia*), W. Smith
N. elegans, W. Smith
N. entumon, Ehrenberg
N. eudoxia, A. Schmidt
N. eudoxia, var. *elongata*, H. Peragallo
N. eudoxia, var. *mediterranea*, Grunow
N. excavata, A. Schmidt
N. follis, Ehrenberg, A. D.
N. forcipata, Greville
N. formosa, Gregory
N. fusca, Gregory
N. fusca, Gregory, var. *delicata*, Cleve
N. granulata, Brebisson
N. granulata, Brebisson, var. *constricta*
N. halophila, Grunow
N. hebes, Ralfs, A. D.
N. hennedyi, W. Smith
N. hennedyi, W. Smith, var. *californica*, Greville
N. hennedyi, W. Smith, var. *granulata*, Peragallo
N. hennedyi, W. Smith, var. *napolitana*, Cleve
N. hennedyi, W. Smith, var. *nicerasis*, Peragallo
N. humerosa, Brebisson
N. humerosa, Brebisson, var. *arabica*, Grunow
N. interrupta, Kützing
N. iridis, Ehrenberg, A. D.
N. kützingii, Grunow
N. lanceolata, Kützing
N. latissima, Gregory
N. liber, W. Smith
N. longa, Gregory
N. limosa, Kützing, A. D.
N. limosa, Kützing, var. *inflata*, Grunow, A. D.
N. lyra, var. *densestriata*, Peragallo
N. lyra, var. *intermedia*, forma *ambigua*, Peragallo
N. lyra, var. *intermedia*, forma *elliptica*, Peragallo
N. lyra, var. *recta*, Greville
N. lyra, var. *recta*, Greville, forma *subelliptica*
N. lyra, var. *subtypica*, A. Schmidt
N. lyra, var. *subcarinata*, Ehrenberg
N. maxima, Greville
N. maxima, Greville, var. *bicuneata*, Grunow
N. ivrorata, Greville
N. mesolepta, var. *augusta*, Cleve, A. D.
N. mulica, Kützing
N. naveana, Grunow, A. D.
N. nebulosa, Gregory
N. nitescens, Gregory
N. notabilis
N. obtusa, W. Smith, A. D.
N. oblonga, var. *directa*, Pantocsek, A. D.
N. palpebralis, var. *angulosa*, Gregory
N. palpebralis, var. *sempi plana*, Gregory
N. palpebralis, var. *minor*, Gregory (2 preparaciones)
N. pennata, A. Schmidt
N. peregrina, Kützing, A. D.
N. peregrina, Ehrenberg
N. peregrina, var. *meniscus*, A. Schmidt
N. peregrina, Kützing, var. *minor*, A. D.
N. peripunctata, J. Brun, A. D.
N. permagna, Bailey
N. perplexa, Peragallo
N. polysticta, var. *circunsecta*, Grunow
N. powellii, var. *vidovichi*, Grunow
N. quadriseriata, Cleve
N. radiosa, Kützing, A. D.
N. radiosa, Kützing, var. *acuta* (W. Smith), Grunow, A. D.
N. rhombica, Gregory
N. sandriana, Grunow
N. scapulorum, Brebisson, A. D.
N. scapulorum, Brebisson
N. semen, Ehrenberg, A. D.
N. sclesvicensis, Grunow, A. D.
N. sculpta, Ehrenberg, A. D.
N. smithii, var. *major*, Cleve
N. subsalina, Donk, var. *major*
N. stomatophora, Grunow, A. D.
N. subcineta, A. Schmidt
N. trevelyana, Donk
N. tuscula, Ehrenberg

- N. veneta*, Kützing, A. D.
N. viridicula, Kützing, var. *avenacea* (Brebisson), Grunow, A. D.

 NITZSCHIA, Hassal 1845
N. amphibia, Grunow, A. D.
N. amphibia, Grunow, var. *acutruscula*, Grunow, A. D.
N. circumscuta, Bailey
N. communis, var. *obtusa*, Rabenhorts, A. D.
N. dubia, W. Smith
N. hungarica, Grunow
N. hybrida, Grunow
N. insignis, Gregory
N. insignis, Gregory, var. *spathulifera*, Grunow
N. jallneckii, Grunow
N. kittlii, Grunow, A. D.
N. lamprocampa, W. Smith, A. D.
N. linearis, W. Smith, A. D.
N. linearis, W. Smith, forma *brevis*, W. Smith
N. linearis, W. Smith, var. *tenuis*, Grunow, A. D.
N. longissima, W. Smith
N. longissima, Brebisson
N. macileata, Gregory
N. maxima, Grunow
N. navicularis, Brebisson
N. obtusa, W. Smith
N. ocellata, Cleve
N. palea, W. Smith, A. D.
N. palea, W. Smith, var. *kützingiana*, Grunow, A. D.
N. panduriformis, Gregory
N. panduriformis, Gregory, var. *coaretata*
N. plana, W. Smith
N. punctata, W. Smith
N. rigida, Kützing
N. scalaris, W. Smith
N. scalaris, W. Smith, A. D.
N. sigma, W. Smith
N. sigmoidea, W. Smith, A. D.
N. sigmatella, Gregory
N. socialis, Gregory, var. *massiliensis*, Grunow
N. spectabilis, Ralfs
N. staquarum, Rabenh. A. D.
N. tenuis, Grunow, A. D.
N. thermalis (Kützing), Grunow, A. D.
N. trybionella, Hantzsch
N. trybionella, Hantzsch, var. *maxima*, Grunow
N. trybionella, Hantzsch, var. *salinarum*, Grunow

N. vitrea, Normann
N. vitrea, Normann, var. *gallica*, J. Brun, A. D.

 ORTHONEIS, Grunow 1868
O. cribrosa, Grunow
O. fimbriata, Grunow
O. ovata, Grunow

 ORTHOSIRA, Twaites 1848
O. arenaria, Moore, A. D.

 ORTHOTROPIS, Grunow
O. maxima, Grunow

 PINNULARIA, Ehrenberg 1843
P. alpina, W. Smith, A. D.
P. alternans, A. Schmidt, var. A. D.
P. cardinalis, W. Smith, A. D.
P. dactylus, Ehrenberg A. D.
P. divergens, var. *elliptica*, Cleve, A. D.
P. episcopalis, Cleve, var. A. D.
P. gentilis, Ehrenberg, A. D.
P. lata, Brebisson, var. *pachyptera*, Ehrenberg, A. D.
P. latevittata, Cleve, A. D.
P. major, Raben (*maior*, Kützing, Cleve), A. D.
P. major, Raben, var. *paludosa*, Meister, A. D.
P. nobilis, Kützing, A. D.
P. oblonga, W. Smith, A. D.
P. streptoraphe, Cleve, A. D.
P. tabellaria, Ehrenberg, var. *woltenibergerii*, Meister, A. D.
P. viridis, Ehrenberg, A. D. (2 preparaciones)

 PLAGIODISCUS, Grun y Eulenstein
P. martensianus, Grun

 PLAGIOTROPIS, Pfitzer 1871
P. elegans, Grun

 PLEUROSIGMA, W. Smith 1853
P. aestuarii, W. Smith
P. aestuarii, W. Smith, var. *candida* (2 preparaciones)

P. acuminatum, W. Smith, A. D.
P. affinis, W. Smith
P. angulatum, W. Smith
P. attenuatum, W. Smith, A. D.
P. curvatum, Grunow (*P. spenceri*, var. W. Smith)
P. decorum, W. Smith
P. delicatulum, W. Smith
P. fasciola, W. Smith
P. formosum, W. Smith
P. formosum, W. Smith, var. *balearica*, Grunow
P. giganteum, Grunow
P. intermedium, W. Smith
P. longum, Cleve, var. *lancoolata*, Peragallo
P. marinum, Donk
P. naviculaceum
P. rigidum, W. Smith
P. spencerii, W. Smith, var. *arnottii*, Grun, A. D.
P. strigosum, W. Smith

PODOCYSTIS, Kützing 1844

P. spathulata, Shadbolt (2 preparaciones, una del Mediterráneo)

PODOSIRA, Ehrenberg 1840

P. argus, Grunow
P. dubia, Grunow
P. hormoides, Kützing
P. montagnei, Kützing

PYXIDICULA, Ehrenberg 1833

P. mediterranea
P. mediterranea, var. Grun

RAPHONEIS, Ehrenberg 1844

R. ampiceros, Ehrenberg
R. ampiceros, Ehrenberg, var. *elongata*, Peragallo
R. ampiceros, Ehrenberg, var. *grammifera*, Ehrenberg
R. ampiceros, Ehrenberg, var. *rhombica*, Grunow
R. belgica, Grunow
R. liburnica, Grunow
R. scalaris, Ehrenberg

RHABDONEMA, Kützing 1844

R. adriaticum, Kützing
R. arcuatum, Kützing

RHIZOSOLENIA, Ehrenberg 1848

R. robusta, Normann
R. shrubsolei, Cleve
R. sotigera, Brun
R. stoltorfotii, H. Peragallo
R. styliiformis, Brightwell
R. temperei-castracanei, H. Peragallo

RHOICOSPHEINIA, Grunow 1860

R. curvata, Grun, A. D.
R. curvatum, var. *marina*, Grunow

RHOICOSIGMA, Grunow 1867

R. oceanica, var. *corsicana*, Peragallo
R. oceanica, var. *minor*, H. Peragallo
R. robustum, Grunow, var. *inflexa*, Peragallo

RHOPALODIA, O. Müller 1895

R. gibba (Ehrenberg), var. *parallela*, Grunow, A. D.

SCEPTRONEIS, Ehrenberg 1844

S. caduceus, Ehrenberg

SCHIZONEMA, Agardh 1824

S. dyllwinii, W. Smith
S. flavum, Kützing
S. grevillei, Agardh
S. medusinum
S. molle, W. Smith
S. ramosissima, Agardh

SCOLIOPLEURA, Grunow 1860

S. tumida, Brebisson

SCOLIOTROPIS, Cleve 1894

S. latestriata, Brebisson

SKELETONEMA, Gregory 1865

S. costatum, Gregory

STAURONEIS, Ehrenberg 1843

S. acuta, W. Smith, A. D.
S. acuta, W. Smith, var. *major*, A. D.
S. baileyi, Cleve, A. D.
S. gracilis, Ehrenberg, A. D.
S. gregorii, Ralfs
S. phoenicenteron, Ehrenberg, A. D.
S. salina, W. Smith

STAUROSIRA, Ehrenberg 1841

S. grunowii, Pantocsek, A. D.

STEPHANODISCUS, Ehrenberg 1845

S. astraea, Grunow, A. D.

STENOPTEROBIA, Brebisson 1866

S. intermedia, Lewis, A. D.

STRIATELLA, Agardh 1832

S. unipunctata, Agardh

SURIRELLA, Turpin 1827

S. americana, M. Peragallo
S. baldjickii, Grunow
S. bifrons, Kützing, A. D.
S. bifrons, Kützing, var. *minor*, A. D.
S. bifrons, Kützing, var. *major*, Kützing, A. D.
S. biseriata, Brebisson, A. D.
S. biseriata, Brebisson, var. *subconstricta*, Brebisson, A. D.
S. biseriata, Brebisson, var. *subparallela*, A. D.
S. brightwellii, W. Smith
S. caproni, Brebisson, A. D.

S. cornis, A. Schmidt
S. crumena, Brebisson, A. D.
S. elegans, Ehrenberg, A. D.
S. fastuosa, Ehrenberg (2 preparaciones)
S. fastuosa, Ehrenberg, var. *opulenta*, Grunow
S. fluminensis, Grunow
S. gemma, Ehrenberg
S. guinardii, H. Peragallo
S. hybrida, Grunow
S. intercedens, A. Schmidt
S. lata, W. Smith
S. lata, W. Smith, var.
S. linearis, W. Smith, A. D.
S. linearis, W. Smith, var. *constricta*, W. Smith, A. D.
S. linearis, W. Smith, var. *elliptica*, A. D.
S. neumayerii, Janisch
S. norvegica, Eul, A. D.
S. oblonga, Ehrenberg, A. D.
S. ovalis, Brebisson, A. D.
S. ovalis, Brebisson, var. A. D.
S. ovata, Kützing, A. D.
S. pandura, Peragallo
S. pandura, Peragallo, var. *delicata*, Peragallo (2 preparaciones)
S. pandura, Peragallo, var. *contrastata*, H. Peragallo
S. patella, Ehrenberg, A. D.
S. ratrayii, A. Schmidt, A. D.
S. robusta, Ehrenberg, A. D.
S. robusta, Ehrenberg, var. *elliptica*, Peragallo, A. D.
S. spiralis, Kützing, A. D.
S. splendida, Kützing, A. D.
S. striatula, Tempère
S. suborbicularis, Grunow
S. tenera, Gregory, var. *splendida*, Gregory, A. D.
S. turgida, W. Smith, A. D.

SYNEDRA, Ehrenberg 1831

S. affinis, Grunow
S. affinis, Grunow, var. *tabulata*
S. baculus, Gregory
S. formosa, Kützing
S. gaillonii, Ehrenberg
S. gaillonii, Ehrenberg, var. *macillenta*, Grunow
S. laevigata, Grunow
S. longissima, W. Smith
S. longissima, W. Smith, var. *vulgaris*, A. D.
S. minuscula, Grunow, A. D.

S. pulchella, Kützing
S. robusta, Ralfs
S. schröteri, Meister, A. D.
S. splendens, Kützing, A. D.
S. superba, Kützing
S. tenera, W. Smith, A. D.
S. ulna, var. *aeigualis*, Ralfs, A. D.
S. ulna, var. *saumates*, Ehrenberg
S. undulata, Bailey

SPATANGIDIUM, De Brebisson 1857

S. arachne, Brebisson

TABELLARIA, Ehrenberg 1846

T. fenestrata, var. *lacustris*, Meister, A. D.
T. flocculata, var. *ventricosa*, Kützing, A. D.

TERPSINOE, Ehrenberg 1843

T. americana, Bailey (2 preparaciones)
T. intermedia, Grunow
T. musica, Ehrenberg, A. D.
T. musica, Ehrenberg
T. trifoliata, Grunow

TETRACYCLUS, Ralfs 1843

T. lacustris, Kützing, A. D.

THALASSIOTHRIX, Cleve y Grunow 1880

T. longissima, Cleve y Grunow

TRACHYNEIS, Cleve 1894

T. aspera, Ehrenberg
T. aspera, Ehrenberg, var. *intermedia elongata*, Grunow
T. aspera, Ehrenberg, var. *minuta*
T. aspera, Ehrenberg, var. *pulchella*, W. Smith
T. clepsydra, Donk

T. oblonga, Brebisson
T. robusta, P. Peragallo (según Azpeitia es *T. robusta*, Ehrenberg)

TRICERATIUM, Ehrenberg 1840

T. alternans, W. Smith
T. antediluvianus, Van Heurck, var. *cruciformis*
T. arcticum, Brun
T. arcticum γ y 4 *gona*, Brun
T. balearicum, Cleve
T. biquadratum, Janisch
T. epinolum, Bailey
T. epinolum, Bailey, var. *quadrata*
T. favus, Ehrenberg
T. favus, Ehrenberg, var. *quadrata*, Ehrenberg
T. favus, Ehrenberg, var. Ehrenberg
T. formosum, Greville
T. formosum, Greville, var. 4 *gona*, Greville
T. grande, Brightwell
T. grande, Brightwell, var. *quadrata*
T. megastomum, Brightwell
T. orbiculatum, Shadbolt
T. parallelum, Greville, forma *cuadrata*, Azpeltia
T. pentocrinus, Wall
T. pentocrinus, Wall, var. 4 *gona*, Wall
T. quinquelobatum, Greville
T. shadboldtianum, Greville
T. robertianum, Greville, forma *inermis*

TROPIDONEIS, Cleve 1891

T. lepidoptera, Gregory
T. lepidoptera, Gregory, var. *delicatula*, Greville
T. lepidoptera, Gregory, var. *minor*, Cleve
T. lepidoptera, Gregory, var. *robusta*, Peragallo

VAN HEURCKIA, De Brebisson 1868

V. rhomboides, var. *maxima*, Tempère, A. D.
V. rhomboides, var. *saxonica*, A. D.

APENDICE I

MISCELANEA

- TR - Diatomáceas varias recogidas por el Challenger en 1874 en el Océano Glacial Antártico.
- TR - Diatomáceas de superficie del Mar de Arafura. Expedición del Challenger.
- TR - Diatomáceas varias de Archangelsk Kurojedowo Simbirsk, Rusia.
- TR - Diatomáceas de Anagniro Simbirsk, Rusia.
- TR - Diatomáceas varias de Manila.
- TR - Diatomáceas varias de Kaona, Hungría.
- TR - Diatomáceas de la Fuente de la Salud, Trubia, Asturias.
- TR - Diatomáceas del Lago Balatón, Hungría.
- F - Miscelánea. Morón, Sevilla.
- F - Miscelánea núm. 2. Diatomeas fósiles de Aguilar, Córdoba.
- B - Diatomeas de Nottingham.
- B - Diatomeas de Oamaru.
- B - Diatomeas de Guano de Ichaboc, Africa.
- P - Diatoms from Hanover, Va.
- P - Fossil Diatoms from Richmond, Va. (2).
- W - Fossil Diatomaceae. Guano Chinchia, Islands.
- W - Fossil Diatomaceae Sicily.
- W - Guano Peruvian, New.

APENDICE II

MISCELANEA

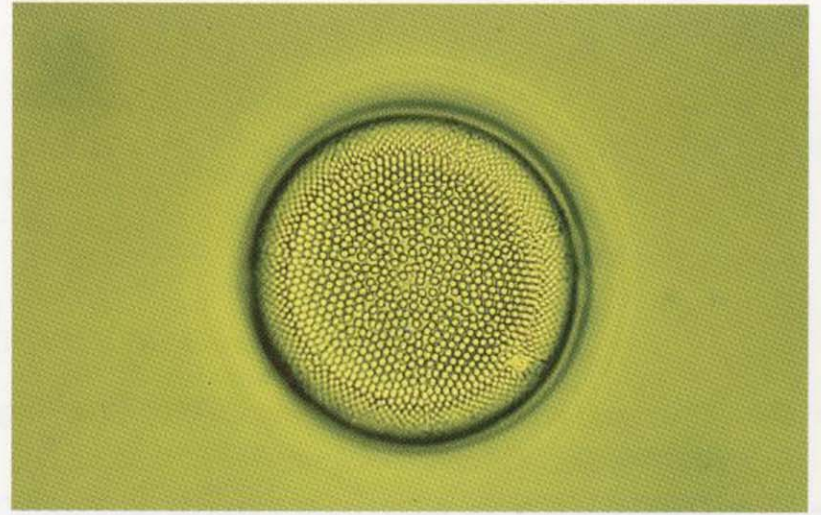
Preparaciones de J. D. Möller

- Erde von Mull Schottland.—Mull Deposit Scotland.—Fósiles.
- Erde von Camtschatka.—Camtschatka Earth, Asia.—Fósiles.
- Schlanom Diat d. Adria.
- Schlanum Diat Blankenberghe.
- Diatomaceae Mieresschlamm...? ... Bay.
- Schlamm von Japan.—Mud from Japan.—Diatomeas marinas.
- Diatomaceae Java.
- Schlamm der Ostsee Kiel. Baltic Mud from Kiel.—Agua submarina.
- Diat. Mieresschlamm Maranhan (?).
- Diat. Mieresschlamm Fort Denison.
- Diat. St. Vincent.
- Diat. Brackwafoerschlamm Samoa.
- Mahé Seychelles Is.—Agua dulce.
- Schlamm von Trondjem.—Trondjem Mud Norway.—Agua dulce.
- Diat. Säfs...? ... Schlamm Wedel.
- Pelag. Meeres. Diat. Nordl Eismeer.
- Diat. Sudl Eismeer.
- Diat. Algoa Bay. Africa.—Agua marina.
- Diat. Honduras, América.—Agua marina.
- Diat. Raza Guano.
- Diat. Carcon. California. USA.—Fósiles.
- Diat. Darminhalto Holothuria tabulosa.
- Diat. Darminhalto Holothuria Adria.
- Pyrosoma atlanticum (Mageninhalt).
- Essbare Erde v. Java.
- Erde von Dolgelly. Dolgelly Earth England.—Fósiles.
- Erde von Franzensbad.—Franzensbad Earth Bohemia.—Fósiles.
- Diat. (Dessert).
- Diat. Jacks Ranch California.
- Lough Mourne Deposit England.—Fósiles.
- Erde von Morón in Sp.—Morón Earth Spain.—Fósiles.
- Diat. Monterey. Calif.
- Diat. Nottingham. Maryland. USA.—Fósiles.
- Diat. Erde New Seeland.
- Diat. Omarn bi Otago. New Seeland.
- Erde von Ringkjöbing. Earth Jutland.—Fósiles.
- Richmond, Virginia. USA.
- Diat. Segovia. Spanien (2).
- Sierra Nevada. Cal. USA.—Fósiles.
- South Yarra. Australia.—Fósiles.
- Santa Mónica.
- Simbirsk. Rufsland.
- Diat. White Poplain. Maryland. USA.
- Portorico.—Agua Dulce.
- Südliches Eismeer.—Mar Glacial del Sur.
- Erde v. Eger Böhmen. Eger Earth Bohemia.—Fósiles.
- Polirschiefer Vogelsgebirge Polishing - slate Germany. Fósiles.
- Inscripción ilegible (3).

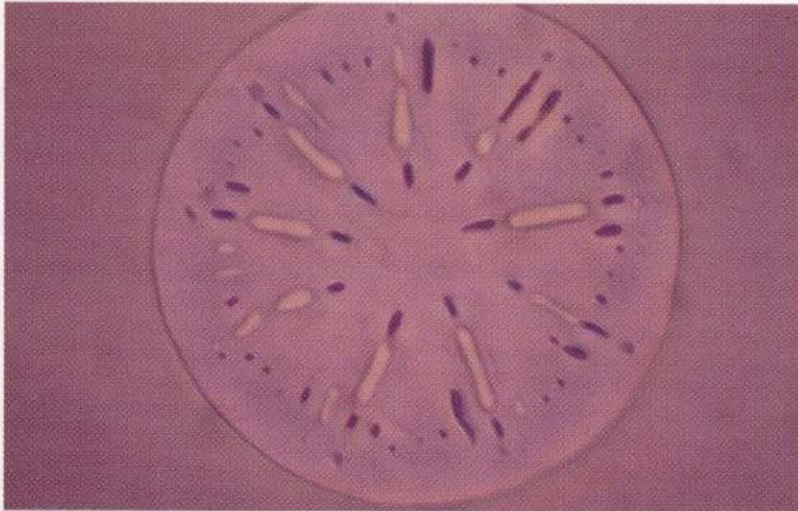
Achnantes danica, Flogel — 500 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 870731-6



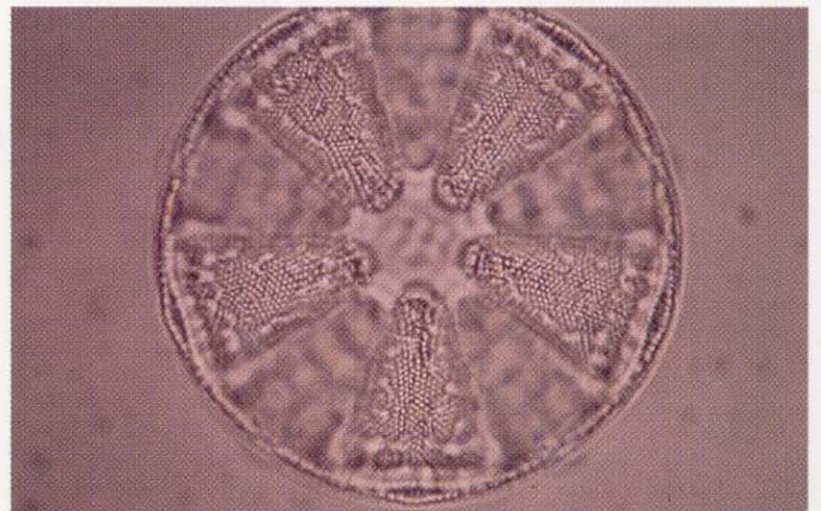
Actinocyclus Hispánicus, Azpeitia — 600 × HOLOTIPO
Hellín — Prep.: Azpeitia — 880311-21



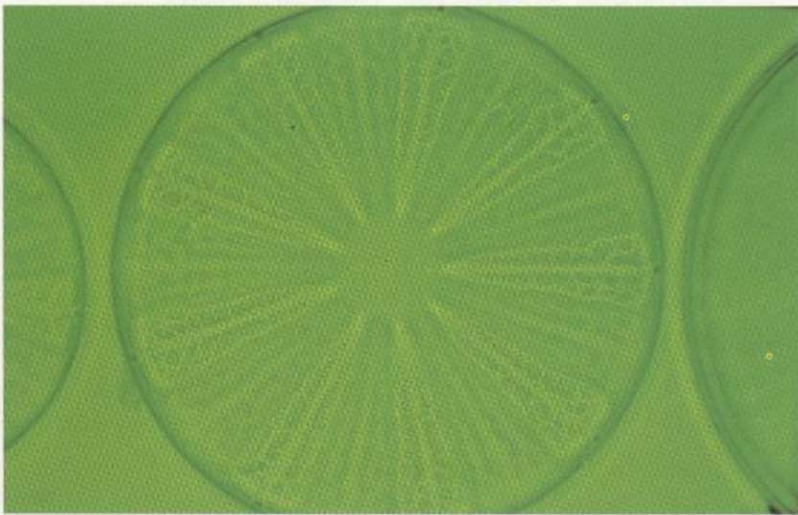
Actinogonium — 1.250 ×
Barbados — Prep.: Azpeitia — 880112-32



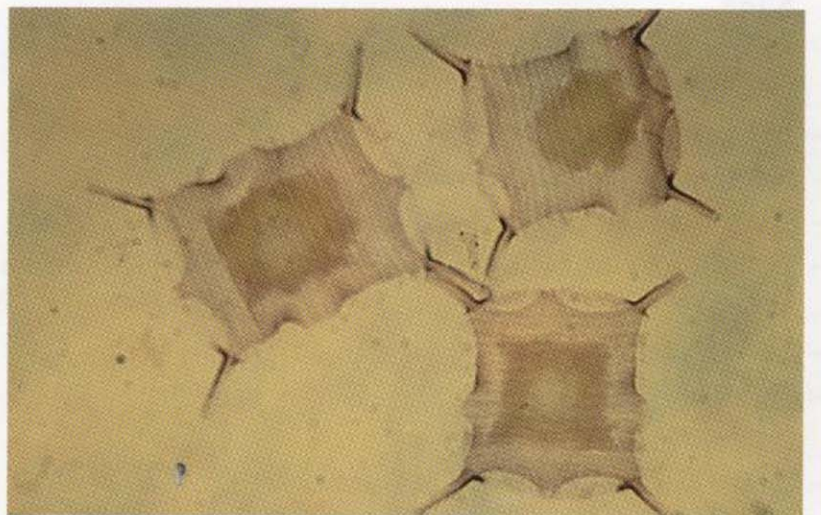
Actinoptychus maculatus — 630 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880313-24



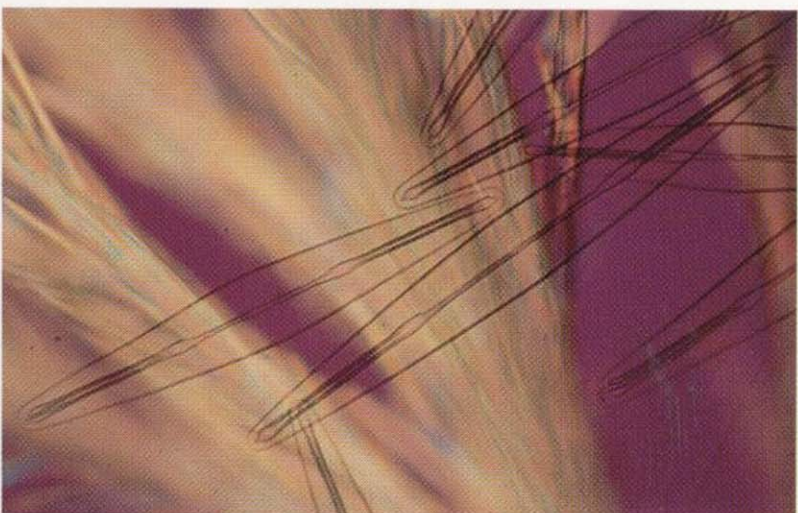
Actinosphenia splendens — 360 ×
Prep.: Cole — 227-861121-8



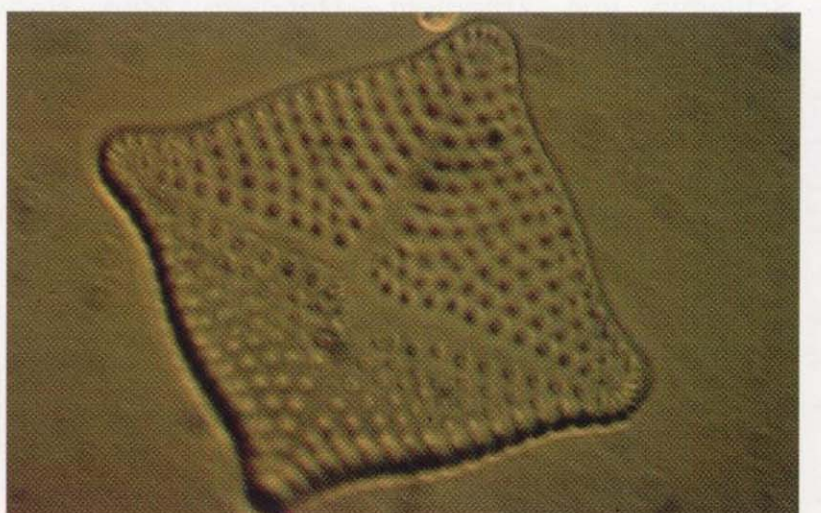
Attheya decora, West — 800 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 871003-6



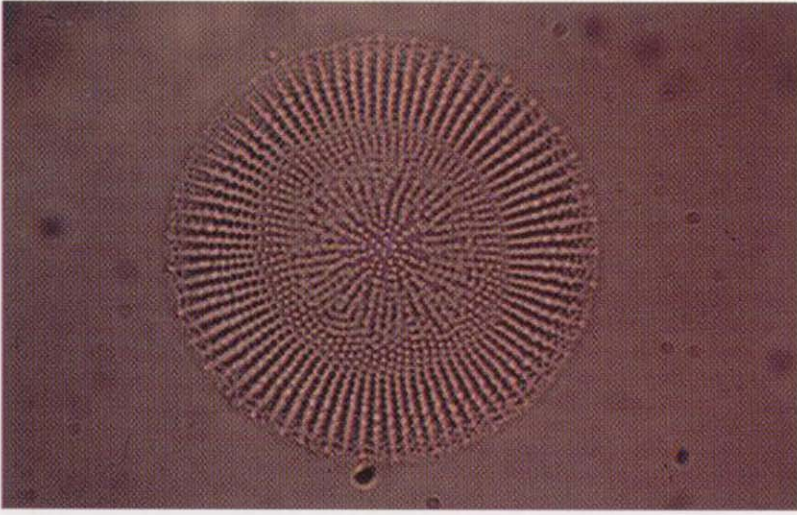
Amphipleura Truani — 250 ×
Trubia — Prep.: Truán — 870922-12



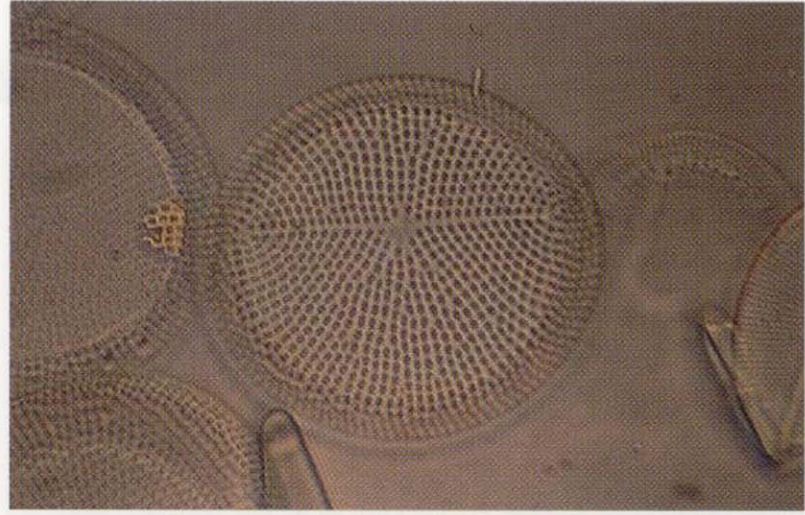
Amphitetras crucifera — 1.250 ×
Río de Janeiro — Prep.: Cole — 870601-10



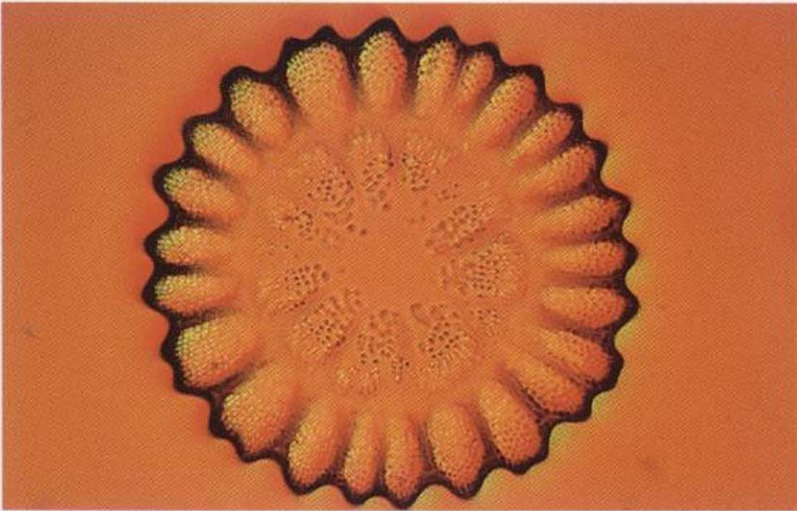
Amisodiscus Pantoeseckii, Grunow — 800 ×
Nagg-Kurtos. Hungría — Prep.: Azpeitia — 880516-2



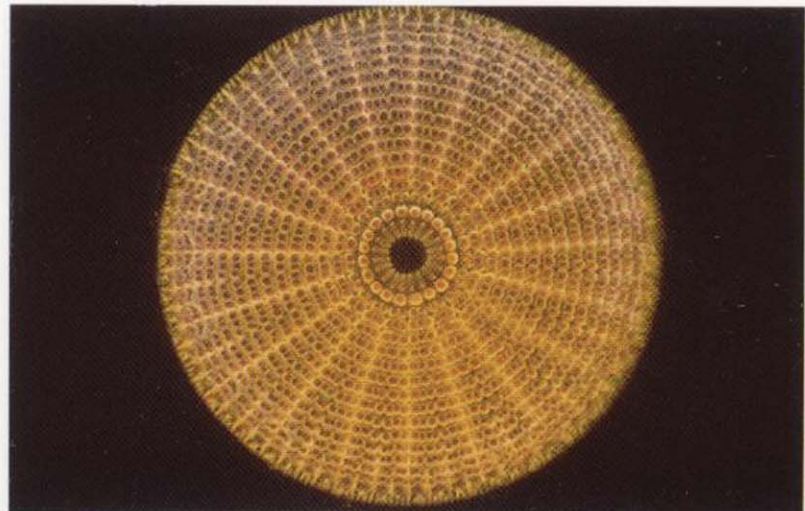
Anorthoneis excéntrica, Grunow — 800 ×
Diatomeas Marinas. Francia — Prep.: Tempère — 870412-17



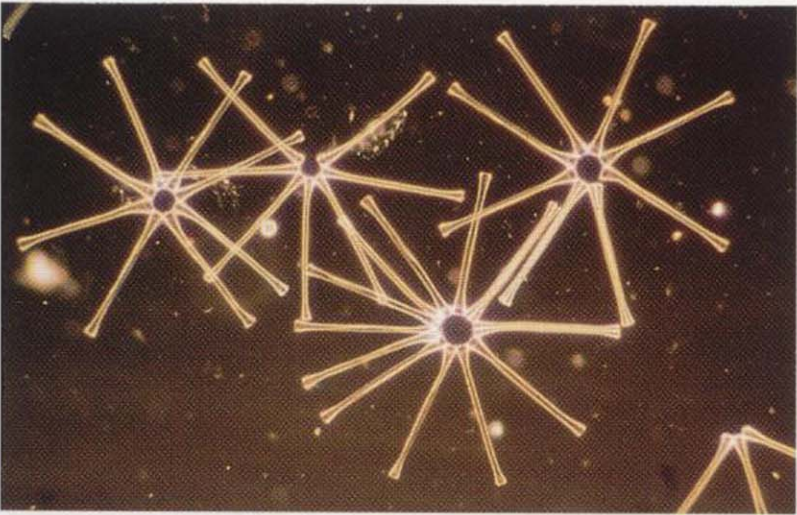
Anthodiscus floreatus, Grove y Sturt — 420 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 871029-5



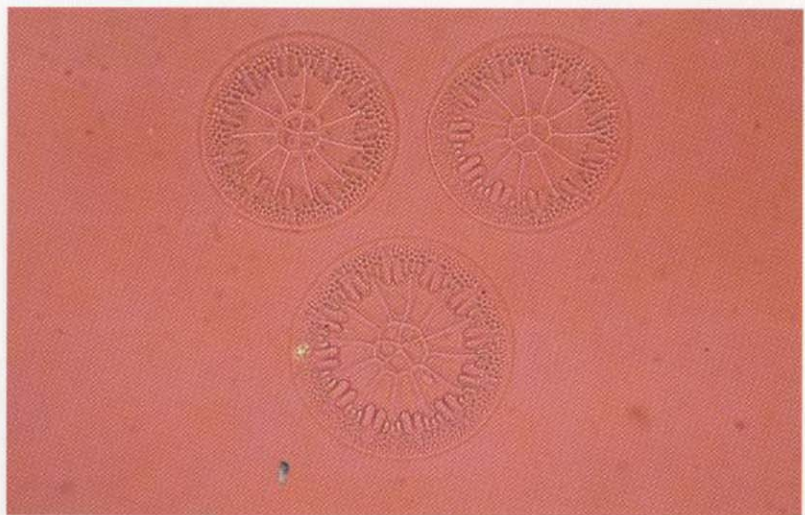
Arachnoidiscus Ehrenbergü, Bailey — 250 ×
Monterrey. California — Prep.: Azpeitia — 870328-25



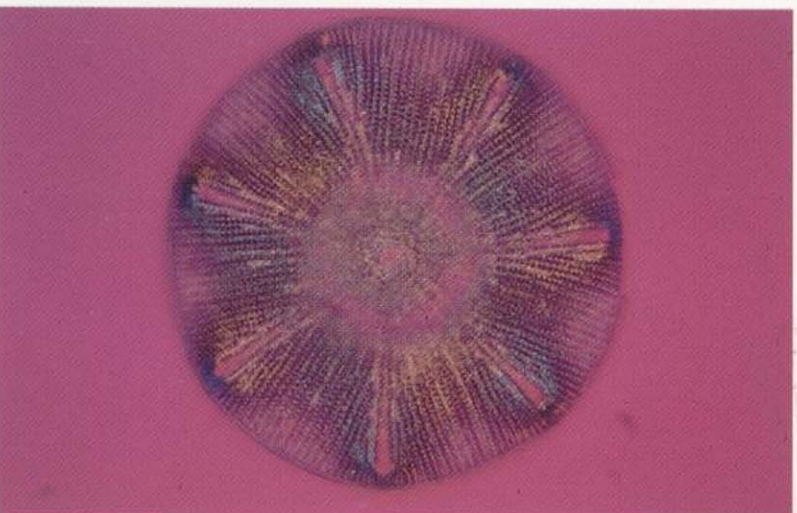
Asterionella gracillaria, Heiberg — 160 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 871016-14



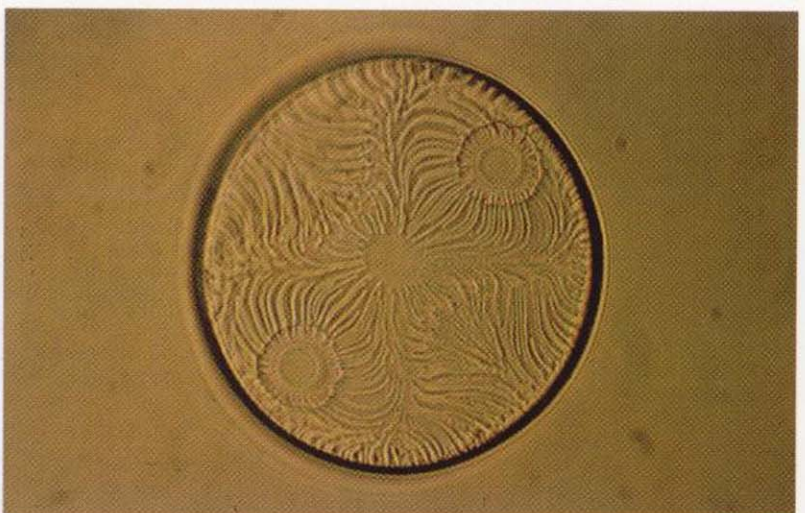
Asterolampra vulgaris, Greville — 250 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 871016-4



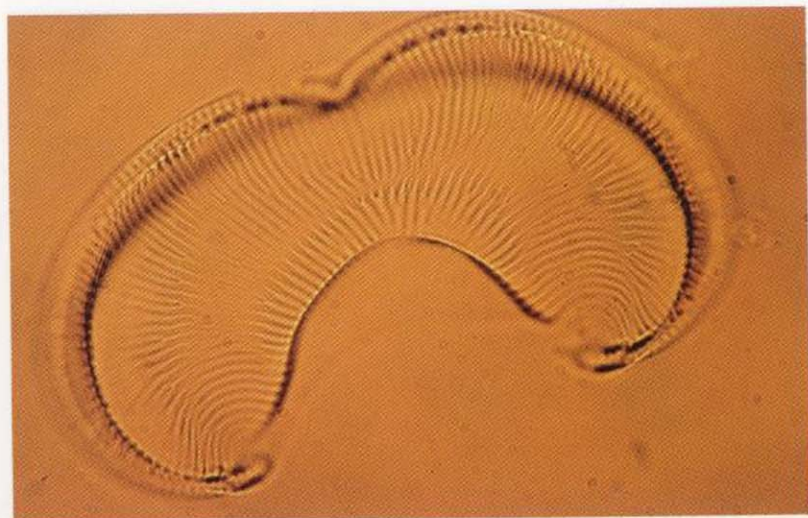
Aulacodiscus angulatus, Greville — 200 ×
Prep.: Fungairiño — 880105-2



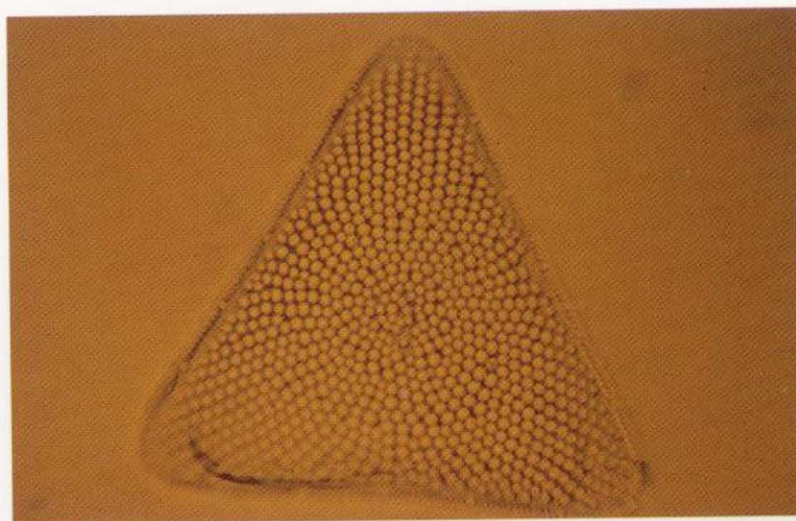
Auliscus — 320 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia — 880112-1



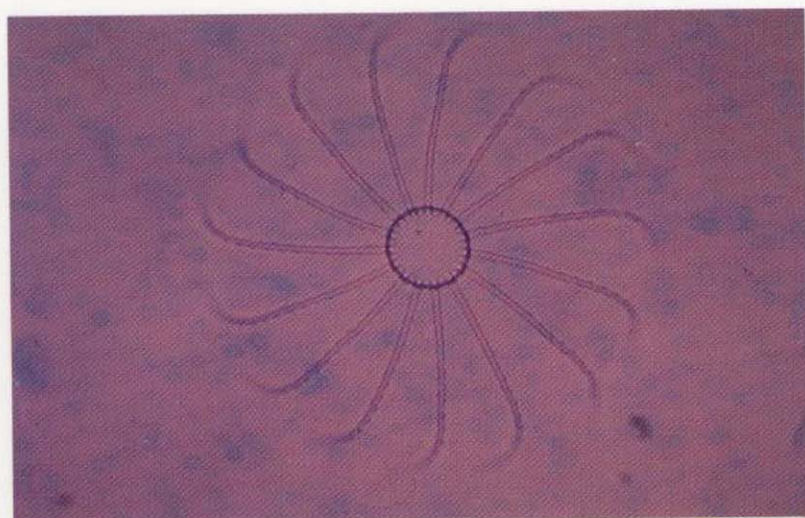
Aurícula amphitretis, Castracane — 610 ×
Prep.: Tempère — 880516-3



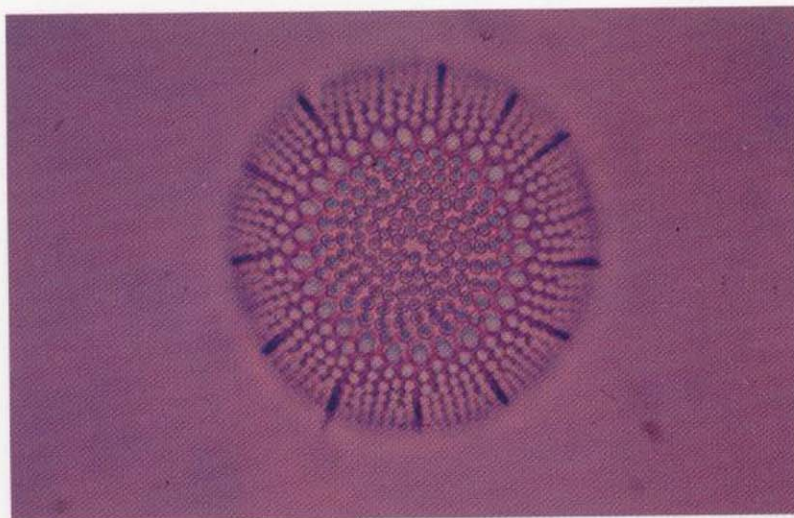
Azpeitia Temperei, M. Peragallo — 630 ×
Prep.: Tempère — 871102-11 HOLOTIPO (Peragallo)



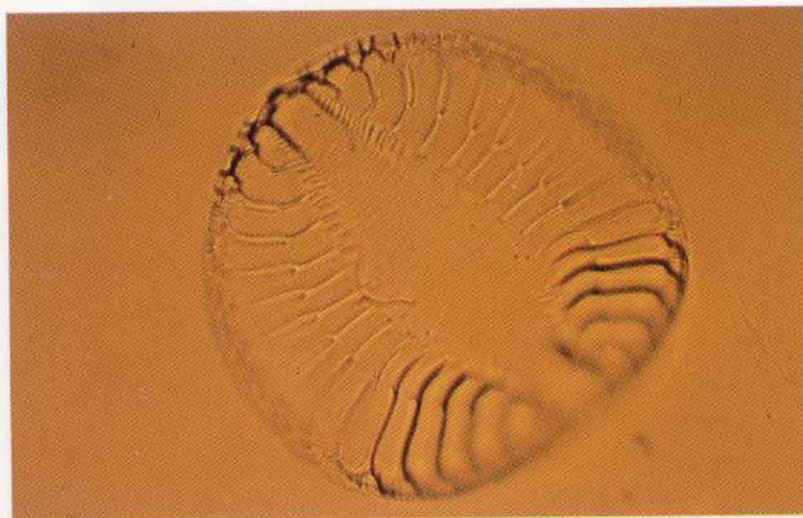
Bacteriastrum — 250 ×
Hong-Kong — Prep.: Cole — 871102-33



Brightwellia Johnsonii — 500 ×
Barbados — Prep.: Cole — 871102-17



Campylodiscus Thuretii, Brebisson — 360 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 880203-24



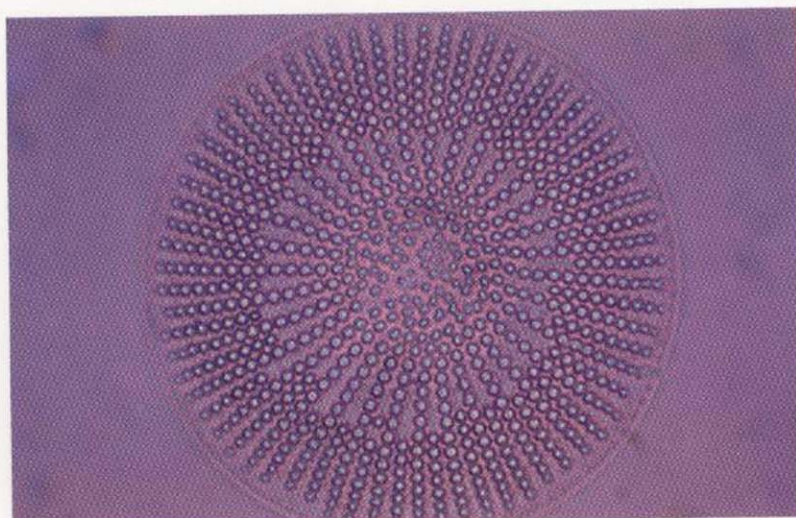
Campyloneis regalis (Greville), Grunow — 800 ×
Otiñar. Jaén — Prep.: Azpeitia — 871210-14



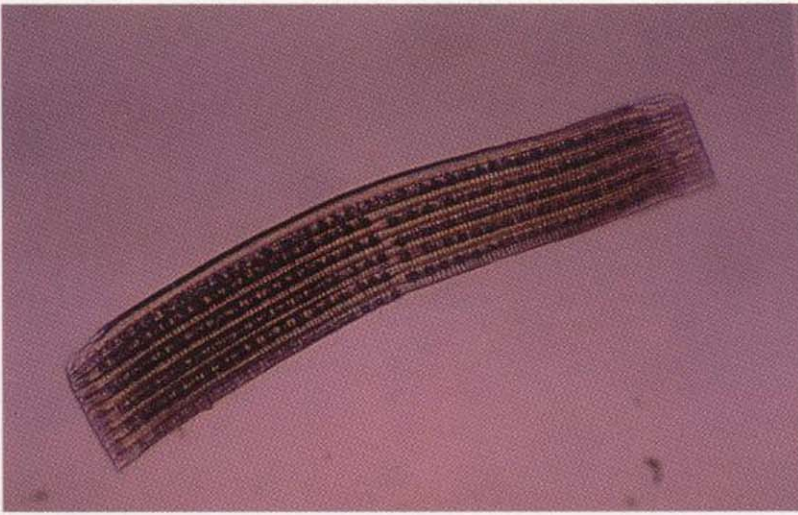
Cerataulus subangulatus, Grove y Sturt — 200 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 870509-4



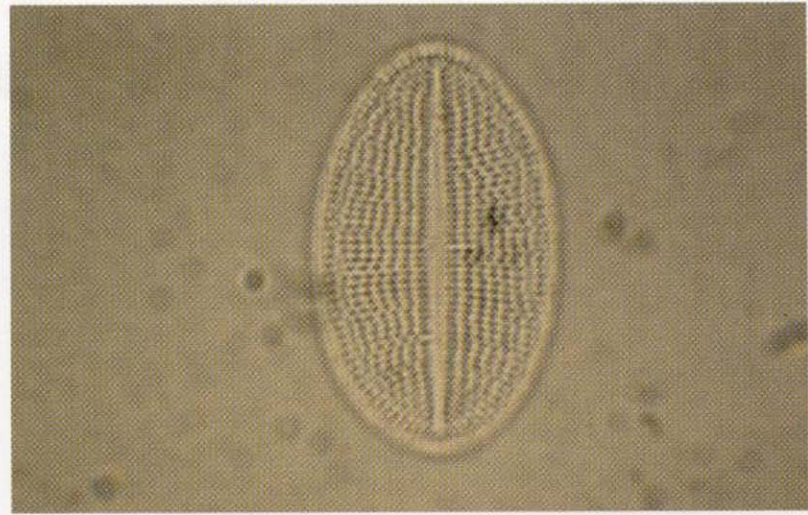
Coscinodiscus elegantulus, Greville — 500 ×
Barbados — Prep.: Azpeitia — 870907-13



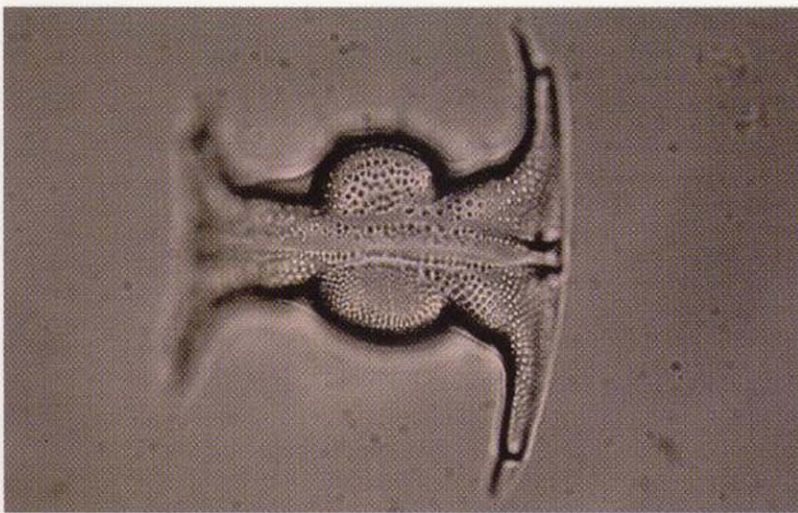
Climacosira mirifica, W. Smith — 250 ×
Jaén — Prep.: Azpeitia — 880516-9



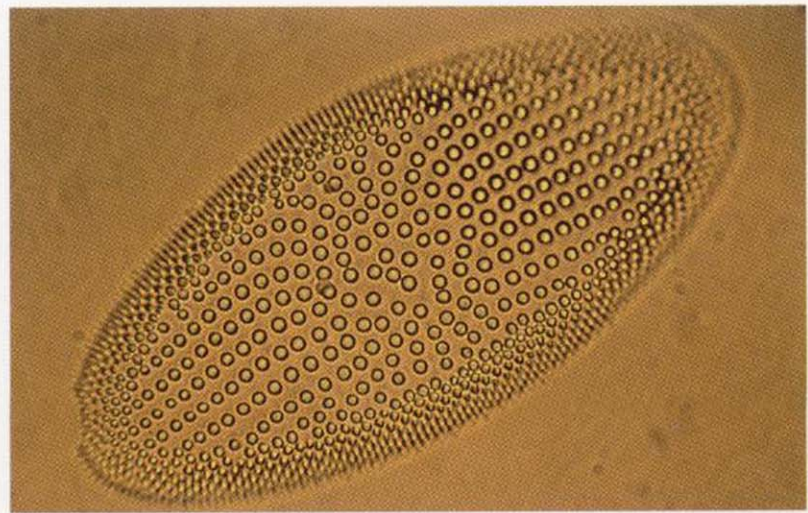
Cocconeis lineata, Ehrenberg — 1.250 ×
Prep.: Azpeitia — 870509-28



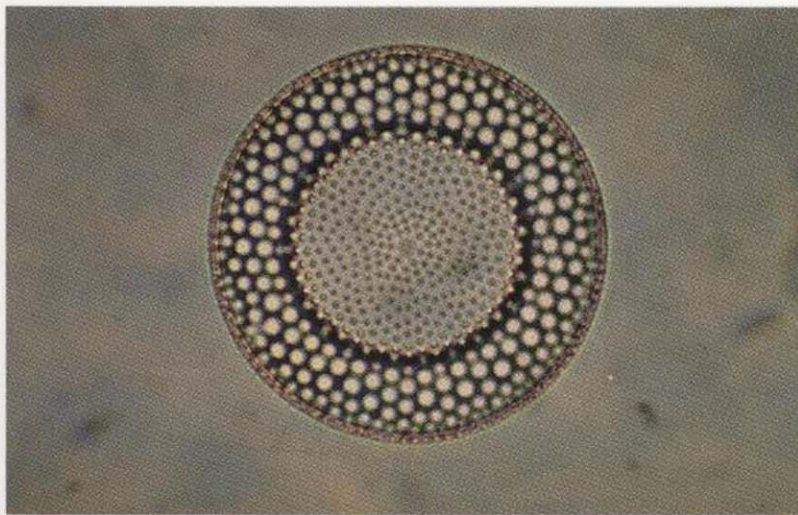
Corinna elegans, Heiberg — 380 ×
Cemento de Mors. Jutland. Dinamarca — Prep.: Azpeitia —
880516-13



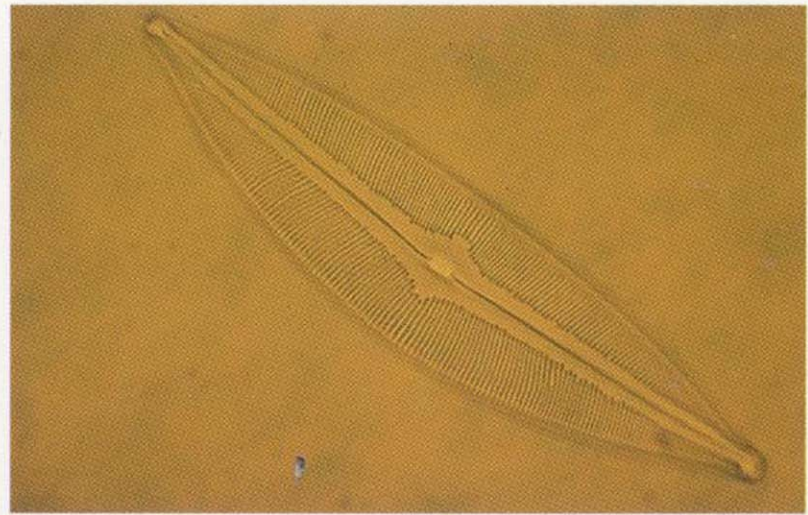
Coscinodiscus Lewisianus, Greville — 800 ×
Naparima — Prep.: Azpeitia — 880213-26



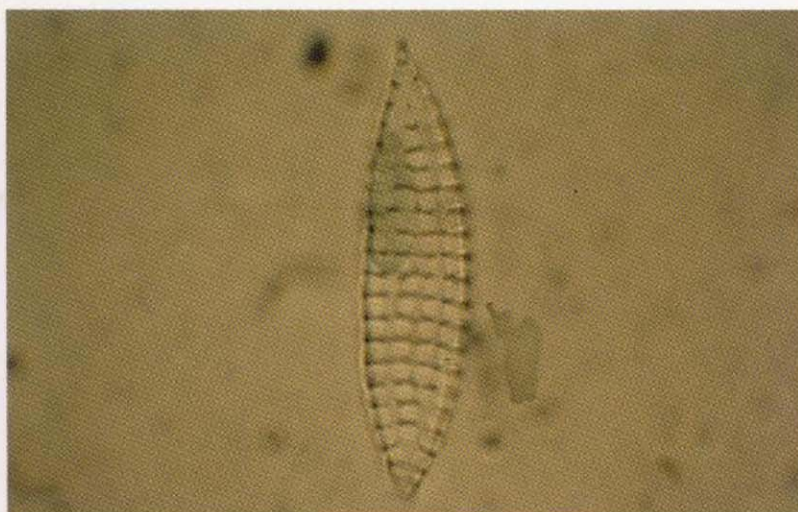
Craspedodiscus — 500 ×
Richmond. Virginia — 870506-26



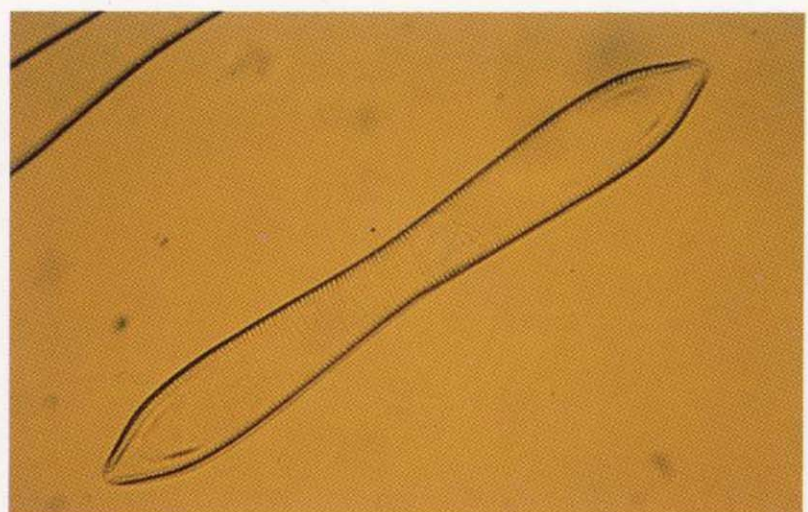
Cymbella Ehrenbergii, Kützing, var. major — 320 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 880126-7



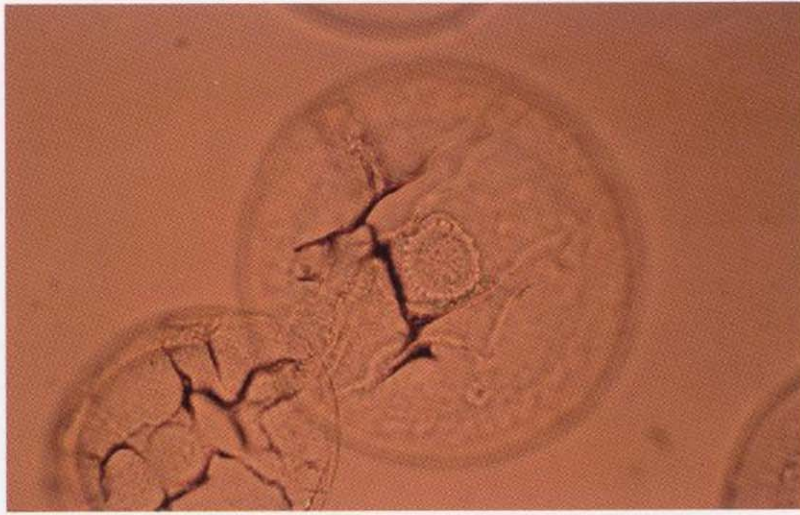
Cymatosira Adaroi, Azpeitia — 1.250 × HOLOTIPO
Serrata de Lorca — Prep.: Azpeitia — 871016-19



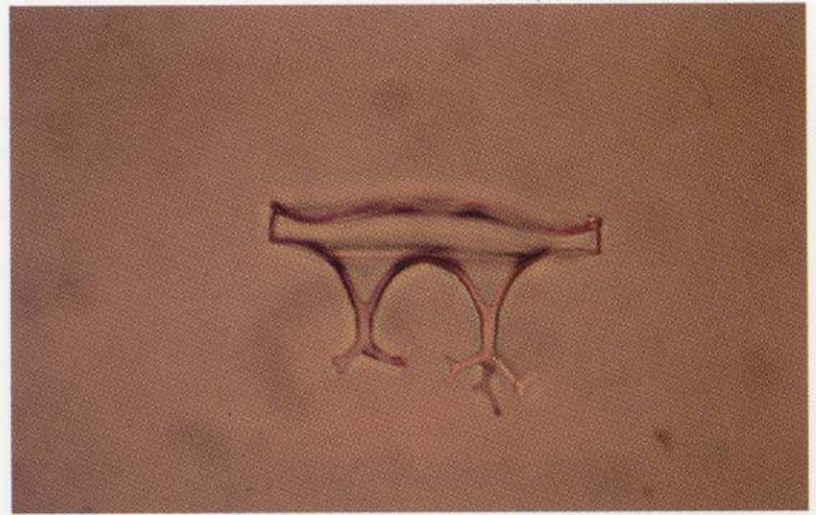
Cymatopleura solea (Breb.) V. *gracilis*, Grunow — 160 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 880114-15



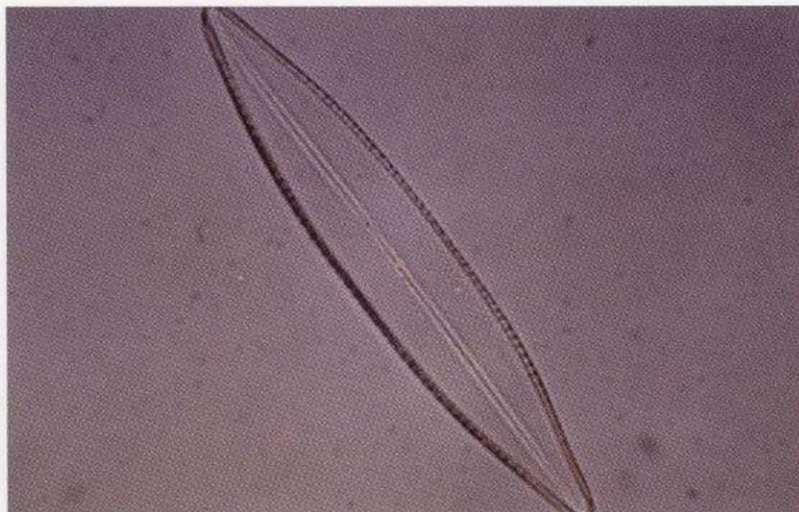
Chelonioidiscus ananinensis, Pantocsek — 320 ×
Ananino Simbirsk. Rusia — Prep.: Truán — 880516-18



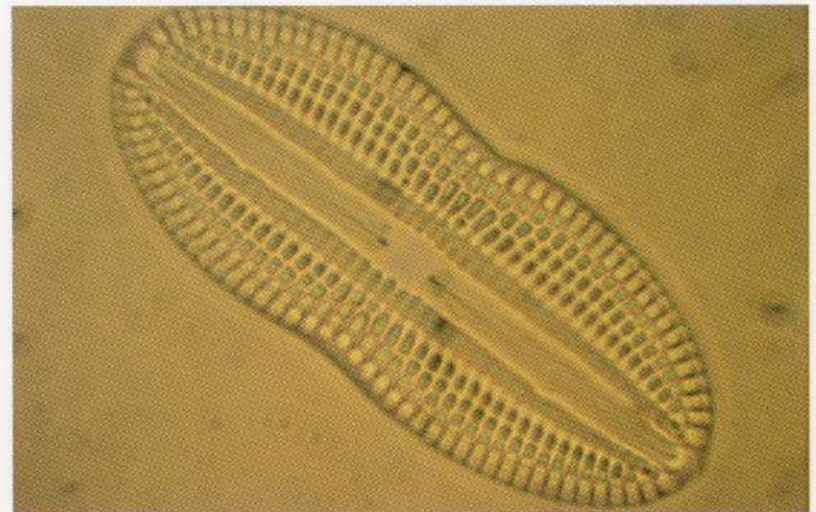
Dicladia capreolus, Ehrenberg — 630 ×
Fernán Núñez — Prep.: Azpeitia — 880428-5



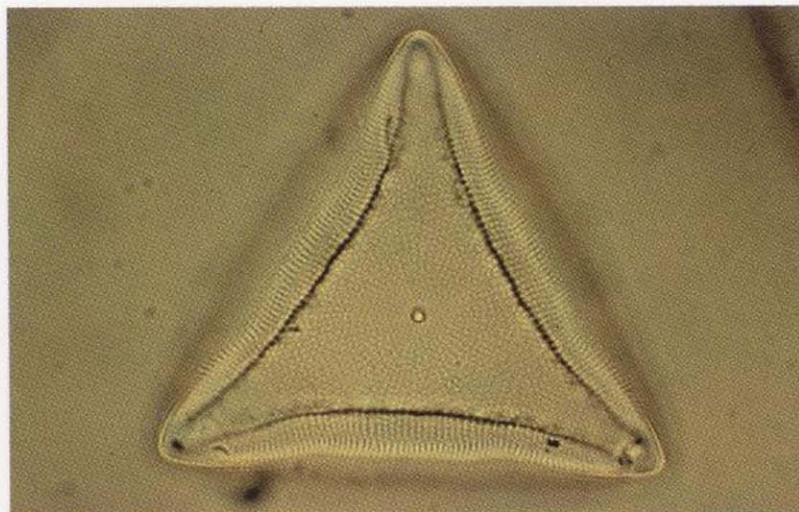
Dictyoneis hungarica Pantocsek. V. *fanceolata* — 380 ×
Nyermegy. Hungría — Prep.: Azpeitia — 871126-13



Diploneis didima, Ehrenberg — 1.250 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère y Peragallo — 870917-21



Ditylium — 500 ×
Sendai, Japón — Prep.: Fungairiño — 880412-19



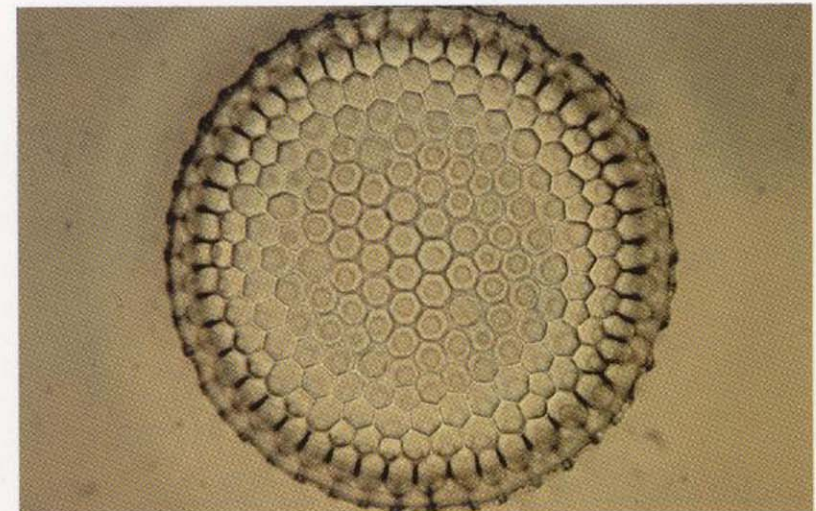
Donkina recta, Ralfs
Inglaterra — Prep.: Möller — 880404-12



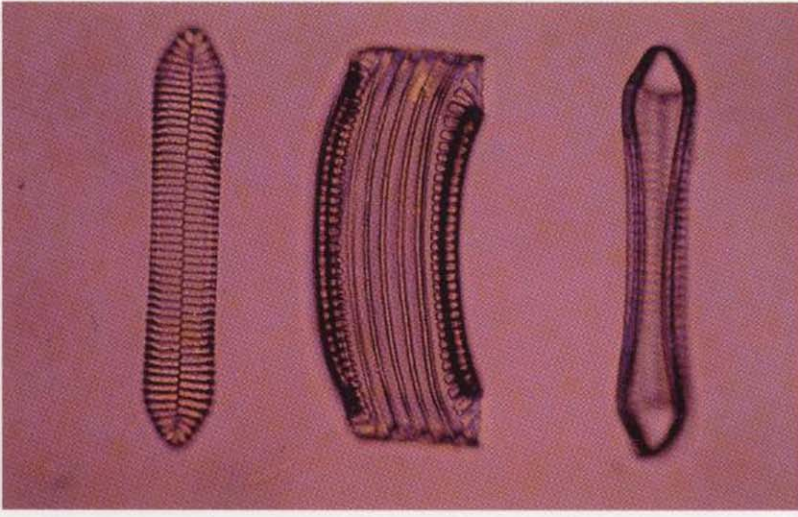
Dossetia Temperei, Azpeitia. Valva inferior — 1.250 ×
Serrata de Lorca — Prep.: Azpeitia — 871016-25 HOLOTIPO



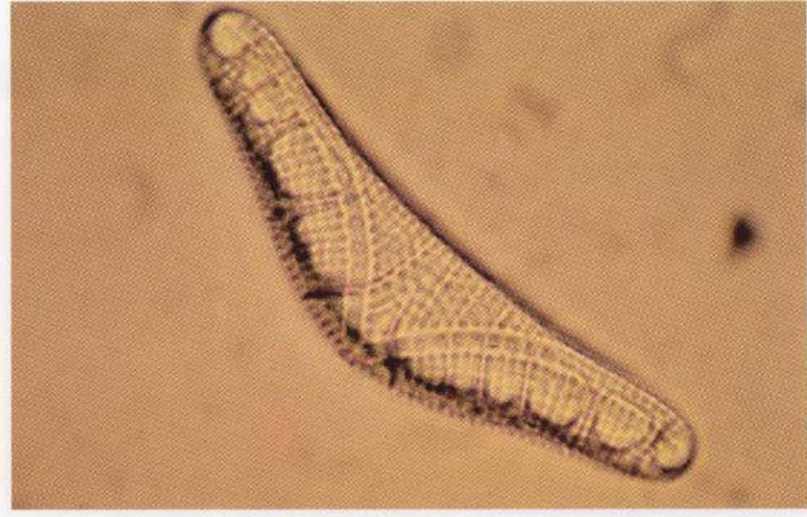
Endictya Schmidtli, Pantocsek — 612 ×
Lorca. Mina — Prep.: Azpeitia — 880118-29



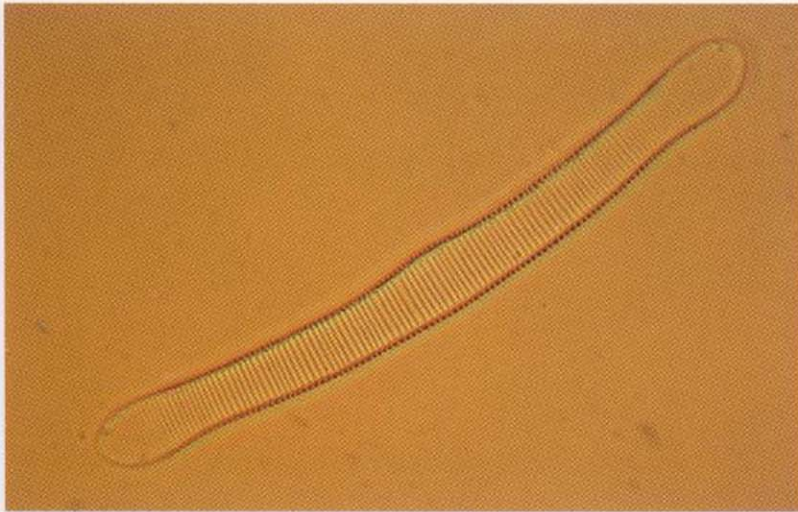
Entopyla Australis, Ehrenberg — 160 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia — 880412-7



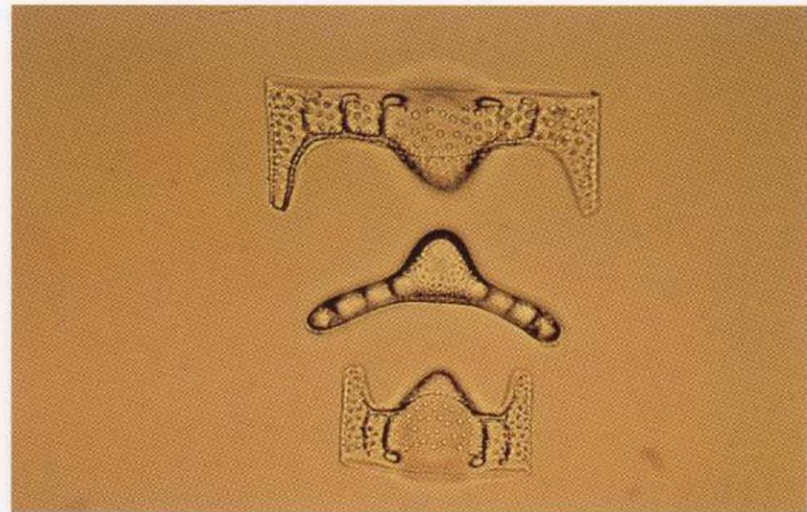
Epithemia argus (Ehrenberg), Kützing — 1.040 ×
Hellín. Pizarras grises bituminosas — Prep.: Azpeitia — 880203-1



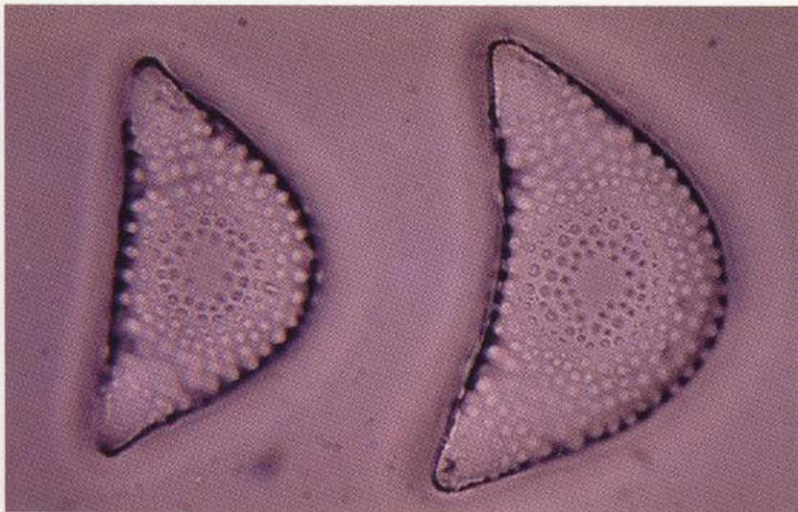
Eunotia Formica, Ehrenberg — 490 ×
Nyermegy. Hungría — Prep.: Azpeitia — 871018-15



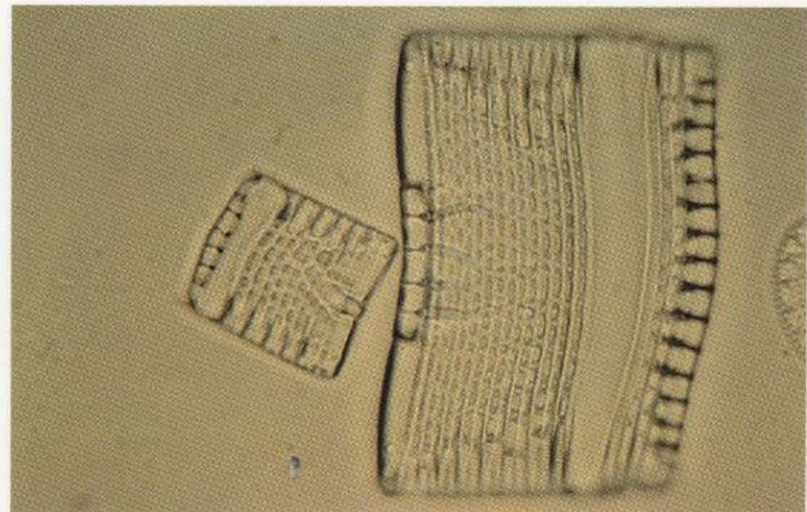
Eunotogramma productum, Grove y Sturt — 176 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880129-29



Euodia Brightwellii, Bailey — 610 ×
Richmond. Virginia — Prep.: Azpeitia — 880464-28



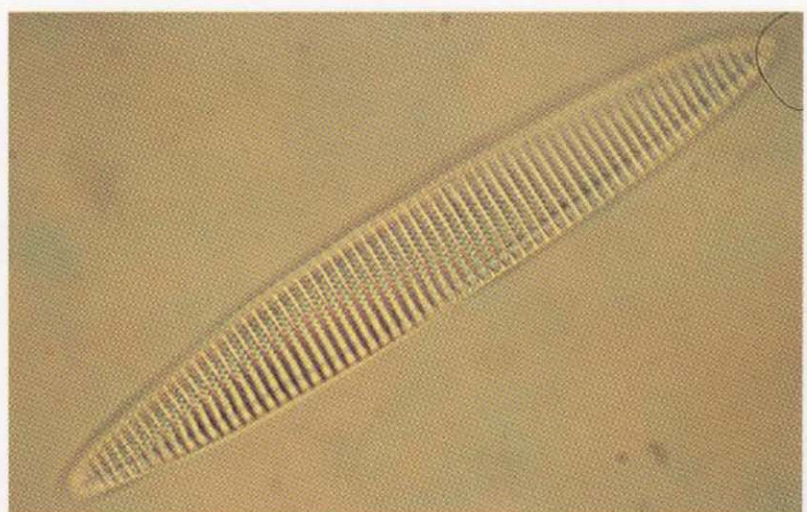
Eupleria pulchella — 610 ×
Australia — Prep.: Móller — 870929-16



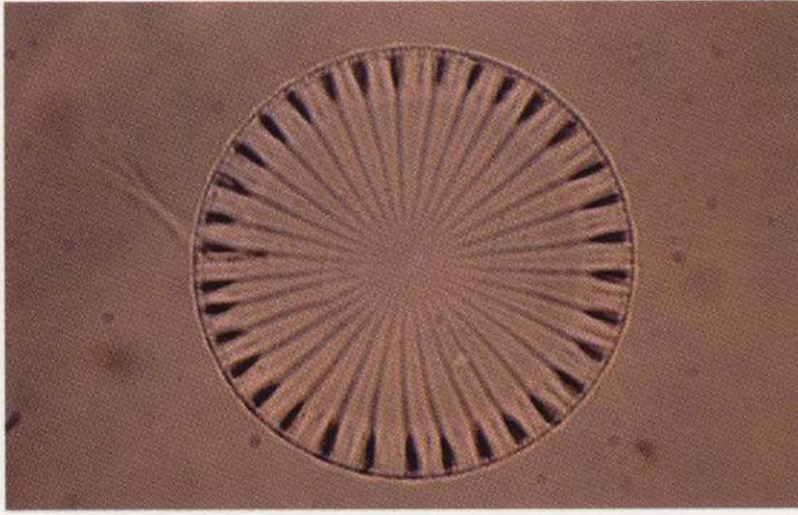
Eupodiscus argus, Ehrenberg — 200 ×
Oamaru, Nueva Zelanda — Prep.: Azpeitia



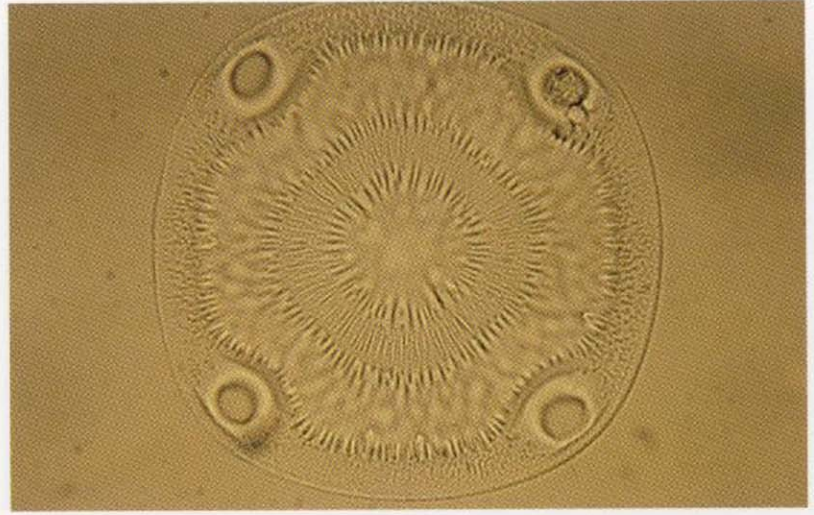
Fragillaria pliocena, Brun — 800 ×
Aguilar. Córdoba — Prep.: Fungairiño — 880120-18



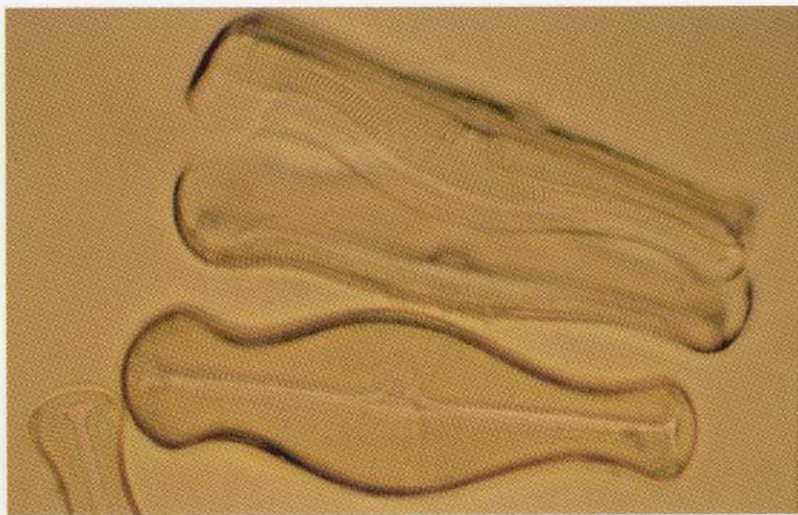
Gaillonella clavigera, Grunow — 800 ×
Otiñar. Jaén — Prep.: Azpeitia — 880118-11



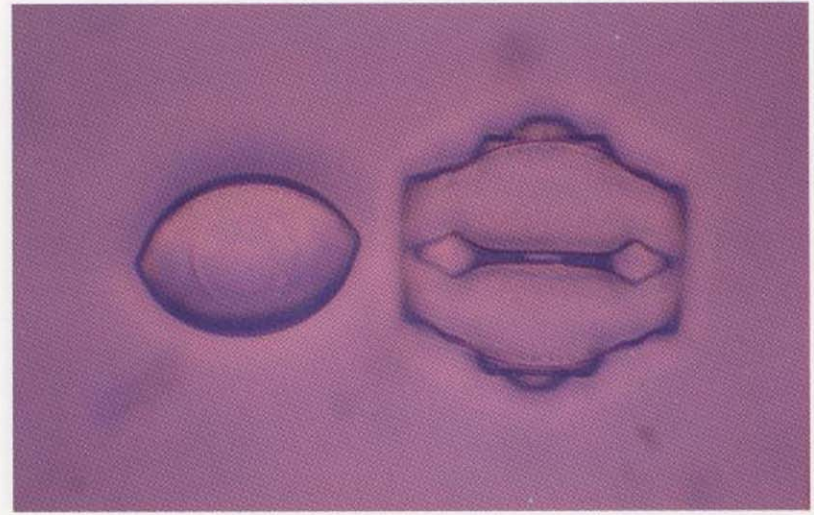
Glyphodiscus stellatus, Greville — 610 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880412-1



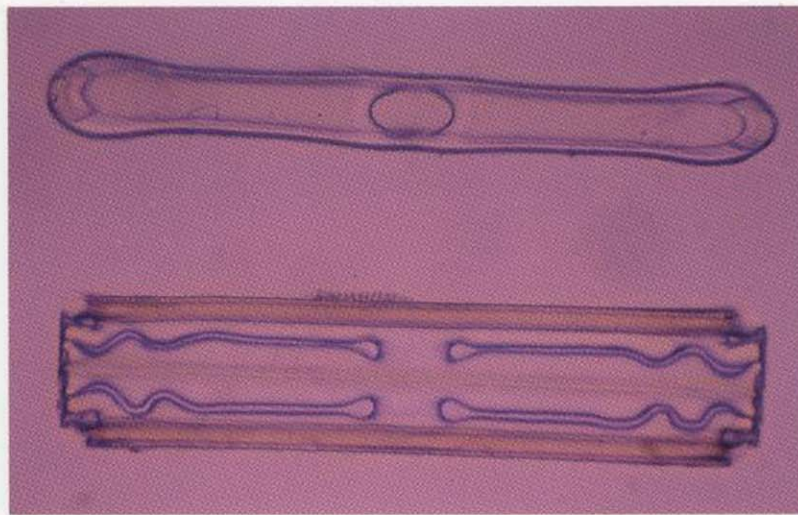
Gomphonema geminatum, Ehrenberg — 400 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère y Peragallo — 861127-6



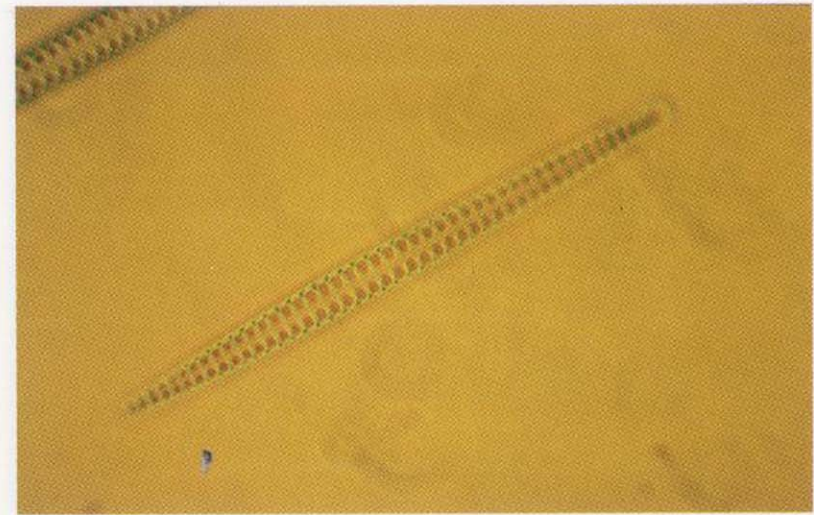
Goniothecium — 500 ×
Richmond. Virginia — Prep.: Azpeitia — 871016-33



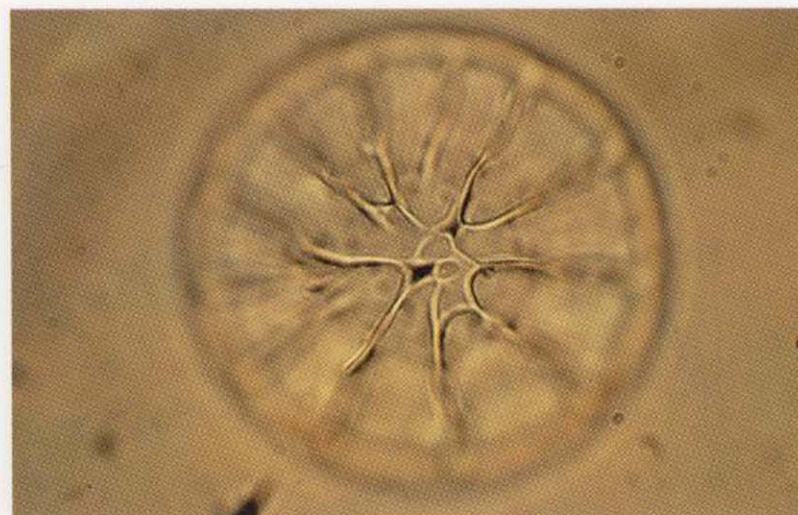
Grammatophora — 250 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia — 871018-3



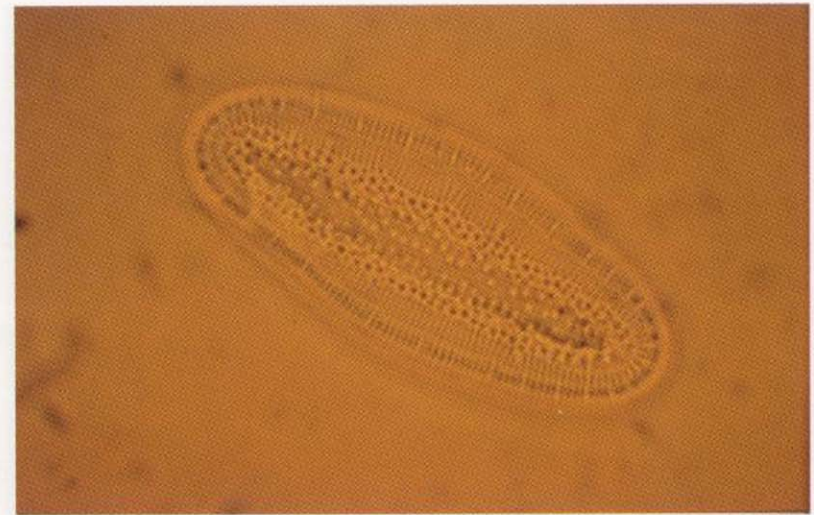
Grunowia gemmata, V. Heurck — 500 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 870630-4



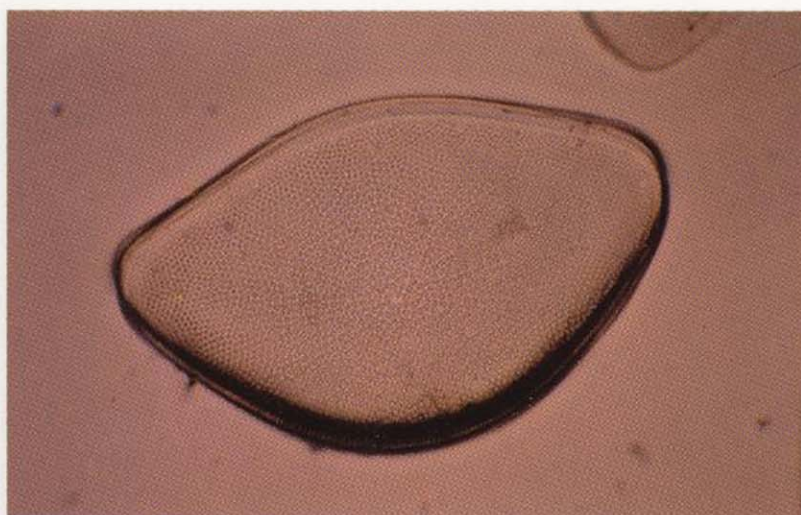
Gyrodiscus Hungaricus, Pantocsek — 800 ×
Jaén. Fuente de Bermúdez — Prep.: Azpeitia — 880404-31



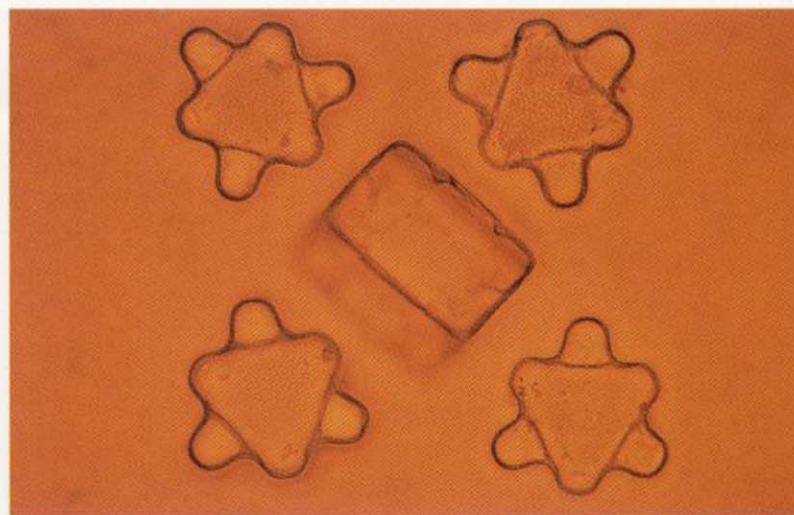
Handmanniana Austriaca, M. Peragallo — 1.250 ×
Almsea. Austria — Prep.: Tempère — 880412-21



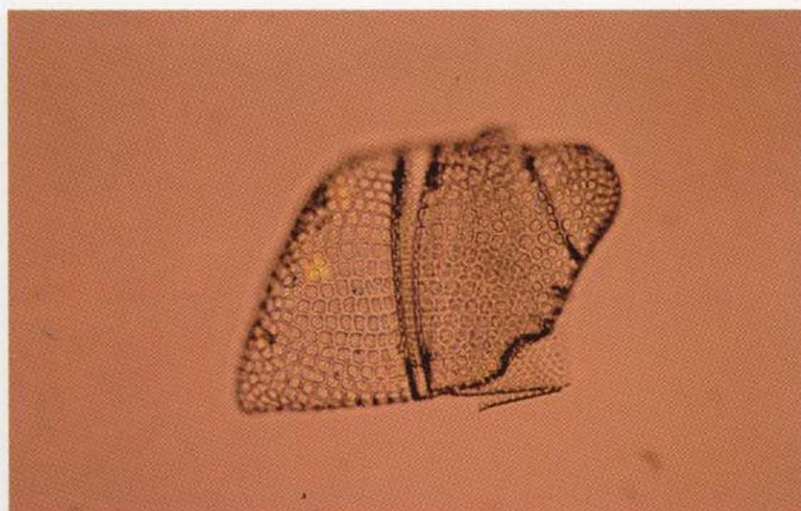
Hemidiscus cuneiformis — 500 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Cole — 880428-4



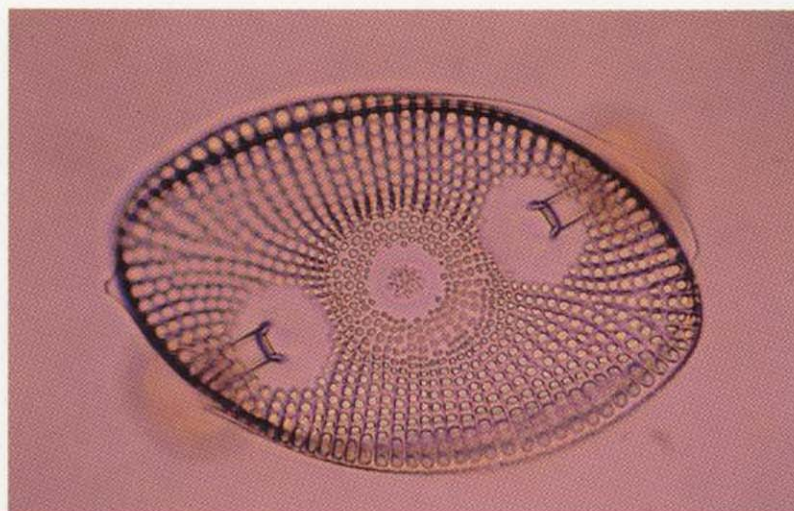
Hydrosera Javanica, Cleve — 200 ×
Volcán Pangelog. Isla de Java — Prep.: Fungairiño — 870101-16



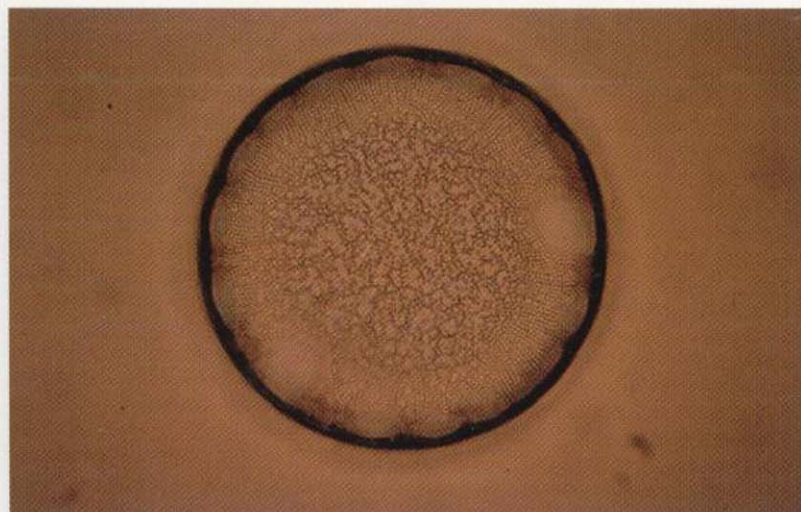
Istmia — 160 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880120-19



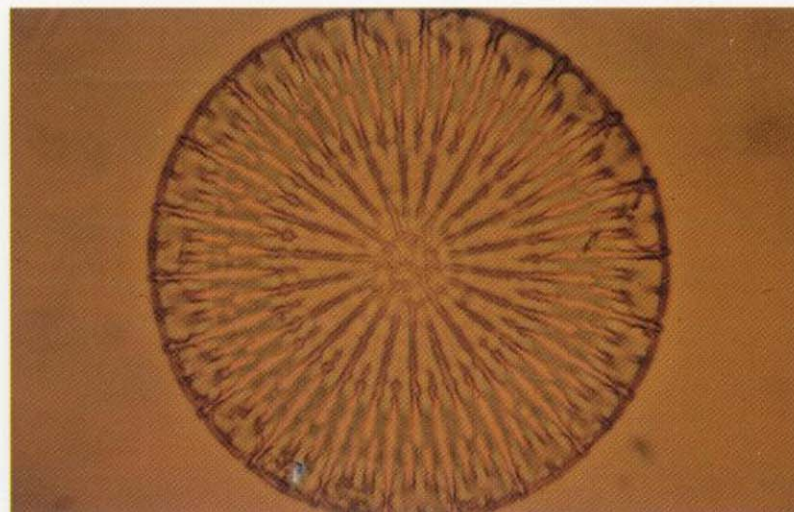
Kittonia elaborata, Grove y Sturt — 250 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880120-20



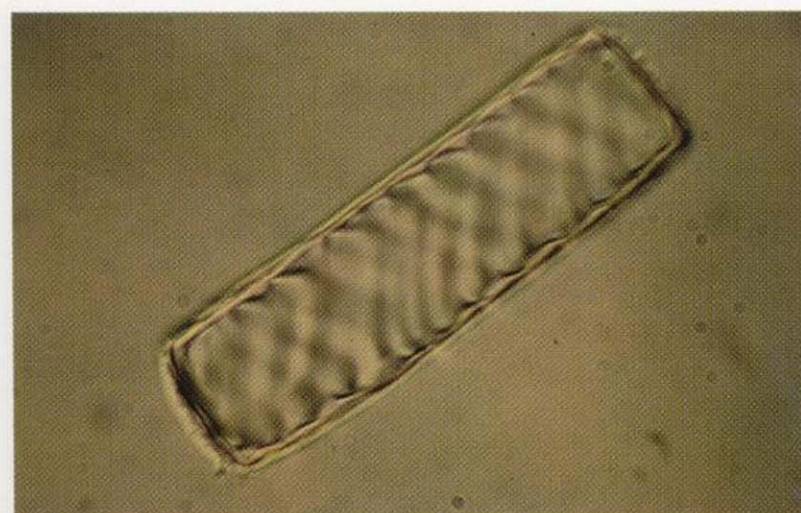
Lampriscus Debi, Grove y Sturt — 400 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880118-12



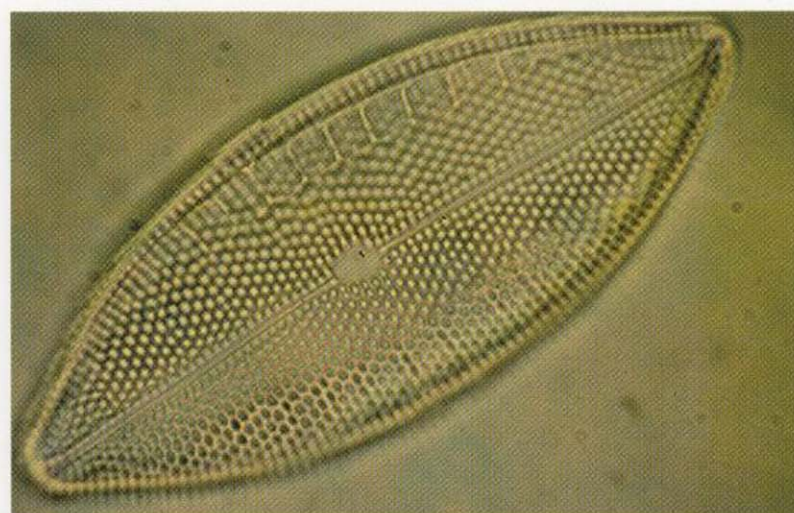
Lepidodiscus elegans, O. Witt — 400 ×
Archangelsk Kurojedowo. Simbirok. Rusia — Prep.: Fungairiño — 880120-1



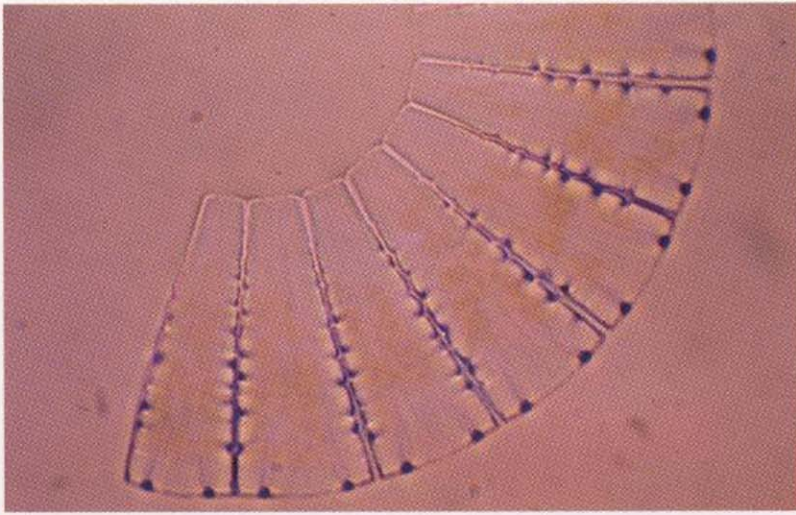
Liparogira dendroteres, Ehrenberg — 800 ×
Prep.: Möller — 880120-5



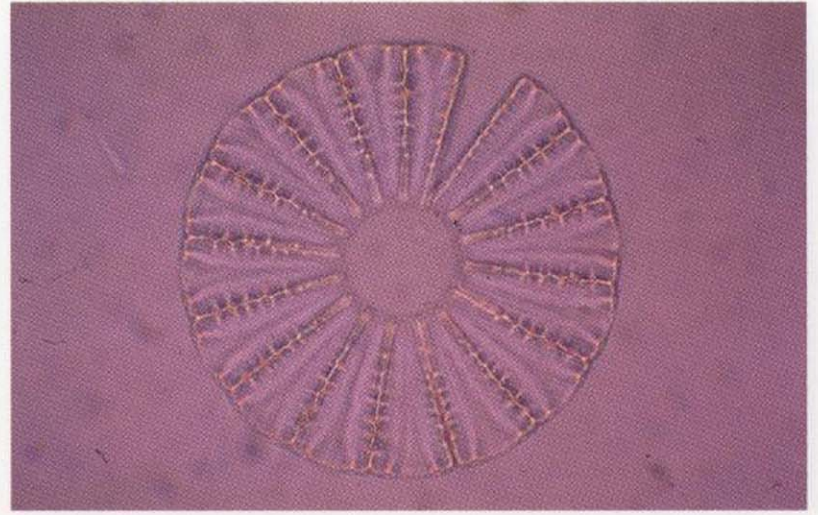
Mastogloia Szontaghli, Pantocsek — 800 ×
Nyermegy. Hungría — Prep.: Azpeitia — 880208-2



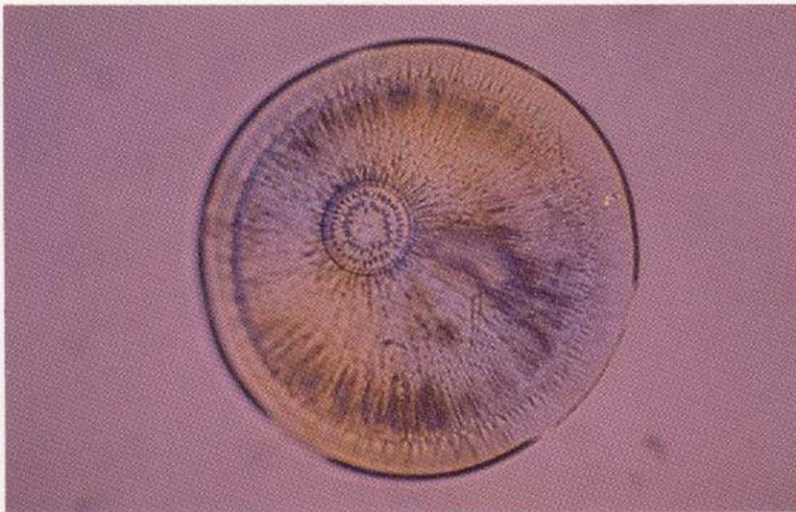
Meridion constructum, Ralfs — 800 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 880118-3



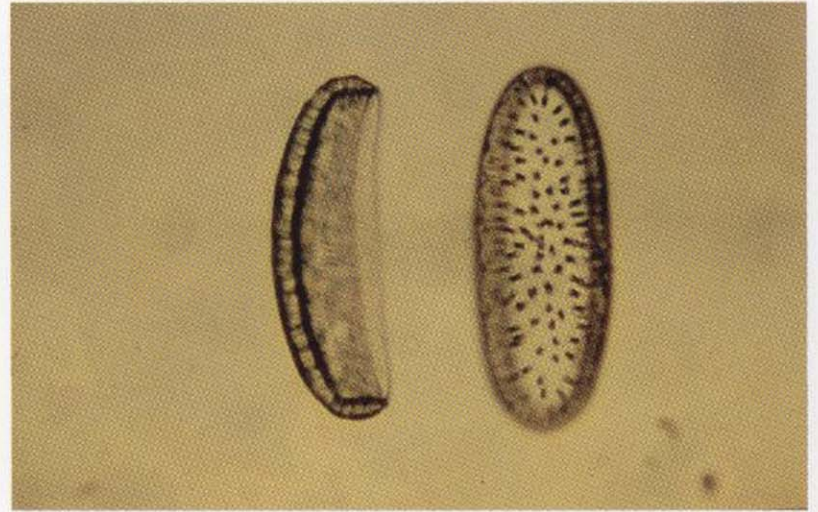
Meridion circulare (Grev.), Agardh — 500 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempère — 880114-33



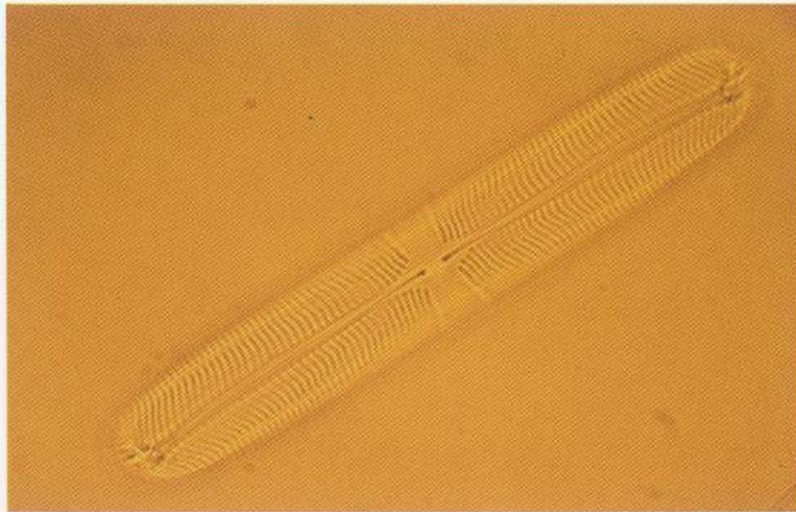
Monopsia mammosa, Grove y Sturt — 250 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880118-5



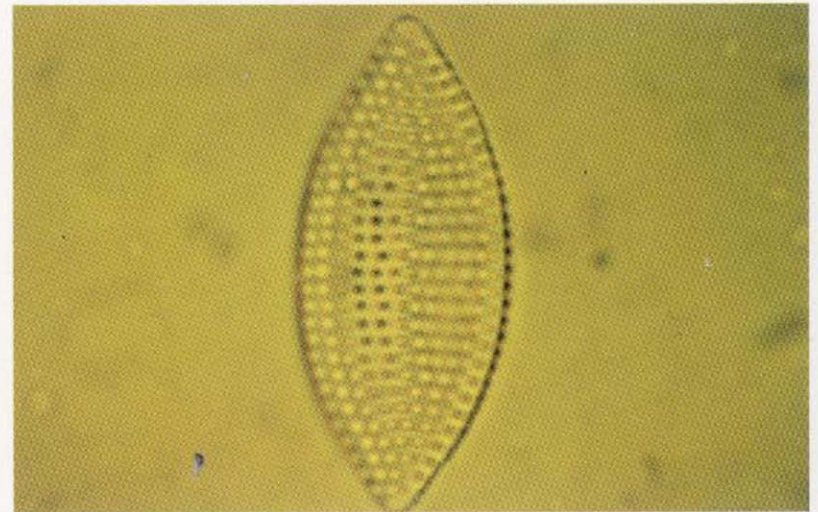
Muelleriella limbata, Ehrenberg (Pyxidícula) — 316 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia



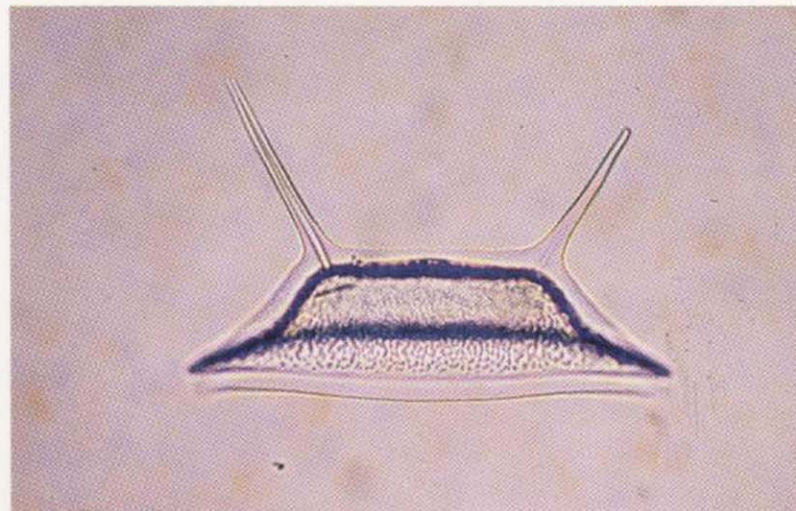
Navícula cruciformis, Donk — 800 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 880208-24



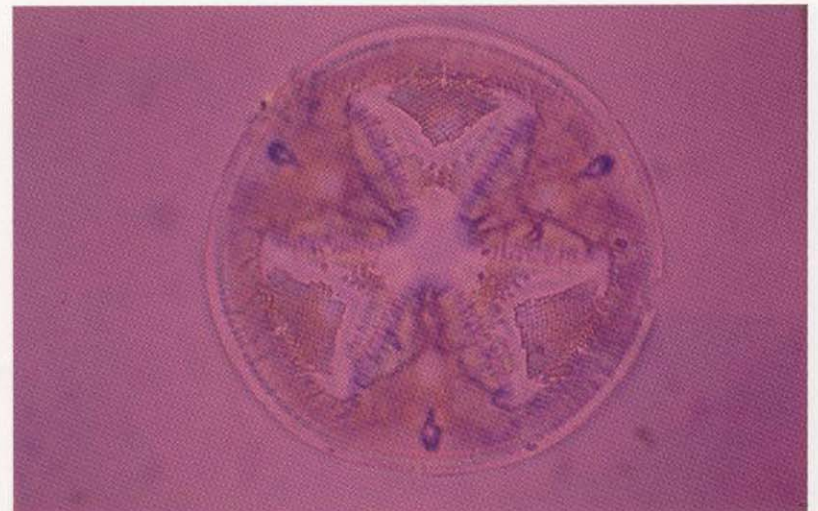
Nitzschia granulata, Grunow. V. Hispánica, Azpeitia — 1.250 ×
Hellín — Prep.: Azpeitia — 870412-8



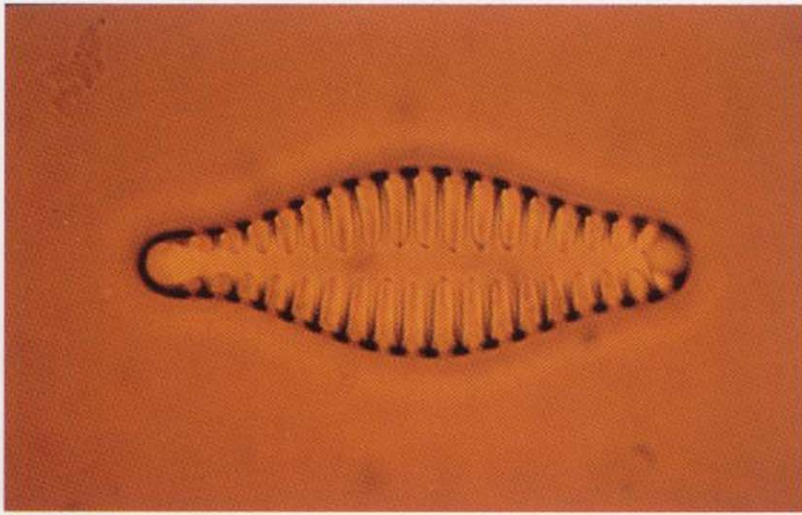
Odontotropis carinata, Grunow — 250 ×
Mors. Dinamarca — Prep.: Azpeitia — 871029-33



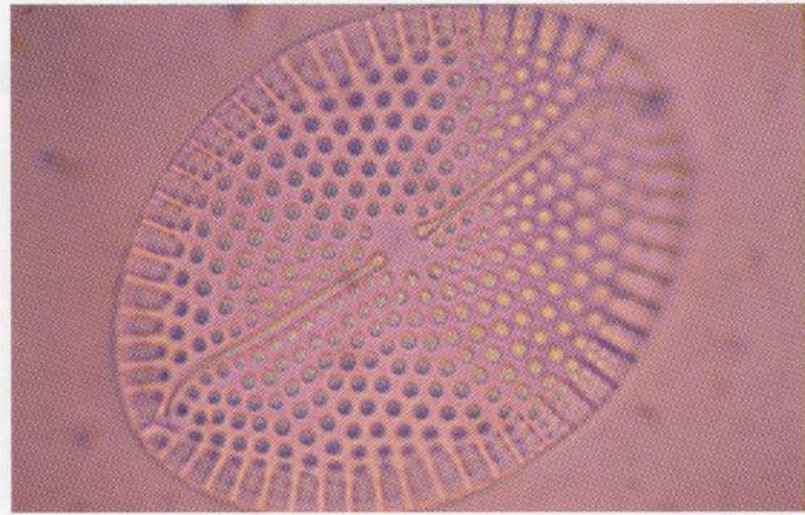
Omphalopelta Moronensis, Greville — 500 ×
Osuna. Las Yolis — Prep.: Azpeitia — 880112-8



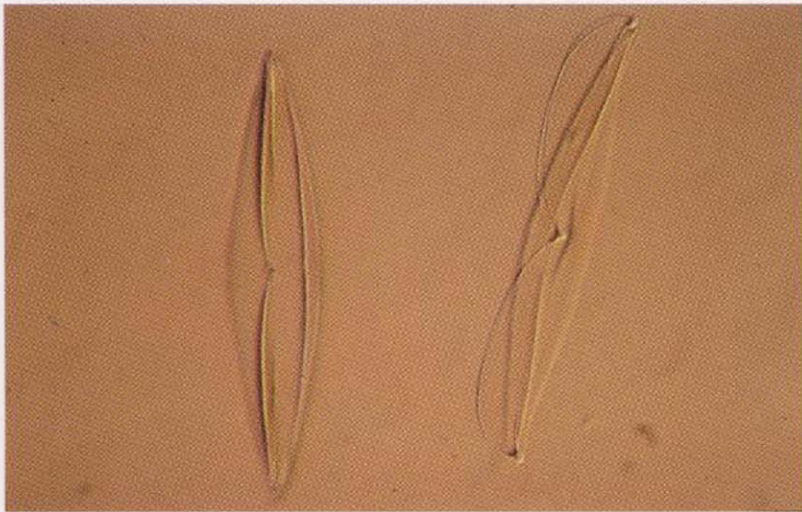
Opephora americana, M. Peragallo — 1.250 ×
Prep.: Tempére — 871031-1



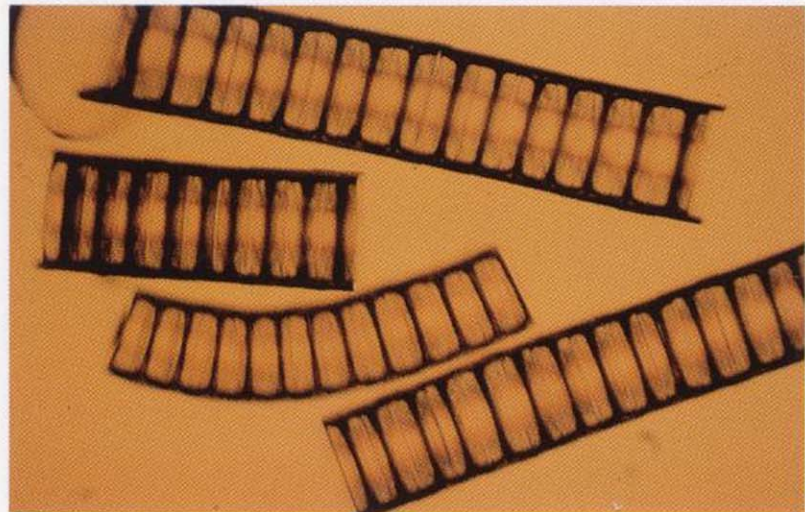
Orthoneis splendida — 1.250 ×
Jaén. Puente de la Sierra — Prep.: Azpeitia — 880105-1



Orthotropis máxima, Grunow — 200 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempére — 880928-20



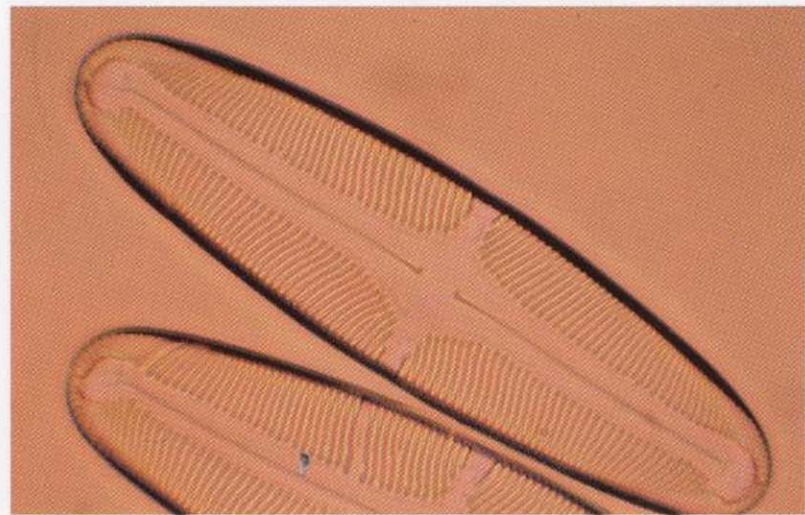
Orthosira arenaria, Moore — 126 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempére — 880129-5



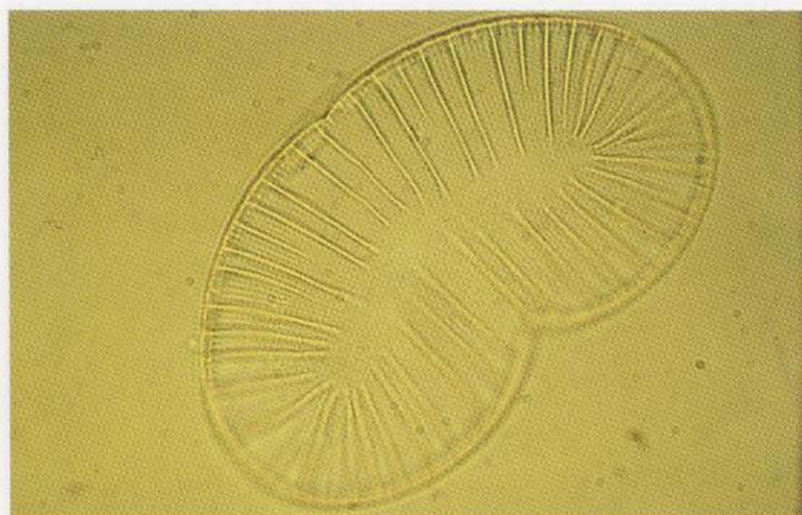
Periptera? Hercotheca? — 788 ×
Fernán Núñez — Prep.: Azpeitia — 871105-28



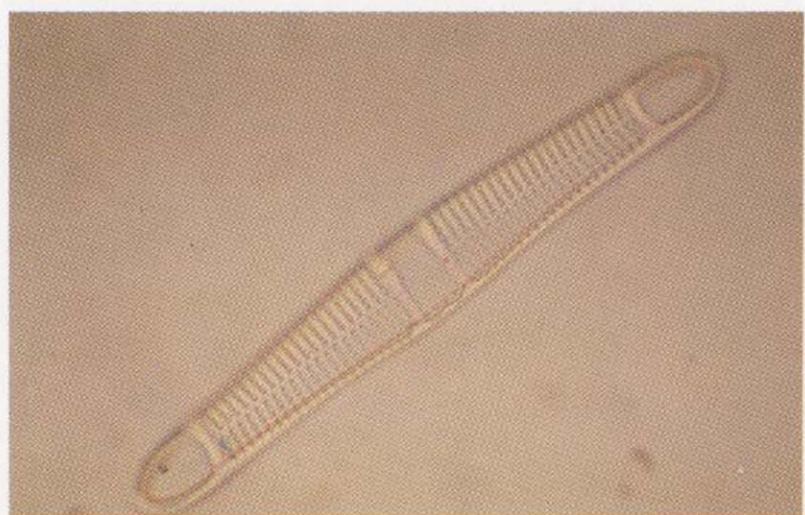
Pinnularia divergens. V. *elliptica*, Cleve — 500 ×
Agua dulce. Francia — Prep.: Tempére y Peragallo — 870630-14



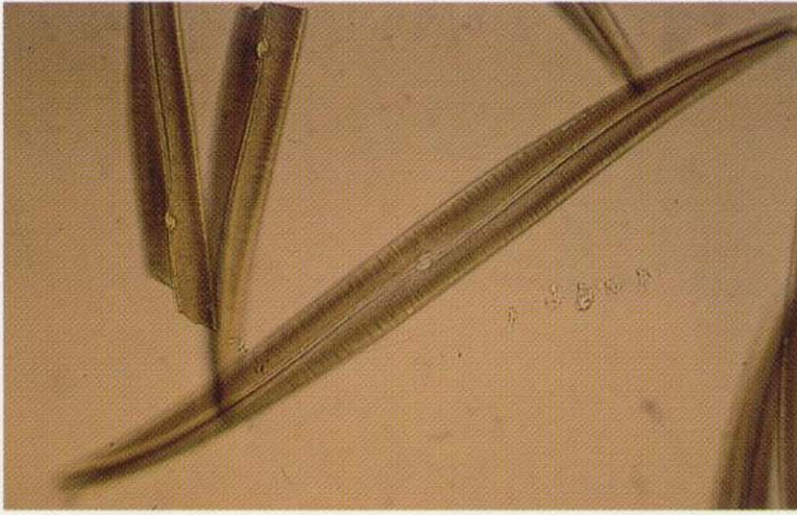
Plagiodiscus Martensianus, Grunow — 610 ×
Antamambe — Prep.: Hégot — 870624-14



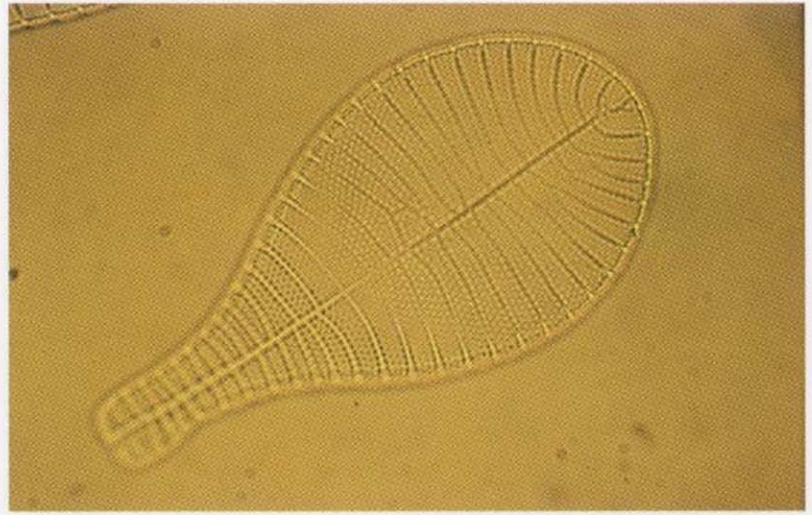
Plagiogramma Hidalgoi, Azpeitia — 500 × HOLOTIPO
Serrata de Lorca — Prep.: Azpeitia — 880105-34



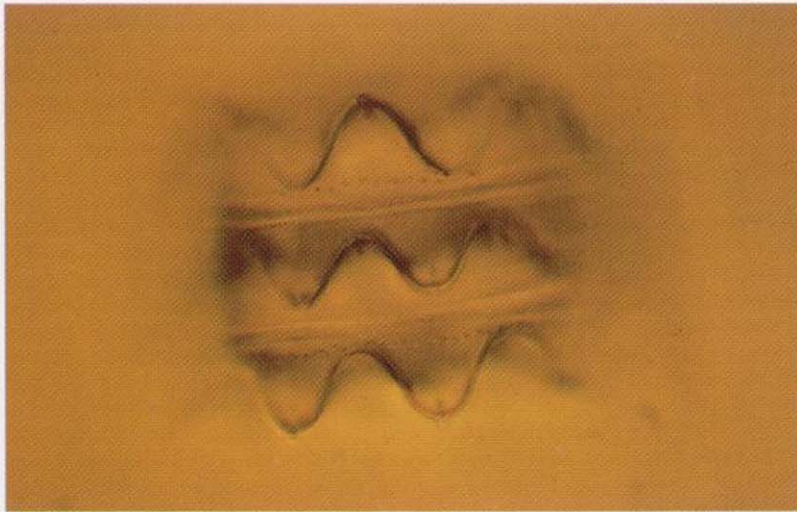
Pleurosigma stringilis — 176 ×
Prep.: Möller — 880129-24



Podocystis spathulata — 800 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 880428-12



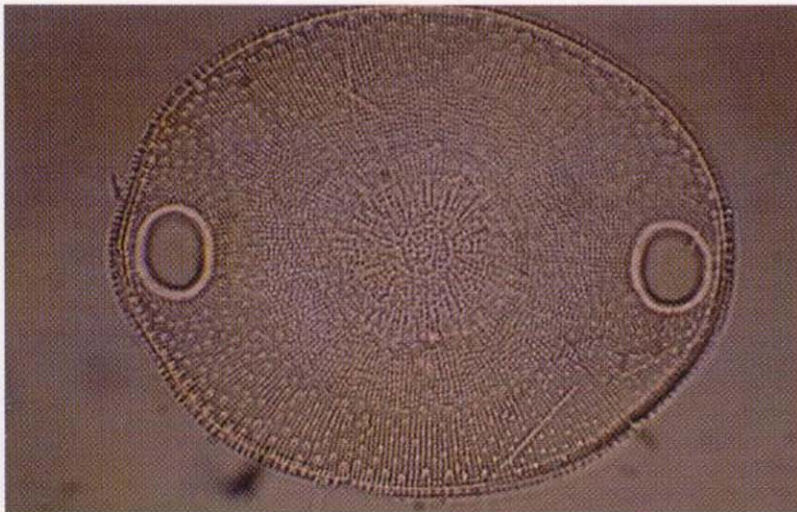
Polymyxus coronalis, Bailey — 320 ×
Para River. Brasil — Prep.: Truán — 870117-8



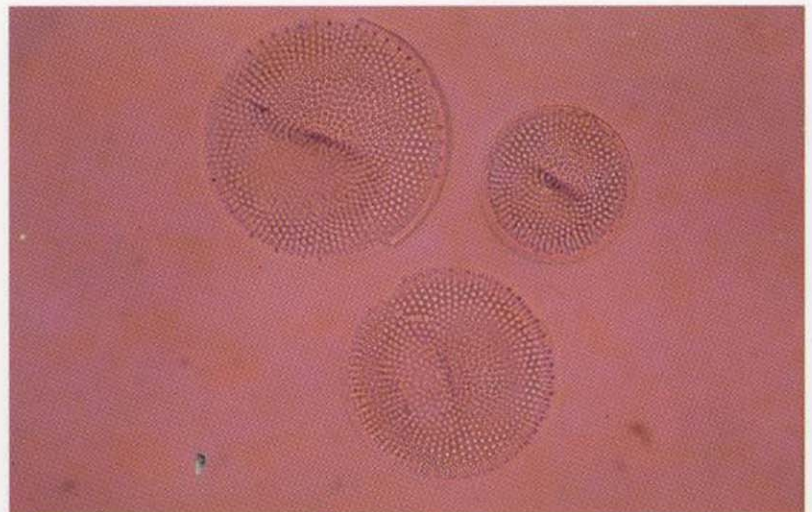
Porodiscus calyciflor, Tempère et Brun — 500 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 870128-35



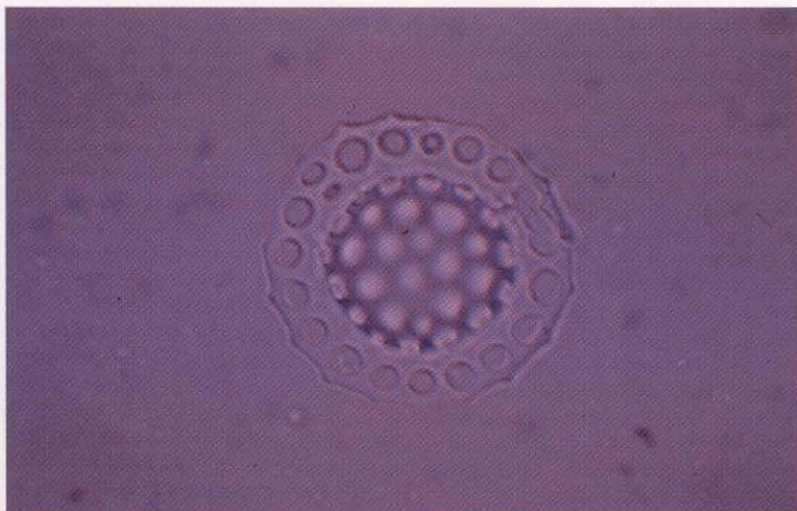
Pseudoauliscus anceps, Rattray — 500 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Azpeitia — 880412-26



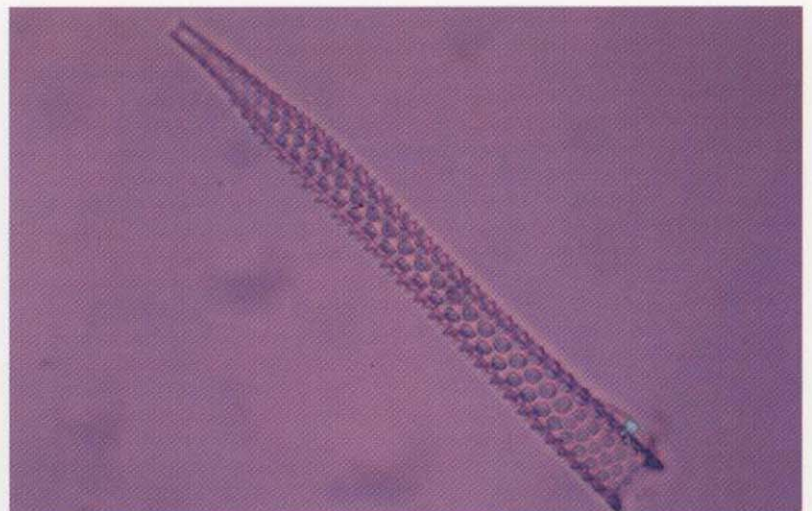
Pseudostephanodiscus — 320 ×
Aguilar — Prep.: Fungairiño — 880120-30



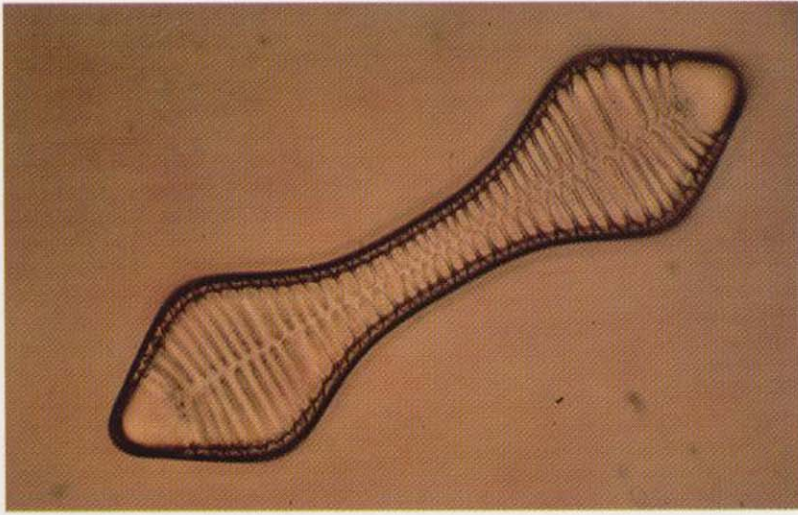
Pyxidícula stella, Azpeitia — 1.250 × HOLOTIPO
Puente Genil — Prep.: Azpeitia — 871105-27



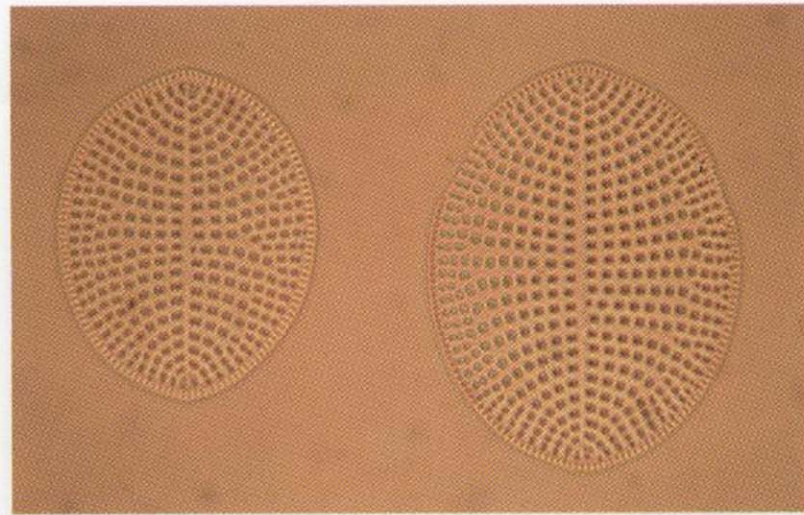
Pyxilla Saratovianus, Pantocsek — 500 ×
Barbado — Prep.: Azpeitia — 871126-31



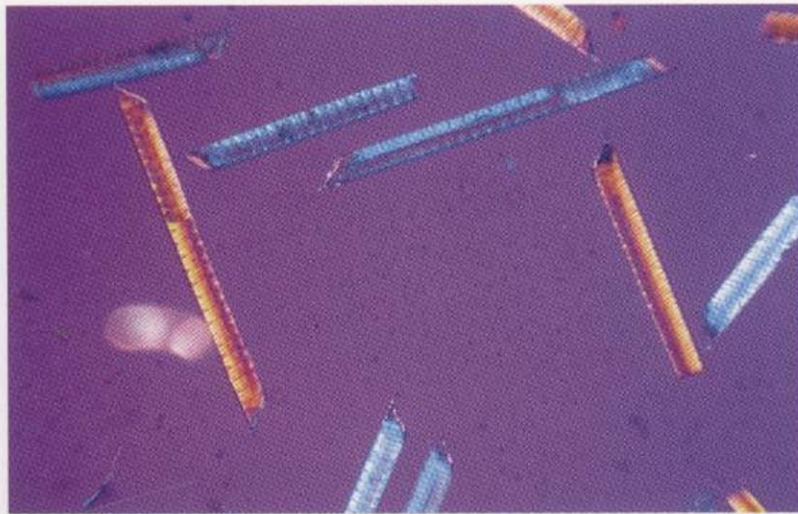
Rhabdonema valdelatum, Tempère et Brun — 500 ×
Sendai, Japón — Prep.: Fungairiño — 880203-30



Raphoneis nitida, Grunow, forma major H. Peragallo — 400 ×
Prep.: Tempère — 880516-31



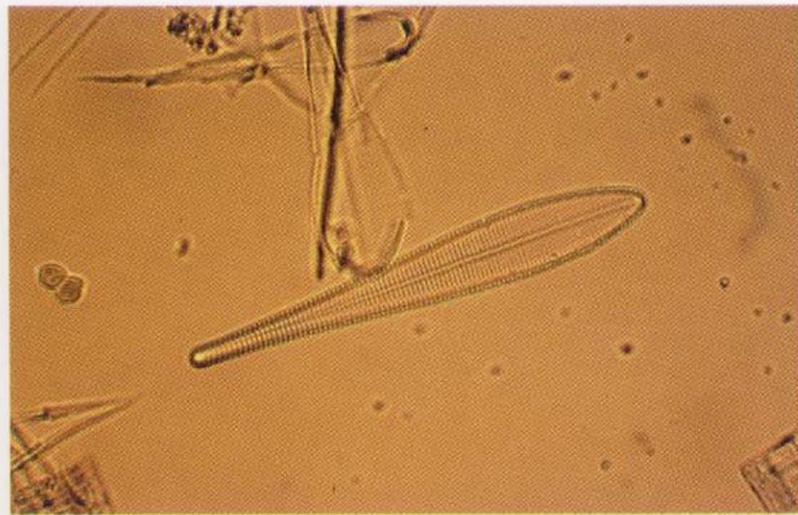
Rhizosolenia striata, Greville
Australia — Prep.: Móller — 870922-5



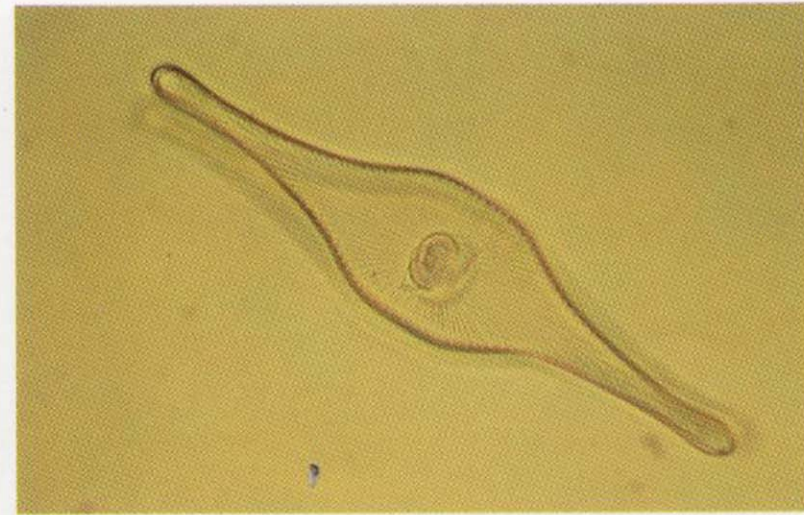
Rhoicosigma robustum, Grunow V. *inflexae*, Peragallo — 200 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 880516-32



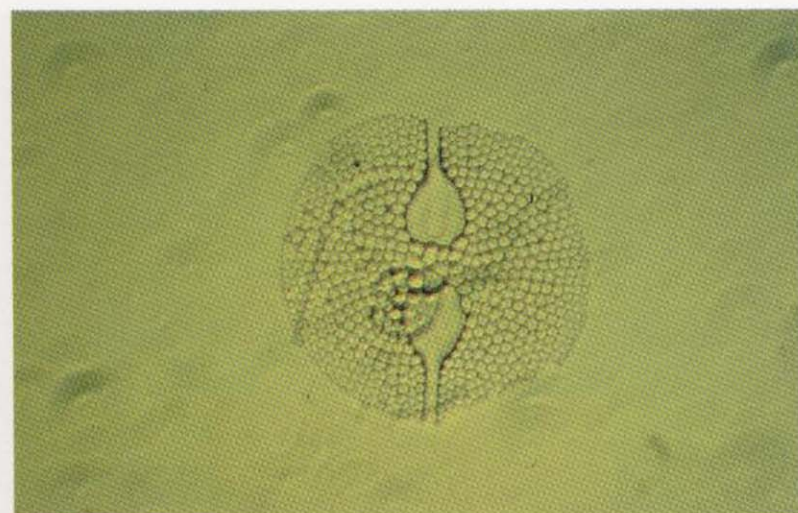
Ripidophora paradoxa — 600 ×
Prep.: Bourgogne — 880219-14



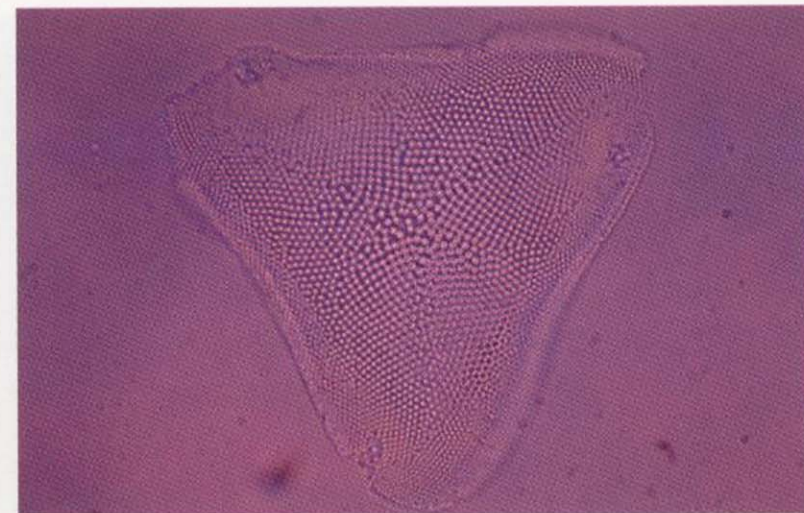
Rutilaria radiata, Grove y Sturt — 320 ×
Prep.: Fungairiño — 871018-6



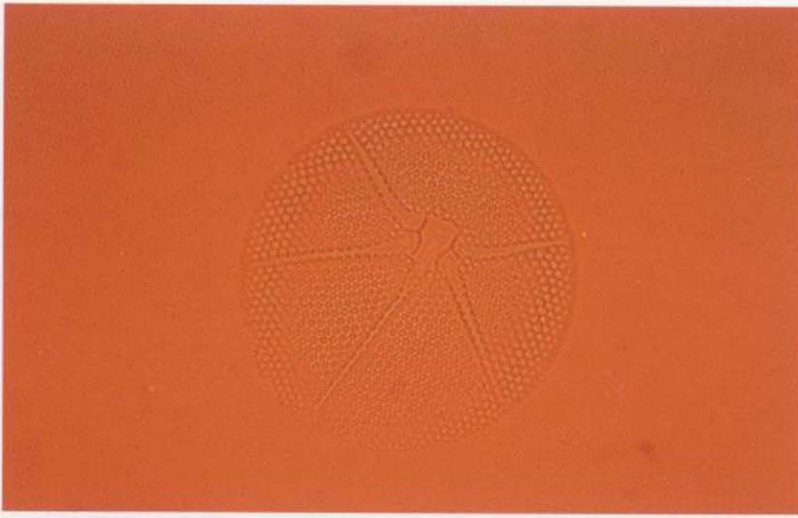
Rylandria biradiata, Greville — 500 ×
Springfield, Barbados — Prep.: Azpeitia — 870609-17



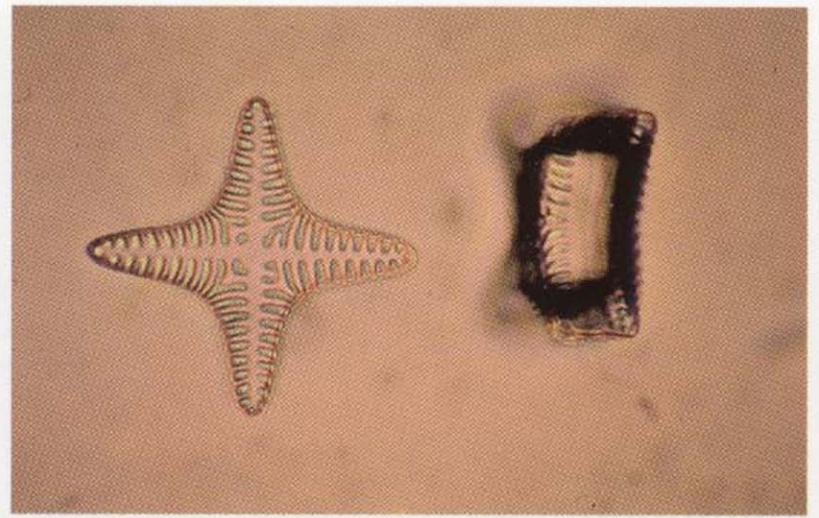
Schuettia ambliceros, Ehrenberg — 610 ×
Canteras del Mercadillo, Pegalajar, Jaén — Prep.: Azpeitia —
880404-11



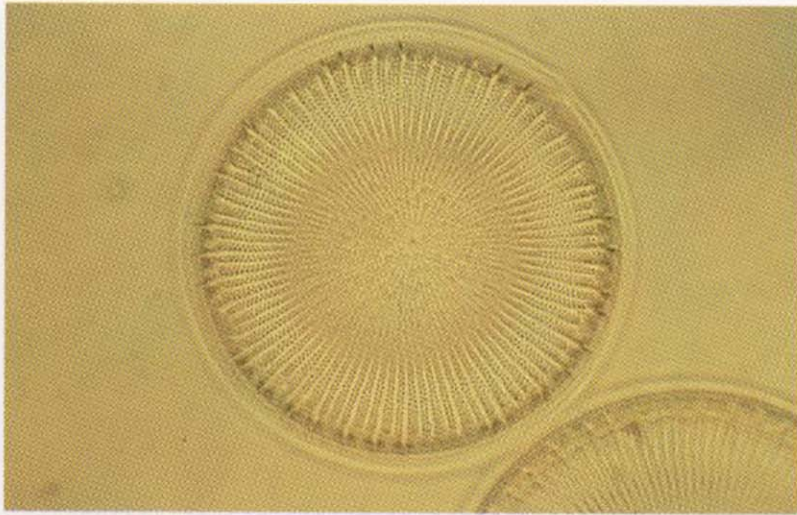
Spatangidium arachne, Brebisson — 600 ×
Diatomeas marinas. Francia — Prep.: Tempère — 871003-19



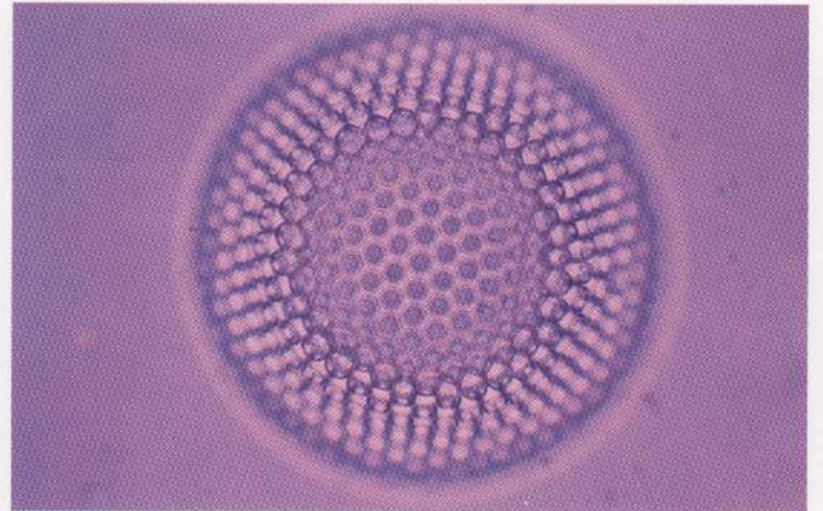
Staurosira Grunowii, Pantocsek — 500 ×
Bubravica. Hungría — Prep.: Azpeitia — 870506-30



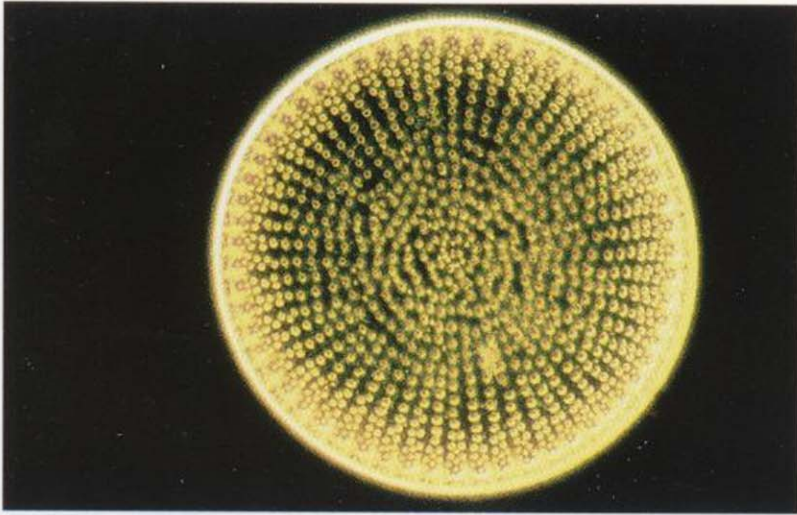
Stephanodiscus Niagarae, Ehrenberg — 500 ×
Prep.: Móller — 871018-18



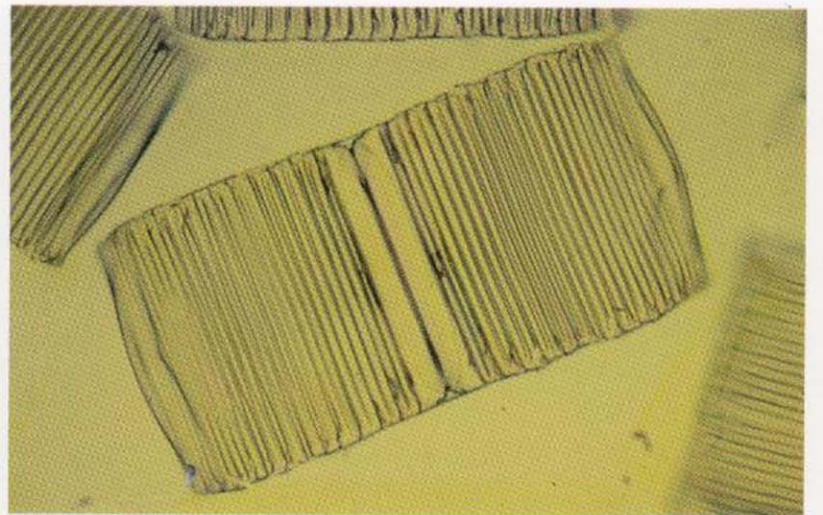
Stephanopyxis — 480 ×
Kustnetz. Rusia — Prep.: Azpeitia — 871107-29



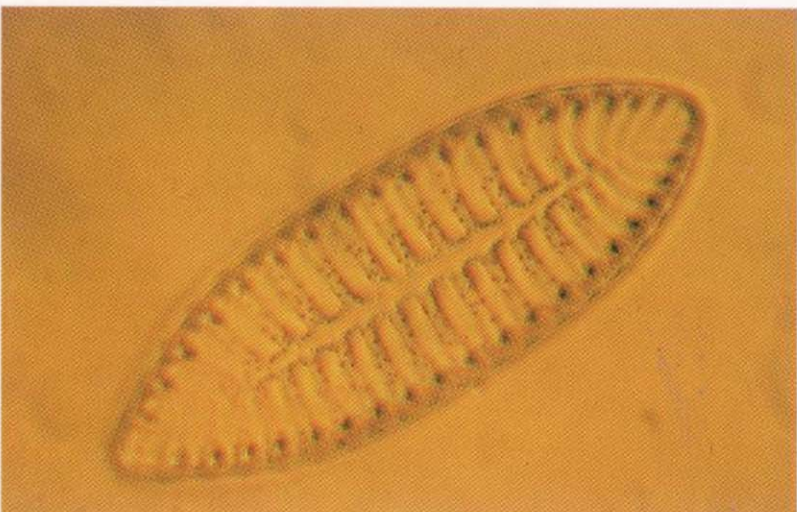
Stictodiscus Japonicus, Castracane — 250 ×
Prep.: Fungairiño — 871003-31



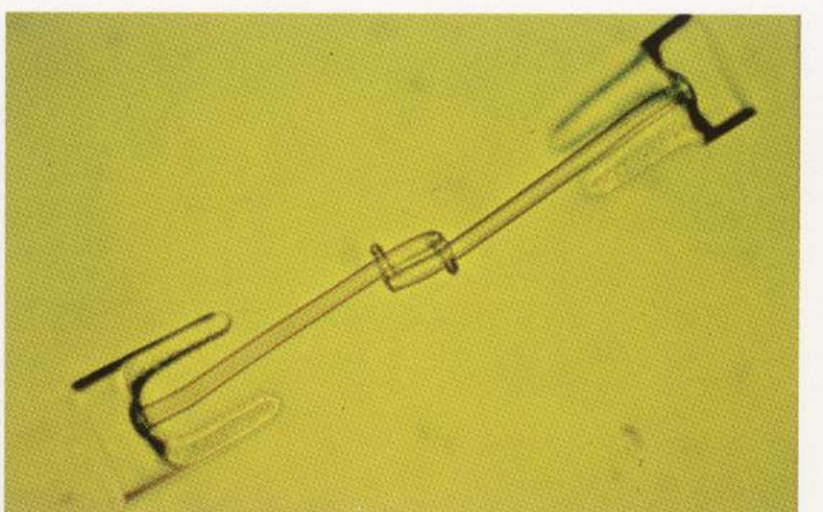
Striatella unipunct — 250 ×
Prep.: Möller — 880428-8



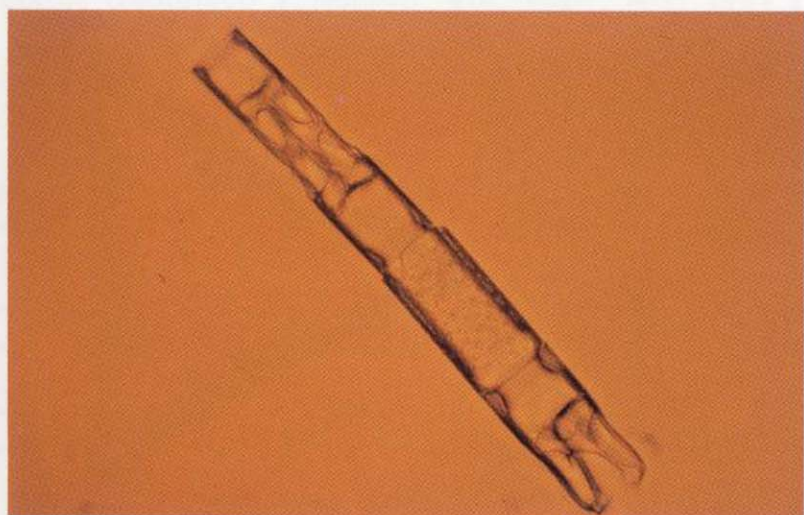
Surirella Kittonii, V. aspérula. M. Peragallo — 500 ×
Tacoma — Prep.: Tempère — 870624-5



Syndetoneis amplexens, Grove y Sturt (Hemiaulus) — 500 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Azpeitia — 871205-11



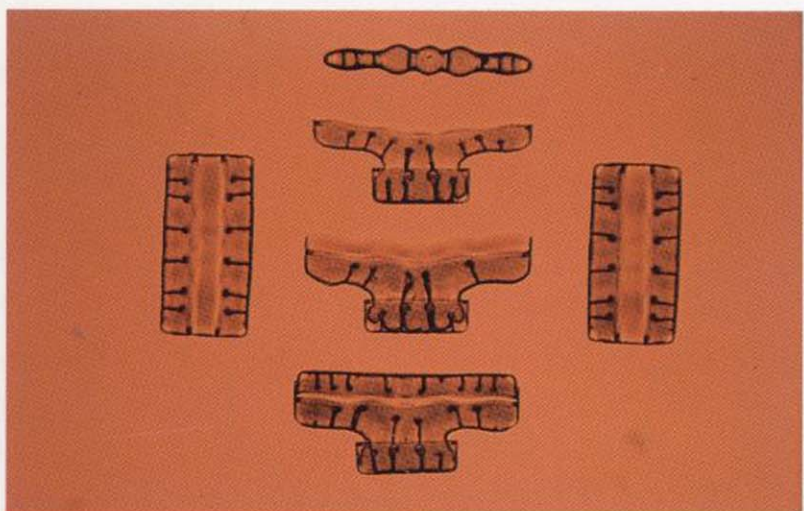
Syringidium eximium, Grunow — 320 ×
M. Hillaby. Barbados — Prep.: Tempère — 871205-19



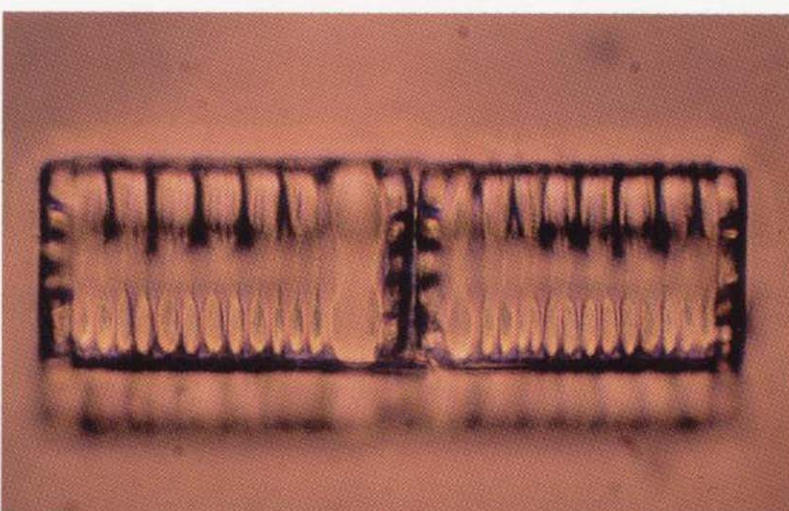
Taxondea insignis. Donk — Prep.: Möller — 880127-28



Terpsinoe intermedia, Grunow — 80 ×
Salt. Marshes n. Mobile. Alabama. USA — 880114-20



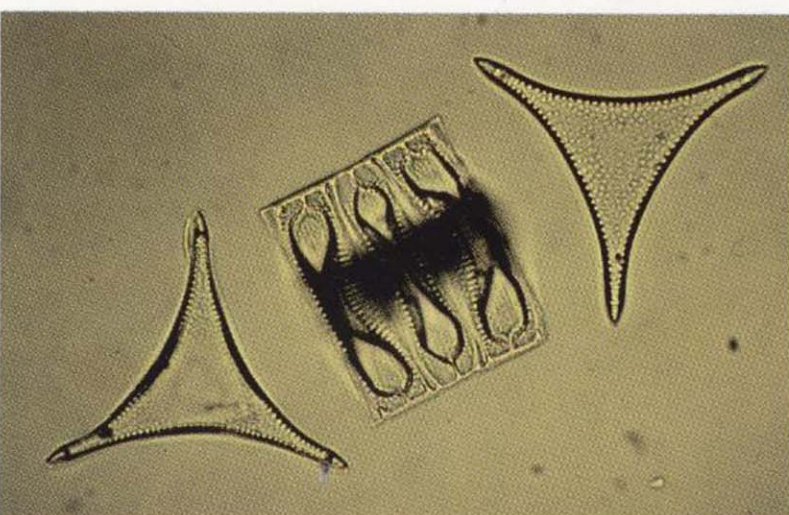
Tetracyclus lacustris, Ralfs — 800 ×
Schoveden — Prep.: Möller — 880127-33



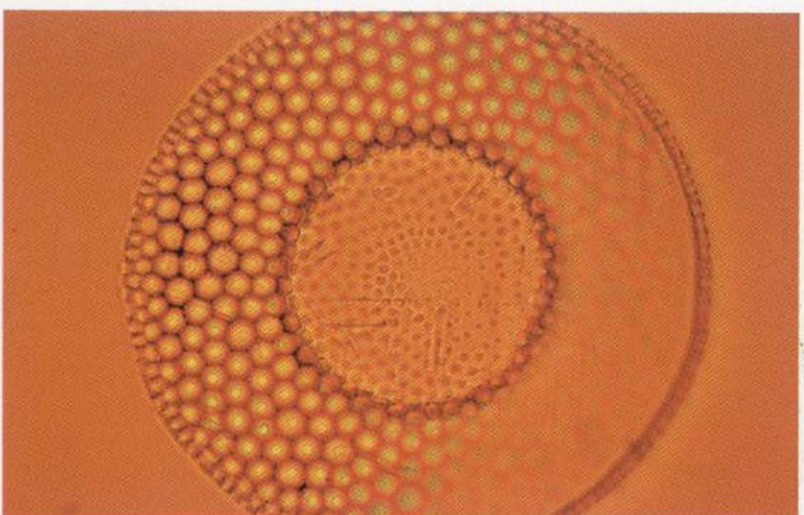
Zygoceros Caballeroi, Azpeitia — 800 × HOLOTIPO
Serrata de Lorca — Prep.: Azpeitia — 871102-9



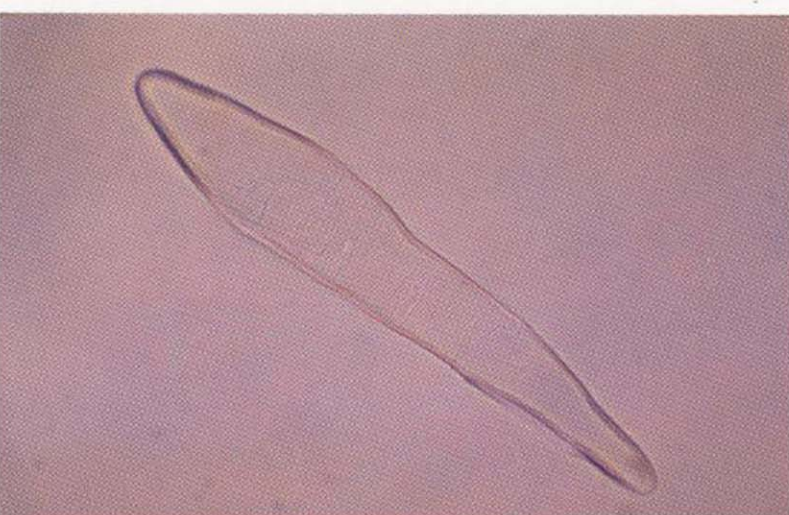
Trinacria ligulata, Grove y Sturt — 320 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880428-36



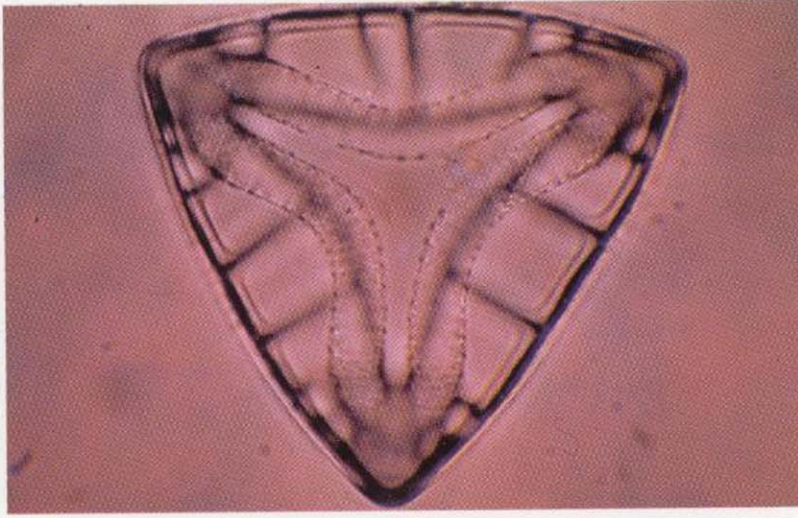
Tropedodiscus coscinodiscus, Ehrenberg — 600 ×
Salafre — Prep.: Cala — 871029-15



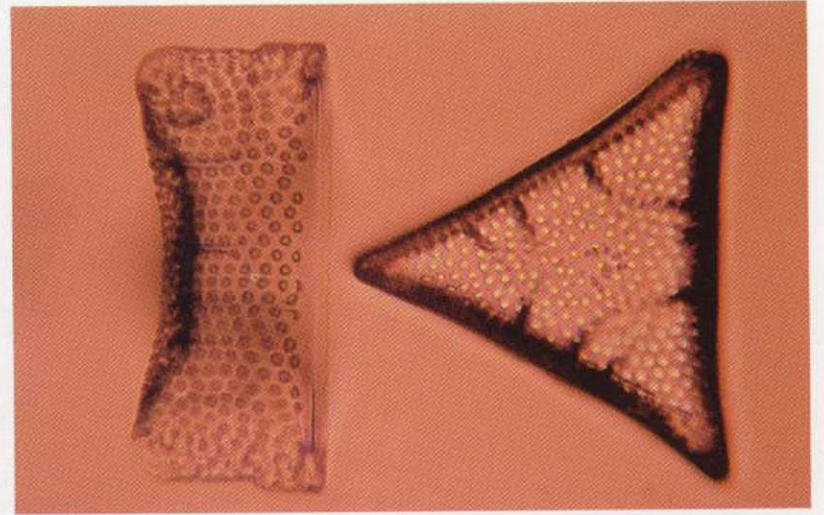
Synedrosphenia Jiennensis, Azpeitia — 320 × HOLOTIPO
Puente de la Sierra. Jaén — Prep.: Azpeitia — 871126-3



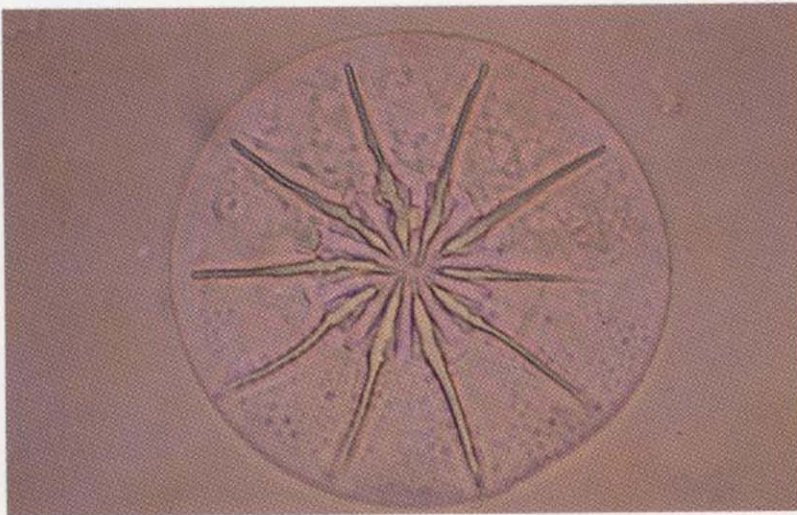
Entogonia marginata, Brightwell — 800 ×
Barbados — Prep.: Azpeitia — 880118-26



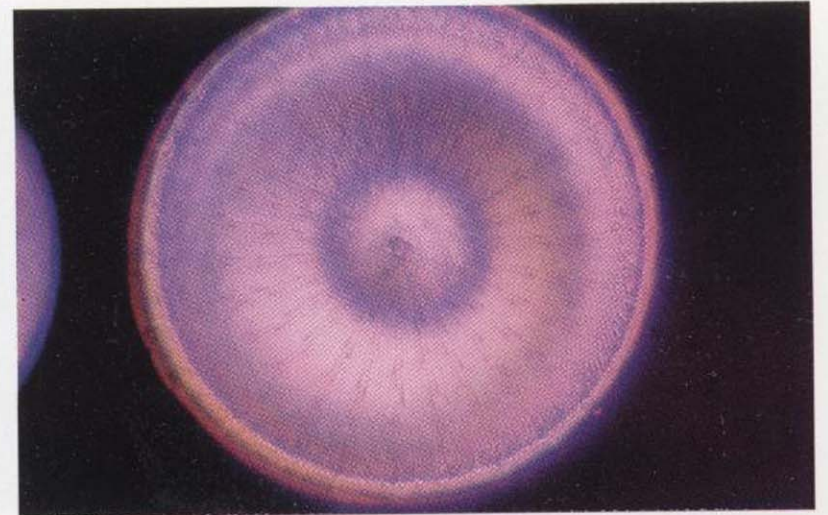
Triceratium Stokesianum, Greville — 200 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 880112-9



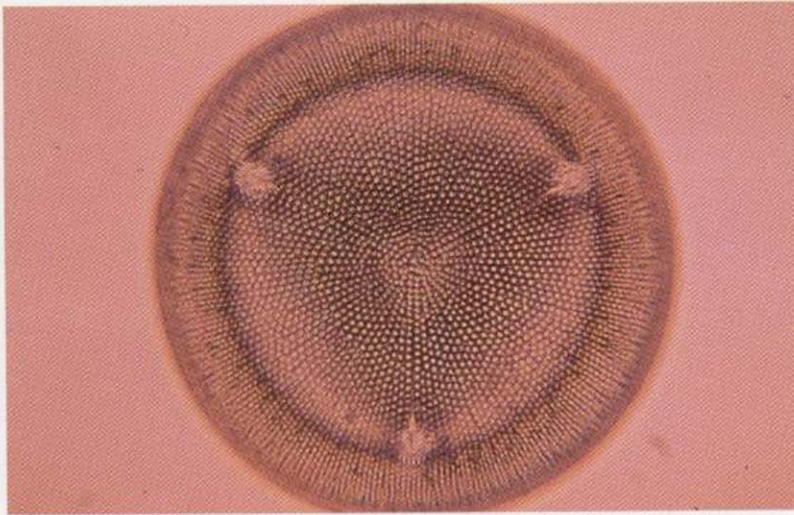
Asterolampra Dallasiana? — 500 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 871109-2



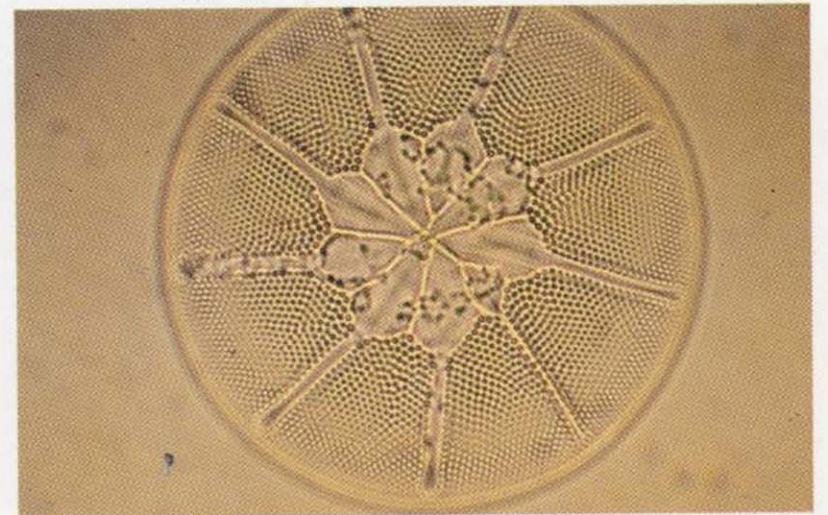
Actinocyclus Ehrenbergi, Ralfs — 320 ×
Maryland. USA — 860910-14



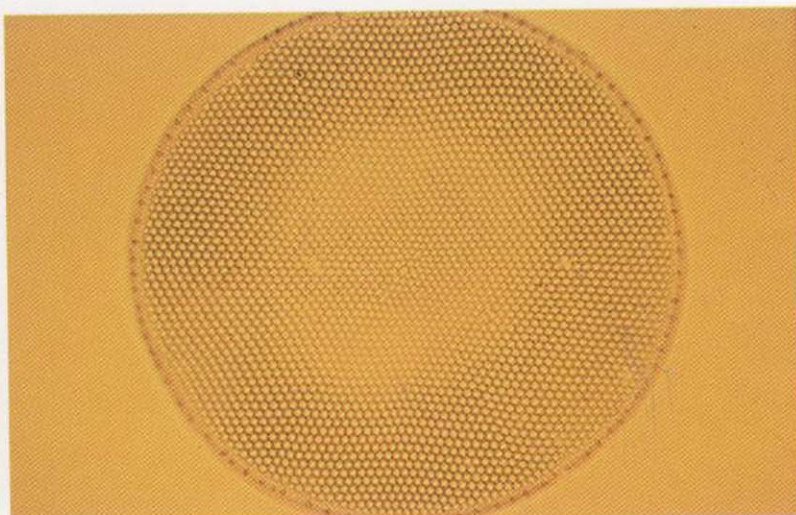
Aulacodiscus Rattrayii, Grove y Sturt — 200 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880114-1



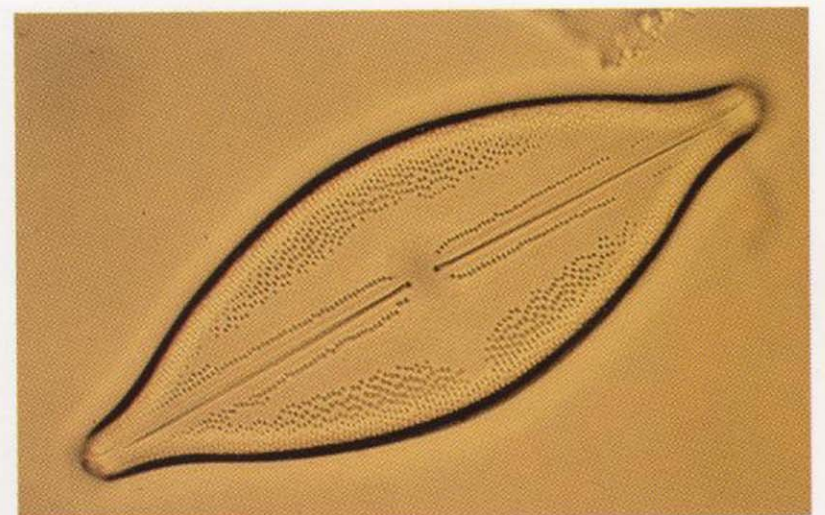
Asteromphalus Humboldtii, Ehrenberg — 500 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia — 871109-4



Coscinodiscus leptopus, Grunow — 250 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 870328-1



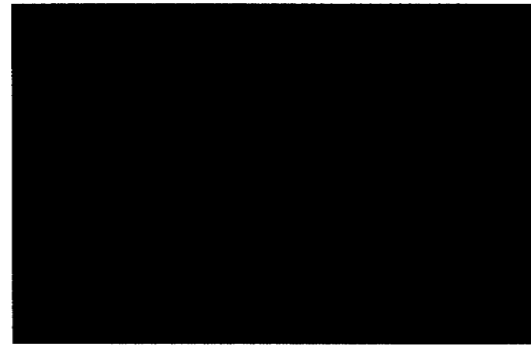
Navicula sculptum bohemia — 600 ×
Prep.: Möller — 880219-10



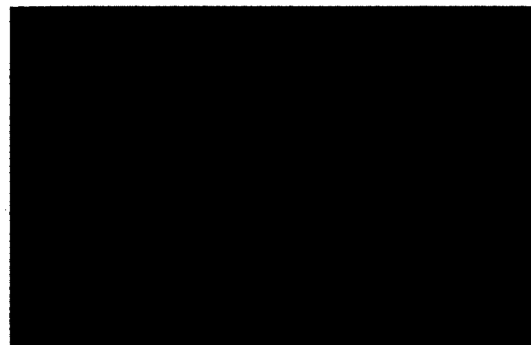
Entogonia marginata, Brightwell — 800 ×
Barbados — Prep.: Azpeitia — 880118-26



Triceratium Stokesianum, Greville — 200 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 880112-9



Asterolampra Dallasiana? — 500 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 871109-2



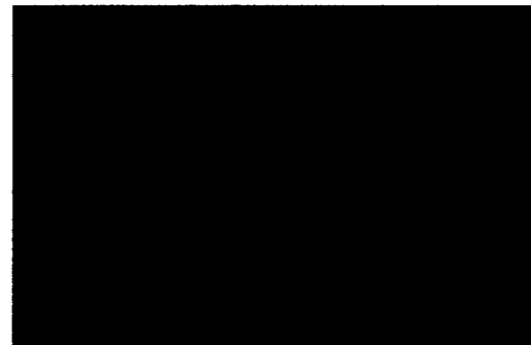
Actinocyclus Ehrenbergi, Ralfs — 320 ×
Maryland. USA — 860910-14



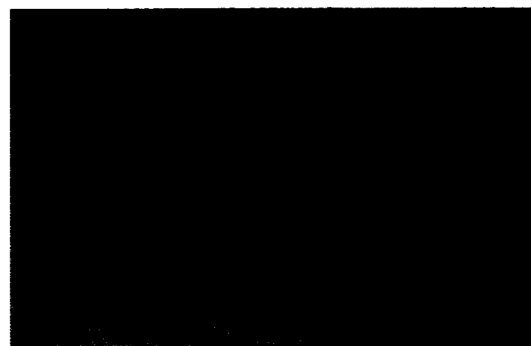
Aulacodiscus Rattrayii, Grove y Sturt — 200 ×
Oamaru. Nueva Zelanda — Prep.: Fungairiño — 880114-1



Asteromphalus Humboldtii, Ehrenberg — 500 ×
Sta. Mónica. California — Prep.: Azpeitia — 871109-4



Coscinodiscus leptopus, Grunow — 250 ×
Morón. Sevilla — Prep.: Fungairiño — 870328-1



Navícula sculptum bohemia — 600 ×
Prep.: Möller — 880219-10



Análisis sedimentológico y secuencias carbogenéticas en un sector de la parte oriental de la Unidad Sobia-Bodón (Asturias, Cordillera Cantábrica).

Por J. A. SANTOS GARCIA (*)

RESUMEN

En este trabajo se caracterizan e interpretan una serie de secuencias carbogenéticas (A-F), que se encuentran relacionadas con ambientes de llanura mareal y con aparatos deltaicos.

Paleogeográficamente, se observa una evolución gradual desde ambientes de llanura mareal, ligados a una plataforma carbonatada (Tramo Improductivo Inferior), hacia ambientes deltaicos que caracterizan un ciclo regresivo (Tramo Productivo Superior).

El aumento en aportes detríticos a través de canales distributarios caracteriza las primeras etapas del emplazamiento de deltas, pudiéndose determinar al menos la existencia de dos aparatos deltaicos, cuyas entradas principales se situarían próximas a los sectores de Zureda y Brañalamosa, dando lugar a áreas marginales en las que se pueden desarrollar depósitos carbonosos de interés.

Palabras clave: Secuencias carbogenéticas, Llanura mareal, Emplazamiento de deltas, Paleogeografía, Unidad Sobia-Bodón, Zona Cantábrica.

ABSTRACT

A series of carbogenetic sequences are characterized and interpreted within this work. These sequences are related to tidal plain environments and deltaic bodies.

Paleogeographically, a gradual evolution is observed, from tidal plain environments linked to a carbonaceous platform (Lower Improductive Section) towards deltaic environments (Upper Productive Section) which characterize a regressive cycle.

The increase of detritic contributions through distributive channels characterize the first stages of the deltas emplacement and it can be determined, at least, the existence of two deltaic bodies whose main entrances would be situated near to Zureda and Brañalamosa sectors, giving rise to marginal areas in which carbonaceous deposits of interest can take place.

Key words: Carbogenetic sequences, Tidal plain, Deltas emplacement, Paleogeography, Sobia-Bodón Unit, Cantabric Zone.

1. INTRODUCCION

El área de estudio se sitúa al S de Asturias, quedando encuadrada en su mayor parte dentro del Concejo de Lena, aunque también incluye parte

de los de Quirós, Mieres y Riosa, dando lugar a una estrecha banda de orientación N-S (fig. 1).

A nivel regional, este área se encuentra en el límite de dos unidades estructurales definidas en la Zona Cantábrica, la Región de Pliegues y Mantos y la Cuenca Carbonífera Central (JULI-

(*) ENADIMSA. C/. Doctor Esquerdo, 138. 28007 Madrid.

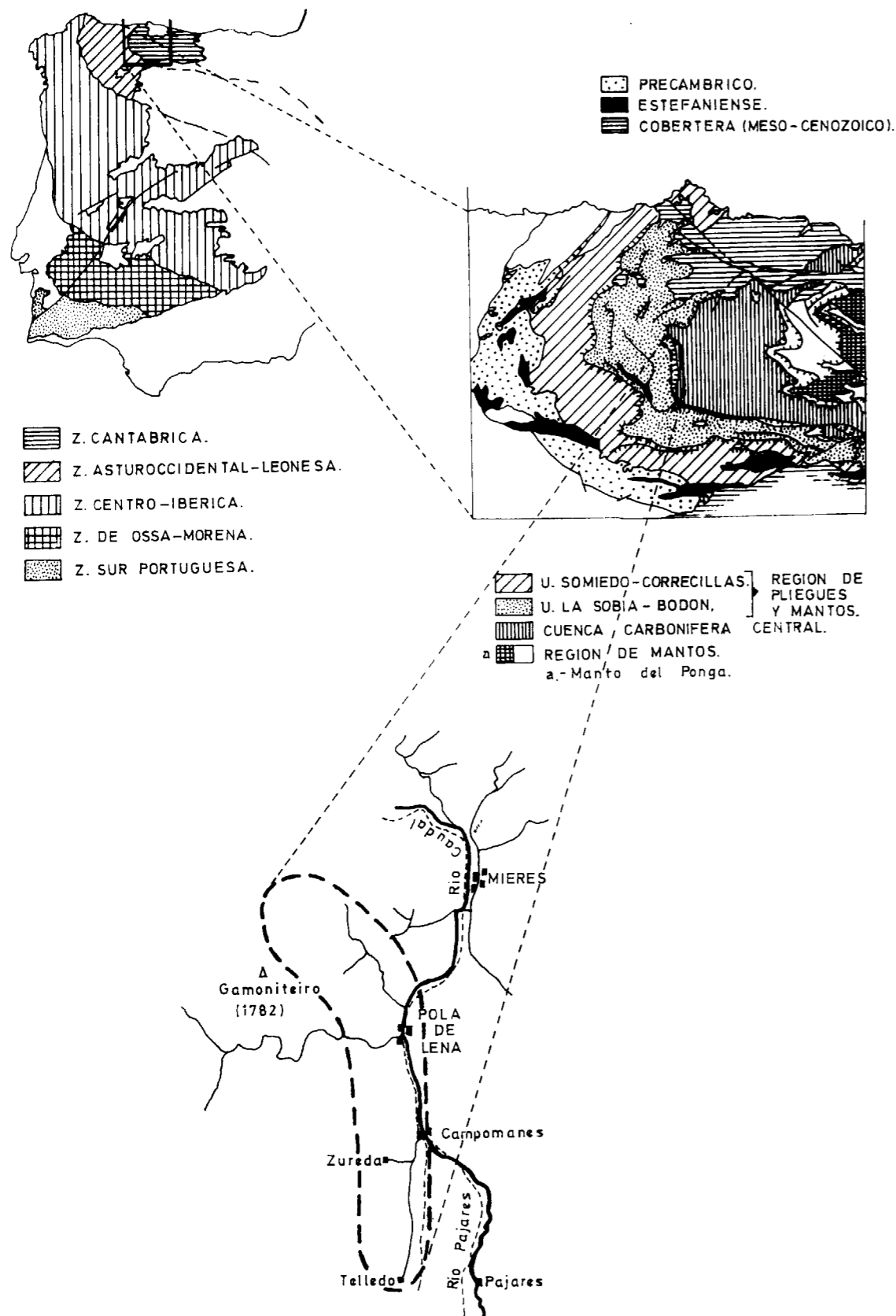


Figura 1.—Situación del área de estudio.

VERT, 1964, 1967 y 1971), que están separadas por un cabalgamiento cuyo trazado ha sido cartografiado por ALLER (1986), confluyendo hacia el N con el del Aramo.

La Región de Pliegues y Mantos es la unidad más occidental de la Zona Cantábrica, con unas características propias, como son: la presencia de cabalgamientos y de dos sistemas de pliegues (longitudinales y transversales) posteriores a ellos, así como la existencia de Devónico bien desarrollado. Se subdivide a su vez en otras unidades de menor entidad: Unidad Somiedo-Correcilla y Unidad Sobia-Bodón.

El Carbonífero de la Unidad Sobia-Bodón presente en el área de estudio está formado por una parte inferior constituida por la Caliza de Montaña, que aparece bien desarrollada y con sus dos facies características (Barcaliente y Valdeteja), aflorando en la zona más septentrional, y por una parte superior detrítica, en la que se diferencian dos tramos de límites imprecisos: «Tramo Improductivo Inferior» y «Tramo Productivo Superior».

El tramo *Improductivo Inferior* ha sido denominado tradicionalmente «Formación Lena», ya que BARROIS (1882) usó por primera vez el término «Assise de Lena» para indicar la serie estratigráfica que se superpone directamente a la Caliza de Montaña. Posteriormente, VAN GINKEL (1965) le asignó rango de Formación, definiendo una serie pizarrosa en la que predominan bandas calcáreas intercaladas y pasos carbonosos, en la parte superior.

El tramo *Productivo Superior* se ha denominado «Formación Sama». Dichas denominaciones se han venido utilizando, de forma generalizada, mientras que todo el área (incluida la cuenca de Quirós) se consideró como perteneciente a la Cuenca Carbonífera Central.

Posteriores investigaciones han puesto de manifiesto las importantes diferencias, tanto estratigráficas como cronológicas, entre las series occidentales (zona de Quirós) y las de la Cuenca Carbonífera Central s. str. (TRUJOLS y SANCHEZ DE POSADA, 1983; LEYVA et al., 1983, etc.); así, por ejemplo, mientras en la Cuenca Carbonífera Central s. str. las series llegan a la parte más alta del Moscoviense Superior, en Quirós no pasan del Moscoviense Inferior. Sin embargo, existe

gran similitud con la *Formación San Emiliano* (BOWMAN, 1979 y 1982) en la zona de Teverga (Grupos Santianes y Campiello).

En consecuencia, una vez confirmada la pertenencia de estos materiales a la Región de Pliegues y Mantos, sería necesario reconsiderar la denominación de *Formación Lena* y *Sama*, ya que ambas localidades se sitúan en la Cuenca Carbonífera Central y puede inducir a error.

En este trabajo se aborda el estudio de los materiales de la parte más oriental de la Unidad Sobia-Bodón, que pertenecen a los tramos *Improductivo Inferior* y *Productivo Superior*, a partir de los datos obtenidos en el levantamiento de nueve cortes estratigráficos, que totalizan 2.915 m. (fig. 2).

El estudio sedimentológico de las columnas levantadas se ha realizado mediante la caracterización y definición de facies, así como a través del análisis secuencial de las mismas, haciendo especial hincapié en la descripción de los tipos de secuencias carbogénéticas observadas.

Durante la realización de los cortes se procedió a la toma sistemática de muestras en los niveles calcáreos y carbonosos, con el fin de caracterizarlos petrográficamente y paleontológicamente.

2. TIPOS DE FACIES

Los materiales estudiados presentan un conjunto de características (litología, textura, flora, fauna, etc.) que permiten definir diferentes facies, en estrecha relación con los ambientes en que se depositan.

Existen dos tipos de facies, las facies carbonatadas y las facies terrígenas.

2.1. FACIES CARBONATADAS

Constituyen cuerpos alargados de gran extensión lateral que suelen limitar la extensión de los aportes detríticos y en los que se distinguen varias subfacies:

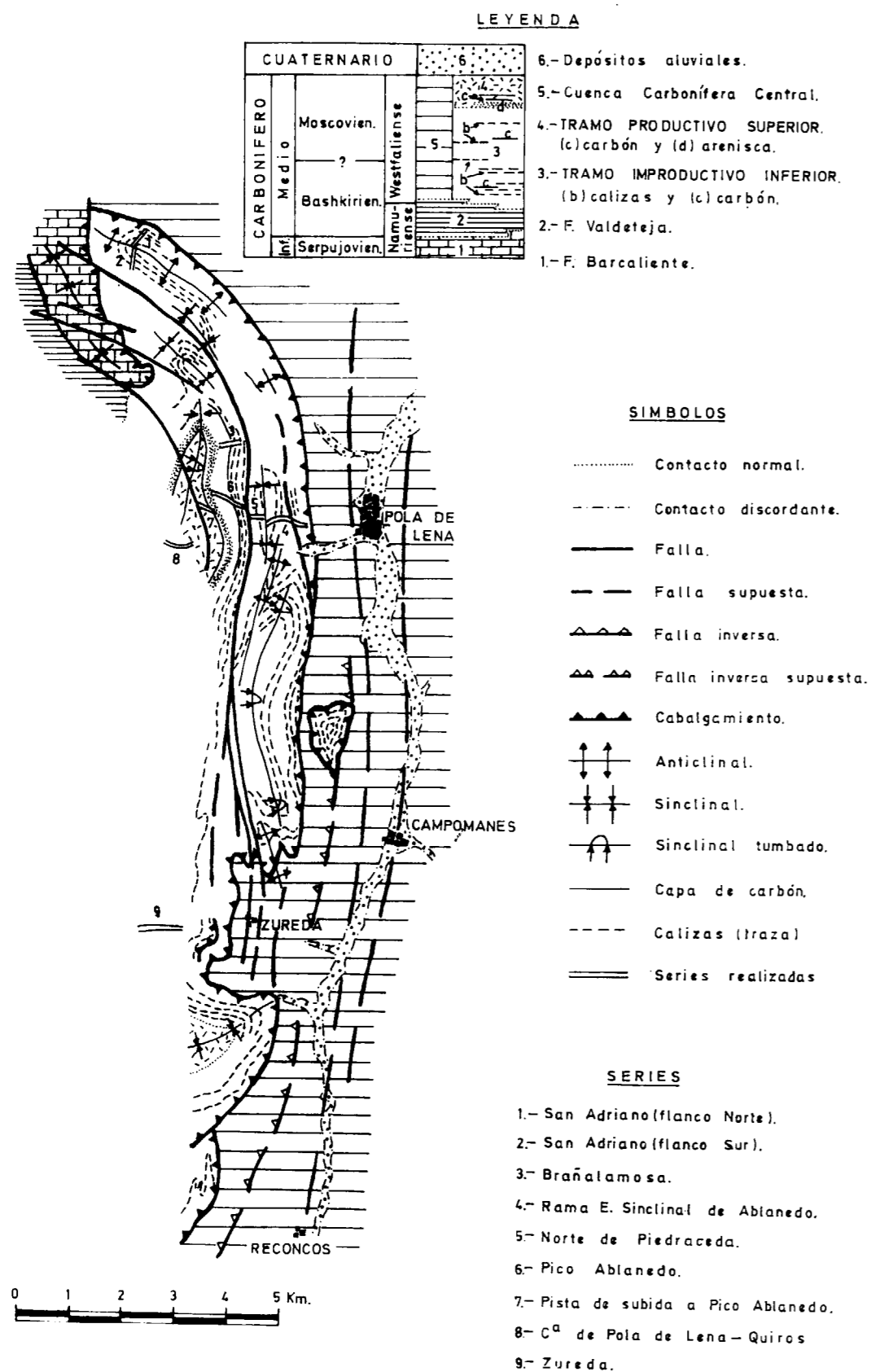


Figura 2.—Esquema geológico.

C-1.—Acumulación mecánica

Corresponden a calizas wackestones-packestones con fauna abundante (fusulinidos, crinoides, braquiópodos, lamelibranquios, etc.), que se presentan masivas o en capas centimétricas, bastante recristalizadas.

C-2.—Mudstones

Esta subfacies es escasa y está formada por micritas con frecuentes *bird-eyes*, porosidad fenestral y bioturbación. Se sitúa sobre la subfacies C-1.

C-3.—Boundstones

Se diferencian subfacies de aspecto encostrado (*bindstones*) y subfacies formadas por organismos atrapadores (*bafflestones*).

Están ordenadas en secuencias *shallowing upward* (somerización), *muddy* y *grainy* (JAMES, 1980), propias de zonas protegidas sub- a intermareales.

2.2 FACIES TERRIGENAS

En función del mayor o menor alejamiento de la línea de costa, son reconocibles una serie de subfacies, que corresponden a subambientes característicos.

Las principales subfacies diferenciadas son:

Barras arenosas (BA)

Están formadas por areniscas de grano medio a fino, con estratificación paralela o cruzada planar, en bancos de pocos decímetros a métricos, y ordenadas en secuencias positivas. En la parte alta pueden aparecer niveles retocados por ripples, en donde la laminación suele acentuarse por el depósito de restos vegetales flotados y micas.

Plataforma - playa (PL)

Son depósitos de limolitas y lutitas con interca-

laciones de arenisca fina, en los que se observa laminación de ripples, estratificación linsen y flasher, así como hardground de escaso desarrollo y concreciones ferruginosas.

La fauna y los restos vegetales flotados son escasos, aunque pueden intercalarse concentraciones anormalmente altas, que pueden interpretarse como niveles de tormentas. Representan la sedimentación más cercana a las islas barrera, es decir, son depósitos de «foreshore - backshore».

Canales tidales (CT)

Están formados por areniscas de grano grueso a medio, con estratificación cruzada, base erosiva y frecuentemente cantos blandos, granos de carbón y troncos en los «lag».

Se ordenan en secuencias positivas, que, a veces, terminan con laminación de ripples.

Representan canales que rompen las zonas de barrera o pequeños canales secundarios (CS), que surcan el lagoon.

Lagoon (L)

Está constituida por materiales finos como lutitas, limolitas y areniscas, en los que predomina la estratificación linsen y flasher, bioturbación, pequeñas costras limoníticas, nódulos ferruginosos, restos vegetales, etc.

En ocasiones, la fauna puede ser abundante, correspondiendo, por lo general, a pocas especies.

Estos depósitos son atribuidos a un ambiente de lagoon en sentido estricto, ya que en un sentido más amplio el lagoon representa un conjunto de subambientes de gran complejidad.

Llanura y canales mareales (LLM y CM)

Dan lugar a secuencias complejas formadas por alternancia de limolitas y lutitas con estratificación linsen y flasher, bioturbación, restos vegetales flotados y frecuentes huellas de emersión.

En ocasiones, se trata de depósitos formados por finas alternancias de areniscas y limolitas, en las que pueden intercalarse areniscas con estratificación cruzada en surco y tabular, con granos de carbón y fósiles rotos en los «lag», que interpretamos como canales mareales (CM).

Marismas (M)

La sedimentación tranquila en zonas de poca profundidad, que normalmente se encuentra colonizada por vegetales, da lugar a depósitos formados por lutitas y limolitas, de tonos muy oscuros, con laminación paralela, frecuentemente deformada por raíces, y con abundantes restos vegetales que llegan a desarrollar niveles de carbón.

Estos depósitos representan zonas pantanosas y marismas.

Canales distributarios (CD)

Corresponden a areniscas con estratificación cruzada, cantos blandos y troncos en los «lag», que se organizan en secuencias granodecrescentes y representan el relleno de canales distributarios que están conectados con los ambientes de lagoon, llanura mareal y marisma.

Depósitos de desbordamiento (DD)

Se trata de depósitos ligados a zonas canalizadas, ordenados en secuencias negativas y constituidos fundamentalmente por areniscas, en los que los cambios laterales son muy rápidos.

Representan etapas de crecida, en las que los cauces existentes no son suficientes para canalizar los aportes, dando lugar a desbordamientos sobre el cauce.

3. SECUENCIAS CARBOGENÉTICAS

Las series realizadas se representan de forma esquemática en la figura 3, ya que la descripción de las mismas o su representación en detalle alargaría en exceso este trabajo.

El análisis secuencial ha permitido obtener un conocimiento detallado de los procesos que han dado lugar a cada secuencia y la asociación de éstas en secuencias de mayor rango, lo cual permite caracterizar las secuencias y asociaciones ligadas a la formación de carbón (secuencias carbogenéticas) y, en consecuencia, determinar los ambientes más favorables.

Las secuencias caracterizadas corresponden a dos grupos, aquellas que se encuentran relacionadas con ambientes de llanura mareal y las relacionadas con aparatos deltaicos.

3.1. RELACIONADAS CON AMBIENTES DE LLANURA MAREAL

Se han diferenciado cinco tipos de secuencias carbogenéticas, relacionadas con ambientes de llanura mareal, que denominamos A, B, C, D y E (fig. 5), cuyas principales características se exponen a continuación:

— Tipo A

Se trata de secuencias regresivas desarrolladas en un ambiente de llanura mareal, ligado a una plataforma sin barrera física entre ambas.

La génesis del carbón resulta difícil de situar paleogeográficamente, ya que no es específica de un ambiente determinado.

Parece lógico atribuirle a «secuencias pasivas», relacionándose con la compactación diferencial existente entre carbonatos y terrígenos, permitiendo la formación de sectores deprimidos, que pueden ser colonizados por vegetación y, posteriormente, cubrirse por depósitos de pequeñas incursiones marinas.

Dicha génesis justifica que estos carbones presenten suelos de vegetación mal desarrollados o estén ausentes y que se trate de carbones en parte sapropélicos, con escasa continuidad lateral y espesor variable.

— Tipo B

Representa un ambiente de llanura mareal ligado

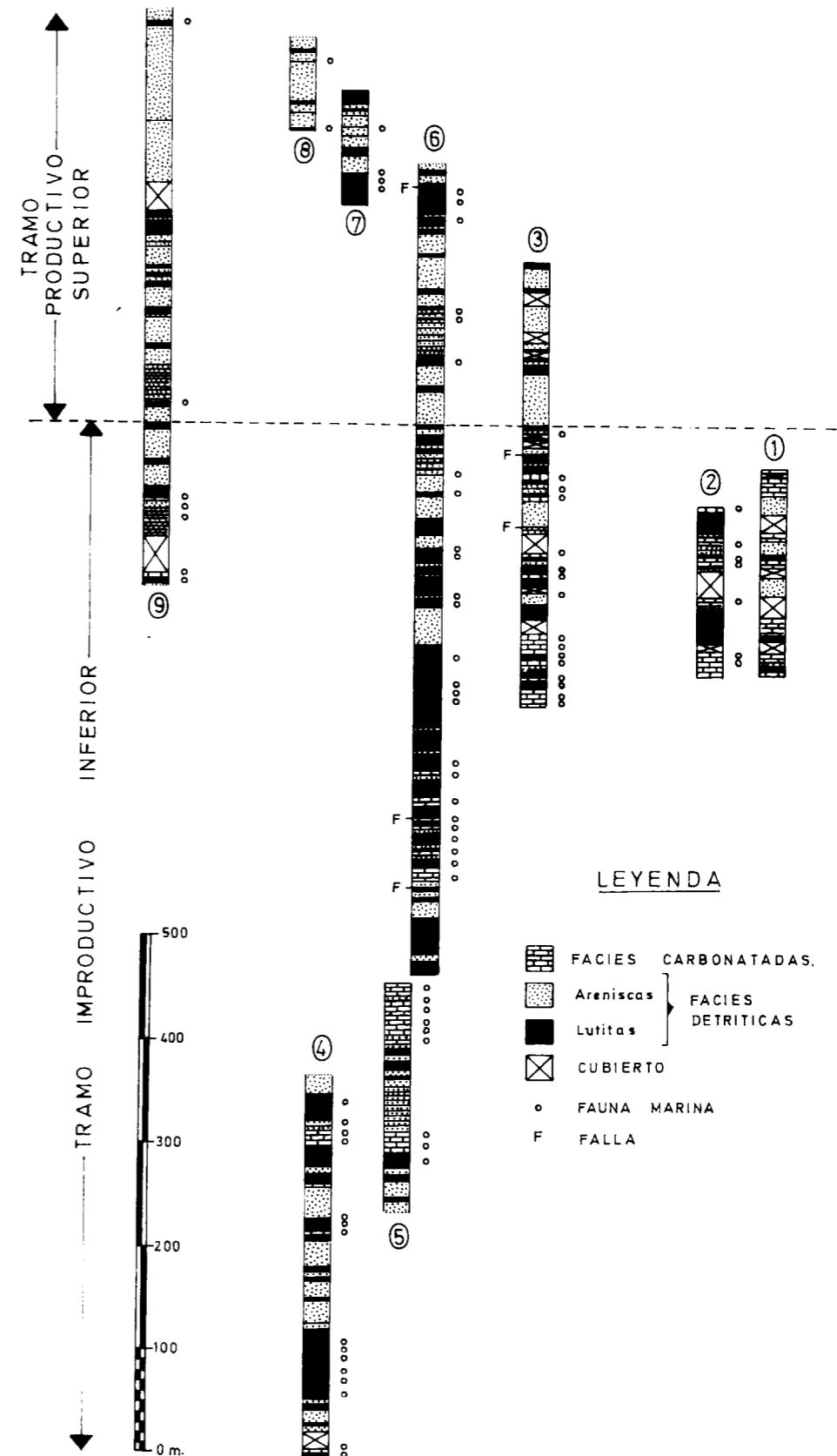


Figura 3.—Series realizadas (su situación se representa en la figura 2).

a una plataforma carbonatada, en donde es patente la llegada de aportes detríticos a través de áreas canalizadas, cuya migración permite la formación de niveles de suelos en zonas abandonadas, en las que, ocasionalmente, puede formarse carbón.

Los carbones, en relación con facies carbonatadas, los interpretamos como «*secuencias pasivas*», originadas por una ingesión marina que estaría relacionada con pequeñas variaciones sectoriales, como, por ejemplo, las producidas por diferencias de compactación (como en el tipo A), más que por cambios en la relación subsidencia-sedimentación, pulsaciones tectónicas, etc., ya que presentan un desarrollo muy localizado.

— Tipo C

Corresponde a una serie de secuencias repetidas en vertical que aparecen bien desarrolladas en las zonas de San Adriano.

Comienza por areniscas con estratificación cruzada, sobre las que se sitúan niveles de limolitas y lutitas más potentes, con presencia de nódulos ferruginosos, laminación paralela y estratificación linsen y flasher, intercalándose de forma ocasional carboneros con suelos de vegetación.

Termina con facies carbonatadas en las que suelen diferenciarse dos términos: uno inferior, constituido por wackestones-packestones, y otro superior, de mudstones, que, frecuentemente, presenta niveles algáceos (boundstones), así como estructuras de escape de gases (bird-eyes) y grietas de desecación, caracterizando subambientes intra a supramareales.

Estas secuencias son cada vez más someras y pertenecen a áreas restringidas, detrás de las barras carbonatadas, en donde pueden formarse zonas pantanosas y marismas, pero siempre de escaso desarrollo, lo cual condiciona la continuidad de las capas de carbón.

— Tipo D

Suelen estar relacionadas con secuencias negativas, que se inician por facies carbonatadas

(wackestone-packestone) de escaso desarrollo, sobre las que se sitúan lutitas y limolitas con pequeñas intercalaciones arcillosas, que gradualmente pasan a areniscas de grano fino, dando una secuencia que puede repetirse varias veces en vertical, pero estando ausente el término carbonatado, como consecuencia de la presencia de aportes detríticos.

La secuencia carbogenética es positiva y termina en limolitas con carbón y suelos de vegetación.

Esta secuencia representa la evolución desde ambientes de lagoon y/o submareales-intramareales, con facies carbonatadas para el término marino, hacia ambientes de llanura mareal, con entrada de aportes detríticos ordenados en secuencias negativas, que representan barras y canales de desembocadura incipientes.

En ocasiones pueden originar pequeños depósitos similares a los de bahía interdistributaria, en donde pueden existir subambientes favorables para la formación de carbón.

— Tipo E







Se agrupan en este tipo varias secuencias cuya interpretación es similar, diferenciándose únicamente en el mayor o menor desarrollo de las facies arenosas (canales y barras), que representan configuraciones diferentes de una llanura mareal.

Todas ellas corresponden a la evolución de una llanura mareal, en la que se observan canales y/o barras arenosas en un ambiente cada vez más somero.






Las secuencias E-1 y E-2 son similares. El subtipo E-1 representa una amplia llanura en la que se observan niveles de tormenta, que marcan el inicio de pequeñas ingresiones marinas invadiendo sectores determinados y cuya rápida colonización puede dar lugar a la formación de carbones, aunque de escasa continuidad y desarrollo.

El subtipo E-2 representa una llanura (probablemente conectada con aparatos deltaicos), en la que los carbones ocupan áreas restringidas, que













LITOLOGIA

-  ACUMULACION MECANICA.
 -  MUDSTONES.
 -  BOUNDSTONES.
 -  CARBON.
 -  ARCILLAS.
 -  LUTITAS.
 -  LIMOLITAS.
 -  ARENISCAS.
 -  CUARCITAS.
- } CALIZAS












ESTRATIFICACION

-  SUPERFICIE EROSIVA.
-  PALEOSUELO.
-  ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR.
-  ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO.
-  ESTRATIFICACION NODULOSA.




FOSILES

-  FAUNA EN GENERAL.
-  BRAQUIOPODOS.
-  LAMELIBRANQUIOS.
-  GASTEROPODOS.
-  CRINOIDES.
-  FUSULINAS.
-  ALGAS.
-  TRONCOS.
-  FLORA NO CLASIFICABLE.
-  FLORA CLASIFICABLE.
-  FLORA CARBONIZADA.
-  POROSIDAD MOLDICA.




ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

-  BIOTURBACION.
-  RIPPLES DE CORRIENTE.
-  RIPPLES DE OSCILACION.
-  LAMINACION LINSEN.
-  LAMINACION FLASER.
-  LAMINACION PARALELA.
-  ESTRUCTURA PILOW.
-  LAMINACION ONDULADA.
-  LAMINACION CRUZADA.
-  SUELO DE VEGETACION.
-  GRIETAS DE DESECACION.

ELEMENTOS TEXTURALES

-  NODULOS.
-  CANTOS BLADOS.
-  BIRDSEYES.

SECUENCIAS

-  SECUENCIA CARBOGENETICA POSITIVA.
-  SECUENCIA CARBOGENETICA NEGATIVA.
-  SECUENCIA DE MENOR RANGO.

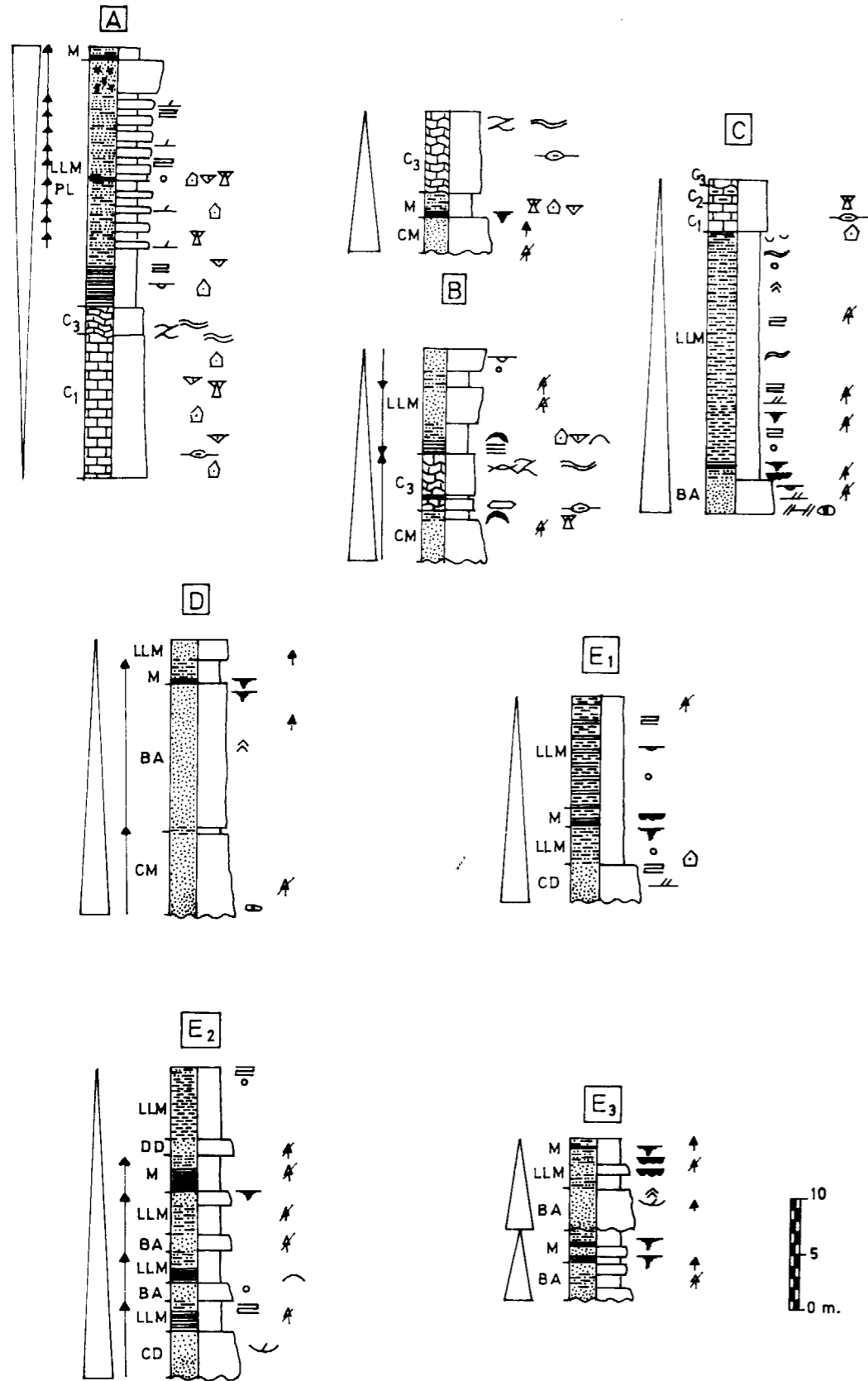


Figura 5.—Secuencias relacionadas con ambientes de llanura mareal. (Explicación en el texto).

han sido cubiertas por depósitos de desbordamiento. Suelen presentar grandes variaciones de espesor y escasa continuidad.

El subtipo E-3 representa etapas de amortiguamiento en la dinámica de los canales, correspondiendo a bahías interdistributarias cuya estabilidad suele ser reducida, por lo que nunca se han observado carbones de cierta entidad.

Todas las secuencias de tipo E pueden presentar pequeños niveles de carbón, como se ha indicado, pero, dada su ubicación paleogeográfica y la evolución de las series estudiadas, nunca llegan a desarrollar capas de carbón de gran continuidad y espesor constante.

3.2. RELACIONADAS CON APARATOS DELTAICOS

Se han diferenciado dos tipos de secuencias carbogenéticas, relacionadas con aparatos deltaicos, que denominados F y G, cuyas principales características se indican a continuación:

— Tipo F

Se pueden distinguir varios subtipos que están en relación con su ubicación paleogeográfica (fig. 6).

El subtipo F-1 corresponde a etapas previas al emplazamiento de deltas, en las que los aportes detríticos están claramente canalizados, dando lugar a zonas de bahías interdistributarias en las que se desarrollan carbones.

En este subambiente, la movilidad de los canales suele ser elevada, al igual que la relación subsidencia-velocidad de sedimentación, por lo que suelen aparecer frecuentes secuencias similares superpuestas, con abundantes niveles de carbón de escaso desarrollo.

Los subtipos F-2 y F-3 representan subambientes de llanuras deltaicas, en un contexto de etapas pasivas en la construcción de los deltas, que pueden corresponder a depósitos entre distributarios (subtipo F-2), en ocasiones con gran espesor, pero es de suponer que la continuidad lateral

será escasa. También corresponden a depósitos de subambientes restringidos, como consecuencia de la compartimentación en sectores de la llanura deltaica, por incursiones marinas de poca entidad (subtipo F-3).

— Tipo G

Son similares a las secuencias F, aunque presentan ciertas peculiaridades.

En la figura 6 se representan dos subtipos (G-1 y G-2), que corresponden a una variación lateral de subambientes.

El subtipo G-1 se atribuye a una etapa pasiva con incursiones marinas esporádicas, con gran desarrollo de facies finas, frecuentes niveles de carbón y suelos de vegetación, formados en una gran llanura donde los aportes detríticos procedentes de deltas son muy reducidos.

Lateralmente evoluciona a un subambiente con áreas canalizadas y gran cantidad de detríticos (subtipo G-2), en donde los niveles de carbón son escasos y menos potentes.

Estos dos subtipos marcan las variaciones producidas en una misma capa (capa Sucia), por cambio lateral, pues, mientras el subtipo G-2 se ubica paleogeográficamente en un área en que se reconoce un aparato deltaico, el subtipo G-1 se sitúa entre dos aparatos deltaicos, ocupando un área mucho más estable («área de sombra»), de mayor tranquilidad y reducida entrada de aportes.

Las secuencias A, B, C y D están representadas en la parte inferior de la serie estratigráfica, es decir, en el tramo Improductivo Inferior, y, dadas las características señaladas, no permiten la formación de carbones, cuyo espesor y continuidad lateral presente interés minero.

Las secuencias E se sitúan en la parte más alta del tramo Improductivo Inferior, con características que tan sólo muy localmente podrían desarrollar carbones de interés.

Por último, las secuencias F y G relacionadas con ambientes deltaicos se sitúan dentro de los depósitos atribuidos al tramo Productivo Superior, siendo las que bajo determinadas condi-

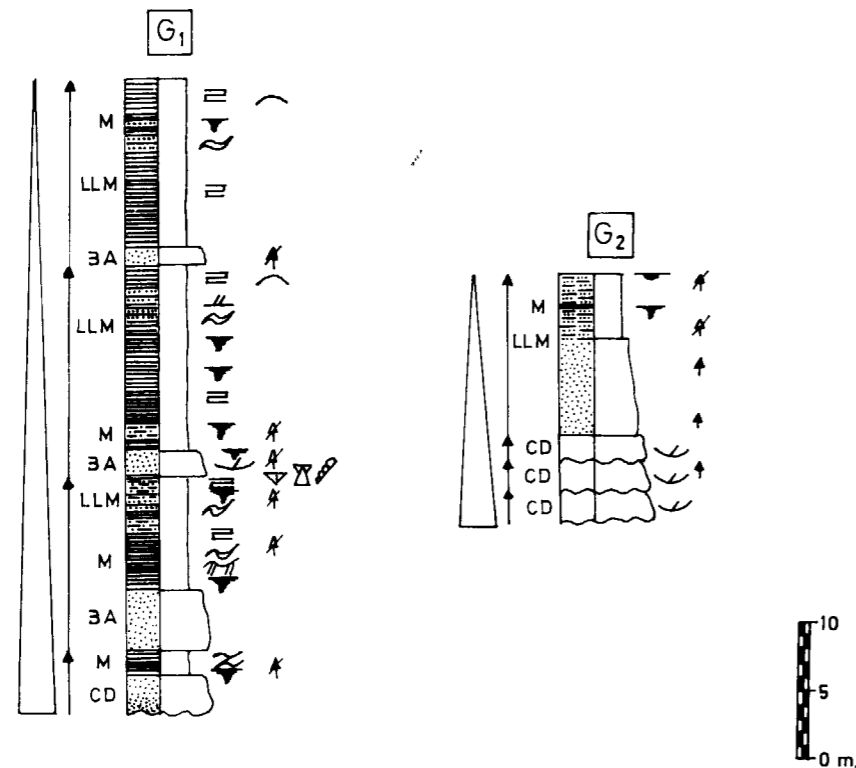
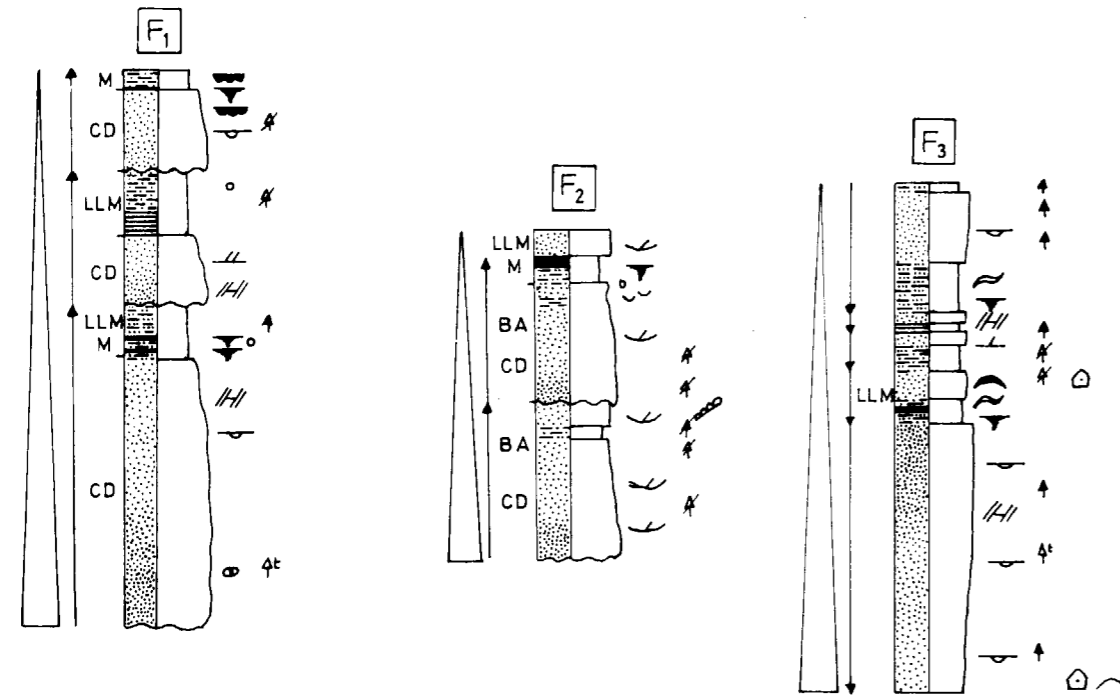


Figura 6.—Secuencias relacionadas con ambientes deltaicos. (Explicación en el texto.)

ciones pueden desarrollar carbones con algún interés minero.

4. CRONOESTRATIGRAFIA

Las dataciones más precisas se han obtenido en el tramo Improductivo Inferior, dada su abundancia en niveles carbonatados ricos en fauna (NAVARRO et al., 1987).

La sección de San Adrián se sitúa en el horizonte más alto del Bashkiriense (Melekessky), o en la transición entre Bashkiriense y el Moscoviense, aunque, dada la mezcla de fauna que caracteriza este intervalo, llamado de «transición», es difícil decidir si nos encontramos en el techo del Melekessky o en la transición entre Melekessky y Vereisky.

La sección de Brañalamosa pertenece, en conjunto, al Bashkiriense Superior, aunque alguna de las muestras puede afirmarse con seguridad que su edad es horizonte Melekessky.

La sección de Ablanedo se sitúa en el horizonte más alto del Bashkiriense (Melekessky) o en la transición entre el Bashkiriense y el Moscoviense.

La sección de Zureda parece pertenecer al tránsito Bashkiriense-Vereyense, pero, por tratarse, en general, de formas poco significativas, no es posible inclinarse con seguridad por una de las dos edades.

En consecuencia, al tramo Improductivo Inferior se le atribuye una edad Bashkiriense Superior (Melekessky) - Moscoviense Inferior (Vereyense), mientras que al tramo Productivo Superior, en función de su posición estratigráfica, le atribuimos una edad Moscoviense.

Conviene destacar el pequeño intervalo de tiempo comprendido entre las unidades estudiadas, que oscila entre la parte más alta del Westfaliense A (Bashkiriense Superior) y el Westfaliense C Inferior (Moscoviense Inferior-Medio).

5. PALEOGEOGRAFIA

A pesar de la complicación tectónica del área, ausencia de niveles guía para correlacionar, etc.,

pueden realizarse una serie de consideraciones paleogeográficas que indiquen las principales tendencias evolutivas de la sedimentación.

La parte de serie más baja caracterizada corresponde a las columnas del N de Piedracera y la Rama E del Sinclinal de Ablanedo, en las que se observa la evolución vertical de una llanura mareal compleja, con pequeñas etapas de aportes detríticos, en la que se superponen sedimentos de lagoon s.l. en sus diferentes subfacies (llanura mareal, barras arenosas, lagoon s.s., canales distributarios, etc.). Lateralmente no existe registro de la serie, por lo cual no se conoce la distribución espacial de estos ambientes.

La sedimentación continúa con características similares a lo largo de toda la zona, hasta el final del Tramo Improductivo Inferior, correspondiendo a la evolución de una llanura mareal en la que se desarrollan barras carbonatadas sub-a intermareales, que gradualmente desaparecen como consecuencia de la entrada de aportes detríticos que inhiben la formación de carbonatos.

Existe una gran variación en la distribución de subambientes que está relacionada con las entradas principales de detríticos a la cuenca, con la relación sedimentación-subsidencia y con la compartimentación producida por la compactación diferencial existente entre carbonatos y detríticos.

En la parte más septentrional (San Adrián) se observan variaciones entre dos columnas claramente correlacionables, ya que, mientras en el flanco sur existe una llanura mareal con barras carbonatadas bien desarrolladas, en el flanco norte las mismas barras presentan intercalaciones margosas, hard-ground incipientes, etc., denotando una mayor somerización del medio, a la vez que aumenta la proporción de detríticos, que puede relacionarse con aportes procedentes del N-NO, probablemente conectados con sistemas deltaicos más septentrionales, cuyas relaciones no están claramente establecidas, aunque coincidirían con las direcciones de progradación generalmente aceptadas (SANCHEZ DE LA TORRE et al., 1983).

Los complejos de barras carbonatadas se desarrollan en etapas de baja intensidad de sedimentación terrígena, mientras que el aumento de apor-

tes detríticos permite la sucesión de subambientes de lagoon asociados a progradación de canales sobre la llanura mareal, desarrollándose ocasionalmente pequeños carbones a techo de las secuencias.

De manera gradual van entrando a la cuenca mayor cantidad de detríticos a través de canales distributarios, invadiendo progresivamente la llanura mareal y caracterizando las primeras etapas del emplazamiento de deltas.

Las variaciones espaciales y temporales son grandes, como corresponde a ambientes deltaicos, determinándose áreas cuya conexión con el sistema deltaico es más clara, y en vertical pueden definirse etapas de tranquilidad (pasivas) y de progradación (activas).

Subambientes de frente y llanura deltaica están bien caracterizados en las series de Zureda y Brañalamosa, mientras que en la de Pico Ablanado los límites son más difusos. Por el contrario, la zona donde mejor están representados depósitos de una etapa pasiva se encuentran en la parte alta de la serie de Pico Ablanado, en la que se desarrolla la capa Sucia.

La distribución espacial y temporal de los subambientes deltaicos permite determinar al menos la existencia de dos aparatos deltaicos, cuyas entradas principales se sitúan próximas a las series de Zureda y Brañalamosa, dando lugar a áreas marginales o de «sombra», en las que se desarrollan depósitos carbonosos de interés.

De forma esquemática, la historia del área estudiada corresponde a la evolución desde facies finas y carbonatadas, con abundante fauna marina, que caracterizan depósitos de llanura mareal (Tramo Improductivo Inferior) a depósitos propios de ambiente deltaico (Tramo Productivo Superior).

La llanura mareal, en la que se desarrollan barras carbonatadas sub- a intermareales, se ve gradualmente contaminada por aportes detríticos que inhiben la formación de carbonatos, dando lugar a la progresiva desaparición de los mismos.

Progresivamente, se pasa a subambientes de lagoon asociados a progradación de canales sobre la llanura mareal, con desarrollo de pequeños carbones.

El aumento de aportes detríticos a través de canales distributarios caracteriza las primeras etapas del emplazamiento de deltas, determinándose dos entradas principales y áreas marginales o de «sombra», en las que pueden desarrollarse depósitos carbonosos de interés.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dirección de Recursos Minerales del ITGE las facilidades dadas para la realización de este trabajo; a Elisa Villa (Univ. de León), los estudios sobre muestras de fusulínidos, y a Diego García Magaña (ENADIMSA) su colaboración en el levantamiento de series en campo.

REFERENCIAS

- ALLER, J. (1986): *La estructura del sector meridional de las Unidades del Aramo y Cuenca Carbonífera Central*. Serv. Public. Principado de Asturias.
- BARROIS, CH. (1882): *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. Mem. Sco. Geol. Nord., 2 (1), pp. 1-29.
- BOWMAN, M. B. J. (1979): *The depositional environments of a limestones unit from the San Emiliano Formation (Namurian/Westphalian), Cantabrian Mountains*. Sediment. Geol., 24, pp. 25-43.
- BOWMAN, M. B. J. (1982): *The stratigraphy of the San Emiliano Formation and its relationship to the other Namurian/Westphalian sequences in the Cantabrian Mountains, NW Spain*. Trab. Geol. Univ. Oviedo, pp. 23-35.
- GINKEL, A. C. Van (1965): *Carboniferous fusulinids from the Cantabrian Mountains (Spain)*. Leidse. Geol. Meded., 34, pp. 1-225.
- JAMES, N. P. (1980): *Introduction to carbonate facies models*. In: *Facies Model*. Ed. by R. G. Walker. Geoscience. Canada Reprint Series 1, pp. 105-107.
- JAMES, N. P. (1980): *Shallowing-upward sequences in carbonates*. In: *Facies Model*. Ed. by R. G. Walker. Geoscience. Canada Reprint Series 1, pp. 109-119.
- JULIVERT, M. (1964): *Estudio geológico de la Sierra del Aramo, Cuenca de Riosa y extremo meridional de la Cuenca de Quirós*. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., LXXIV, pp. 87-170.
- JULIVERT, M. (1967): *La ventana tectónica del río Color y la terminación septentrional del Manto del Ponga (Cordillera Cantábrica, España)*. Trab. Geol. Univ. Oviedo, n. 1, pp. 1-26.

JULIVERT, M. (1971): *Decollement tectonics in the Hercynian Cordillera of northwest Spain*. Am. Jour. Sc., n. 170, pp. 1-29.

LEYVA, F. et al. (1983): *La estratigrafía del Carbonífero Medio en el sector central de la Unidad estructural de La Sobía-Bodón (Cuencas de Quirós-Tevega)*. X Congr. Intern. Estr. Geol. Carbonífero, Madrid, vol. 1, pp. 213-230.

NAVARRO, D.; SANTOS, J. A.; TRELLE, A., y MAGAÑA, D. (1987): *Exploración del Carbonífero en los sectores de Pola*

de Lena - Telledo, Llanera y Villamayor (Asturias). Fondo Documental del ITGE, Madrid, 133 pp.

SANCHEZ DE LA TORRE, L.; AGUEDA, J.; COLMENERO, J. R.; GARCIA RAMOS, J. C., y GONZALEZ LASTRA, J. (1983): *Evolución sedimentaria y paleogeografía del Carbonífero en la Cordillera Cantábrica*. En: *Carbonífero y Pérmico en España*, pp. 130-150. ITGE.

TRUJOLS, J., y SANCHEZ DE POSADA, L. (1983): *El Carbonífero Inferior y Medio de la Región de Pliegues y Mantos*. En: *Carbonífero y Pérmico en España*, pp. 39-60. ITGE.

Original recibido: Junio de 1990.

Original aceptado: Diciembre de 1990.

MINERIA

Procesos biotecnológicos en mineralurgia.

Por A. RUBIO SANCHEZ-AGUILILLA (*) y F. J. GARCIA FRUTOS (*)

RESUMEN

Los procesos biotecnológicos han supuesto una verdadera revolución en distintos sectores industriales (alimentario, químico, farmacéutico, enzimático...), y, desde hace poco tiempo, se vienen aplicando en el campo de la Metalurgia Extractiva. Los problemas que en la actualidad tiene el sector minero han llevado a la necesidad de buscar nuevos métodos de concentración más selectivos y rentables, que los convencionales; la lixiviación bacteriana o biolixiviación se ofrece en muchos casos como pretratamiento o alternativa a éstos, con unos resultados muy prometedores. En este trabajo se hace una revisión de la biolixiviación desde los distintos aspectos del proceso, así como de las expectativas de futuro que ofrece.

Palabras clave: Biotecnología, Biolixiviación, Microorganismos, Reactores, Lentas cinéticas.

ABSTRACT

The biotechnological processes have revolutioned several industrial sectors as pharmaceutical, nutritious, chemical and enzymatic, and since few time, they had been applied in the Metallurgical Extraction. The actual problems in the mining sectors has had necessary to study new concentration methods more selectives and rentals than the conventional methods. The bioleaching can be used in several opportunities as pretreatment or alternative treatment to these processes, with hopefull results. In this paper we make a review about the different sights of bioleaching process and their expectations of future.

Key words: Biotechnology, Bioleaching, Microorganims, Reactors, Slow kinetics.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años los procesos en los que intervienen microorganismos, y en especial bacterias, tienen cada vez mayor interés; características tan particulares como su gran capacidad de reproducción, su diversidad de fuentes para la obtención de energía (sustratos orgánicos e inorgánicos), y su fácil adaptabilidad a condiciones extremas, les permite intervenir en la mayoría de los procesos que se producen en la Naturaleza.

Hasta hace relativamente poco tiempo el hombre no se había aprovechado de estas ventajas, pero, últimamente, los procesos tecnológicos en los que intervienen microorganismos han revo-

lucionado el ámbito de la investigación, extendiendo su aplicación a distintos sectores de la industria. El sector minero no es una excepción (1), y desde la década de los años sesenta diferentes procesos biotecnológicos (2-4), como bioacumulación, biocorrosión, biomodificación (5) y, en especial, biolixiviación (6-7), se aplican dentro de la Metalurgia Extractiva. El descubrimiento de que determinados microorganismos son capaces de transformar ciertos minerales ha suscitado el interés de estos procesos que vienen ocurriendo de forma natural desde siempre.

Las crecientes dificultades en la extracción del mineral debido al agotamiento a lo largo de los años de yacimientos ricos, teniéndose que explotar otros de más baja ley donde el mineral está muy diseminado en la ganga, la crisis energética

de los países industrializados, cada vez con más dificultades para rentabilizar los procesos de beneficio, unido a los problemas de contaminación ambiental, debido a sustancias intermedias producidas en el tratamiento de minerales (sobre todos aquellos que contienen azufre), han obligado a buscar nuevos métodos de tratamiento que, a la vez, resulten competitivos dentro de la industria actual. Los procesos de biolixiviación pueden ser en este sentido una alternativa en el tratamiento de minerales sulfurados.

Los objetivos de su utilización se basan en conseguir procesos de gran rendimiento a escala industrial en las condiciones en las que éstos se producen (temperatura y presión próximas a las ambientales y, en el caso de microorganismos termófilos, temperaturas no más altas de 100° C), con reactivos producidos dentro del mismo proceso y productos de reacción no contaminantes para el medio ambiente.

Sin embargo, aunque se consigue un proceso con unos costes reducidos, en la actualidad no resulta competitivo por la velocidad de reacción tan lenta en que éste se produce. En este sentido, los esfuerzos de los investigadores se han centrado en tener un mejor conocimiento de los diferentes aspectos que gobiernan estos procesos, no sólo los inherentes a los microorganismos, al sustrato mineral y a sus interacciones: Microbiológicas, Químicas y Mineralógicas, sino también en aquellos aspectos de ingeniería de los diferentes dispositivos de lixiviación diseñados para hacerlos más efectivos.

La biolixiviación, por tanto, es una técnica multidisciplinar que puede estudiarse desde estos cuatro aspectos.

2. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS, QUÍMICOS Y MINERALÓGICOS DE LA BIOLIXIVIACION

La biolixiviación se puede considerar como una reacción bioquímica catalizada por microorganismos que, como resultado final, produce la solubilización del mineral. Esta solubilización depende del desarrollo de los microorganismos dentro de las condiciones de su entorno, siendo éstas controladas por parámetros fisicoquímicos y mi-

neralógicos que deben de tenerse en cuenta, tanto a escala de laboratorio como industrial (8): variación en el pH, disponibilidad de oxígeno, agua, CO₂, nutrientes, temperatura, presencia de iones, concentración de metales pesados, estructura del mineral, tamaño de grano, densidad de pulpa, etc.

2.1. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Una serie de características definen a los microorganismos que participan en los procesos de biolixiviación:

- Autótrofos (obtienen su fuente de energía a partir de sustratos inorgánicos), y en particular quimiolitotrofos (además fijan el CO₂ del aire para obtener su fuente de carbono).
- Aerobios (viven en ambiente de oxígeno).
- Mesófilos o termófilos (temperaturas medias o altas —25-100° C—).
- Capaces de vivir en ambientes extremadamente ácidos y con alta concentración de metales pesados (9).

Desde que el primero de los microorganismos, *Thiobacillus Thioparus*, fue descubierto por NATHANSON en 1902 (10), muchas más bacterias de este tipo han sido aisladas e identificadas, la primera y más conocida *THIOBACILLUS FERROOXIDANS* fue aislada por primera vez en 1947, en las aguas de un depósito de carbón bituminoso de la mina de Río Tinto (Huelva), por COLMER y HINKLE. Este microorganismo (figura 1 a) crece a temperaturas entre 20 y 40° C y a un pH entre 1-3, obteniendo su fuente de energía de la oxidación del Fe²⁺ y especies reducidas de azufre, que acopla a la cadena de transporte electrónico para la obtención de ATP (moneda energética celular). Es una bacteria Gram (—), móvil, con un flagelo; tiene forma abastionada, de 0,5 µm. de diámetro por 1-2 µm. de longitud; suele presentarse sola o en parejas, y no forma esporas. De su papel en procesos biohidrometalúrgicos existe una extensa literatura (11-22).

Existen otros microorganismos de similares características; entre ellos pueden citarse: Ferro-

(*) Laboratorio de Mineralurgia del ITGE.

bacillus Ferrooxidans, Ferrobacillus Sulfooxidans, Thiobacillus Thiooxidans, Leptospirillum Ferrooxidans, que se diferencian fundamentalmente en los sustratos que utilizan como fuente energética.

En el siguiente cuadro se representan las principales características y condiciones óptimas de estos microorganismos:

Organismo	Fuente de energía	Temperatura	pH	Fuente de C
T. Ferrooxidans	Fe ²⁺ , S ⁰	Mesófila	1-3	CO ₂
L. Ferrooxidans	Fe ²⁺	Mesófila	1-3	CO ₂
T. Thiooxidans	S ⁰	Mesófila	1-3	CO ₂
F. Ferrooxidans	Fe ²⁺	Mesófila	1-3	CO ₂
Sulfolobus	Fe ²⁺ , S ⁰	Termófila	1-3	CO ₂

Ultimamente se está extendiendo la aplicación de microorganismos termófilos capaces de oxidar sulfuros minerales, con resultados muy satisfactorios. Son bacterias capaces de vivir a temperaturas entre 40 y 80° C, e incluso existen otras que pueden sobrevivir a temperaturas más altas.

Estas bacterias, al permitir reacciones a temperaturas más elevadas, son interesantes para una posible mejora en la velocidad de reacción de estos procesos. Las más conocidas son bacte-

rias del género sulfolobus, siendo la más importante *SULFOLOBUS BRIERLEYI* (fig. 1 b), aislada por BRIERLEY en 1973 en aguas termales del parque Yellowstone. Crece a temperaturas entre 55 y 80° C, siendo capaz de oxidar Fe²⁺ y especies reducidas de azufre a un pH comprendido entre 1.5 y 2.5. Otras bacterias de este género son: Sulfolobus Thermosulfooxidans y Sulfolobus Acidocaldarius. Este tipo de microorganismos tienen sobre todo importancia en procesos de desulfuración de carbones, ya que son también capaces de separar el azufre orgánico contenido en el mismo (23-24).

Los resultados obtenidos han incrementado el interés económico y científico de estos microorganismos (25); por este motivo se están aislando e identificando nuevas bacterias; así, un nuevo microorganismo Pseudomonas Pútida ha sido aislado, siendo capaz de conseguir una separación óptima de los dos tipos de azufre del carbón (23).

Estos avances, junto con la utilización de poblaciones mixtas bacterianas, sobre todo naturales, que se benefician entre sí; la utilización de la ingeniería genética (26-27) para la mejora de los microorganismos actuales (plásmidos que codifican resistencia a metales pesados) y cambios en la permeabilidad de la membrana (la organización de la actividad química depende en gran parte de la compartimentación proporcionada por las membranas biológicas), son varias de las perspectivas en las que se orienta la microbio-

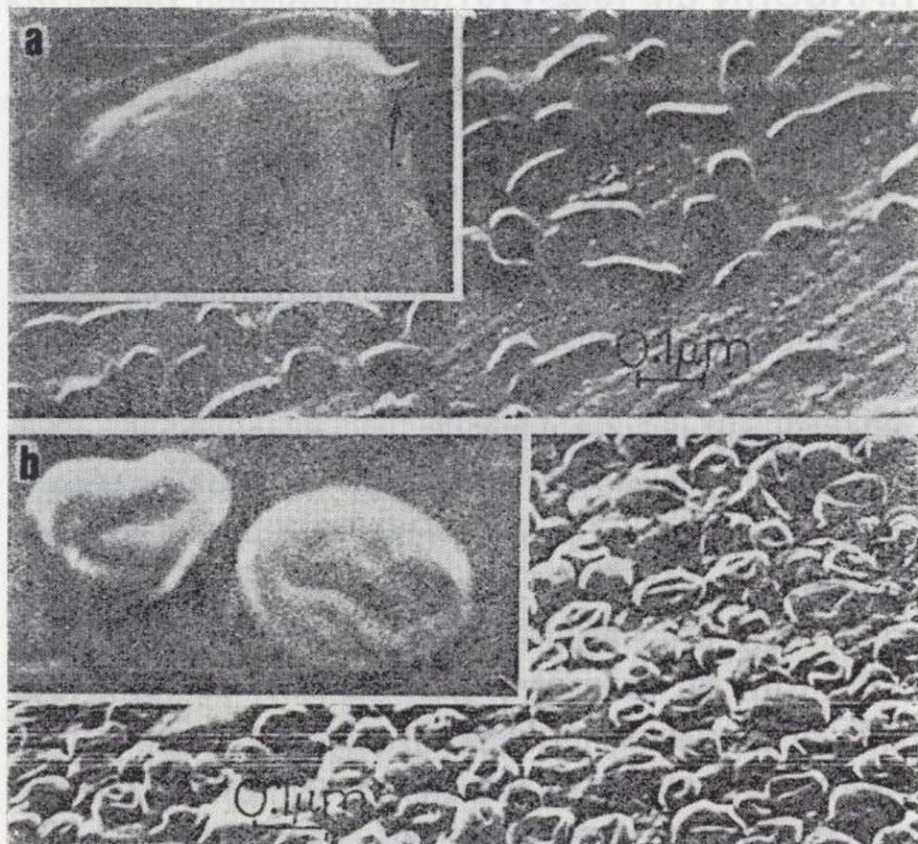


Figura 1.—a) Thiobacillus ferrooxidans sobre calcopirita. (b) Sulfolobus (32).

Thiobacillus ferrooxidans, Ferrobacillus Sulfooxidans, Thiobacillus Thiooxidans, Leptospirillum Ferrooxidans, que se diferencian fundamentalmente en los sustratos que utilizan como fuente energética.

Organismo	Fuente de energía	Temperatura	pH	Fuente de C
T. Ferrooxidans	Fe ²⁺ , S ⁰	Mesófila	1-3	CO ₂
L. Ferrooxidans	Fe ²⁺	Mesófila	1-3	CO ₂
T. Thiooxidans	S ⁰	Mesófila	1-3	CO ₂
F. Ferrooxidans	Fe ²⁺	Mesófila	1-3	CO ₂
Sulfolobus	Fe ²⁺ , S ⁰	Termófila	1-3	CO ₂

Ultimamente se está extendiendo la aplicación de microorganismos termófilos capaces de oxidar sulfuros minerales, con resultados muy satisfactorios. Son bacterias capaces de vivir a temperaturas entre 40 y 80° C, e incluso existen otras que pueden sobrevivir a temperaturas más altas.

Estas bacterias, al permitir reacciones a temperaturas más elevadas, son interesantes para una posible mejora en la velocidad de reacción de estos procesos. Las más conocidas son bacte-

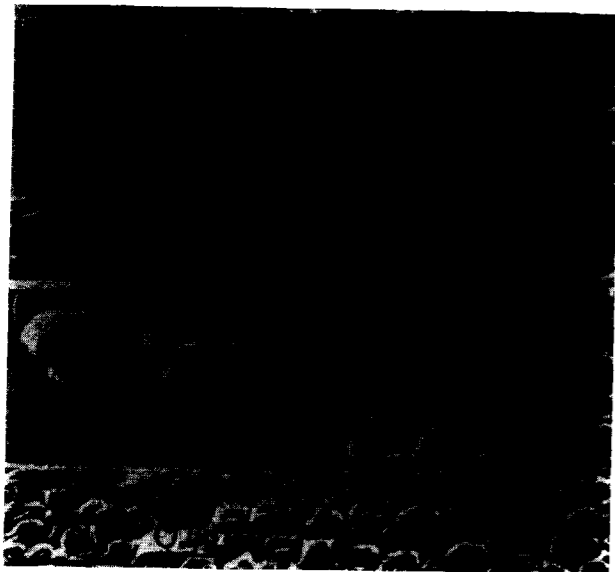


Figura 1.—a) Thiobacillus ferrooxidans sobre calcopirita.
(b) Sulfolobus (32).

En el siguiente cuadro se representan las principales características y condiciones óptimas de estos microorganismos:

rias del género sulfolobus, siendo la más importante *SULFOLOBUS BRIERLEYI* (fig. 1 b), aislada por BRIERLEY en 1973 en aguas termales del parque Yellowstone. Crece a temperaturas entre 55 y 80° C, siendo capaz de oxidar Fe²⁺ y especies reducidas de azufre a un pH comprendido entre 1.5 y 2.5. Otras bacterias de este género son: Sulfolobus Thermosulfooxidans y Sulfolobus Acidocaldarius. Este tipo de microorganismos tienen sobre todo importancia en procesos de desulfuración de carbones, ya que son también capaces de separar el azufre orgánico contenido en el mismo (23-24).

Los resultados obtenidos han incrementado el interés económico y científico de estos microorganismos (25); por este motivo se están aislando e identificando nuevas bacterias; así, un nuevo microorganismo Pseudomonas Pútida ha sido aislado, siendo capaz de conseguir una separación óptima de los dos tipos de azufre del carbón (23).

Estos avances, junto con la utilización de poblaciones mixtas bacterianas, sobre todo naturales, que se benefician entre sí; la utilización de la ingeniería genética (26-27) para la mejora de los microorganismos actuales (plásmidos que codifican resistencia a metales pesados) y cambios en la permeabilidad de la membrana (la organización de la actividad química depende en gran parte de la compartimentación proporcionada por las membranas biológicas), son varias de las perspectivas en las que se orienta la microbio-

logía para conseguir solucionar las lentas cinéticas hasta ahora conseguidas, lográndose en muchos casos muy buenos resultados.

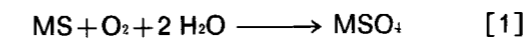
2.2. ASPECTOS QUÍMICOS

Aunque las reacciones que se producen en los procesos de biolixiviación son reacciones de oxidación-reducción, el mecanismo de actuación bacteriano no es del todo bien conocido, existiendo dos interpretaciones acerca del mismo:

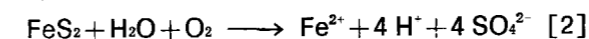
1. Contacto directo

El proceso consiste en la oxidación del sulfuro mineral a sulfato.

La ecuación general sería [1]:



Para el caso de la piritita, sulfuro mineral más abundante, sería según la ecuación [2]:



Se requiere un contacto íntimo entre la bacteria y la superficie del mineral en condiciones aerobias. Esta unión puede ser mediante sustancias adhesivas, «pillis», etc. (este punto no ha sido todavía demostrado) (32).

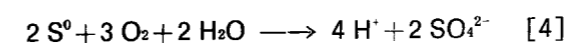
2. Contacto indirecto

Aquí es el ión férrico el agente lixivante primario, que atacando la red del sulfuro, produce el ión ferroso, que es reoxidado por la bacteria, regenerándose nuevamente el ión Fe³⁺.

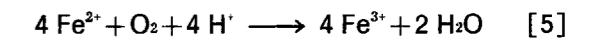
La ecuación general sería [3]:



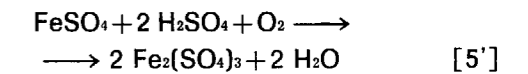
donde el S⁰ y FeSO₄ son oxidados por la bacteria según la ecuación [4]:



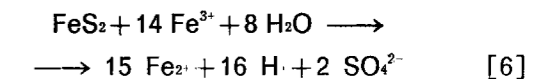
La oxidación de la piritita sería, según las ecuaciones [5], [5'] y [6], [6']:



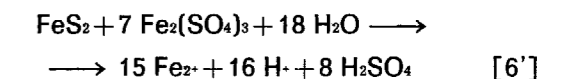
ó



siendo esta la etapa limitante.

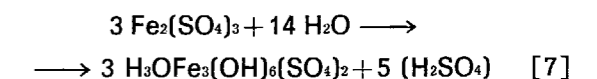


ó



Los productos de estas reacciones Fe₂(SO₄)₃ y H₂SO₄ son excelentes agentes lixivadores de una gran variedad de sulfuros minerales.

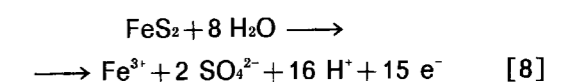
A pH=2, valor generalmente óptimo para el crecimiento bacteriano, el sulfato férrico precipita parcialmente como jarositas (28-29), según la ecuación [7]:



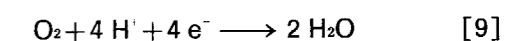
Esto es algo a tener en cuenta en los procesos de biolixiviación; por tanto, será preferible trabajar en un entorno de pH entre 2 y 1 (límite inferior de supervivencia bacteriana) (30), dentro del cual la precipitación en forma de jarosita disminuye considerablemente.

Electroquímicamente, estas reacciones se pueden plantear según las ecuaciones [8] y [9]:

1. Anodo:



2. Cátodo



Químicamente, la cinética de estos procesos depende de la transferencia electrónica entre los lugares anódicos y catódicos sobre el sólido y a través del mismo; así, en una mezcla de minerales, la bacteria es selectiva sobre el que es electroquímicamente anódico con respecto al resto (el que tenga el potencial de reposo más bajo). Las implicaciones de este fenómeno de formación de pares galvánicos (31) puede ser importante si existe una gran proporción de sulfuros en contacto. Este hecho variará de acuerdo con la naturaleza del depósito mineral y de la energía libre de formación de las distintas fases minerales sulfuradas, dando como resultado diferente capacidad para actuar como sustrato de procesos oxidativos.

La naturaleza electroquímica de la oxidación de sulfuros metálicos ha sido objeto de numerosas investigaciones; así, cuando la pirita y la calcopirita están en íntimo contacto, forman un par galvánico, actuando la calcopirita como ánodo y la pirita como cátodo (fig. 2). Esta formación de pares galvánicos (3, 32) puede acelerar la reac-

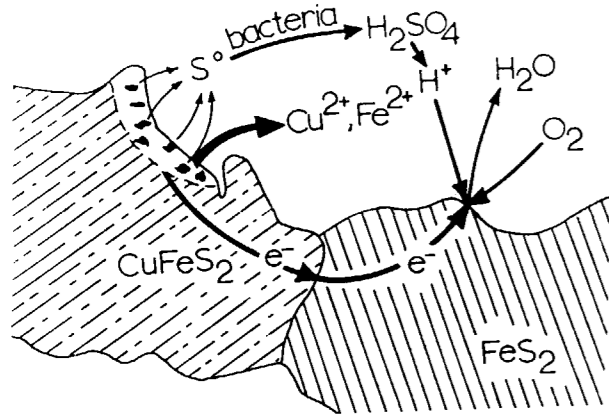


Figura 2.—Representación esquemática de la formación de pares galvánicos sobre el sistema pirita-calcopirita (32).

ción, al favorecer la lixiviación de determinados minerales de la mezcla.

La presencia de determinados iones también puede ser importante para una mayor velocidad

de reacción, al actuar como catalizadores de estos procesos electroquímicos (33).

2.3. ASPECTOS MINERALOGICOS

La composición mineralógica y las características físicas del mineral influyen decisivamente en el proceso de lixiviación, tanto en la disolución del sulfuro, como en la estabilidad bacteriana. La bacteria ataca, directa o indirectamente, la superficie del mineral, especulándose si este ataque es al azar, o si ocurre en regiones determinadas como consecuencia de una serie de factores tales como: la forma de cristalización o estructura cristalina, la presencia de impurezas, regiones específicas con determinados defectos, concentración de iones en un determinado punto, presencia de dislocaciones, etc. Todo ello puede influir, por separado o globalmente, en el ataque de la bacteria, aunque hasta ahora estos aspectos no han sido totalmente demostrados (32).

Otros puntos importantes son: la preparación del mineral, las características fisicoquímicas del entorno y otros factores como el área superficial, la densidad de pulpa y la granulometría, que influyen notablemente en la optimización de los procesos de biolixiviación, tanto a nivel de laboratorio, como en planta piloto o industrial.

3. ASPECTOS DE INGENIERIA EN LA BIOLIXIVIACION

Una vez conocidos aquellos aspectos relacionados con los microorganismos y el mineral, es necesaria la existencia de dispositivos que permitan el proceso de biolixiviación en las condiciones más óptimas.

Por ello, el diseño de estos dispositivos se orienta a mejorar todos los factores que influyen en la biolixiviación, fundamentalmente en conseguir mayores velocidades de reacción o cinéticas más rápidas, para que estos procesos sean competitivos dentro de la industria actual.

Varias son las formas en las que se han aplicado los procesos de lixiviación, con más o menos éxito (34-35) (fig. 3):

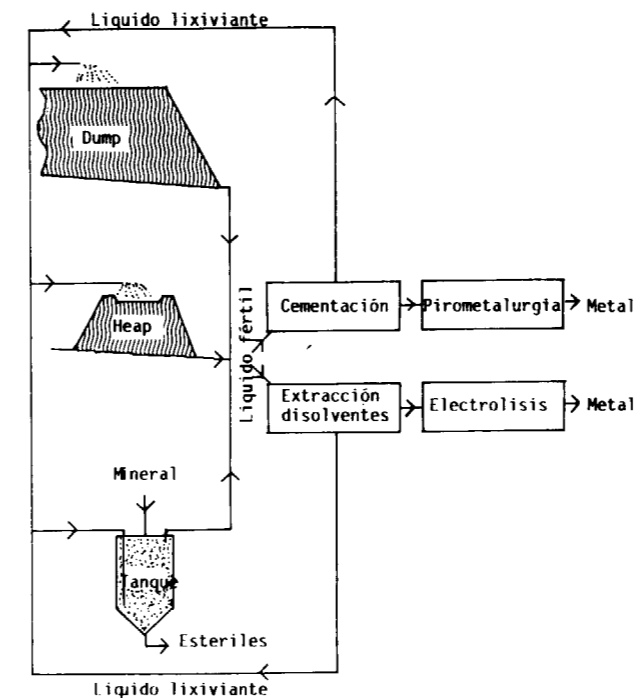


Figura 3.—Representación esquemática de los mecanismos más comunes de biolixiviación (3).

Lixiviación «in situ»

Esta técnica consiste en lixiviar directamente el mineral en las minas, inundándolas de agua inoculada con bacterias. Se suele realizar en minas abandonadas donde el mineral es de baja ley; los tiempos de lixiviación son largos (aproximadamente un año). Según se disponga el mineral para lixiviar, el agente lixiviante y mineral utilizado, pueden ser de dos tipos:

a) Lixiviación en «dump» o montones

Consiste en lixiviar el mineral, amontonando el mismo en forma de lecho. Se riega la parte superior por aspersion, dejando percolar el líquido, que se recoge en la parte inferior del terreno (fig. 3). Se utiliza para minerales marginales, existiendo problemas por las altas temperaturas que se producen en la parte intermedia del «dump».

b) Lixiviación en «heap» o pilas

Consiste en lixiviar disponiendo el mineral sobre una superficie impermeabilizada, surcada por un conjunto de tuberías perforadas, a través de la que se drena el licor de lixiviación (fig. 3). El mineral, una vez agotado, se retira de la pila y se sustituye por mineral fresco. Se aplica a minerales pobres que contienen metales de alto valor.

El producto se recupera del líquido fértil por cementación-pirometalurgia y extracción con disolventes-electrólisis.

Lixiviación en tanques agitados

Durante los últimos años han sido diseñados y perfeccionados varios tipos de reactores para apoyo a los procesos biotecnológicos. Se intenta conseguir un modelo óptimo, relacionando las condiciones ambientales con las variables operativas primarias, tales como el tamaño de partícula, velocidad de circulación del líquido, aireación, adicción de sustrato, tiempo de residencia y pretratamiento del mineral, teniendo un mayor control sobre variables como la temperatura, pH, O₂ y CO₂ (36).

El uso de estos biorreactores se emplea para la recuperación de minerales de alto valor, siendo el sistema de mayor futuro y una de las claves para mejorar las lentas cinéticas de los procesos de biolixiviación.

Existen varios tipos de reactores o tanques, cada uno con unas características determinadas:

- BATCH** o tanque agitado. Es el reactor más simple de lixiviación. Consiste en un tanque con agitación y aireación, en el que se añade la pulpa y el medio, hasta el agotamiento del mineral (fig. 4 a).
- CSTR** (Continuously stirred tank reactor). Similar al anterior, pero permite operaciones en proceso continuo, con entrada y salida de medio (fig. 4 b).
- CSTR Recycle**. Como los anteriores, pero al recircular el medio permite un rendimiento

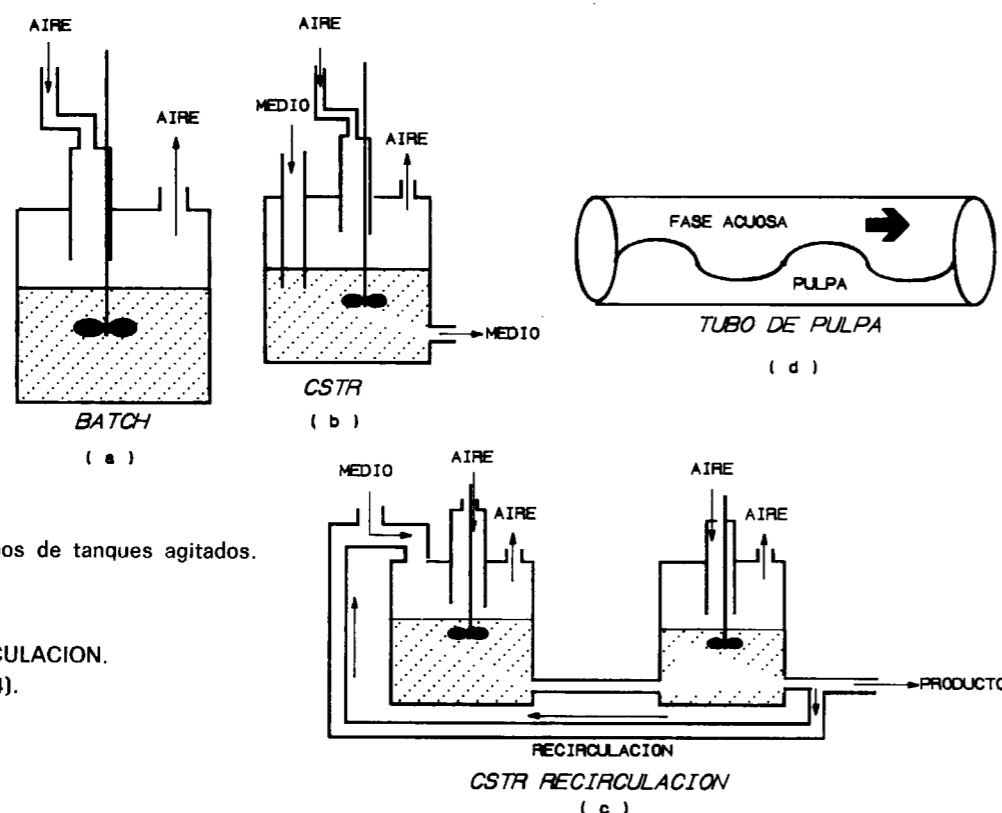


Figura 4.—Diferentes tipos de tanques agitados.

- (a) BATCH.
 (b) CSTR.
 (c) CSTR CON RECIRCULACION.
 (d) TUBO DE PULPA (4).

mayor y un mayor control del proceso (fig. 4 c).

- d) **TUBO DE PULPA**. Consiste en un tubo donde se encuentra la pulpa, y a través del cual se pasa en sentido horizontal la fase acuosa. Se utiliza en la desulfuración de carbones, existiendo problemas con la aireación (fig. 4 d).
- e) **PELICULA FIJA**. Consiste en una película fija constituida por biofilms o soportes bacterianos, entre los que se produce intercambio de iones. Se utiliza para la regeneración de Fe^{3+} en la lixiviación indirecta (fig. 5 a). Dentro de este tipo de reactores de película fija, se puede encuadrar el RBC, que consiste en discos (soportes bacterianos) que van girando sobre un eje, introducidos en un tanque donde se encuentra el medio líquido, pudiendo utilizarse como un fermentador (37).
- f) **PERCOLACION**. Similar a un sistema semi-batch, pero con rendimientos relativamente

bajos. Consiste en un tanque donde se introduce la pulpa, y a través del cual se va percolando el líquido, que posteriormente es recogido (fig. 5 b).

- g) **FLUIDIZED BED** o **LECHO FLUIDIZADO**. Consiste en una columna en la que se dispone la pulpa, y sobre la que se van añadiendo el medio y la aireación por la parte inferior, consiguiendo de este modo un lecho fluidizado (fig. 5 c).

4. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Los procesos de biolixiviación tienen una serie de ventajas, que pueden resumirse de la siguiente forma:

1. Costes económicos y operativos bajos, ya que los reactivos los producen las propias reacciones biológicas.

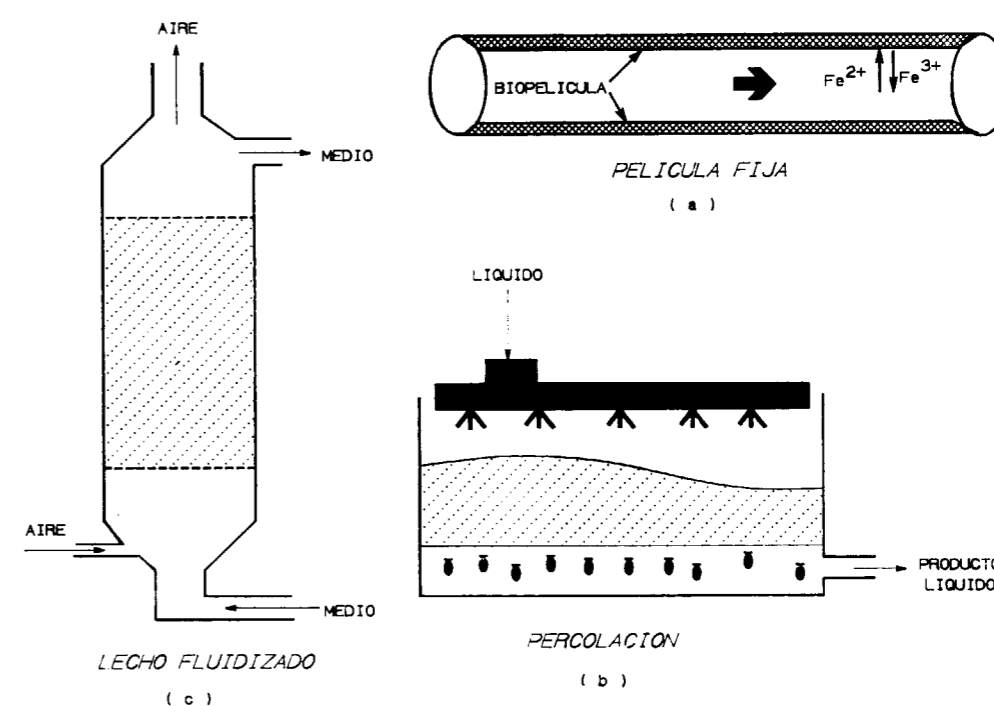


Figura 5.—Diferentes tipos de tanques agitados.

- (a) PELICULA FIJA.
 (b) PERCOLACION.
 (c) LECHO FLUIDIZADO (4).

2. No requiere ni temperatura ni presión altas.
3. Es un proceso fácil de operar y controlar.
4. Produce «waste» y ácido que puede ser utilizado para el tratamiento de óxidos y fertilizantes.
5. No contribuye a la contaminación ambiental con productos intermedios (anhidrido sulfuroso).
6. Con un manejo correcto, es ambientalmente seguro.
7. Los productos resultantes se separan fácilmente.
8. Flexibilidad de las instalaciones, pudiéndose construir y aplicar dispositivos cerca de las minas.

Como desventajas se encuentran las siguientes:

1. Lentas cinéticas.
2. Producción, en algunos casos, de soluciones demasiado diluidas, para realizar una extracción rentable.

Por todo esto, y dada la situación actual de las empresas mineras, la biolixiviación sólo se utiliza por el momento en la metalurgia extractiva de minerales marginales o pobres que son difícilmente tratables por otros métodos y donde el factor tiempo es poco importante.

Sin embargo, el resultado de las investigaciones de los últimos años ha demostrado que es un proceso efectivo en el tratamiento de sulfuros minerales complejos (38-39), sobre todo en la recuperación de cobre (40-45) y uranio (46-51), y su aplicación se extiende en la actualidad a la extracción de otros metales, como Zn, Cd, Co, Ni, así como en la desulfuración de carbones

(52-54) y en la recuperación de metales preciosos incluidos en minerales refractarios. En este último caso, el proceso se concreta en la destrucción de la matriz pirítica o arsenopirítica por biooxidación, y en la consiguiente liberación, parcial o total, de los metales preciosos para su posterior lixiviación por métodos convencionales (55-60).

Resumiendo, las investigaciones actuales se centran en descubrir nuevos microorganismos, en adaptar los ya descubiertos a condiciones extremas, desarrollar cultivos mixtos bacterianos naturales y resistentes, y en el diseño de nuevos dispositivos; todo ello para conseguir acelerar los procesos biolixiviativos, y, de este modo, poder ampliar las posibilidades de utilización de esta técnica a otros minerales diferentes a los sulfurados, o a otros materiales, como son menas más ricas, residuos industriales, depuración de aguas, etc.

En este sentido, el Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, dentro de un proyecto dedicado a la LIXIVIACION BACTERIANA, está desarrollando nuevos dispositivos de lixiviación en continuo a nivel de laboratorio, cuyos resultados se darán a conocer en trabajos posteriores.

REFERENCIAS

- (1) CAMPA-VIÑETA: *Las bacterias mineras del futuro*. Ciencia y Pensamiento.
- (2) CAMPBELL, PARSONS y SILVER (1985): *Biotechnology for the mineral industry*. Canad. Metall. Quart., vol. 24, núm. 2.
- (3) DECKER (1986): *Biotechnology/materials in the growing interface*. Metallurg. Transaction, vol. 17, núm. 1.
- (4) OLSON, KELLY (1986): *Microbiological Metal Transformations: Biotechnological Applications and Potential*. Biotech. Progress, vol. 2, núm. 1.
- (5) CUPP (1985): *After thiobacillus ferrooxidans what?* Canadian Metall. Quarterly, vol. 24, núm. 2.
- (6) GIBBS, ERRINGTON y POOLEY (1985): *Economics of bacterial Leaching*. Canad. Metall. Quart., vol. 24, núm. 2.
- (7) BALLESTER (1988): *Biolixiviación. ¿Alternativa hidrometalúrgica?* Canteras y Explotaciones, noviembre.
- (8) KELLEY y TUOVINEN (1988): *Microbiological oxidation of mineral in mine tailings. Chemistry and biology of solid waste. Dredged material and mine tailings*. Ed. Salomons and Förstner.
- (9) NORRIS y KELLY (1978): *Toxic Metals in Leaching systems*. Metallurgical applications of bacterial leaching and Related Microbiological Phenomena.
- (10) SILVER (1978): *Metabolic mechanisms of iron-oxidizing Thiobacilli*. Metallurgical applications of bacterial leaching and related Microbiological Phenomena.
- (11) SILVERMAN y LUNDGREN (1958): *Studies on the chemoautotrophic iron bacterium Ferrobacillus Ferrooxidans*.
- (12) SILVERMAN y LUNDGREN (1959): *Studies on the chemoautotrophic iron bacterium Ferrobacillus Ferrooxidans. II. Manometric studies*.
- (13) RAZZELL y TRUSSELL (1962): *Isolation and properties of an iron-oxidizing Thiobacillus*. J. Bacteriol., vol. 85.
- (14) BRYNER y JAMESON (1958): *Microorganisms in leaching sulfide minerals*. Appl. Microb., vol. 98.
- (15) VUORINEN y TUOVINEN (1987): *Analysis of soluble iron compounds in the bacterial oxidation of pyrite*. J. Ferment. Technol., vol. 65.
- (16) TUOVINEN y KELLY (1974): *Studies on the growth of Thiobacillus Ferrooxidans. V. Factors affecting growth in liquid culture and development of colonies on solid media containing inorganic sulphur compounds*. Arch. Microbiol., vol. 98.
- (17) TUOVINEN y KELLY (1973): *Studies on the growth of Thiobacillus Ferrooxidans. I. Use of membrane filters and ferrous iron agar to determine viable numbers, and comparison with ¹⁴CO₂-fixation and iron oxidation as measures of growth*. Arch. Microbiol., vol. 88.
- (18) TORMA (1977): *The role of Thiobacillus Ferrooxidans in Hidrometalurgical process*. Adv. Biochem. Eng., vol. 6.
- (19) MERINO, J. L.: *Estudio sobre Thiobacillus ferrooxidans*.
- (20) *Factors affecting Metabolism and ferrous iron oxidation in suspensions and Batch cultures of Thiobacillus ferrooxidans: Relevance to ferric iron leach solution regeneration*. Metallurgical applications of bacterial leaching and related microbiological Phenomena (1978).
- (21) VOURINEN, HILTUNEN, HSU y TUOVINEN (1983): *Solubilization and speciation of iron during Pyrite oxidation by Thiobacillus ferrooxidans*. Geomicrobiol. Journ., vol. 3, núm. 2.
- (22) SHRIHARI, KUMAR y GANDHI (1990): *Modelling of Fe²⁺ oxidation by Thiobacillus ferrooxidans*. Applied Microbiology and Biotech., vol. 33.
- (23) OLSSON, LARSSON, KARLSSON y HOLST: *Beneficiation of coal by microbial desulfurization*.
- (24) KARGI (1986): *Microbial methods for desulfuration of coal*.
- (25) NORRIS, BALLESTER, GONZALEZ y BLAZQUEZ (1990): *Estudio de la biolixiviación de la calcopirita por microorganismos termófilos*.
- (26) SCHURADER and HOLMES (1988): *Phenotypic switching of Thiobacillus ferrooxidans*. J. of Bacteriol., volumen 170, núm. 9.
- (27) CHAKRABARTY (1978): *Genetic Mechanism in metal-microbe interactions*. Metallurgical applications of bacterial leaching and related microbiological phenomena.
- (28) CAMPA-VIÑETA, POZO, SILONIZ y COY-YILL (1948): *Estudio del medio de precipitación y los residuos de Thiobacillus ferrooxidans, en relación con la síntesis de jarosita*. Rev. Mat. Proc. Geol., vol. 11.
- (29) GRISHING, GIGHMAN y TUOVINEN (1988): *Characterization of jarosita formed upon bacterial oxidation of ferrous sulfate in a packed-bed reactor*. Applied and environ. microbiol. Dec. 3.
- (30) BRUYNESTEYIN (1989): *Mineral Biotechnology*. J. of Biotech., 11.
- (31) BALLESTER: *Biolixiviación. ¿Alternativa hidrometalúrgica?*
- (32) BERRY and MURR (1978): *Direct observations of bacteria and quantitative studies of their catalytic role in the leaching of low grade copper-bearing waste*. Metallurgical applications of bacterial leaching and related microbiological phenomena.
- (33) BALLESTER: *A study of the mechanisms of silver catalysed bioleaching of chalcopyrite*.
- (34) CARRANZA MORA: *La bihidrometalurgia: situación actual y perspectivas de futuro*. Química e Industria.
- (35) TORMA (1984): *Current standing of bacterial heap, dump and in-situ leaching technology of copper*. Metall. Nov.
- (36) TOLDRA y LEQUERICA (1986): *Reactores con microorganismos inmovilizados*. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment., vol. 26, núm. 3.
- (37) NAKAMURA, NOIKE y MATSUMOTO (1986): *Effect of operations conditions on biological Fe²⁺ oxidation with rotating biological contactors*.
- (38) BRUYNESTEYN y DUNCAN (1970): *Microbiological leaching of sulphide concentrates*. Canadian metall. quart., vol. 10, pp. 57-63.
- (39) BALLESTER, GONZALEZ, BLAZQUEZ y GOMEZ DE CASTRO (1990): *Biolixiviación de concentrados globales de sulfuros complejos con microorganismos mesófilos*.
- (40) POZO y CAMPA (1983): *Estudio comparativo de la lixiviación química y bacteriana del cobre en piritas masivas de Río Tinto (Huelva)*. Rev. de Metalurg., vol. 19, núm. 4.
- (41) BALLESTER, GONZALEZ y BLAZQUEZ: *Recuperación de cobre por biolixiviación de matas Cu-Pb*.
- (42) LEWIS y MILLER (1977): *Stannous and cuprous ion oxidation by Thiobacillus ferrooxidans*. Can. J. Microbiol., vol. 23.
- (43) SUGIO, TSUIITA, INAGAKI y TANO (1990): *Reduction of cupric ions with elemental sulfur by Thiobacillus ferrooxidans*. Applied and Environ. Microbiol.
- (44) CAMPA-VIÑETA, POZO y SILONIZ (1983): *La extracción del Cu de una mena pirítica masiva, mediante la lixiviación con Thiobacillus ferrooxidans*. Rev. Mat. Proc. Geol., vol. 1.
- (45) POZO, CAMPA y MORENO (1987): *Biolixiviación de piritas cupríferas mediante técnicas de percolación a pH libre*. Rev. Metal. Madrid, vol. 23, núm. 3.
- (46) MERINO, J. L. (1978): *Producción de medios lixiviantes del uranio por oxidación bacteriana de pirita*.
- (47) MCCREADY, HARRISON y GON (1969): *A proposed method using bacteria, for the continuous leaching of a uranium ore (CIM)*. Bulletin for February.
- (48) VUORINEN, HILTUNEN y TUOVINEN (1985): *Speciation of ferrous and ferric iron associated with the indirect bacterial leaching of uranium ore materials*. J. Ferment. Technol., vol. 63, núm. 4.
- (49) WADDEN y GALLANT (1985): *The in-place leaching of uranium at Denison mines*. Canad. Metall. Quart., 2.
- (50) HARRISON, GOW y HUGSON (1966): *Factors influencing the application of bacterial leaching to a Canadian Uranium ores*. Journal of Metals, Nov.
- (51) MILLER, NAPIER, AUDSEY y DABORN (1963): *Natural leaching of uranium ores*.
- (52) MCCREADY y ZENTILLI (1985): *Beneficiation of coal by bacterial leaching*. Canad. Metall. Quart., vol. 24, núm. 2.
- (53) SILVERMAN, ROGOFF y WENDER (1963): *Removal of pyritic sulphur from coal by bacterial action*.
- (54) DUGAN and APEL (1978): *Microbial desulfurization*

- of coal. Metallurgical applications of bacterial leaching and related microbiological phenomena.
- (55) BRUYNSTEYN y LAWRENCE (1983): *Biological pre-oxidation to enhance gold and silver recovery from refractory pyritic ores and concentrates (CIM)*. Bulletin Sept., vol. 76, núm. 857.
- (56) POOLEY and SHRESTHA: *The separate generator concept applied to the bacterial leaching of auriferous minerals*.
- (57) RODRIGUEZ-AVELLO: *Aplicaciones de la lixiviación bacteriana a la recuperación de menas de oro*.
- (58) BALLESTER, BLAZQUEZ y GONZALEZ: *Biolixiviación de arsenopiritas auríferas*.
- (59) PARRY: *Golden Bugs*.
- (60) HUTCHINS, BRIERLEY and BRIERLEY (1988): *Microbial pretreatment of refractory sulfide and carbonate ores improves the economics of gold recovery*. Mining Engineer. April.

Original recibido: Noviembre de 1990.

Original aceptado: Diciembre de 1990.

Fábrica de uranio de Andújar (Jaén). Clausura del dique de estériles.

Por R. FERNANDEZ-RUBIO (*)

RESUMEN

Se describen las características constructivas y de contenido del dique de estériles de la fábrica de beneficio de minerales de uranio de Andújar, junto a la composición de los lixiviados. En base a investigaciones multidisciplinarias, relacionadas con la emisión de radón y la infiltración de radionucleidos, se expone el proyecto de restauración adoptado.

Palabras clave: Restauración dique de estériles, Medio ambiente, Hidrogeología, Infiltración radionucleidos.

ABSTRACT

The characteristics of the waste tailings disposal of the Andujar uranium benefit plant are described together with the produced leaching effluents. Based on the multi-disciplinary investigations related with radon emission and radionucleid infiltration into the alluvial terrace the adopted remedial project is exposed.

Key words: Waste disposal reclamation, Environment, Ground water, Radionucleid infiltration.

La Empresa Nacional de Residuos, S. A. (ENRE-SA) es la encargada de clausurar el dique de estériles (foto 1), de la ya inactiva planta para obtención de concentrados de uranio en Andújar (Jaén).

En dicha fábrica la Junta de Energía Nuclear benefició, entre 1959 y 1981, minerales para obtención de óxido de uranio (U₃O₈), con pureza del 80-85 %.

El dique ocupa una superficie de nueve hectáreas, y almacena un volumen de estériles de, aproximadamente, un millón de m³ (1,2 millones de toneladas), con una actividad total de 5.400 Ci.

Las instalaciones abandonadas y edificios anexos se localizan en el resto de la propiedad, que totaliza alrededor de dieciocho hectáreas.

El objeto final del plan de clausura es la restauración de este conjunto de dique e instalaciones, y su integración medio ambiental.

UBICACION GEOGRAFICA

La Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), localizada en la parte occidental de la provincia de Jaén, próxima al límite de Córdoba, se sitúa en la mar-

gen izquierda del río Guadalquivir, a unos 1.500 metros del centro de la población de Andújar, en dirección SSO (fig. 1).

UBICACION HIDROGEOLOGICA

El único acuífero existente en el entorno de la FUA lo constituye el aluvial adyacente al río Guadalquivir, que forma parte de una serie de terrazas cuaternarias, desarrolladas durante la evolución del río, que se han escalonado conforme la erosión ha producido la profundización del cauce, excavado en las margas miocénicas (fig. 2).

Estas terrazas, en el sector que nos ocupa, se sitúan sobre las margas del Mioceno Superior marino, que constituyen un substrato de muy baja permeabilidad (k probablemente inferior a 5.10⁻⁸ m/s), y gran espesor (comprendido entre 50 y 100 m).

En el aluvial se han diferenciado cinco terrazas, constituidas por conglomerados y arenas, con algún contenido arcilloso. La permeabilidad de estos materiales es de media a alta (k probablemente comprendido entre 8.10⁻⁵ y 2.10⁻⁴ m/s), y el espesor saturado varía en general entre 0 y 7 m.

De las cinco terrazas diferenciadas, solamente

(*) Catedrático de Hidrogeología. Universidad Politécnica de Madrid. Presidente. International Mine Water Association.

las más bajas (4.ª y 5.ª) se ubican en el sector que nos ocupa (fig. 3), en ambas márgenes del Guadalquivir, mientras que las tres superiores sólo se localizan en la margen derecha, más alejadas del cauce, bajando escalonadamente desde los relieves hercínicos del borde de la Meseta.

La terraza 4.ª (figs. 4, 5 y 6) tiene aquí espesor variable, entre 5 y 10 m, incluido un semipermeable superficial de limos, que localmente puede faltar (en general con espesor de 1 a 4 m). La terraza 5.ª parece que tiene espesor algo superior, entre 9 y 13 m, y su granulometría en general es más fina.

El borde meridional de las terrazas de la margen izquierda, en las que se localiza la FUA, es un límite impermeable (de flujo nulo), mientras que en su borde septentrional se presentan sectores con drenaje superficial por manantiales (donde las terrazas se encuentran colgadas respecto al Guadalquivir), y otros con drenaje subterráneo hacia el río (donde se encuentran conectadas con el río) (fig. 2).

El acuífero de la terraza 4.ª, de la margen izquierda, con 17 km² de afloramiento, recibe su recarga mayoritariamente por lluvia directa, y por excedentes de riego (1.443 Ha de riego en 1987, de las que más del 90 % reciben agua del canal de las Vegas Bajas). La escasa escorrentía superficial, que accede a la terraza por su borde meridional, desde los materiales miocénicos, no parece aportar una infiltración relevante para largos períodos.

A su vez, la terraza 5.ª debe recibir cierta recarga lateral desde la terraza 4.ª, situada inmediatamente al sur.

La dirección del flujo acuífero subterráneo (figura 7) es suma de dos componentes: una de dirección sur-norte, hacia el Guadalquivir, y otra de dirección este-oeste, hacia las partes más bajas de la terraza.

La descarga, según ya hemos indicado, se produce hacia el río Guadalquivir, bien por salidas subaéreas en manantiales ubicados en el borde de la terraza 4.ª, colgada respecto al río sobre el substrato margoso, o bien subfluvialmente, ya que el río está conectado hidráulicamente desde el Puente Nuevo de Andújar hacia abajo. Desde este punto hacia aguas arriba cesa el efecto de

cola del embalse de Marmolejo. De una u otra manera el Guadalquivir aparece en este tramo como un *río ganador* , respecto al acuífero.

También habría que contar la descarga que se produce como consecuencia de las extracciones, mediante pozos, habitualmente destinados a pequeños riegos, utilización doméstica, industrias y granjas, y con caudales bombeados en su mayor parte inferiores a 5 l/s. Esta descarga es mínima a efectos del balance global, afectando únicamente en períodos de sequía al sector Valtozano-Los Bauros, pero no al meandro de la FUA, donde no se realizan extracciones de importancia.

Una singularidad, interesante a resaltar, es la referente a la existencia de un cierto relieve del Mioceno, fosilizado por los materiales basales de la terraza. En este sentido los sondeos mecánicos y la geofísica han puesto en evidencia surcos más profundos, que deben responder a erosión de paleocauces del Guadalquivir o sus afluentes, y elevaciones intermedias del substrato margoso, en forma de estrechas dorsales, que llegan a situarse por encima del nivel piezométrico, e individualizan localmente al acuífero.

Una de estas dorsales, con dirección aproximada este-oeste, se extiende bajo el borde meridional del dique de estériles (fig. 7), y tienen clara incidencia en el flujo del agua subterránea, con los solutos que pudieran aportar los materiales del dique.

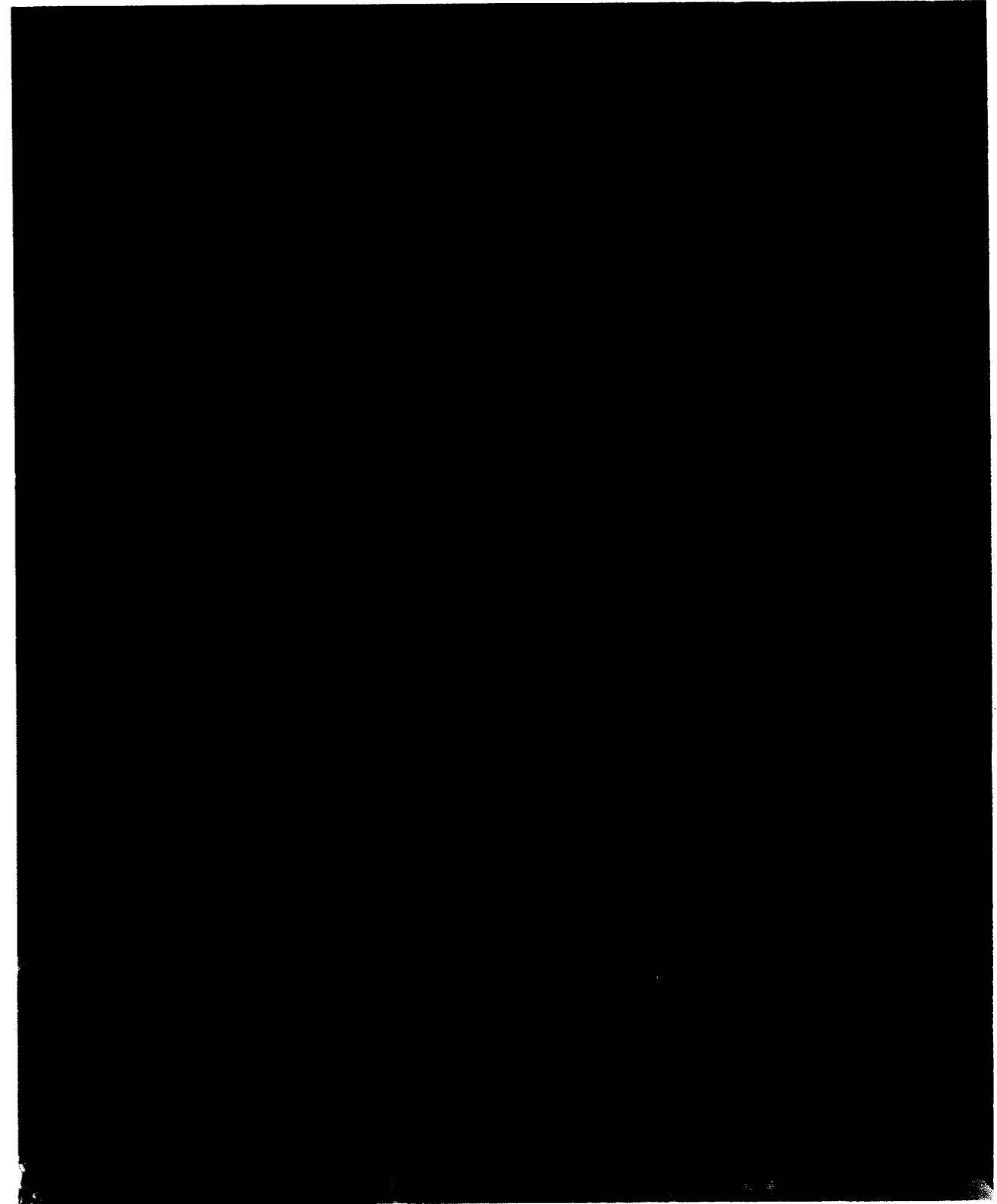
Todas estas circunstancias se reflejan en los cortes hidrogeológicos realizados, con base en los datos aportados por los sondeos mecánicos y la geofísica, así como en las observaciones piezométricas.

En dichos cortes (figs. 4, 5 y 6) se observa que se trata de un acuífero libre monocapa, con circulación subterránea básicamente sub-horizontal, en el que el substrato margoso del Mioceno se encuentra siempre más alto bajo las orillas cóncavas del río que bajo las convexas. Este factor es decisivo a la hora de independizar los acuíferos situados en ambas márgenes.

COMPONENTES DEL DIQUE

Procedencia de los materiales

El mineral tratado en la FUA procedía de dieciséis



Fotografía 1.—Vista general de la Fábrica de Uranio de Andújar con el dique de estériles. En segundo término, el río Guadalquivir.



Fotografía 1.—Vista general de la Fábrica de Uranio de Andújar con el dique de estériles. En segundo término, el río Guadalquivir.

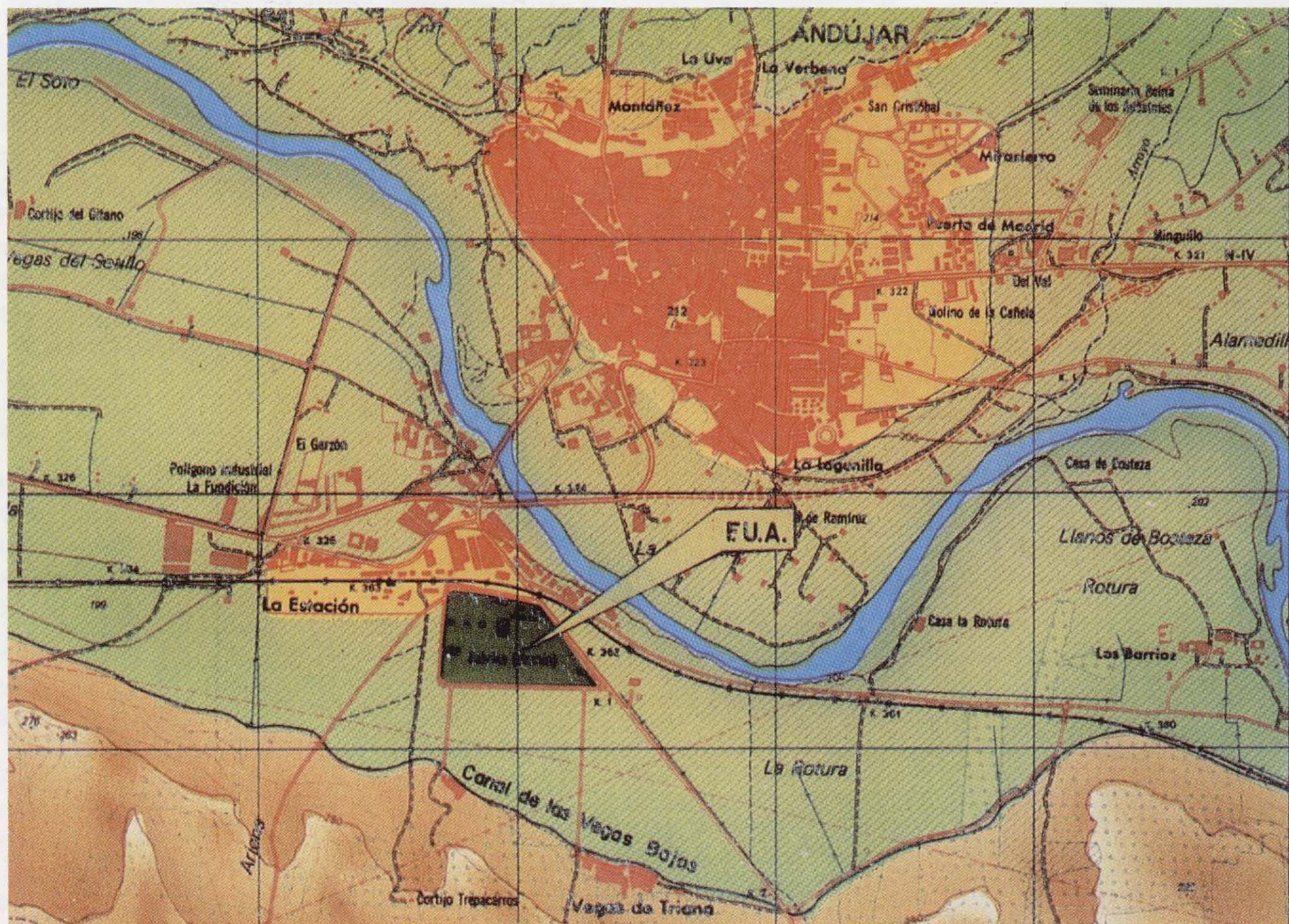


Figura 1.—Localización geográfica de la FUA.



Figura 1.—Localización geográfica de la FUA.

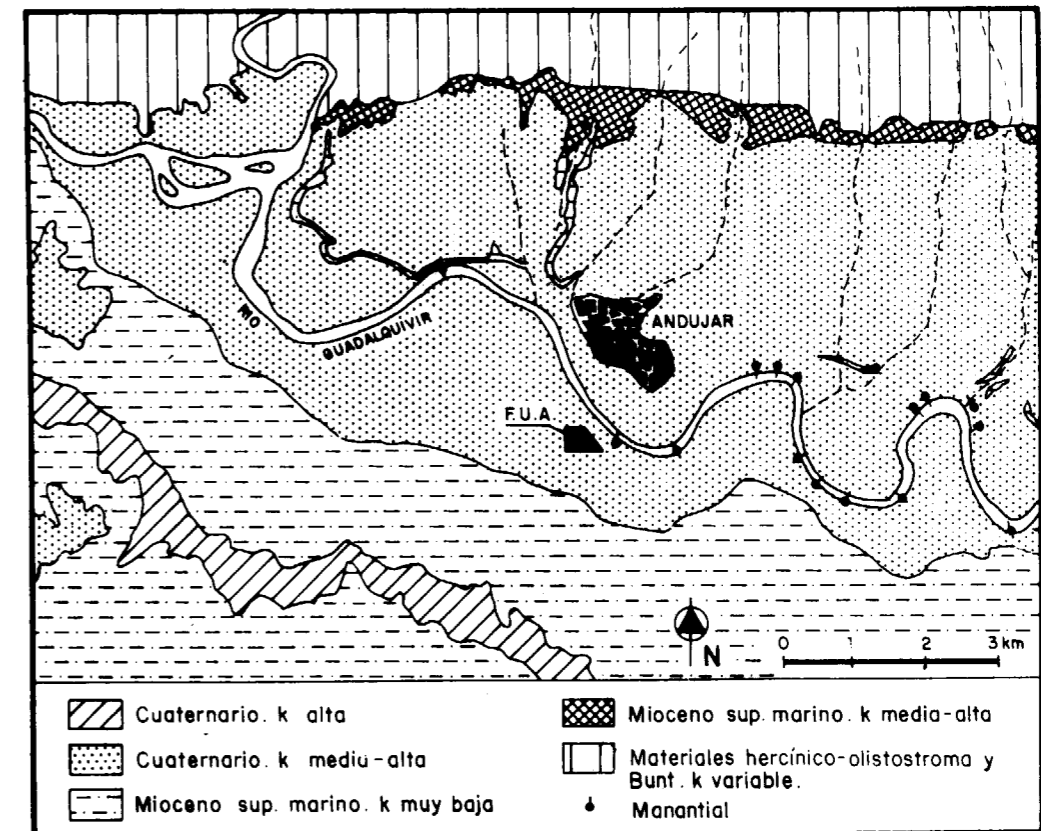


Figura 2.—Localización geológica de la FUA.

minas, de las que el 45 % se ubicaba en sedimentos pelíticos (El Lobo y El Pedregal), el 30 % en filones graníticos (Cano y La Virgen), y el 25 % en masas graníticas (Los Ratones).

Formación del dique

Los estériles residuales del proceso industrial han dado lugar a dos grandes diques yuxtapuestos (fig. 8):

- * El dique antiguo (1959-1978), de veinte metros de altura, en el que se aloja el 80 % del volumen total, y
- * El dique nuevo (1978-1981), de diez metros de altura, en el que se localiza el restante 20 %.

Entre ambos diques se almacenan 980.000 m³, de los que el 39 % corresponde a material sólido, el 47 % a agua intersticial, y el 14 % a aire intersticial.

Material sólido

Composición y contenido

Para la caracterización de los diques se han analizado materiales sólidos y líquidos, procedentes de sondeos, en los que tanto perforación, como conservación y muestreo, se realizaron con extraordinario cuidado. Sobre muestras de los mismos se han efectuado análisis físico-químicos, radioquímicos, mineralógicos y petrográficos.

También se ha determinado, para caracterizar el término fuente en las evaluaciones de impacto, la concentración de radionucleidos, su distribución espacial, actividad asociada y estado físico-químico y mineralógico, lo que al mismo tiempo ha permitido deducir su evolución.

Las técnicas estadísticas permiten confirmar la representatividad de los muestreos, así como caracterizar, separar, comparar y analizar distribuciones, contenidos y procesos.

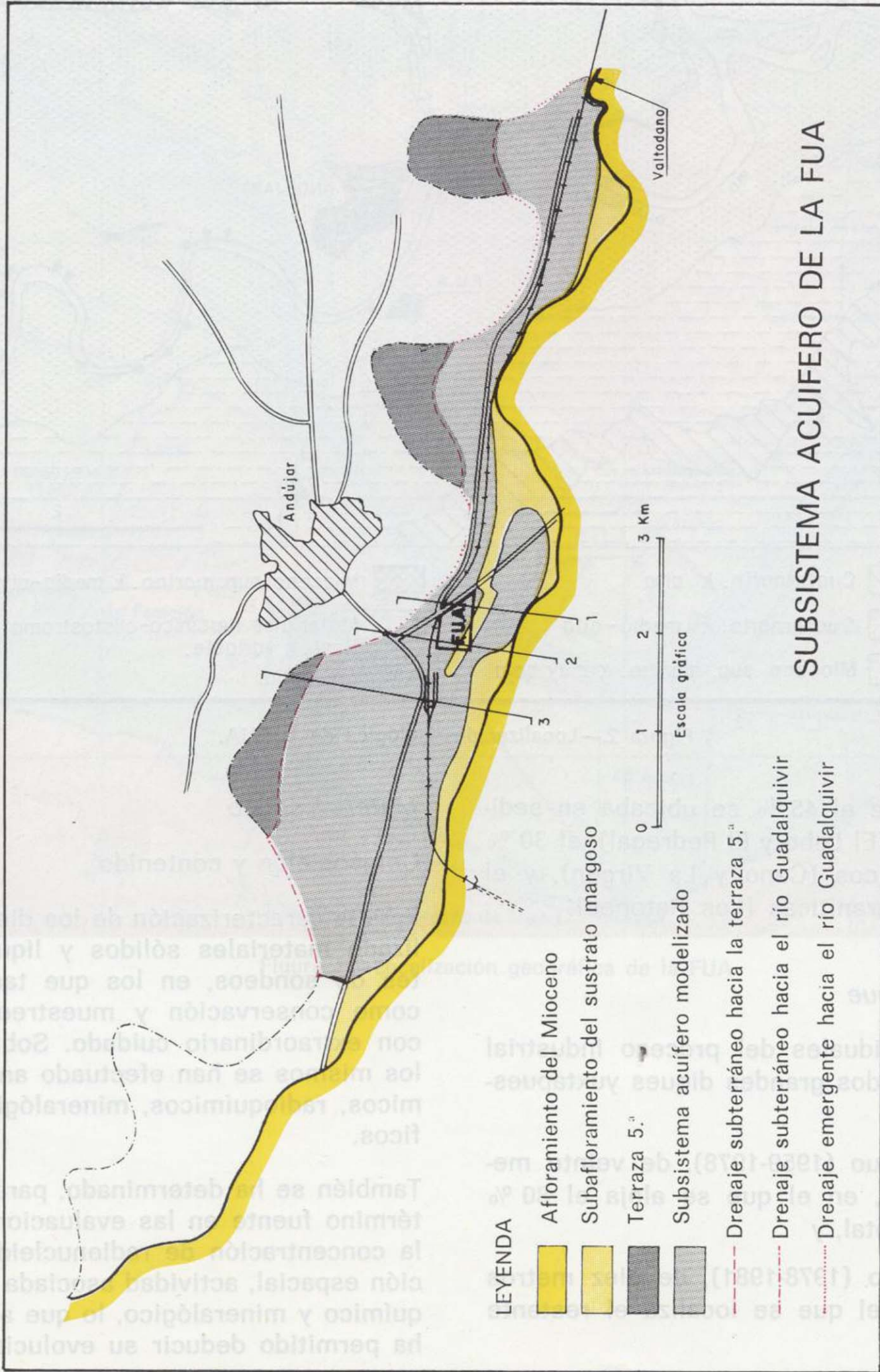


Figura 3.—Localización hidrogeológica de la FUA.

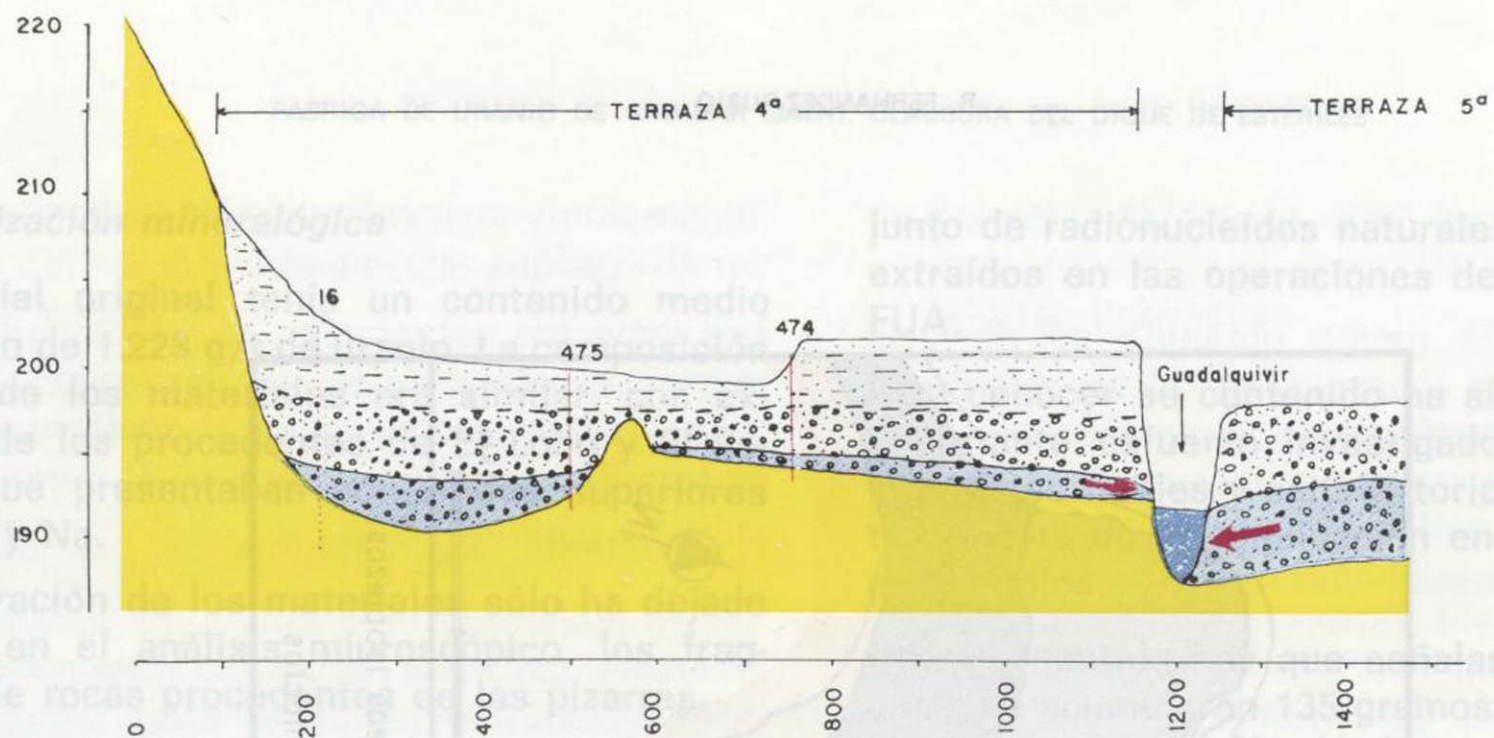


Figura 4: CORTE 1

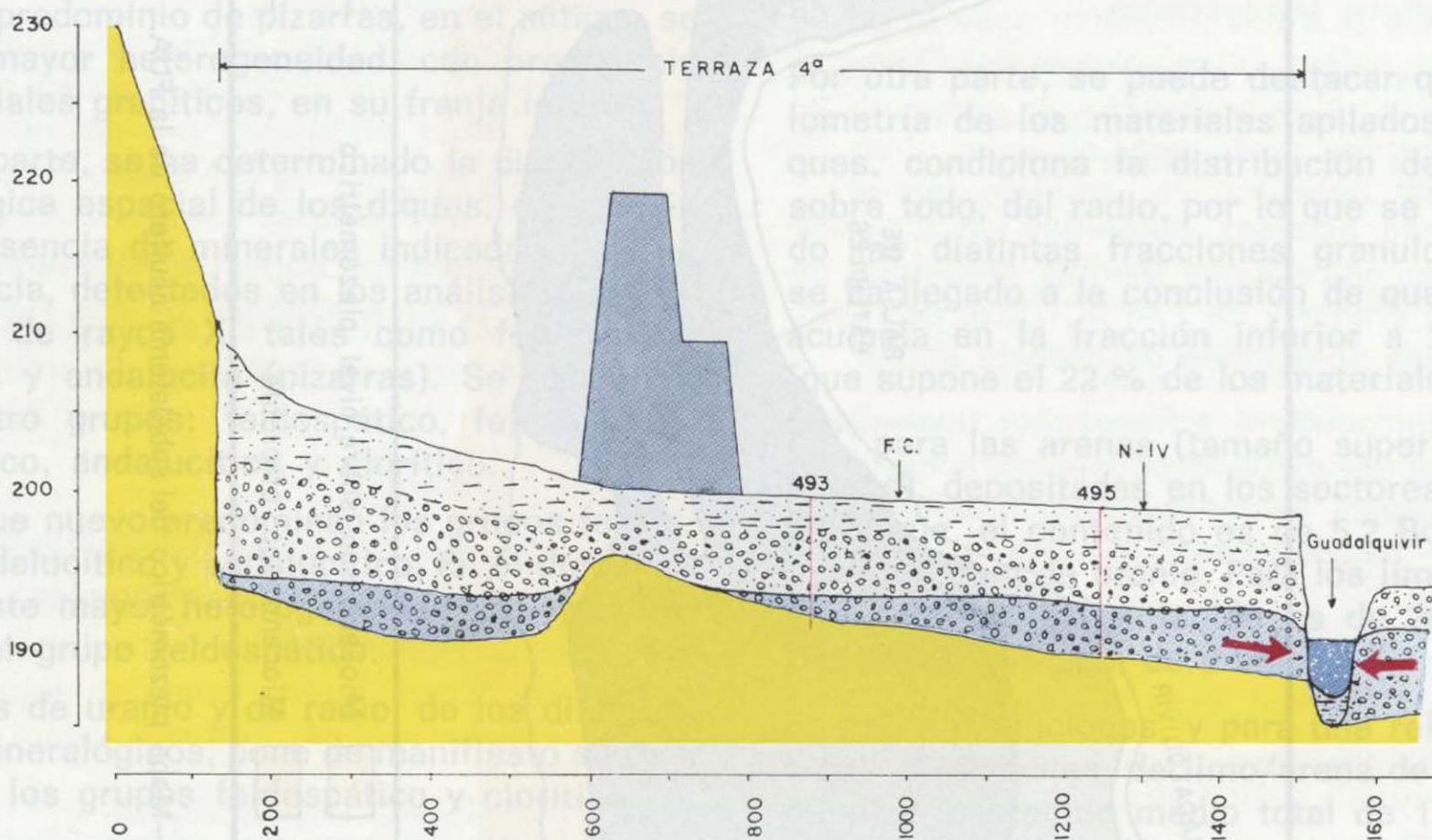


Figura 5: CORTE 2

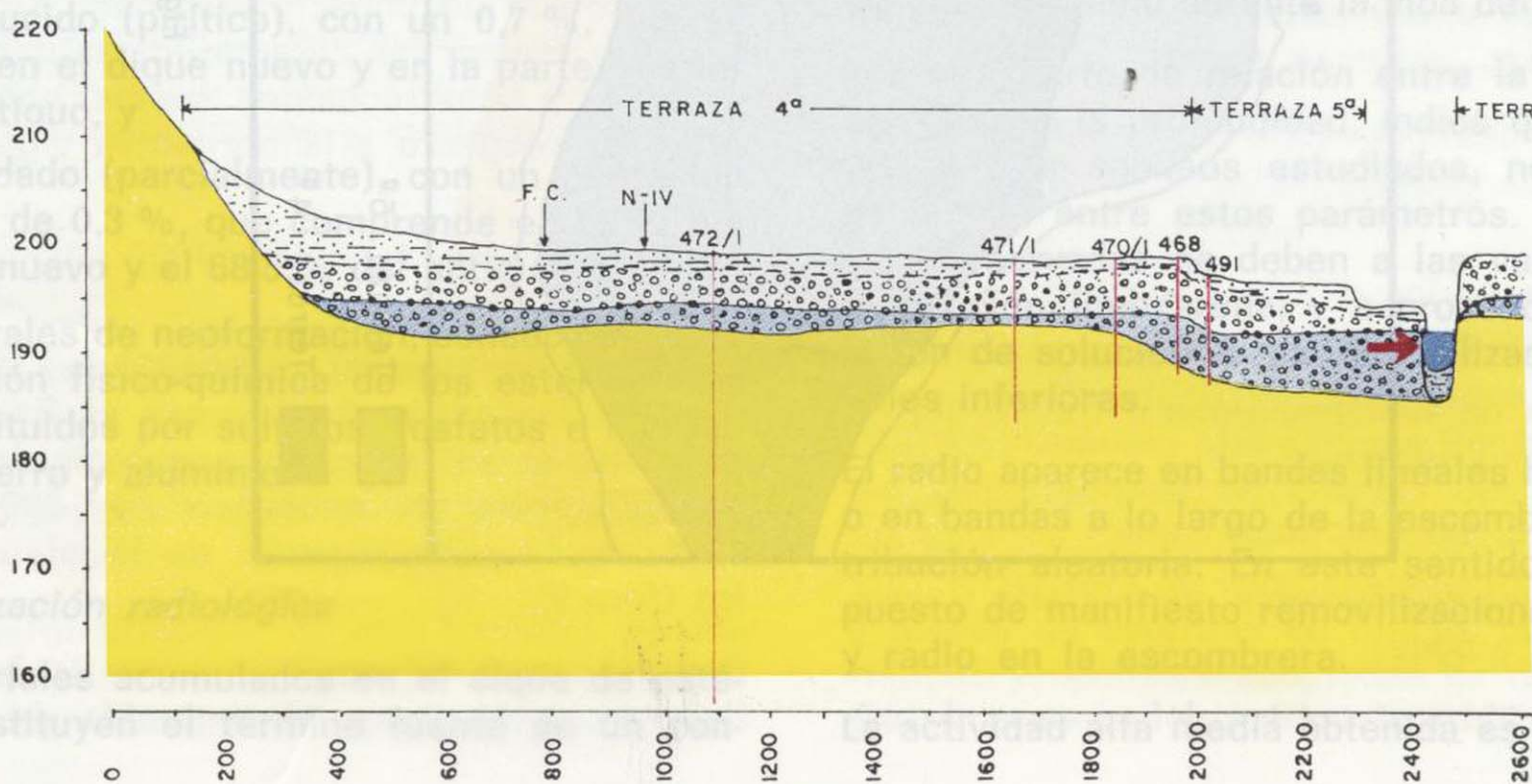


Figura 6: CORTE 3

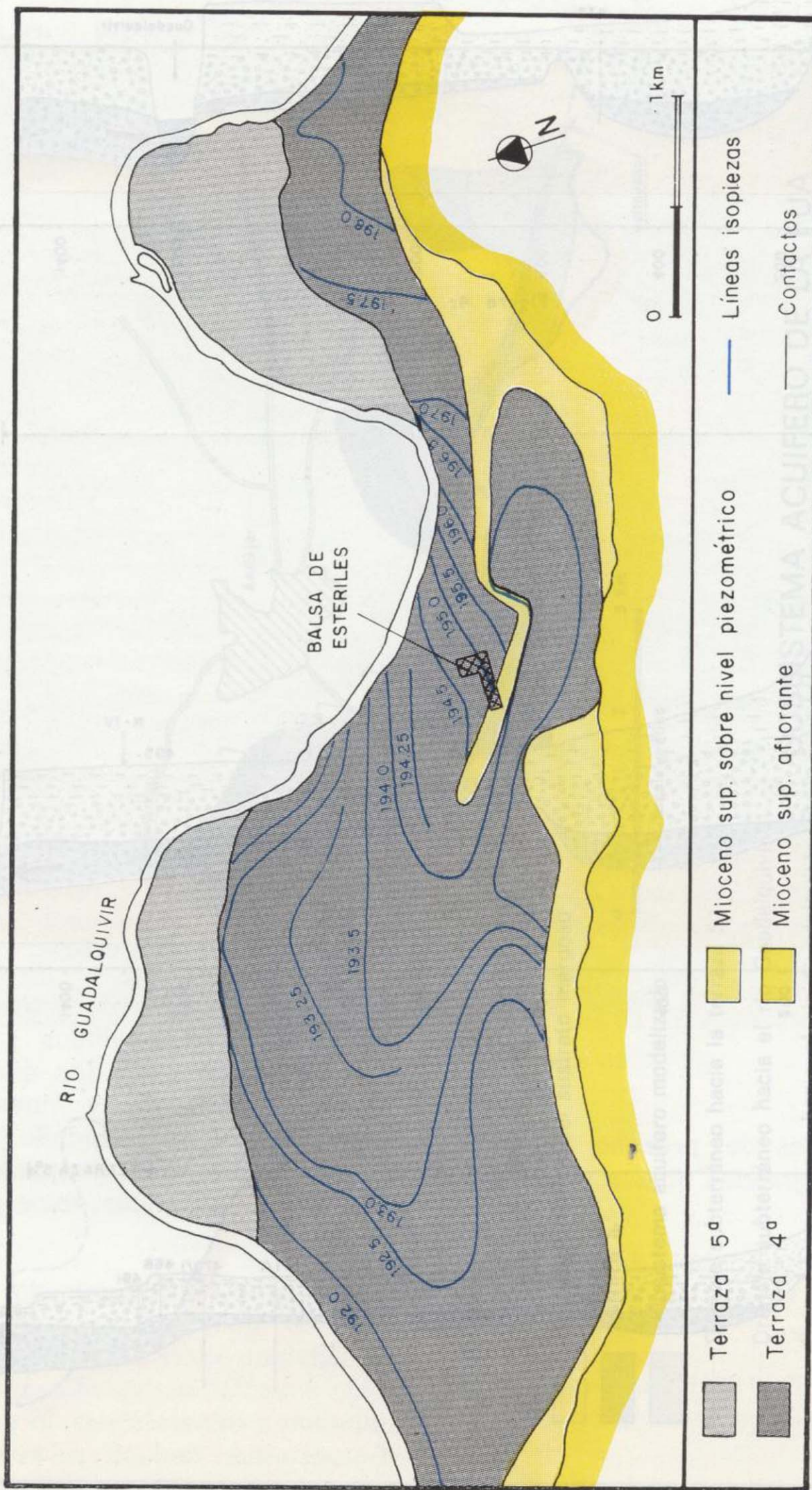


Figura 7.—Mapa piezométrico del subsistema acuífero de la FUA.

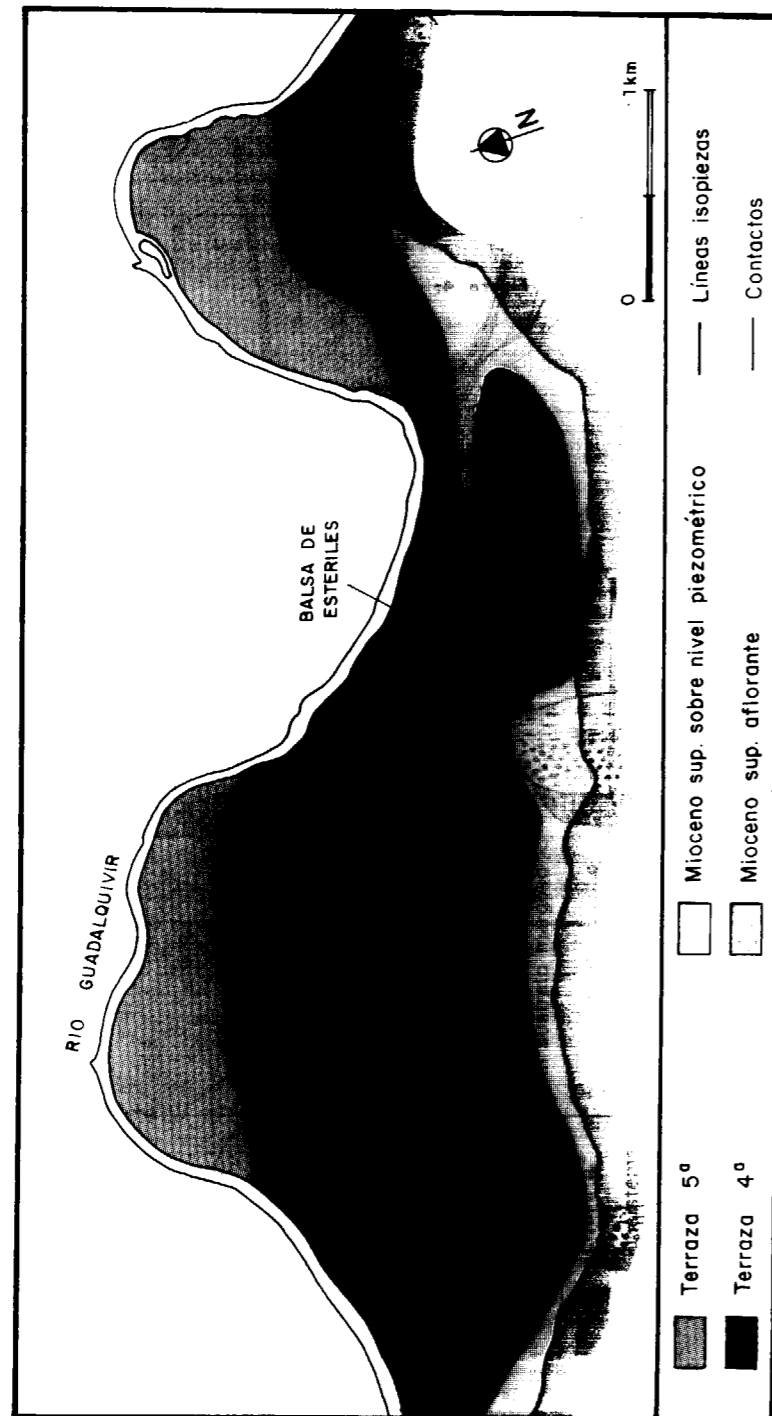


Figura 7.—Mapa piezométrico del subsistema acuífero de la FUA.

Caracterización mineralógica

El material original tenía un contenido medio ponderado de 1.223 g/t de uranio. La composición química de los materiales era similar, con excepción de los procedentes de El Lobo y El Pedregal, que presentaban contenidos superiores de C, Al y Na.

La molturación de los materiales sólo ha dejado visibles, en el análisis microscópico, los fragmentos de rocas procedentes de las pizarras.

Clasificando los materiales, en función del porcentaje de pizarras, se ha determinado que mientras en el dique nuevo existe gran homogeneidad, con predominio de pizarras, en el antiguo se detecta mayor heterogeneidad, con predominio de materiales graníticos, en su franja inferior.

Por otra parte, se ha determinado la distribución mineralógica espacial de los diques, en función de la presencia de minerales indicadores de su procedencia, detectados en los análisis difractivos de rayos X, tales como feldespatos (granitos) y andalucita (pizarras). Se han obtenido cuatro grupos: feldespático, feldespático-andalucítico, andalucítico y clorítico.

En el dique nuevo predominan los grupos feldespático-andalucítico y andalucítico. En el dique antiguo existe mayor heterogeneidad y mayor presencia del grupo feldespático.

El análisis de uranio y de radio, de los distintos grupos mineralógicos, pone de manifiesto su asociación a los grupos feldespático y clorítico.

Por su parte, el contenido en pirita permite diferenciar dos sectores:

- * el reducido (pirítico), con un 0,7 %, que se ubica en el dique nuevo y en la parte inferior del antiguo, y
- * el oxidado (parcialmente), con un contenido medio de 0,3 %, que comprende el 3,5 % del dique nuevo y el 68,5 % del antiguo.

Los minerales de neoformación, consecuencia de la evolución físico-química de los estériles, están constituidos por sulfatos, fosfatos e hidróxidos de hierro y aluminio.

Caracterización radiológica

Los materiales acumulados en el dique de estériles constituyen el término fuente de un con-

junto de radionucleidos naturales, que no fueron extraídos en las operaciones de beneficio de la FUA.

Para conocer su contenido ha sido necesario un importante esfuerzo investigador, que ha aportado datos fiables y satisfactorios, desde el punto de vista de su implicación en las condiciones ambientales.

En este sentido hay que señalar que, en los diques, se acumularon 135 gramos por tonelada de uranio no recuperado. La lixiviación, que se ha producido, se cifra para el radio entre el 0,03 % y el 0,2 %, y para el torio entre el 35 % y el 85 %.

Por otra parte, se puede destacar que la granulometría de los materiales apilados, en los diques, condiciona la distribución del uranio, y, sobre todo, del radio, por lo que se han estudiado las distintas fracciones granulométricas, y se ha llegado a la conclusión de que el radio se acumula en la fracción inferior a 10 micrones (que supone el 22 % de los materiales apilados).

Así, para las arenas (tamaño superior a 64 micrones), depositadas en los sectores periféricos del dique, el contenido es de 5,2 Bq/g de radio y de 105 ppm de uranio. Para los limos, situados en el centro, el contenido es de 20,4 Bq/g de radio y de 165 ppm de uranio.

En estas condiciones, y para una relación, en el dique de estériles, de limo/arena de 0,92, se obtiene un contenido medio total de 13,1 Bq/g de radio y de 136 Bq/g de uranio. Estas cifras reflejan que no han existido pérdidas significativas de uranio y radio durante la vida del dique.

Por otra parte, la relación entre la distribución del radio y la profundidad, indica que, salvo en uno de los sondeos estudiados, no existe dependencia entre estos parámetros. Las diferencias observadas se deben a las variaciones de la relación limo/arena, y a procesos de percolación de soluciones mal neutralizadas hacia niveles inferiores.

El radio aparece en bandas lineales homogéneas, o en bandas a lo largo de la escombrera, de distribución aleatoria. En este sentido no se han puesto de manifiesto removilizaciones de uranio y radio en la escombrera.

La actividad alfa media obtenida es de 0,48 des.

cm²/s, de la que un 82 % es debida al Ra²²⁶, y un 16 % al uranio.

La actividad alfa media obtenida es de 0,48 des.cm²/s, de la que un 82 % es debida al Ra²²⁶, y un 16 % al uranio.

Soluciones efluentes

Para conocer las concentraciones de uranio y radio, en las soluciones efluentes, se han estudiado las soluciones de drenaje natural y de los sondeos del dique de estériles, se han realizado ensayos de lixiviación y se han recogido muestras del acuífero infrayacente.

Las soluciones acuosas intersticiales, en el dique de estériles, tienen pH próximo a 3,5 en el dique nuevo y a 6,8 en el dique antiguo.

Las soluciones acuosas obtenidas de los sondeos dan concentraciones medias probables de 3.480 ppb de uranio y de 2,45 pCi/litro de radio, similares a las soluciones de drenaje actual.

Las aguas del acuífero infrayacente, inmediatamente debajo del dique, dan concentraciones inferiores a 20 ppb, lo que indica que el uranio y el radio son retenidos por las arcillas y limos del substrato.

VALORACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Planteamiento

La valoración del impacto ambiental se ha realizado en base a una serie de estudios e investigaciones, que podemos agrupar en:

- * Geología, hidrogeología y geomorfología de detalle del emplazamiento y su área circundante.
- * Geotecnia de los diques y materiales de cobertera del emplazamiento.
- * Migración de radionucleidos a través del dique y de su substrato.
- * Sismicidad del emplazamiento.
- * Ecología, socio-economía, demografía y usos del suelo y agua.
- * Modelización matemática del proceso de mi-

gración y concentración de radionucleidos en el acuífero subyacente.

Los impactos potenciales se relacionarían con la migración atmosférica de gas radón, y con la migración de uranio hacia el acuífero subyacente (fig. 9).

No obstante, los estudios se han completado con:

- * Investigaciones de posible migración de otros lixiviados, radiológicos y no radiológicos, a través del agua.
- * Estudio de la dispersión de estériles por agentes atmosféricos.
- * Estabilidad del dique.

Impacto atmosférico

En este dominio los impactos más significativos se refieren a las emisiones de gas Ra²²² a la atmósfera.

Impacto hidrológico

En este dominio los impactos más significativos se refieren a la potencial migración de uranio a las aguas subterráneas.

INVESTIGACIONES REALIZADAS

Técnicas empleadas

Los estudios de impacto ambiental se han centrado en evaluar las características del dique de estériles y construcciones anejas, así como su situación respecto a la normativa vigente.

Emisión de radón

Al objeto de estudiar la posibilidad de reducir el flujo de radón, emitido por el Ra²²⁶ apilado en el dique, se realizaron una serie de ensayos en 1987, sobre una superficie de 5.000 m², localizada en la parte superior de la pila de estériles (foto 2).

Dada la gran influencia que, en la barrera de flujo de radón, tiene el contenido de humedad

de la arcilla, se realizaron análisis de sensibilidad, para definir la influencia del espesor de las diferentes capas.

Los controles se realizaron mediante la medida de flujo de radón en superficie, en dieciocho puntos diferentes. Simultáneamente se determinó directamente el flujo de radón en once pocillos (nueve en las diferentes secciones, de acuerdo con el espesor de arcilla y su contenido de humedad, y dos en la superficie del dique). De esta forma se pudo controlar el flujo sin la influencia del filtro. Al mismo tiempo se controló el radón fuera del área de influencia del dique de estériles.

Los cálculos efectuados han puesto de manifiesto que un espesor de sólo medio metro de barrera de arcilla era suficiente para reducir el flujo de radón desde 400 pCi/m²/s a 20 pCi/m²/s, que es la cifra especificada en los criterios generales de proyecto.

En estos ensayos se ha determinado que el contenido óptimo de humedad, de la capa de arcilla, es del 13,22 %.

Infiltración de radionucleidos

El mayor énfasis de la investigación se ha puesto en el estudio teórico y práctico de cualquier tipo de flujos de aguas subterráneas, que pudiese tener lugar, a partir de los materiales apilados.

En este sentido se ha realizado una investigación hidrogeológica muy detallada y pluridisciplinar, con apoyo en técnicas geofísicas, sondeos de investigación y control, determinaciones e interpretaciones hidroquímicas, controles piezométricos, tests hidrodinámicos y modelización matemática.

Las principales conclusiones alcanzadas son las siguientes:

- * La FUA se ubica sobre un acuífero libre o semiconfinado, correspondiente a la terraza 4.^a del Guadalquivir, que descansa sobre un substrato margoso miocénico de muy baja permeabilidad.
- * La recarga principal, de este acuífero, se produce por infiltración de los excedentes de riego. Secundariamente se produce por la per-

colación de lluvias. Sólo las aguas de lluvia que atraviesan el dique de estériles podrían aportar lixiviados.

- * La terraza 4.^a está limitada al sur por un borde impermeable, correspondiente al afloramiento del substrato margoso miocénico. El borde septentrional lo define el Guadalquivir, bien directamente (donde el río dibuja curvas cóncavas hacia el norte), bien a través de la terraza 5.^a (cuando la concavidad es hacia el sur). El límite oriental es un estrecho borde de recarga (unas pocas decenas de metros), que se encuentra próximo a la presa de Valtozano, de la que se deriva el agua para riego de la vega existente sobre el sistema acuífero. El borde occidental vuelve a ser el Guadalquivir, en relación con la cola de embalse de la presa de Marmolejo, ubicada aguas abajo del sistema, en conexión directa con la terraza 4.^a.
- * El flujo subterráneo tiene lugar como consecuencia de la conjunción de dos componentes básicas, de direcciones este-oeste y sur-norte. La divisoria existente bajo la FUA da lugar a la individualización de dos corrientes paralelas, cuya unión no llega a realizarse bajo el sistema hidrogeológico.
- * En estas condiciones toda la descarga natural, bien a través de manantiales o subterráneamente, tiene lugar hacia el río Guadalquivir (límite de drenaje), que separa e independiza las terrazas de ambos márgenes.

SOLUCION ADOPTADA

Soluciones posibles

El estudio de soluciones ha tenido como objetivo prioritario minimizar los riesgos derivados de este dique de estériles.

En el análisis de soluciones se tuvo en cuenta la experiencia adquirida en otros países, y se concluyó en considerar especialmente el programa UMTRA (Uranium Mill Tailings Remedial Action), del Departamento de Energía del Gobierno de los Estados Unidos. Este programa tiene por objeto la clausura de veinticuatro antiguas fábricas y diques de estériles de uranio, cuyas características y opciones adoptadas se recogen en la tabla 1.

TABLA 1
Cantidad de residuos, y acciones propuestas, en emplazamientos inactivos de fábricas de uranio, en USA y España

ESTADO	EMPLAZAMIENTO	CANTIDAD ·10 ³ toneladas	ACTIVIDAD		ACTUACION PREVISTA
			Ci total	Ci/g Ra226	
ARIZONA	Monument Valley	1,20	780	- 50	Acondicionamiento in situ
	Tuba City	0,80	9.570	- 920	Acondicionamiento in situ
COLORADO	Durango	1,60	14.500	- 700	Remoción
	Grand Junction	1,90	19.200	- 780	Remoción
	Gunnison	0,50	2.700	- 420	Remoción
	Maybell	2,60	9.100	- 270	Acondicionamiento in situ
	Naturita	0,60	--	- --	Remoción
	New Rifle	2,70	30.500	- 870	Remoción
	Old Rifle	0,40	5.200	- 1000	Remoción
	Slick Rock (1)	0,04	400	- 780	Acondicionamiento in situ
Slick Rock (2)	0,35	3.100	- 690	Acondicionamiento in situ	
IDAHO	Lowman	0,09	620	- 530	Acondicionamiento in situ
NUEVO MEXICO	Ambrosia Lake	2,60	21.600	- 640	Acondicionamiento in situ
	Shiprock	1,50	13.600	- 700	Acondicionamiento in situ
DAKOTA DEL NORTE	Beldfield	--	--	- --	Remoción
	Bowman	--	--	- --	Acondicionamiento in situ
OREGON	Lakeview	0,13	700	- 420	Remoción
PENNSYLVANIA	Canonsburg	0,40	--	- --	Acondicionamiento in situ
TEXAS	Falls City	2,50	14.600	- 450	Acondicionamiento in situ
UTAH	Green River	0,12	1.300	- 810	Acondicionamiento in situ
	Mexican Hat	2,20	22.400	- 784	Acondicionamiento in situ
	Salt Lake City	1,70	19.000	- 900	Remoción y estabilización
WYOMING	Converse County	0,19	840	- 340	Acondicionamiento in situ
	Riverton	0,90	6.500	- 560	Remoción
ESPAÑA	Andújar (FUA)	1,20	5.400	- 345	Acondicionamiento in situ

(1) Apilamiento de North Continent
 (2) Apilamiento de Union Carbide

Este programa pone el mayor énfasis en conseguir un diseño que ofrezca las mayores garantías de duración, a largo plazo.

Con respecto a la FUA las actuaciones podrían dirigirse en dos sentidos:

- * Remover los 1,2 millones de toneladas apiladas, junto a todas las instalaciones, equipos y edificaciones a otro emplazamiento hidrogeológica y socioeconómicamente bien situado, o

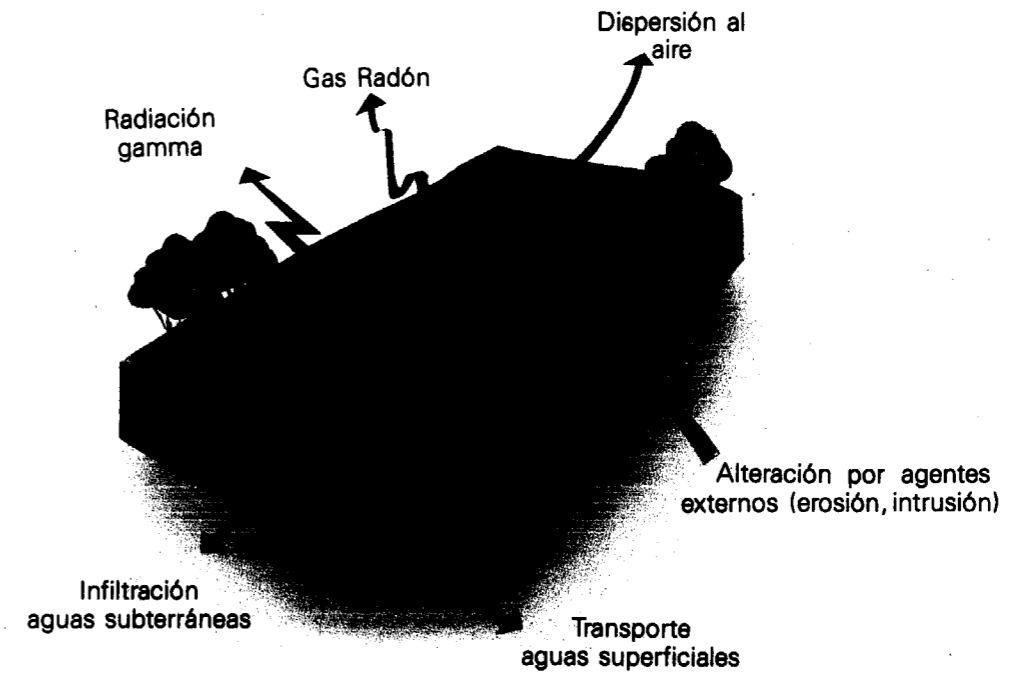


Figura 8.—Proceso de formación del dique de estériles.

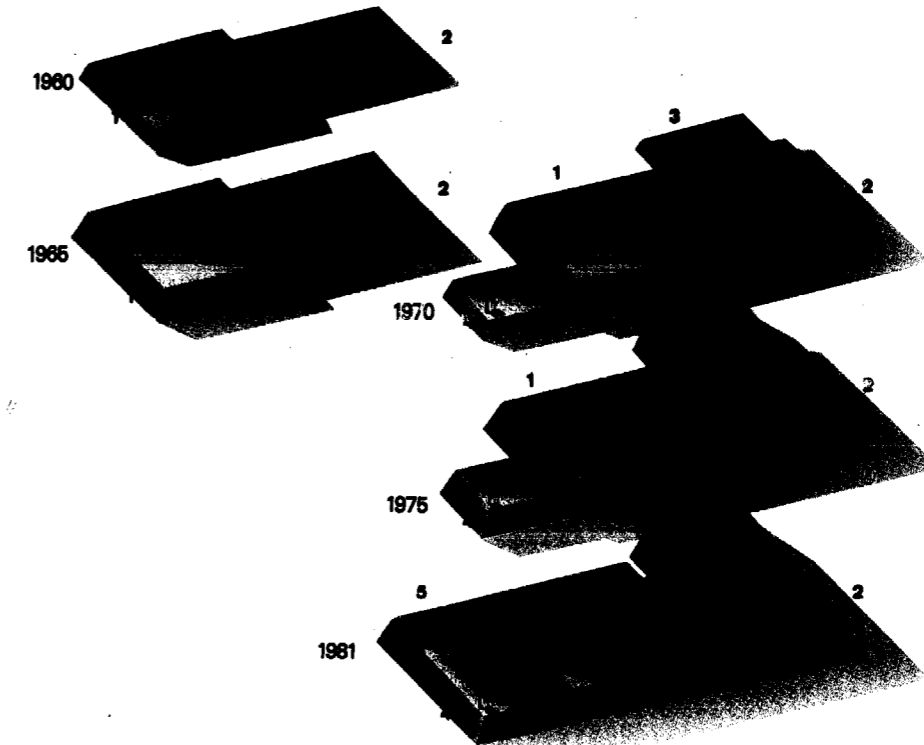


Figura 9.—Impactos ambientales potenciales del dique de estériles.

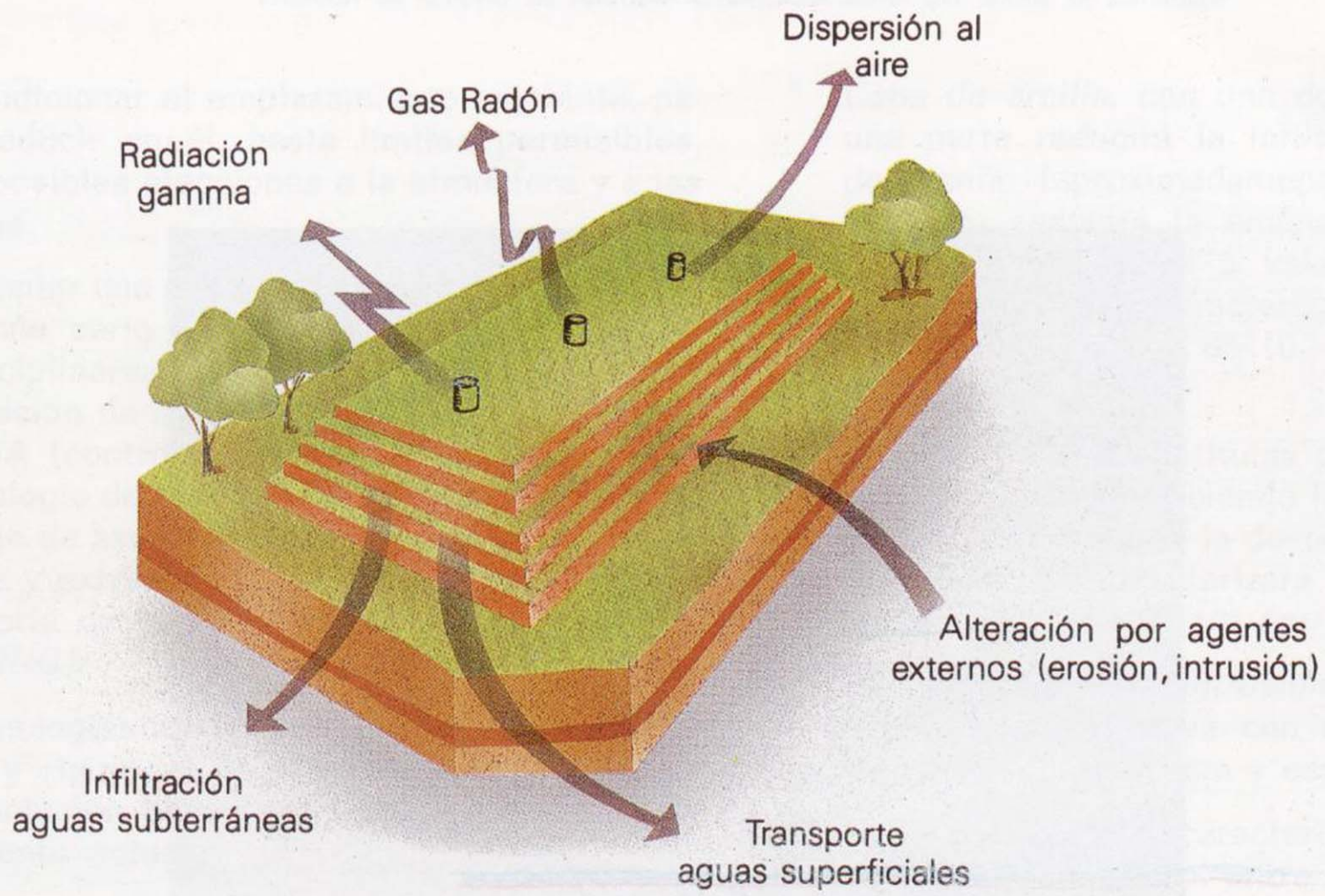


Figura 8.—Proceso de formación del dique de estériles.

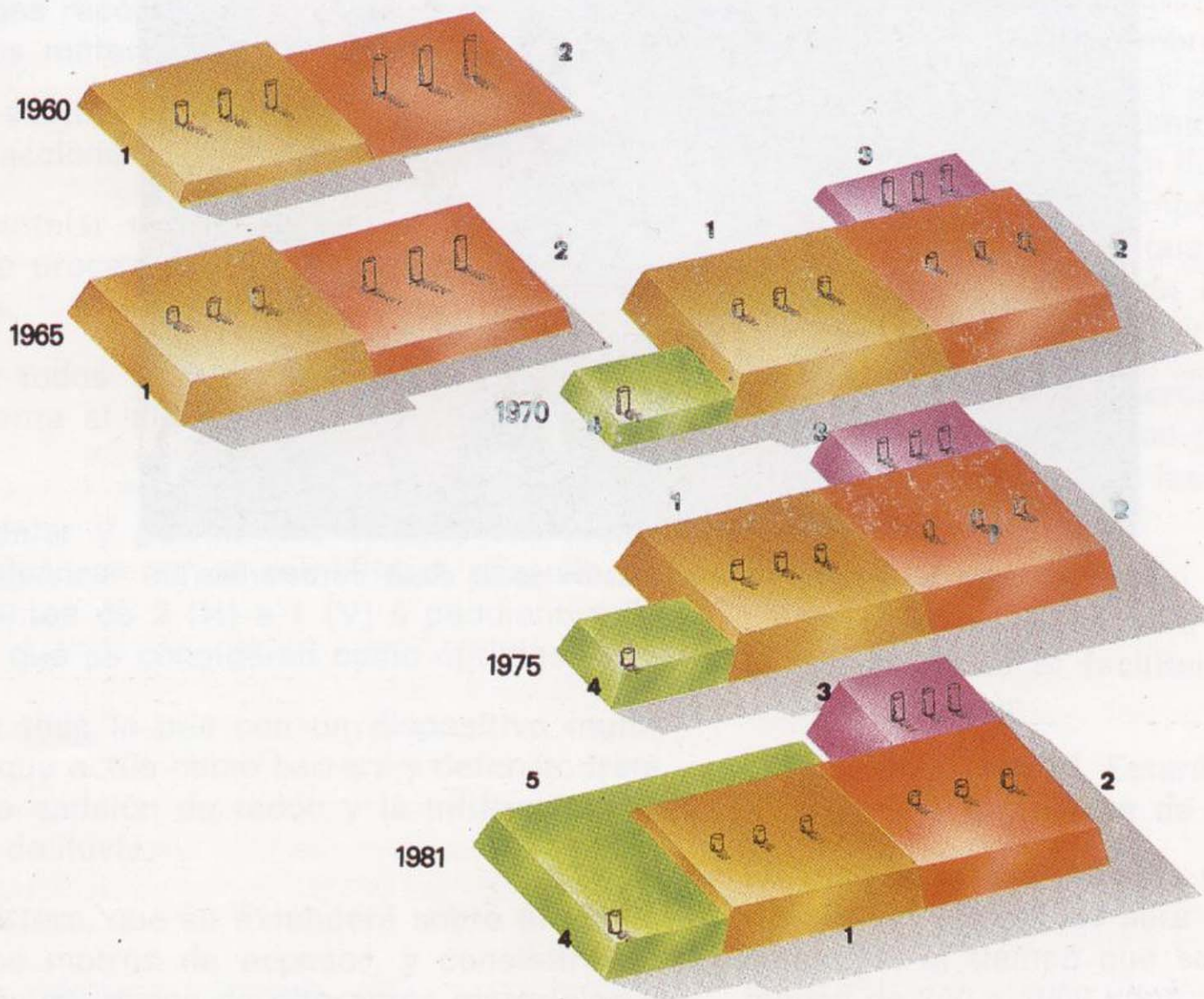
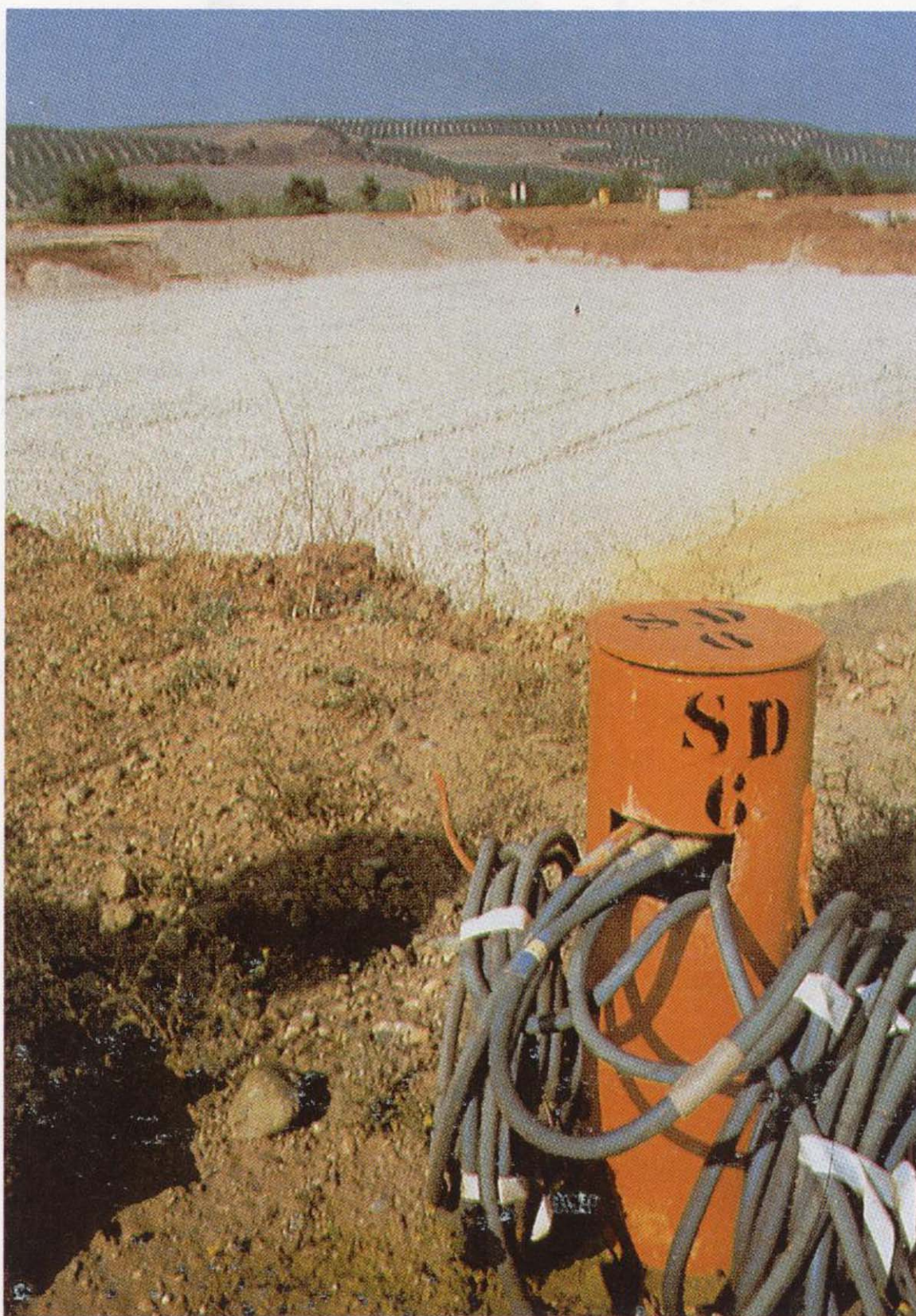


Figura 9.—Impactos ambientales potenciales del dique de estériles.



Fotografía 2.—Sondeo de auscultación en el dique de estériles.



Fotografía 2.—Sondeo de auscultación en el dique de estériles.

- * Acondicionar el emplazamiento existente, para reducir en él, hasta límites permisibles, las posibles afecciones a la atmósfera y a las aguas.

Para adoptar una decisión al respecto se han realizado una serie de investigaciones y estudios pluridisciplinarios, dirigidos por ENRESA, con la colaboración de INITEC (ingeniería de proyecto), GEOCISA (controles radiológicos) y el CIEMAT (metodología de muestreo y análisis), además de una serie de asesoramientos de especialistas nacionales y extranjeros (en estos últimos destaca la asesoría de la firma americana JACOBS ENGINEERING).

Las tecnologías aplicadas han sido las más modernas y rigurosas, y han concluido en que la mejor solución consiste en acondicionar el emplazamiento actual.

Diseño propuesto

La solución finalmente propuesta tiene por objetivo reducir al máximo las emisiones atmosféricas de gas radón, y las infiltraciones de lixiviados de los materiales apilados.

En este sentido está previsto realizar las siguientes acciones:

- * Desmantelar todas las instalaciones y equipos de proceso y demoler todas las edificaciones.
- * Apilar todos estos restos en una ubicación adyacente al dique, en su flanco septentrional.
- * Remodelar y perfilar los taludes del dique, para alcanzar mayor estabilidad, pasando de pendientes de 2 (H) a 1 (V) a pendientes de 5 a 1, que se consideran como óptimas, y
- * Cubrir toda la pila con un dispositivo multicapa, que actúe como barrera y defensa, frente a la emisión de radón y la infiltración de aguas de lluvia.

Esta cobertera, que se extenderá sobre el dique, tendrá dos metros de espesor, y consistirá en un sistema multicapa de diferentes materiales y espesores (fig. 10), cuyas funciones se indican a continuación:

- * *Capa de arcilla*, con una doble función: por una parte reducirá la infiltración a valores de diseño (aproximadamente 3 mm/año), y por otro reducirá la emanación de gas radón a la atmósfera a valores inferiores a 20 pCi/m²/s. Se caracterizará por una permeabilidad saturada de 10⁻⁷ cm/s, y espesor de 60 cm.
- * *Capa drenante*, constituida por 25 cm. de espesor de arena, ejerciendo funciones de dren y de protección ante la desecación de la capa de arcilla. Se caracterizará por una permeabilidad saturada de 10⁰ cm/s.
- * *Barrera contra biointrusión/erosión*. Estará constituida por grava con un diámetro medio de grano de 10 cm y espesor de 30 cm.
- * *Capa de filtro*. Se caracterizará por cumplir condiciones de filtro, entre el suelo y la barrera contra la biointrusión, y tendrá espesor de 25 cm.
- * *Suelo vegetal*. Su característica básica será la de permitir el desarrollo de una comunidad vegetal sobre él. Su espesor será de 50 cm.
- * *Suelo grava* (en cumbre). Constituido por una mezcla de suelo y gravilla, cuya finalidad será, por una parte, amortiguar el efecto erosivo del impacto de la lluvia (componente gravilla), y, por otra, compensar las pérdidas superficiales de suelo que se pudieran producir a lo largo de la vida útil de la obra. Esta capa representa la última para la cumbre.
- * *Protección contra la erosión* (en talud). Estará constituida por gravas gruesas, de 15 cm de tamaño medio, con los huecos rellenos de suelo.
- * *Tierra vegetal o suelo* (perdido) (en talud). Su espesor inicial será de 2-5 cm, y tendrá por finalidad el facilitar el agarre inicial de la vegetación.
- * *Cubierta vegetal*. Estará constituida por herbáceas y gramíneas de la zona.

En todo caso los trabajos podrán realizarse sin riesgos no admisibles para el hombre y el medio ambiente, al tiempo que se alcanzará una durabilidad de 200 a 1000 años, y se llegará a una solución que minimiza la necesidad de mantenimiento.

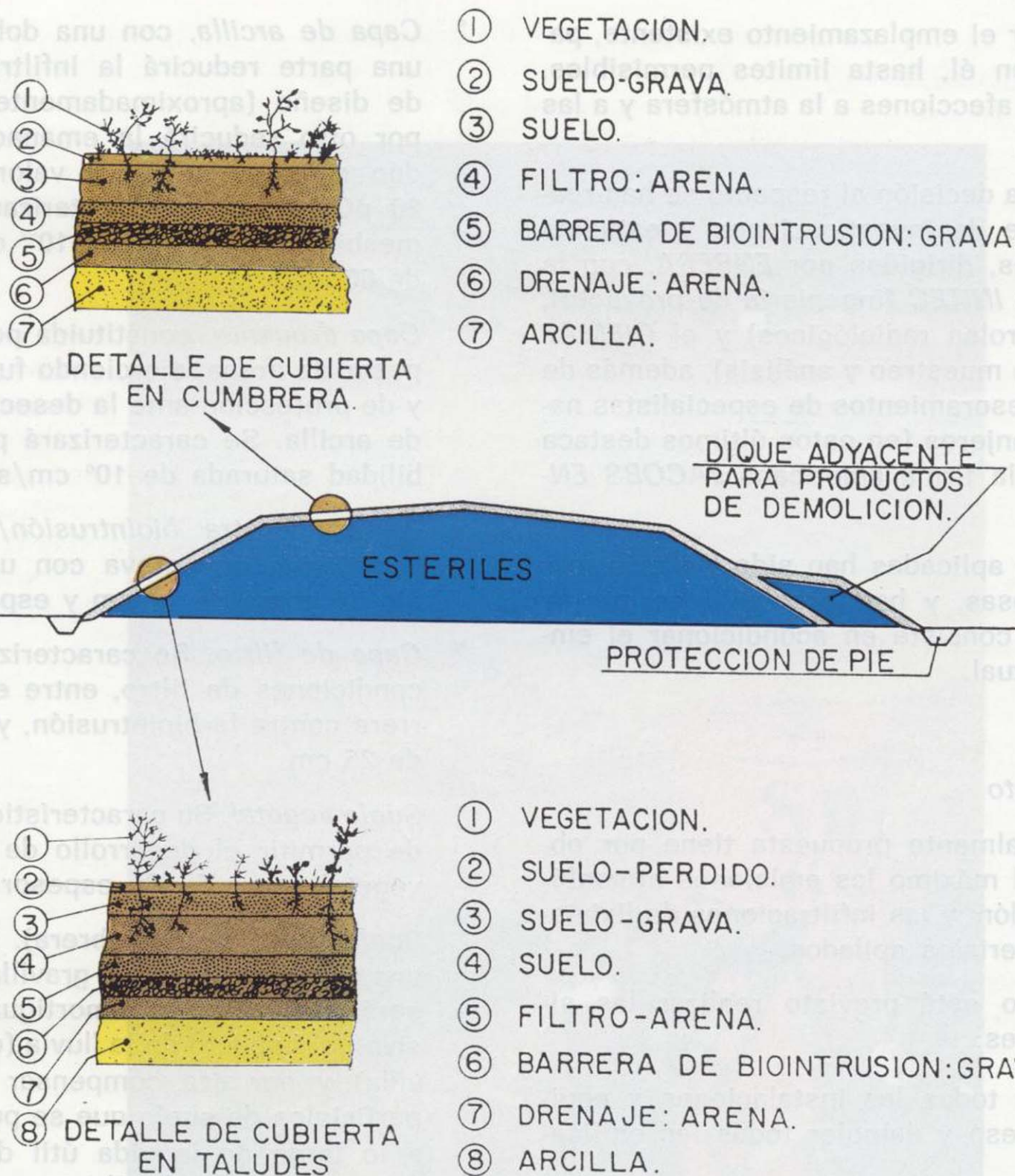


Figura 10.—Sección transversal del dique de estériles y capas de cobertura.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a ENRESA las facilidades ofrecidas, para la realización de este trabajo, al poner a su disposición toda la información disponible, sin limitaciones, y al autorizarle a hacer públicos los resultados del mismo.

REFERENCIAS

El autor ha tenido acceso, en diferentes ocasiones, a los trabajos en curso, en calidad de Asesor de la investigación hidrogeológica realizada.

Por otra parte, ha dispuesto de los informes emitidos, de los que ha extractado, para esta publicación, los aspectos más significativos, sin entrar en profundidad en las complejas investigaciones efectuadas.

Los informes y publicaciones que, básicamente, han servido para la preparación de esta síntesis, y que engloban

los resultados de las investigaciones, han sido los siguientes:

CIEMAT (1988): *Estudio de parámetros de migración de la escombrera de la FUA.*

ENRESA (1989): *Fábrica de Uranio de Andújar. Desmantelamiento y clausura. I Plan de Clausura.*

ENRESA (1990): *Proyecto de clausura de la Fábrica de Andújar.* Estratos, 17:30-31. Madrid.

LOPEZ ARECHAVALA, G., y MARTIN BOURGON, P. (1988): *Estudio hidrogeológico detallado y modelo matemático del flujo subterráneo en el entorno de la Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén, España).* VIII Congr. Intern. Minería y Metalurgia.

PEREZ ESTEVEZ, C., y SANCHEZ DELGADO, M. (1988): *Test program for design of a radon barrier.* Nuclear Europe, 11-12: 40-41.

SANTIAGO, J. L., y SANCHEZ DELGADO, M. (1990): *Clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar y rehabilitación del emplazamiento.* I Congr. Intern. Química ANQUE.

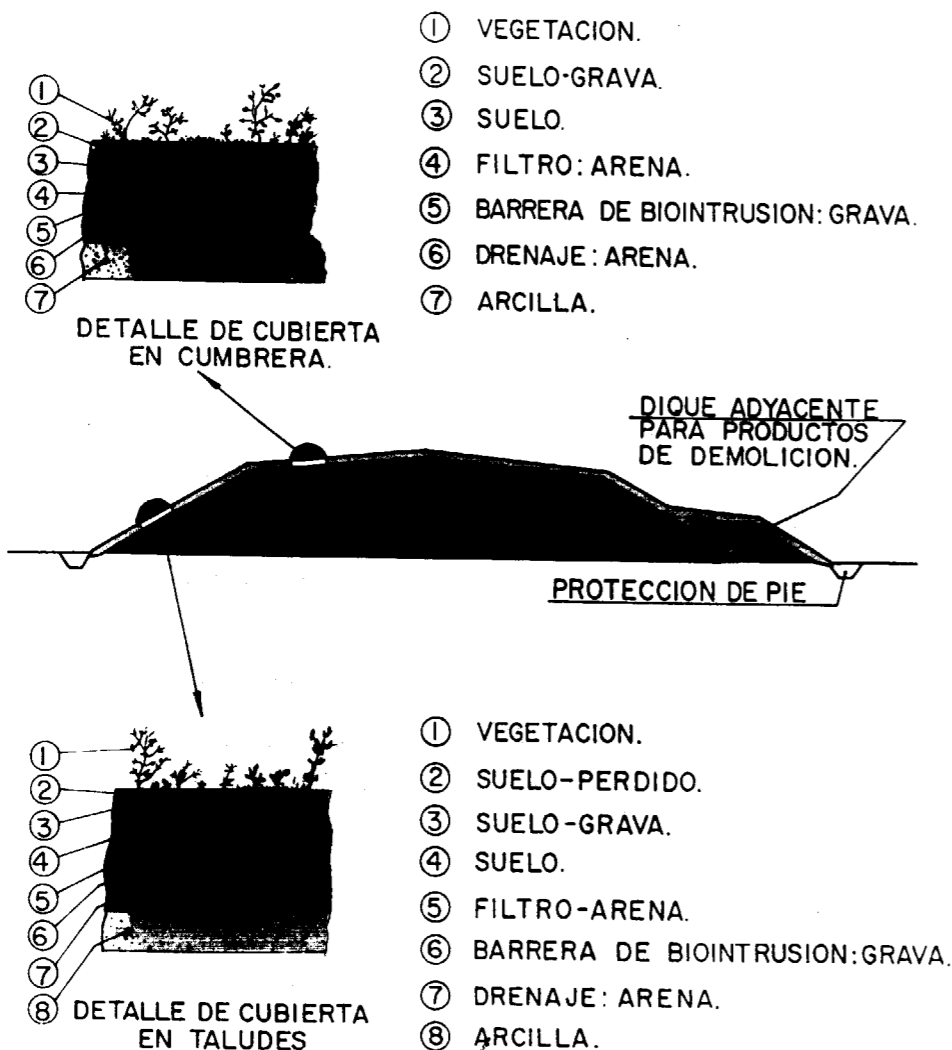


Figura 10.—Sección transversal del dique de estériles y capas de cobertura.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a ENRESA las facilidades ofrecidas, para la realización de este trabajo, al poner a su disposición toda la información disponible, sin limitaciones, y al autorizarle a hacer públicos los resultados del mismo.

REFERENCIAS

El autor ha tenido acceso, en diferentes ocasiones, a los trabajos en curso, en calidad de Asesor de la investigación hidrogeológica realizada.

Por otra parte, ha dispuesto de los informes emitidos, de los que ha extractado, para esta publicación, los aspectos más significativos, sin entrar en profundidad en las complejas investigaciones efectuadas.

Los informes y publicaciones que, básicamente, han servido para la preparación de esta síntesis, y que engloban

los resultados de las investigaciones, han sido los siguientes:

CIEMAT (1988): *Estudio de parámetros de migración de la escombrera de la FUA.*

ENRESA (1989): *Fábrica de Uranio de Andújar. Desmantelamiento y clausura. I Plan de Clausura.*

ENRESA (1990): *Proyecto de clausura de la Fábrica de Andújar. Estratos, 17:30-31. Madrid.*

LOPEZ ARECHAVALA, G., y MARTIN BOURGON, P. (1988): *Estudio hidrogeológico detallado y modelo matemático del flujo subterráneo en el entorno de la Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén, España).* VIII Congr. Intern. Minería y Metalurgia.

PEREZ ESTEVEZ, C., y SANCHEZ DELGADO, M. (1988): *Test program for design of a radon barrier.* Nuclear Europe, 11-12: 40-41.

SANTIAGO, J. L., y SANCHEZ DELGADO, M. (1990): *Clausura de la Fábrica de Uranio de Andújar y rehabilitación del emplazamiento.* I Congr. Intern. Química ANQUE.

Metales pesados en la atmósfera de Madrid.

Por J. F. LLAMAS (*), E. CHACON (***) y E. DE MIGUEL (**)

RESUMEN

Este informe pretende definir un nuevo enfoque en el problema del diseño de un estudio geoquímico de los metales pesados aerotransportados en atmósferas urbanas.

Este enfoque está basado en la teoría de muestreo de Visman, análisis por Espectrometría de Emisión de Plasma y tratamiento de datos mediante técnicas de Análisis Multivariante. Los resultados de todo este proceso se utilizan al final para caracterizar un barrio de la ciudad de Madrid.

Palabras clave: Metales pesados, Contaminación urbana, Análisis multivariante.

SUMMARY

This paper attempts to define a new approach to the problem of designing a geochemical study of airborne heavy metals in an urban atmosphere.

This approach is based upon Visman's sampling theory, Inductively Coupled Plasma Spectrometry analysis and data interpretation through Multivariate Analysis techniques. The results of this whole process are ultimately used to characterize a neighbourhood in the city of Madrid.

Key words: Heavy metals, Urban pollution, Multivariate analysis.

INTRODUCCION

La preocupación por el Medio Ambiente y su interrelación con la salud humana y la calidad de vida ha aumentado de manera espectacular en los últimos años. Paralelamente a esta actitud, los estudios de contaminación de suelos, aguas y atmósfera han atraído un interés creciente.

Dentro del problema de la contaminación atmosférica cabe señalar, sin embargo, que, al utilizar este término, se hace referencia, la mayor parte de las ocasiones, a la presencia en la atmósfera, en concentraciones anormalmente elevadas, de gases nocivos, principalmente monóxido y dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno.

(*) Departamento de Ingeniería Química y Combustibles de la E. T. S. I. de Minas de Madrid.

(**) Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería de la E. T. S. I. de Minas de Madrid.

Se olvida, de esta manera, que por contaminación atmosférica se entiende, además, la presencia en el aire de partículas que, por su peso o tamaño, son capaces de entrar en suspensión en la atmósfera. Estas partículas retornan a la superficie terrestre por deposición, corrientes de convección, acompañando a la lluvia o la nieve, etc., y, si poseen un tamaño adecuado (generalmente menor de 10 μm .), pueden ser incorporadas directamente al tracto respiratorio y, de ahí, al torrente sanguíneo.

ANTECEDENTES

La contaminación atmosférica por metales pesados aerotransportados es objeto, debido a su potencial toxicidad para la salud humana, de una creciente atención por parte de los organismos públicos responsables de Medio Ambiente. Así

lo demuestra el número cada vez mayor de estudios acerca de este tema, entre los que cabe señalar, como botón de muestra, los siguientes:

- * Estudio de la distribución y comportamiento de los elementos traza en la atmósfera mediante la toma regular de muestras de polvo aéreo, muestras de agua de lluvia y de su residuo seco, llevado a cabo por P. A. CAWSE y D. H. PEIRSON, junto a sus colaboradores de la A. E. R. E., en Gran Bretaña (PEIRSON y CAWSE, 1979).
- * Programa patrocinado por la National Science Foundation (N. S. F.), de EE. UU., y en el que participaron equipos de investigación de las Universidades de Missouri, Illinois, Colorado State University, Purdue University y del Holifield National Laboratory (ROLFE y REINBOLD, 1975) (EDWARDS, 1976).
- * Estudio del aerosol atmosférico de la ciudad de Phoenix a través del análisis de partículas atmosféricas individuales, a cargo del Departamento de Química y Geología de la Arizona State University (SHATTUCK et al., 1985).
- * Intento de caracterización de la distribución de partículas de Pb atmosférico, debido a J. SANTAMARIA y M. FERNANDEZ, del Instituto de Salud Carlos III, de Madrid (SANTAMARIA y FERNANDEZ, 1989).
- * Estudio de metales pesados (Pb, Cd, Cu y Zn) en polvos y suelos urbanos de Inglaterra, Escocia y Gales, llevado a cabo por el Grupo de Investigación de Geoquímica Aplicada del Departamento de Geología de la Royal School of Mines (Imperial College of Science and Technology) de Gran Bretaña (THORNTON et al., 1988).
- * El antecedente inmediato del trabajo que aquí se presenta, realizado por uno de los autores de este artículo, durante el mes de octubre y primera semana de noviembre de 1988 en la ciudad alemana de Hannover, es una campaña de investigación geoquímica urbana llevada a cabo bajo la dirección del Dr. VAN DEN BOOM, Jefe de la División de Geoquímica del B. G. R. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

OBJETIVOS

Como resultado de la aplicación de un método de toma de muestras diseñado dentro del mismo proyecto de investigación que aquí se resume (DE MIGUEL, 1990; Proyecto Fin de Carrera, no publicado) al caso particular de una cuadrícula «tipo» del área urbana de Madrid, se han cubierto tres objetivos:

- * Ensayar una metodología para la realización física de la toma de muestras, así como para su preparación y análisis en laboratorio.
- * Presentar una guía para el tratamiento e interpretación de los resultados de los análisis.
- * Caracterizar una cuadrícula «tipo» dentro de la ciudad de Madrid y establecer hipótesis de trabajo para la realización de un mapa geoquímico de la ciudad.

METODOLOGIA EMPLEADA

Es indudable que cada estudio de Geoquímica MedioAmbiental lleva aparejado un modo de actuación propio, impuesto por los aspectos de la realidad que se pretende conocer. Aun así, parece lícito sugerir un esquema de actividades de carácter generalista, modificable en cada caso concreto, y que ha dado buenos resultados al ser aplicado al proyecto de investigación que aquí se presenta.

FUNDAMENTO TEORICO

La campaña de toma de muestras fue diseñada conforme a las teorías de muestreo de sólidos a granel, y, en particular, siguiendo los conceptos teóricos expuestos por Visman. Este enfoque presenta la ventaja de permitir el control «a priori» de la varianza de los resultados finales del estudio (LLAMAS et al., 1990).

Para su aplicación práctica, el desarrollo teórico de Visman fue recogido en un programa de ordenador (GEOSAMP), elaborado en el Departamento de Ingeniería Química y Combustibles de la E. T. S. I. de Minas de Madrid.

RECOGIDA Y PREPARACION FISICA DE LAS MUESTRAS

Como unidad de muestreo se escoge una cuadrícula del Mapa de Madrid de la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid de, aproximadamente, 1,5 kilómetros cuadrados de superficie y de forma rectangular (ver figura 1), en la que se realiza un mallado regular, dividiéndola en 12 partes iguales, dentro de cada una de las cuales se realiza una doble estación de muestreo (para posibilitar la aplicación de la teoría de muestreo de Visman), recolectando 50 g. y 500 g. de muestra en cada punto.

La toma de muestras se realiza el viernes 5 de mayo de 1989, durante el mediodía y primeras horas de la tarde, y participan en ella cuatro equipos de personas. Es interesante hacer notar que en la fecha de la toma de muestras habían transcurrido más de diez días desde las últimas precipitaciones, y que las temperaturas, hasta ese momento, habían sido desacostumbradamente bajas para la época del año de que se trataba.

Para la toma de muestras en ciudad de polvo atmosférico, los métodos convencionales (captadores de aire, residuo seco de lluvia...) presentan diversos problemas logísticos. Se decidió, por ello, adoptar un enfoque nuevo recogiendo el polvo depositado en las calzadas junto a los bordillos de las aceras.

Para ello se emplearon cepillos de cerdas de plástico y recogedores del mismo material, de modo que las muestras no sufriesen contaminación metálica. El polvo así recogido se depositó en bolsas de papel que permiten que la muestra pierda parte de la humedad antes de ser secada en horno. Una vez en el laboratorio las muestras fueron secadas a, aproximadamente, 50° C, tamizadas con mallas plásticas, a fin de evitar, de nuevo, la contaminación metálica, y separadas en diferentes fracciones de tamaño, de las cuales se analizaron dos: entre 12 µm. y 40 µm., y entre 40 µm. y 100 µm.

ANALISIS DE LAS MUESTRAS

El análisis de las muestras se llevó a cabo con el equipo de *Espectrometría de Emisión de Plasma* (modelo JARREL-ASH, ICAP-61) de los labo-

ratorios del Instituto Tecnológico y GeoMinero de España (ITGE). Se obtuvo la concentración de Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V y Zn, para cada una de las muestras, tanto de la fracción entre 12 µm. y 40 µm., como de la comprendida entre 40 µm. y 100 µm.

De modo complementario se utilizaron los equipos de *Microscopía de Barrido Electrónico* (modelo S-750, de HITACHI) y *Difractometría de Rayos X* (equipo PW 1710), del Laboratorio Centralizado de la E. T. S. I. de Minas, con el objeto de resolver problemas puntuales y obtener la información adicional a la ofrecida por la técnica de Emisión de Plasma. En la figura 2 se presentan algunos ejemplos de fotografías obtenidas con el equipo de Microscopía Electrónica de Barrido.

Los resultados de los análisis, expresados en ppm. para los diferentes elementos (a excepción de Al, Fe y Ti, que lo están en porcentaje), aparecen reflejados en las tablas I y II.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos han sido sometidos a dos procesos de tratamiento diferentes, según el tipo de información que se pretende obtener de ellos:

- * Por una parte se han utilizado como entrada del programa GEOSAMP, cuya utilización permite estudiar la evolución de la varianza de la campaña con el aumento o disminución del número de incrementos muestrales y de la masa de los mismos, así como determinar la masa «óptima» de muestra, que debe ser recogida, para obtener la máxima información con el mínimo esfuerzo (LLAMAS et al., 1990).
- * Por otro lado, han sido sometidos a un tratamiento estadístico mediante técnicas univariantes (centrado y estandarización) y, especialmente, técnicas de análisis multivariante (Análisis de Agrupamiento, Análisis de Componentes Principales, Análisis Discriminante) con el fin de detectar valores anómalos, descubrir relaciones entre elementos químicos o entre estaciones de muestreo, desvelar factores subyacentes de contaminación, y diseñar reglas de clasificación. Con todo esto se llega a caracterizar la zona muestreada y a ofrecer hipótesis de trabajo para estudios posteriores.

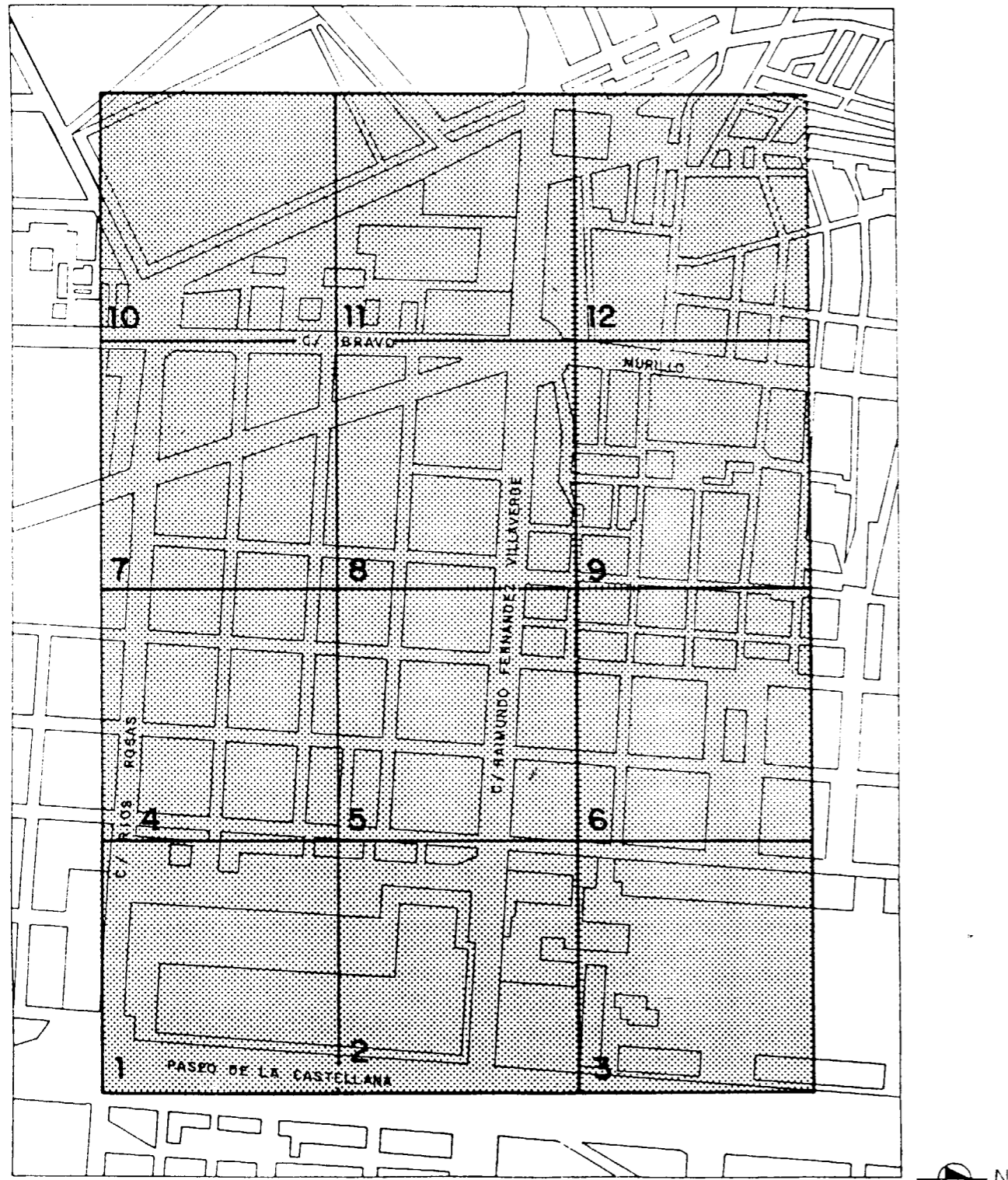


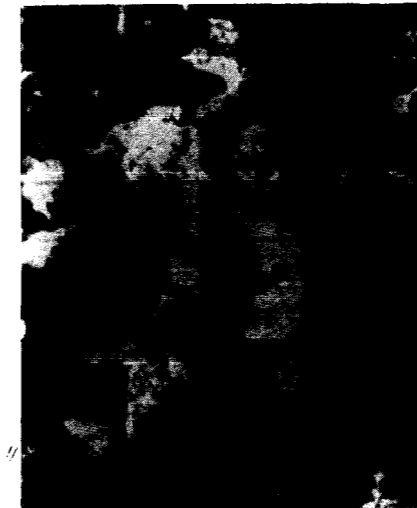
Figura 1.—Situación de las casillas de muestreo dentro de la cuadrícula piloto.



Fotografía A.—La partícula señalada con el núm. 1 es una partícula de Pb.



Fotografía B.—La partícula señalada con el núm. 1 es una partícula de Fe.



Fotografía C.—La partícula señalada con T1 es una partícula de Ti.

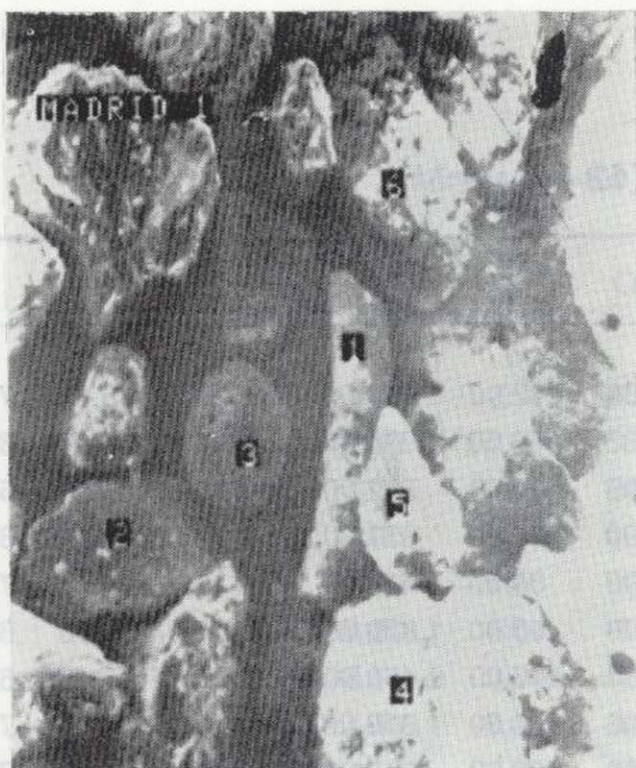


Fotografía D.—Aparecen dos filamentos de materia orgánica.

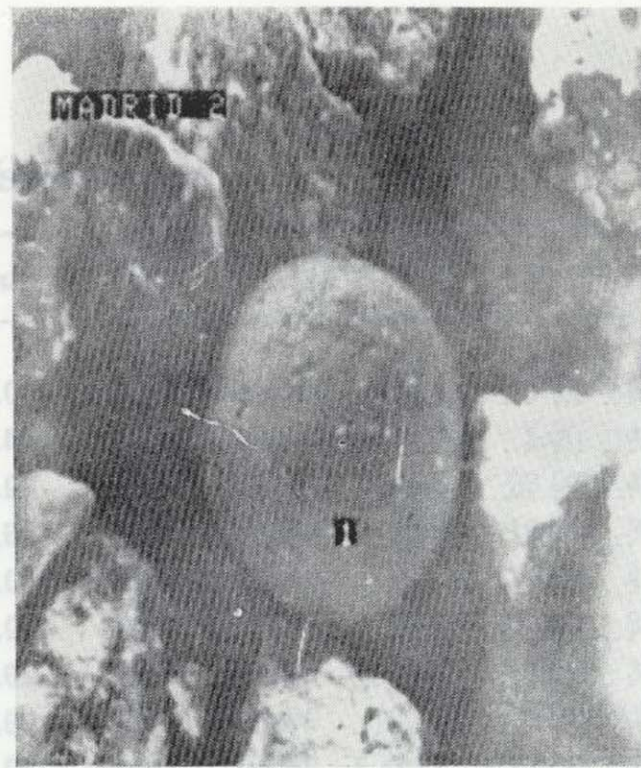
Figura 2.

Con el centrado y estandarización de los datos se consigue identificar valores extraños para, después, discernir si son defectuosos o anómalos. Una vez logrado esto, se lleva a cabo una representación gráfica de los valores anómalos que

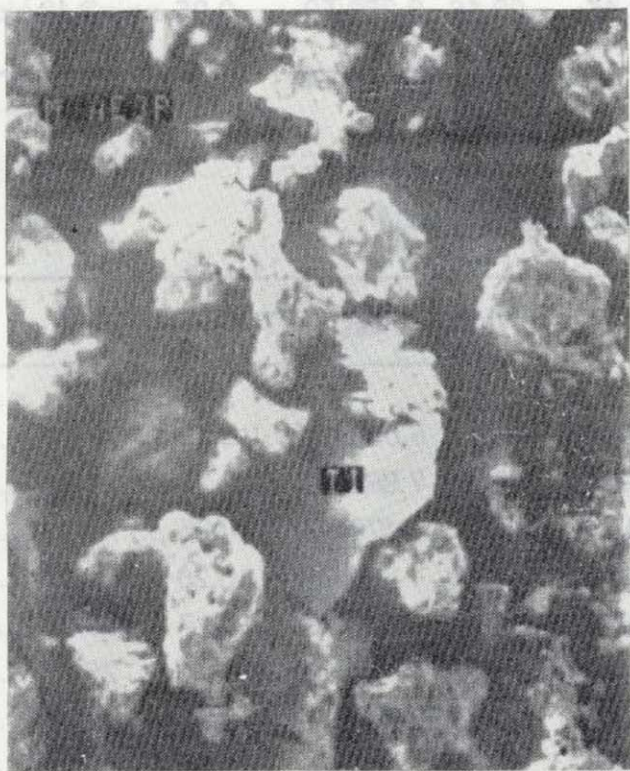
nos permita obtener una primera impresión acerca de qué elementos presentan anomalías, qué asociaciones de anomalías existen y dónde se localizan, sobre nuestra cuadrícula, dichas anomalías (fig. 3).



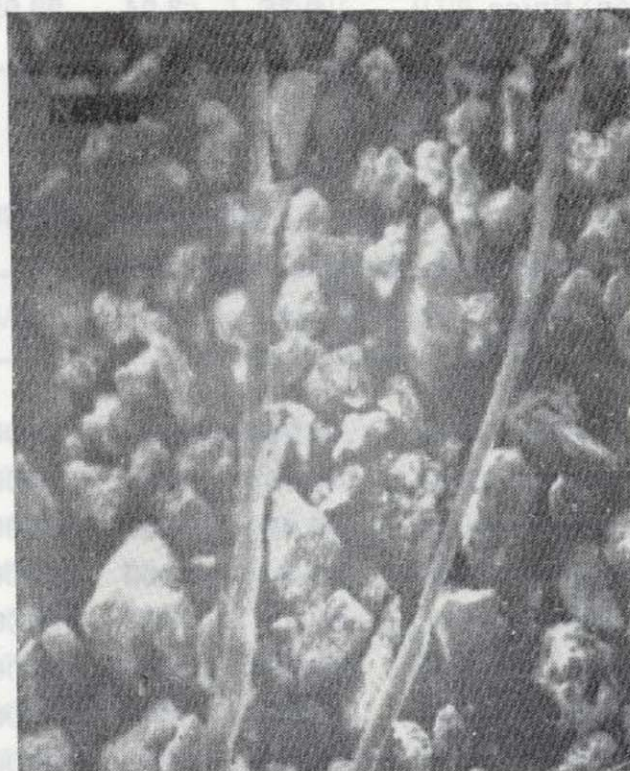
Fotografía A.—La partícula señalada con el núm. 1 es una partícula de Pb.



Fotografía B.—La partícula señalada con el núm. 1 es una partícula de Fe.



Fotografía C.—La partícula señalada con Ti es una partícula de Ti.



Fotografía D.—Aparecen dos filamentos de materia orgánica.

Figura 2.

Con el centrado y estandarización de los datos se consigue identificar valores extraños para, después, discernir si son defectuosos o anómalos. Una vez logrado esto, se lleva a cabo una representación gráfica de los valores anómalos que

nos permita obtener una primera impresión acerca de qué elementos presentan anomalías, qué asociaciones de anomalías existen y dónde se localizan, sobre nuestra cuadrícula, dichas anomalías (fig. 3).

TABLA I

Muestra de 50 gramos. Fracción (12-40) μm .

	Al (%)	Co	Cr	Cu	Fe (%)	Mn	Ni	Pb	Ti (%)	V	Zn
1	4.00	9.00	90.00	523.00	3.20	471.00	72.00	5.960.00	0.18	28.00	765.00
2	4.30	3.00	94.00	508.00	2.80	562.00	72.00	7.950.00	0.22	26.00	872.00
3	5.30	12.00	72.00	103.00	2.80	476.00	57.00	512.00	0.28	37.00	529.00
4	3.00	8.00	55.00	118.00	0.90	249.00	83.00	833.00	0.07	13.00	330.00
5	4.20	4.00	110.00	296.00	2.00	486.00	64.00	2.470.00	0.16	32.00	702.00
6	4.30	2.00	89.00	260.00	1.80	482.00	45.00	1.870.00	0.15	26.00	656.00
7	4.80	9.00	95.00	324.00	2.90	510.00	47.00	2.450.00	0.18	29.00	686.00
8	4.50	10.00	58.00	291.00	3.00	482.00	45.00	1.850.00	0.18	27.00	716.00
9	5.00	9.00	43.00	170.00	2.40	410.00	67.00	865.00	0.15	24.00	750.00
10	4.20	3.00	63.00	291.00	1.80	431.00	45.00	2.130.00	0.16	23.00	911.00
11	4.70	5.00	70.00	284.00	2.30	524.00	56.00	2.400.00	0.18	33.00	989.00
12	5.90	4.00	42.00	164.00	1.70	406.00	110.00	549.00	0.16	41.00	738.00
Media	4.52	6.50	73.42	277.67	2.30	457.42	63.58	2.486.58	0.17	28.25	720.33
Desviación típica	0.75	3.94	23.05	139.76	0.71	83.15	20.16	2.353.52	0.05	7.49	180.73

Muestra de 500 gramos. Fracción (12-40) μm .

	Al (%)	Co	Cr	Cu	Fe (%)	Mn	Ni	Pb	Ti (%)	V	Zn
1	4.20	11.00	86.00	460.00	3.40	551.00	74.00	5.030.00	0.19	30.00	834.00
2	5.10	3.00	96.00	535.00	2.80	489.00	73.00	7.860.00	0.18	26.00	972.00
3	5.40	6.00	65.00	103.00	2.00	455.00	40.00	470.00	0.26	42.00	477.00
4	5.00	8.00	50.00	171.00	1.90	534.00	39.00	1.300.00	0.20	38.00	675.00
5	4.10	4.00	79.00	286.00	2.00	549.00	70.00	2.370.00	0.17	35.00	824.00
6	4.50	3.00	55.00	145.00	1.60	416.00	33.00	1.100.00	0.15	26.00	551.00
7	4.80	10.00	81.00	333.00	3.10	530.00	45.00	2.500.00	0.20	30.00	747.00
8	4.30	12.00	56.00	297.00	3.20	475.00	44.00	1.830.00	0.18	25.00	812.00
9	4.50	9.00	49.00	181.00	2.30	390.00	38.00	804.00	0.15	24.00	753.00
10	4.20	2.00	85.00	243.00	1.70	389.00	153.00	2.240.00	0.13	34.00	795.00
11	4.50	6.00	188.00	267.00	2.20	493.00	80.00	2.220.00	0.17	33.00	881.00
12	5.60	4.00	46.00	145.00	1.80	423.00	31.00	560.00	0.17	45.00	647.00
Media	4.68	6.50	78.00	263.83	2.33	474.50	60.00	2.357.00	0.18	32.33	747.33
Desviación típica	0.52	3.58	40.30	136.70	0.66	62.57	35.75	2.219.18	0.03	7.12	146.07

TABLA II

Muestra de 50 gramos. Fracción (40-100) μm .

	Al (%)	Co	Cr	Cu	Fe (%)	Mn	Ni	Pb	Ti (%)	V	Zn
1	3.90	7.00	88.00	366.00	3.70	413.00	82.00	5.250.00	0.11	13.00	564.00
2	3.90	5.00	88.00	296.00	3.50	374.00	54.00	5.250.00	0.08	5.00	497.00
3	4.70	10.00	54.00	97.00	2.40	462.00	34.00	353.00	0.23	23.00	420.00
4	4.60	1.00	49.00	156.00	1.40	280.00	39.00	1.250.00	0.09	16.00	394.00
5	3.90	1.00	92.00	276.00	2.00	399.00	63.00	2.400.00	0.11	20.00	474.00
6	4.30	1.00	52.00	166.00	1.50	370.00	47.00	1.320.00	0.08	12.00	355.00
7	4.50	5.00	50.00	191.00	2.20	355.00	30.00	1.750.00	0.08	11.00	376.00
8	4.40	7.00	52.00	193.00	2.60	400.00	42.00	1.860.00	0.12	13.00	458.00
9	4.60	7.00	41.00	149.00	2.20	372.00	41.00	818.00	0.12	12.00	482.00
10	4.20	1.00	53.00	271.00	1.60	327.00	35.00	1.610.00	0.09	19.00	566.00
11	4.50	2.00	67.00	243.00	2.50	449.00	56.00	2.700.00	0.12	24.00	752.00
12	4.90	2.00	44.00	169.00	1.30	329.00	44.00	481.00	0.10	30.00	655.00
Media	4.37	4.08	60.83	214.42	2.24	377.50	47.25	2.086.83	0.11	16.50	499.42
Desviación típica	0.35	3.29	19.11	79.88	0.81	54.08	15.25	1.706.40	0.04	7.23	123.10

Muestra de 500 gramos. Fracción (40-100) μm .

	Al (%)	Co	Cr	Cu	Fe (%)	Mn	Ni	Pb	Ti (%)	V	Zn
1	3.90	6.00	80.00	340.00	3.30	401.00	77.00	4.800.00	0.10	13.00	540.00
2	5.00	4.00	78.00	324.00	2.40	367.00	58.00	5.760.00	0.10	11.00	492.00
3	4.60	3.00	48.00	81.00	1.60	411.00	22.00	325.00	0.20	28.00	357.00
4	4.90	2.00	49.00	147.00	1.70	408.00	65.00	1.290.00	0.13	22.00	521.00
5	3.90	1.00	67.00	200.00	1.70	396.00	50.00	1.770.00	0.10	20.00	489.00
6	4.50	1.00	52.00	117.00	1.30	337.00	29.00	829.00	0.09	15.00	335.00
7	4.40	5.00	53.00	179.00	2.30	360.00	35.00	1.660.00	0.08	10.00	359.00
8	4.10	6.00	50.00	205.00	2.40	360.00	39.00	1.750.00	0.12	10.00	546.00
9	4.30	5.00	35.00	132.00	1.60	282.00	28.00	584.00	0.09	9.00	426.00
10	4.40	1.00	122.00	169.00	1.60	325.00	48.00	1.870.00	0.10	22.00	578.00
11	4.30	1.00	71.00	240.00	2.00	391.00	52.00	2.030.00	0.11	21.00	648.00
12	4.20	1.00	31.00	127.00	1.20	305.00	25.00	460.00	0.10	27.00	416.00
Media	4.38	3.00	61.33	188.42	1.93	361.92	44.00	1.927.33	0.11	17.33	475.58
Desviación típica	0.36	2.18	25.70	83.44	0.62	44.21	18.02	1.759.62	0.03	7.13	102.17

		+Al +Ni
10	11	12
7	8	9
-Al -Fe -Mn -Ti -V -Zn		
4	5	6
	+Pb	+Ti
1	2	3

FRACCION (12-40) μm

MUESTRA 50 gr.

+Ni	+Cr	
10	11	12
7	8	9
4	5	6
	+Cu	-Zn
1	+Pb	+Ti

MUESTRA 500gr.

	+Zn	+V
10	11	12
7	8	9
-Mn		
4	5	6
+Cu +Fe +Ni +Pb	+Pb	+Ti
1	2	3

FRACCION (40-100) μm

+Cr		
10	11	12
7	8	9
		-Mn
4	5	6
+Cu +Fe +Ni	+Pb	+Ti
1	2	3

Figura 3.—Localización de «anomalías» positivas y negativas de los diferentes elementos sobre la cuadrícula de muestreo (según peso de muestra y fracción de tamaño).

Por otra parte permite establecer unos valores medios, excluidos los datos extremos, de concentración que representen lo que podríamos denominar valores «pseudoregionales» o de fondo, de contaminación de cada elemento en nuestra cuadrícula piloto. Esto, a su vez, hace posible cuantificar, si bien de forma grosera, la magnitud de las anomalías máximas encontradas al enfren-

tarlas con los «valores regionales» que se han definido previamente. En la tabla III se presentan estos datos para la fracción (12-40) μm.

Finalmente, los datos, homogeneizadas sus escalas en el proceso anterior, son sometidos a un Análisis de Agrupamiento («Clustering»), un Análisis de Componentes Principales y un Aná-

TABLA III

	ANOMALIA MAXIMA			ANOMALIA MAXIMA		
	VALOR DE FONDO	Valor absoluto	% sobre valor de fondo	VALOR DE FONDO	Valor absoluto	% sobre valor de fondo
Al (%)	4.53	3.00/5.90	66/130	4.68	—	—
Co	6.50	—	—	6.50	—	—
Cr	73.42	—	—	68.00	188.00	276.00
Cu	277.67	—	—	239.18	535.00	224.00
Fe (%)	2.43	0.9	37.00	2.33	—	—
Mn	476.36	249.00	52.00	474.50	—	—
Ni	59.36	110.00	185.00	51.54	153.00	297.00
Pb	1.989.91	7.950.00	400.00	1.856.73	7.860.00	423.00
Ti (%)	0.172	0.07/0.28	41/163	0.172	0.26	151.00
V	26.64	13.00	49.00	32.33	—	—
Zn	755.82	330.00	44.00	771.91	477.00	62.00

MUESTRA 50 G.

MUESTRA 500 G.

lisis Discriminante. Con todo ello se procede a la identificación de «tipos», o agrupaciones naturales, de estaciones de muestreo; a la interpretación de las mismas; a descubrir qué variable (elemento traza) o combinación de variables es responsable de la definición de dichas agrupaciones y cuál es la razón subyacente al agrupamiento; a señalar individuos que presentan un comportamiento extraño, y a desvelar las causas de ese comportamiento o a descubrir si responde a un error en alguna de las fases de estudio precedentes; y a definir ejes o grupos de variables, que nos permitan descubrir la naturaleza de los focos contaminantes que originan las concentraciones de metales pesados encontradas.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El Análisis de Agrupamiento que se ha llevado a cabo emplea el método Jerárquico Ascendente o Aglomerativo, utilizando, como estrategia de medida de distancia, la distancia promedio ponderada. De su aplicación resultan tres grupos de estaciones de muestreo: uno que agrupa a las situadas junto al Paseo de la Castellana; otro correspondiente a la zona más «residencial de la zona de muestreo»; y un último grupo que

aglutina al resto de estaciones de la cuadrícula (fig. 4).

En el Análisis Discriminante se ha utilizado el método de las Funciones Discriminantes Lineales de Fisher. Como agrupaciones de partida se han utilizado los resultantes del Análisis de Agrupamiento, previamente realizado. En todas las fracciones y tamaños de muestra la única variable canónica de discriminación (para un valor de admisión-rechazo de la F de Fisher de 4) es el Pb, excepto en la fracción (12-40) μm. de las muestras de 50 g., en que se trata de una combinación lineal de las variables Cu y Pb.

El Análisis de Componentes Principales se ha realizado, tanto para cada fracción de tamaño y peso de muestra por separado, como para el conjunto de las muestras de 50 g. y 500 g. de la fracción (12-40) μm. Para este análisis se han eliminado los elementos Al y Fe que provienen, en una gran proporción, de las redes de los silicatos naturales, y que, por tanto, pueden distorsionar los resultados. Respecto a la fracción (12-40) μm., la aceptación de cuatro ejes factoriales permite explicar un porcentaje acumulado del 88 por 100 de la varianza. En cuanto a la fracción (40-100) μm., el 87 por 100 de la varianza puede ser explicado considerando, tan sólo, tres ejes (tabla IV).

MUESTRA 500 GRAMOS. FRACCION (12-40) μm .

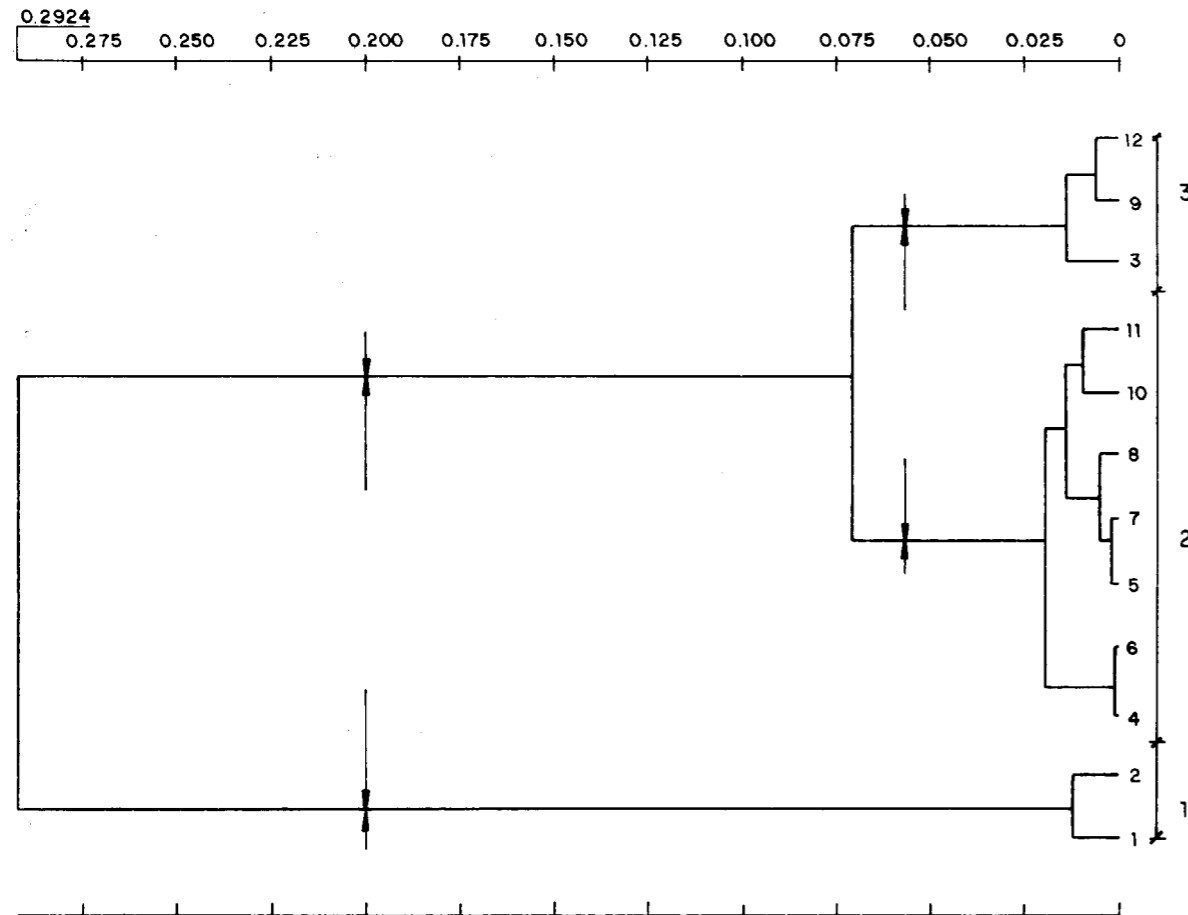


Figura 4.—Resultados del Análisis de Agrupamiento aplicado a las estaciones de muestreo.

CONCLUSIONES.

CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La elección de la cuadrícula que ha sido muestreada vino determinada, aparte de otros aspectos, porque se consideró representativa de lo que puede entenderse por zona urbana típica. Ello, a su vez, nos va a permitir presentar unos valores medios y rangos de fluctuación, así como interrelaciones entre distintos elementos e hipótesis acerca del origen de los mismos, que pue-

dan considerarse extrapolables a otros barrios de gran ciudad de características similares.

a) Las tablas V y VI resumen los resultados cuantitativos de este proyecto al presentar, para cada elemento, y según tamaño y fracción de muestra, la media aritmética, el intervalo de dicho valor para un nivel de confianza del 90 por 100, la media del conjunto de valores, excluidos aquellos que se separan del valor medio en más de 1.8 s, y los valores máximos encontrados en la cuadrícula.

TABLA IV
Fracción (12-40) μm .

	Pesos factoriales después de rotación ortogonal				Pesos factoriales después de rotación ortogonal			
	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
Co	-.14002	.17509	-.87464	-.09618	.04853	.15922	-.05226	.92713
Cr	.73948	.11193	.00094	-.32280	.18577	.06172	.91176	-.00869
Cu	.92427	.06354	.26041	-.05566	.96339	.00587	.19578	.11780
Mn	.52001	.67666	.28567	-.39209	.46822	.65658	.21621	.34881
Ni	-.09677	-.02011	.00437	.99167	.27766	-.30078	.59532	-.47326
Pb	.95587	.04644	.17674	.08152	.97073	.03330	.11389	-.10734
Ti	.23502	.87454	-.19149	-.20517	-.07136	.88118	-.18180	.19182
V	-.13740	.91312	.12921	.21231	-.47282	.63705	.06395	-.48759
Zn	.26230	.39734	.75771	-.16594	.75049	-.25792	.49932	.11228
V. E.	2.757	2.264	1.573	1.375	2.996	1.801	1.573	1.518
P. V. E.	30.634	25.157	17.480	15.278	33.283	20.008	17.477	16.865
P. A. V. E.	30.634	55.791	73.271	88.549	33.283	53.291	70.769	87.633

MUESTRA 50 G.

MUESTRA 500 G.

Fracción (40-100) μm .

	Pesos factoriales después de rotación ortogonal			Pesos factoriales después de rotación ortogonal		
	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 1	EJE 2	EJE 3
Co	-.02240	-.84675	-.34653	-.03752	-.92916	.07361
Cr	.91408	-.11457	-.00512	.79391	.22625	-.11475
Cu	.93431	.20708	.05458	.82132	-.50272	-.02581
Mn	.31258	-.84919	.18913	.38659	-.05598	.84362
Ni	.88745	-.07767	.18133	.88487	-.20708	.17926
Pb	.94900	.01395	-.21158	.77603	-.50278	.01697
Ti	-.27480	-.89934	.21136	-.25744	.20313	.87632
V	-.31994	-.09670	.90904	-.09068	.83625	.44222
Zn	.34906	.02455	.82575	.80605	.14702	.02787
V. E.	3.975	2.319	1.789	3.565	2.228	1.728
P. V. E.	42.162	25.768	19.882	39.613	24.758	19.196
P. A. V. E.	42.162	67.930	87.812	39.613	64.371	83.567

MUESTRA 50 G.

MUESTRA 500 G.

TABLA V
Resultados cuantitativos finales

	Media (1 - α = 90%)	Media para valores comprendidos en $\pm 1,8 s$	Valor máximo	Media (1 - α = 90%)	Media para valores comprendidos en $\pm 1,8 s$	Valor máximo
Al (%)	4.5 \pm 0.4	4.5	5.9	4.7 \pm 0.3	4.7	5.6
Co	6.0 \pm 2.0	6.0	12.0	6.0 \pm 2.0	6.0	12.0
Cr	73.0 \pm 12.0	73.0	110.0	78.0 \pm 21.0	68.0	188.0
Cu	278.0 \pm 72.0	278.0	523.0	264.0 \pm 71.0	239.0	535.0
Fe (%)	2.3 \pm 0.4	2.4	3.2	2.3 \pm 0.3	2.3	3.4
Mn	457.0 \pm 43.0	476.0	562.0	475.0 \pm 32.0	475.0	551.0
Ni	64.0 \pm 10.0	59.0	110.0	60.0 \pm 19.0	52.0	153.0
Pb	2.487.0 \pm 1.220.0	1.990.0	7.950.0	2.357.0 \pm 1.151.0	1.857.0	7.860.0
Ti (%)	0.17 \pm 0.03	0.17	0.28	0.18 \pm 0.02	0.17	0.26
V	28.0 \pm 4.0	27.0	41.0	32.0 \pm 4.0	32.0	45.0
Zn	720.0 \pm 94.0	756.0	989.0	747.0 \pm 76.0	772.0	972.0

FRACCION (12-40) μm . MUESTRA 50 G.

FRACCION (12-40) μm . MUESTRA 500 G.

TABLA VI
Resultados cuantitativos finales

	Media (1 - $\alpha=90\%$)	Media para valores com- prendidos en $\pm 1,8 s$	Valor máximo
Al (%)	4.4 \pm 0.2	4.4	4.9
Co	4.0 \pm 2.0	4.0	10.0
Cr	61.0 \pm 10.0	61.0	92.0
Cu	214.0 \pm 41.0	201.0	366.0
Fe (%)	2.2 \pm 0.4	2.1	3.7
Mn	377.0 \pm 28.0	386.0	462.0
Ni	47.0 \pm 8.0	44.0	82.0
Pb	2.087.0 \pm 885.0	1.454.0	5.250.0
Ti (%)	0.11 \pm 0.02	0.10	0.23
V	16.0 \pm 4.0	15.0	30.0
Zn	499.0 \pm 64.0	476.0	752.0

FRACCION (40-100) μ m. MUESTRA 50 G.

	Media (1 - $\alpha=90\%$)	Media para valores com- prendidos en $\pm 1,8 s$	Valor máximo
Al (%)	4.4 \pm 0.2	4.4	5.0
Co	3.0 \pm 1.0	3.0	6.0
Cr	61.0 \pm 13.0	56.0	122.0
Cu	188.0 \pm 43.0	175.0	340.0
Fe (%)	1.9 \pm 0.3	1.8	3.3
Mn	362.0 \pm 23.0	369.0	411.0
Ni	44.0 \pm 9.0	41.0	77.0
Pb	1.927.0 \pm 912.0	1.579.0	5.760.0
Ti (%)	0.11 \pm 0.02	0.1	0.2
V	17.0 \pm 4.0	17.0	28.0
Zn	476.0 \pm 53.0	476.0	648.0

FRACCION (40-100) μ m. MUESTRA 500 G.

Para valorar justamente estos resultados es interesante poder compararlos con otros obtenidos en estudios de características similares. Por ello se ha preparado la tabla VII, en la que se recogen los datos de los proyectos medio-ambientales realizados, con la misma metodología, en Hannover y en Madrid.

TABLA VII

	Madrid 1989 (12-40) μ m. (p. p. m.)	Hannover 1988 <36 μ m. (p. p. m.)
Al	4.60 (%)	—
Co	6.00	13.00
Cr	76.00	—
Cu	271.00	331.00
Fe	2.30 (%)	—
Mn	932.00	—
Ni	62.00	58.00
Pb	2.422.00	999.00
Ti	0.17 (%)	—
V	30.00	—
Zn	734.00	743.00

- b) Bajo las condiciones en que se realizó el muestreo, para los tamaños de partícula estudiados y con las condiciones atmosféricas y estacionales reinantes en el momento de la campaña, es posible sugerir que los elementos *Pb* y *Cu* tienen su origen en el tráfico urbano, fuente también del *Cr* y *Ni*, presentes en las partículas de diámetro superior a 40 μ m. El *V* y el *Ti* parecen provenir de las obras de edificación, pudiendo el *V*, en la fracción gruesa, proceder, también, de las calefacciones de fuel-oil de viviendas individuales, si se admite, dadas las anómalas condiciones atmosféricas ya reseñadas, que las mismas hubieran estado en uso hasta poco antes del día 5 de mayo de 1989. El *Mn* procede, verosíblemente, de todos estos orígenes: del tráfico urbano, de las calefacciones y de las obras de edificación. Hay que advertir que los resultados deben cambiar si el muestreo se realiza durante la estación fría, debido a la utilización generalizada de los sistemas de calefacción de edificios.

- c) El factor tráfico urbano permite dividir una cuadrícula de la ciudad en tres tipos de zonas diferentes según la densidad de movimiento de vehículos que tengan lugar: muy intensa, intensa y baja. Para asignar un punto en el que se ha tomado muestra de polvo a alguna de estas zonas, basta con analizar su contenido en *Pb*, o, a lo sumo, en *Pb* y *Cu*, y comparar con los valores discriminantes de dicho elemento o combinación lineal de elementos, para ver en qué categoría queda emplazado.

REFERENCIAS

- EDWARDS, H. W. (Ed.) (1976): *Environmental Contamination caused by Lead*. Colorado State University.
- DE MIGUEL, E. (1990): *Estudio geoquímico de un área urbana*. E. T. S. I. de Minas de Madrid (no publicado).
- LLAMAS, J. F.; DEL BARRIO, S., y DE MIGUEL, E. (1990): *Toma de muestras en el estudio geoquímico de un área urbana. Aplicación al caso de metales pesados aerotransportados*. Bol. Geol. y Min., vol. 101-6 (1990), pp. 919-931.
- PEIRSON, D. H., y CAWSE, P. A. (1979): *Trace Elements in the Atmosphere*. Phil. Trans. R. Soc. London, B, 288, pp. 41-49.
- ROLFE, G., y REINBOLD, K. A. (Eds.) (1975): *A final report*

of an interdisciplinary study of environmental pollution by lead and other metals. University of Illinois.

SANTAMARIA, J., y FERNANDEZ, M. (1989): *Contribución de la atmósfera urbana al ciclo biogeoquímico de los metales pesados*. III Congreso de Geoquímica de España, tomo II, pp. IX-75 - IX-83.

SHATTUCK, T. W.; GERMANI, S. M., y BUSECK, P. R. (1985): *Environmental Applications of Chemometrics*, pp. 118-129.

THORNTON, I.; CULBARD, E. B.; WATT, J.; WHEATLEY, M.; MOORCROFT, S., y THOMPSON, M. (1988): *Metal Contamination in British Urban Duts and Soils*. Journal of Environmental Quality, vol. 17, núm. 2, pp. 226-234.

Original recibido: Julio de 1990.

Original aceptado: Julio de 1990.

Estudio e investigación de un espectrómetro de emisión plasma ICP aplicado a la prospección geoquímica multielemental (*).

Parte I: Contribución del ICP al análisis de materiales geológicos.

Por S. DEL BARRIO MARTIN (**)

RESUMEN

Se aplica la espectrometría de plasma acoplado por inducción para la determinación de elementos mayores y trazas en geoquímica aplicada. Debido a las características de este tipo de análisis, se hace especial énfasis en los métodos de preparación y descomposición de la muestra, así como en las variables instrumentales que afectan a esta espectroscopia analítica del ICP.

Palabras clave: Análisis químico, ICP-AES, Elementos mayores y trazas, Materiales geológicos.

ABSTRACT

Inductively couple plasma spectrometry is evaluated for the quantitative determination of major and trace elements in applied geochemistry. Because of the distinctive features of this type of analysis, considerable emphasis will be placed on sample preparation and decomposition methods, as well as on the analytical characteristic of the ICP.

Key words: Chemical analysis, ICP-AES, Major and trace elements, Geological materials.

1. INTRODUCCION

La exploración minera ha experimentado en las últimas décadas una profunda transformación.

(*) El trabajo, por su extensión, se ofrece dividido en tres apartados que aparecerán en el presente y sucesivos números de este Boletín.

En la primera parte se expone, junto con la justificación y los objetivos, una revisión bibliográfica de la aportación del ICP-AES a la prospección geoquímica multielemental.

En la segunda parte se aborda el estudio completo de interferencias espectrales que permitirá la posterior elección de líneas analíticas de trabajo. La descripción de los equipos empleados y sus principales características completará este apartado.

La puesta a punto de una metodología que contemple la optimización de parámetros instrumentales, corrección de fondos, obtención de curvas de calibrado y corrección de interferencias interelementales constituirá la tercera parte de este estudio.

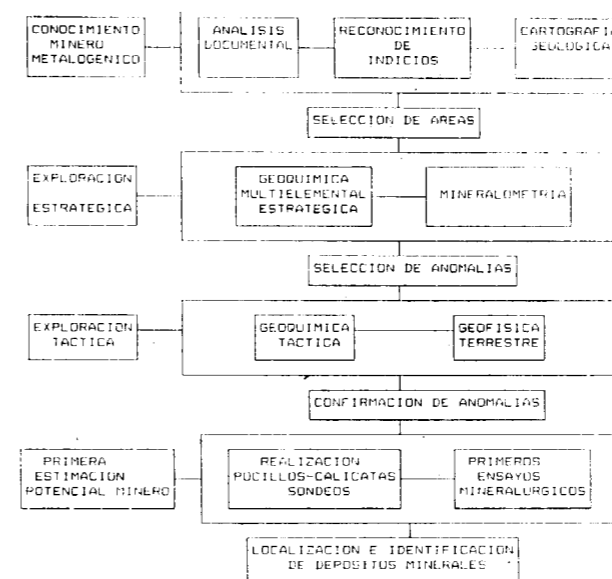
(**) ITGE (Área de Laboratorios del Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Ríos Rosas, 23. Madrid).

Desde la antigüedad, y hasta mediados de nuestro siglo, esta exploración ha estado basada en la existencia de *indicios directos* de mineralización, quedando la búsqueda de estos indicios circunscrita exclusivamente al entorno de dichas mineralizaciones (1).

En la actualidad, en España y en otros países con una historia minera que arranca desde muy antiguo, se hace cada vez más difícil la localización de *indicios directos*. Por este motivo, la investigación minera se debe conducir al descubrimiento de *indicios indirectos* (anomalías geofísicas o geoquímicas).

Un programa completo de exploración minera, hoy día, basado en el hallazgo de indicios indirectos, debe comprender una serie de etapas como los que se exponen en el esquema I (2).

La prospección geoquímica tiene, por tanto, como



Esquema I.—Programa de exploración minera sistemática.

meta fundamental la localización de yacimientos minerales basándose en la emigración y posterior fijación que experimentan los elementos químicos (3).

Todos los minerales y rocas sufren alteraciones más o menos acusadas desde su origen. Los agentes físicos erosivos, combinados con la acción química del oxígeno del aire y de las soluciones acuosas que circulan a través de las formaciones geológicas, son los causantes de estas alteraciones. Como consecuencia de ellos, los elementos o iones que constituyen el mineral experimentan traslados fijándose en otros lugares. A veces no hay liberación química de los elementos, sino que simplemente son fragmentos microscópicos del material los que se desprenden y emigran. Esto ocurre cuando el mineral es frágil y presenta cierta inercia a ser atacado.

Un seguimiento de la dispersión superficial de los elementos o de los fragmentos minerales exige el concurso de delicados procedimientos analíticos que permitan su detección y posterior determinación. No se debe olvidar que su nivel de concentración dentro de la masa oscila entre g/T y mg/T.

La prospección geoquímica ha adquirido últimamente un gran impulso, merced a los avances

conseguidos por el análisis instrumental (4). En los inicios fue la Espectrografía de emisión atómica (EEA) la vía normalmente utilizada para realizar el seguimiento analítico de las prospecciones. Esta técnica, aunque muy sensible, adolecía de falta de precisión. Con el tiempo la EEA fue sustituida por la Espectrofotometría y la Espectrometría de Absorción Atómica con llama (AALL). Con ambas técnicas se mejoró la precisión de los análisis manteniéndose los anteriores niveles de sensibilidad. Concretamente durante las últimas décadas la AALL ha proporcionado métodos simples y rápidos para determinar, de forma secuencial, un gran número de elementos; por este motivo su aportación al análisis geoquímico ha sido muy valiosa y todavía se recurre a ella para ciertos programas específicos que precisan el análisis de un número limitado de elementos.

En la actualidad, los grandes programas geoquímicos cuentan con procedimientos que permiten desarrollar análisis multielementales simultáneos. Estos procedimientos utilizan las técnicas de Fluorescencia de Rayos X (FRX), activación neutrónica nuclear (ANN) y Espectrometrías de emisión con fuente de excitación por plasma, generado por una corriente continua (EPCC), o por el acoplamiento de una corriente inducida (EPAI). El mayor número de datos que estas técnicas aportan permiten:

- Definir con más rigor el término de la anomalía.
- Conocer nuevas mineralizaciones o asociaciones minerales.
- Reducir la densidad de muestreo.

Desde una óptica exclusivamente analítica, y sin entrar en aspectos económicos y de rapidez de obtención de resultados, la EPAI y la EPCC son las técnicas que presentan mayor versatilidad por trabajar habitualmente con muestras en solución. Esta forma de actuación minimiza los efectos de matriz y permite conseguir un alto rango lineal de respuesta de la intensidad de emisión frente a la concentración en los análisis.

Con independencia de la técnica elegida, y una vez en disposición de la misma, el análisis multielemental simultáneo queda a la espera de co-

nocer los elementos que deben ser determinados. La selección de estos elementos dependerá de cada programa de prospección en concreto. En dicho programa el criterio seleccionador debe incluir, por una parte, los elementos que corresponden a las sustancias cuyas concentraciones se buscan y, por otra parte, los elementos que aportan preferentemente datos sobre el entorno geoquímico-geológico o bien puedan constituir indicios indicadores de paragénesis de mineralización. La elección del plantel de elementos a analizar es, en cualquier caso, una solución de compromiso entre rasgos metalogénicos regionales, medios analíticos y costos.

2. OBJETIVO

Desde 1981 se viene realizando en el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) el programa de Exploración Sistemática del Territorio Nacional (PES) (8). Este Programa tiene como finalidad la exploración de los recursos minerales, desde las primeras etapas de reconocimiento metalogénico, hasta las últimas de localización e identificación de depósitos minerales, pasando por las fases de exploración estratégica, exploración táctica y reconocimiento del potencial minero.

En la presente investigación se pretende desarrollar y poner a punto una metodología por EPAI que posibilite el análisis de los elementos que componen el PES. En este sentido se ha solicitado a la firma Jarrell-Ash la fabricación de un espectrómetro multicanal que contenga los siguientes canales:

- 23 — correspondientes a los elementos traza: Ag, As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sb, Sn, V, W, Y, Zn.
- 2 — correspondientes al Sc y Pt (utilizados como patrones internos).
- 7 — correspondientes a los elementos mayoritarios de las muestras (Si, Al, Ca, Ti, Na, K y Mg).

La inclusión de estos últimos está justificada por la información que los mismos aportan acerca de la geología del área estudiada. Esta información comprende:

- El poner en evidencia variaciones estructurales en el terreno que no se pueden detectar a simple vista.
- El proporcionar una base de datos geoquímicos completos para posteriores aplicaciones.

Para la ejecución del espectrómetro la firma ha tenido en cuenta el estudio teórico y experimental de interferencias que se ha desarrollado en la segunda parte de este trabajo.

Aunque en conjunto serán 32 los canales de que dispondrá el espectrómetro en una primera etapa (que es la contemplada en la realización de este trabajo) se ha considerado no trabajar con patrón interno, ni incluir en el análisis los elementos Si, B, As y Sn. El motivo de la exclusión de estos últimos ha sido que se tiene previsto poner las muestras en solución mediante un ataque ácido con la mezcla HNO_3 — HClO_4 — HF , y en el citado ataque, Si, B y As se volatilizan como tetrafluoruro, trifluoruro y tricloruro, respectivamente, y el Sn precipita parcialmente como ácido metaestánico (SnO_3H_2), detrayéndose de la solución.

Una vez en disposición del equipo la investigación irá dirigida fundamentalmente a corregir experimentalmente las interferencias espectrales (fondos y solapamientos), a determinar los límites de detección (LD) y las concentraciones mínimas determinables (CMD) de cada elemento y a establecer metodologías para el análisis completo de todos los materiales del Programa.

3. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO

3.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes del control analítico en geoquímica hay que buscarlos en las obras clásicas de KOLTHOFF (10), TREADWELL (11), CHARLOT (12), HILLDEBRAND (13), WASHINGTON (14), etc., que abordan en sus textos, de una forma incompleta, el análisis químico de silicatos y otros minerales.

La primera monografía específica publicada sobre el tema es la titulada «Guía para el análisis químico de rocas» (15). La utilización de esta monografía se extendió durante el período comprendido entre los años 1945-60, a gran número de laboratorios. Dicha publicación ofrecía una de las

pocas vías existentes para el control analítico completo de estos materiales.

En la década 1960-70 aparecen dos importantes tratados debidos a VOINOVITCH (16) y BENNET (17), que aportan sistemáticas completas para la determinación de la composición química de silicatos naturales. Ambos autores, en las metodologías que ponen a punto, simultanean procedimientos convencionales (volumétricos y gravimétricos) con otros de carácter instrumental.

Obras más recientes, unas generales y otras especializadas, son las de CRILLOT y cols. (18), MAXWELL (19), ENERGLYN y BREALEY (20) y VOLBORTH (21), todas ellas dedicadas al análisis geoquímico.

En la mayoría de los textos que hasta ahora se han citado se aprecia la dificultad que presenta el análisis de silicatos al compararse sus sistemáticas con los de otros materiales inorgánicos. Los problemas estriban fundamentalmente en la inercia que poseen los primeros frente a los reactivos químicos de ataque.

Este hecho se ha considerado en el presente capítulo cuando se aborda la revisión bibliográfica de los diferentes procedimientos de preparación y ataque de la muestra.

Otra faceta que se ha recogido en esta revisión, con amplitud suficiente, ha sido la contribución de la EPAI al análisis de materiales geológicos en general y al campo de la geoquímica en particular.

El aporte de otras técnicas instrumentales a solventar esta problemática se ofrece de forma breve y limitada a aquellos trabajos que han tenido más difusión y donde se presentan resultados comparativos inter-técnicas.

3.2. POSIBLES VIAS EN EL ANALISIS DE SILICATOS

Antes de establecer sistemáticas para conocer la composición química de los silicatos hay que indicar que existen dos formas de presentar el material a las determinaciones analíticas: muestra atacada y muestra sin atacar.

La primera posibilidad es la de más larga ejecutoria, pero no origina demasiados problemas

relacionados con el efecto de matriz. Por el contrario, el segundo camino da lugar a análisis mucho más rápidos, pero plantea la necesidad de emplear patrones de una composición semejante a la de las muestras.

Entre los procedimientos que utilizan muestra atacada, los más apropiados en geoquímica son:

- Volumétricos.
- Gravimétricos.
- Espectrales

}	Fotocolorimetría. Fotometría de llama. AALL. EPCC y EPAI.
---	--

Por lo que concierne a los que emplean muestra sin atacar, los más convenientes son:

- Espectrométricos

}	Quantometría. FRX.
---	-----------------------

3.3. PROCEDIMIENTOS DE PREPARACION DE LA MUESTRA PARA EL ANALISIS

Los análisis geoquímicos requieren rapidez, pero también alta precisión. Teniendo en cuenta la escasez de patrones comerciales con que se tropieza en muchas ocasiones en la actualidad se recurre, dentro de los procedimientos que utilizan muestra sólida, a preparar patrones sintéticos que posteriormente son disgregados con el mismo fundente que el problema, para igualar matrices y, de esta forma, minimizar los efectos interelementales. En el caso de realizar los análisis por vía húmeda, es necesario proceder previamente a un ataque ácido o a una disgregación con fundentes de la muestra.

Visto lo anterior, las dos vías necesitan recurrir, en la mayoría de los casos, a un tratamiento previo del material antes de abordar el conocimiento de su composición.

Los ataques se procurará que sean lo más sencillos y rápidos posibles. Los constituyentes que se pretendan analizar no deben sufrir pérdidas en el proceso ni dar lugar a interferencias con los reactivos. También se deben evitar las fuertes concentraciones salinas, aunque éstas sean relativamente inertes.

Los procedimientos de preparación de la muestra susceptibles de ser aplicados a materiales geoquímicos pueden quedar agrupados en:

- Ataques ácidos.
- Ataques por vía seca.

Siempre que exista posibilidad es preferible un ataque ácido a una disgregación con fundentes. El primer camino introduce menos sales en la solución y, por tanto, reduce las posibilidades de impurificación e interferencias. El factor tiempo también juega en favor de los ataques ácidos, que resultan muy adecuados cuando el número de muestras a analizar es muy elevado.

Por otra parte, no siempre es necesaria la disolución completa de las muestras. Por ejemplo, en prospección geoquímica puede resultar suficiente con solubilizar aquellos elementos metálicos que al estado de trazas se encuentran introducidos en la roca por procesos genéticos o hidrotermales sin necesidad de actuar sobre la red del silicato. La participación de estos elementos en dicha red se puede considerar, en los citados casos, como testimonial y sin ningún interés analítico.

3.3.1. Ataques ácidos

Una revisión de la literatura existente en el análisis de materiales geológicos indica el amplio uso que se hace de los ácidos individualmente o mezclados para aumentar su fuerza.

3.3.1.1. Ataques con HNO₃

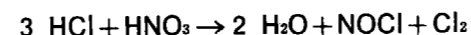
El HNO₃ diluido o concentrado es un agente oxidante fuerte que descompone la mayoría de los sulfuros (22), excepto el sulfuro de mercurio (cinabrio), que lo oxida transformándolo en sulfato. También actúa sobre numerosos óxidos y fosfatos (23), atacándolos y poniendo en solución sus componentes metálicos al estado de máximo grado de oxidación.

Las muestras con un contenido elevado de materia orgánica deben ser calcinadas antes de ser tratadas con este ácido.

3.3.1.2. Ataques con agua regia

Los agentes activos del agua regia son el clo-

ruo de nitrosilo y el cloro, que se producen en su reacción de descomposición.



La fuerza ácida de la mezcla y el poder oxidante de los componentes obtenidos en su descomposición hacen del agua regia un importante reactivo para atacar sulfuros, óxidos de hierro, óxidos de uranio, minerales de molibdeno, etc.

3.3.1.3. Ataques con HClO₄ y mezclas HClO₄+HNO₃

Con independencia del poder oxidante de este ácido, que es elevado, su principal ventaja radica en que, como producto de reacción del ataque, da lugar a sales perclóricas muy solubles.

La mezcla HClO₄+HNO₃ tiene una amplia aplicación en la disgregación de suelos y sedimentos (24).

Los silicatos son parcialmente atacados por el HClO₄, quedando un residuo de sílice deshidratada y de perclorato potásico insoluble. La descomposición es más completa si se tiene la precaución de llevar el resultado del ataque a sequedad y de extraer el residuo resultante con el mismo ácido diluido.

3.3.1.4. Ataques con HF en presencia de otros ácido/s mineral/es

El HF es el único ácido mineral que en teoría, y merced a la formación del SiF₄ volátil, es capaz de poner en solución la mayor parte de los silicatos; de aquí su amplia aplicación en los esquemas para analizar elementos mayoritarios en rocas. MAXWELL (19) y LANGMHYR (25).

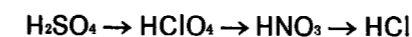
Acompañando al HF se utilizan algunos de los siguientes ácidos minerales o mezclas de los mismos: H₂SO₄, HNO₃, HClO₄, HCl y agua regia. Los ataques se realizan en crisol de platino, cápsula del mismo material o en recipientes de teflón bajo presión.

Por la similitud del procedimiento, se describen conjuntamente los llevados a cabo en material de platino. Durante la disgregación, el HF se volatiliza arrastrando con él al silicio en forma de SiF₄. Se debe evitar siempre la presencia de

este ácido, una vez finalizado el ataque, ya que el flúor procedente de su descomposición forma complejos con gran número de elementos metálicos y la estabilidad de estas combinaciones impide su cuantificación por los métodos convencionales.

Sobre los diferentes ácidos que acompañan al HF cabe hacer las siguientes consideraciones:

- 1.º) En el proceso de ataque se debe eliminar el exceso de ácido mineral. La volatilidad de los cuatro considerados aumenta en el sentido:



- 2.º) Como productos de reacción los nitratos y los cloruros son las sales más solubles y fáciles de descomponer, siendo los sulfatos los que presentan mayor dificultad en este aspecto.

- 3.º) La mezcla HF+H₂SO₄ es la que ofrece, en general, una mayor capacidad de ataque para las muestras geológicas.

De las tres consideraciones expuestas, las dos primeras abogan por la utilización del HNO₃ o HCl como acompañante del HF, mientras que la tercera aconseja el empleo de la mezcla HF+H₂SO₄ por su mayor fuerza como disgregante. Estas razones contrapuestas obligan a tomar la solución de compromiso más adecuada para cada caso en particular.

Cuando de determinación de elementos alcalinos se trata, los ataques fluorhídricos han sido el camino habitual para solubilizar los silicatos por no aportar Na y K ninguno de los reactivos utilizados.

En lo concerniente al método que emplea HF+agua regia, BARNES (26) consigue mantener en solución todos los componentes de una serie de rocas (granitos, diabasas, basaltos, etc.). Diseña para ello un crisol de teflón herméticamente cerrado y protegido por un molde de acero inoxidable. La temperatura a que tiene lugar la disgregación de la muestra oscila, según su refractariedad, entre 110 y 160° C. El agua regia puede ser sustituida con ventaja, en ciertas ocasiones, por una mezcla de HNO₃ y HClO₄.

Una vez finalizado el ataque, BARNES añade rápidamente sobre la solución de la muestra ácido

bórico sólido para estabilizar la sílice por formación de ácidos fluobóricos. Las reacciones de formación de estos ácidos son las siguientes:



Un exceso de H₃BO₃ desplaza los equilibrios [1] y [2] hacia la derecha y evita la formación del HF por hidrólisis durante un período de dos a tres horas. La existencia de este último ácido en libertad da lugar a la pérdida inmediata de sílice en solución.

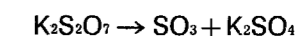
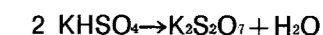
Otros investigadores [CASE (27), ODEGARD (28) y PRICE (29)] han modificado este ataque empleándolo con éxito para disgregar rocas y materias primas naturales. La modificación consiste en la adición de una solución saturada de H₃BO₃ en sustitución del producto sólido. De esta forma consiguen acortar sustancialmente el tiempo de formación de los ácidos fluobóricos.

En el presente trabajo la puesta en solución de la mayoría de las muestras se ha efectuado con la mezcla HF+HNO₃+HClO₄, realizando la operación en cápsula de teflón abierta. El procedimiento operativo seguido es el descrito por TOL (30) y SALMANG (31), y con algunas variantes que serán expuestas en la parte experimental. El resultado del ataque es llevado a sequedad y el residuo es extraído con un ácido débil.

3.3.2. Ataques por vía seca

3.3.2.1. Disgregación con bisulfatos y piro-sulfatos alcalinos (32)

Ambos tipos de sales tienen temperaturas de fusión muy bajas, comprendidas entre 200 y 300° C, pero es a 350° C cuando las dos dan lugar a la formación de SO₃ en estado naciente, verdadero artífice del ataque de la muestra.



La disgregación, efectuada en crisol de platino, va seguida de un proceso de extracción ácida que permite la puesta en solución de materiales que poseen un elevado porcentaje de óxidos metálicos en su composición. La precipitación parcial

de la sílice, que tiene lugar durante la extracción ácida, no aconseja este tipo de ataque para muestras con alto y medio contenido del citado componente.

3.3.2.2. *Disgregación con Na₂O₂* (33)

La disgregación con peróxido de sodio se lleva a cabo en crisoles de níquel, oro, plata o circonio. El ataque en crisoles de circonio a 450-500° C (34) permite descomponer un gran número de materiales naturales (turmalinas, ilmenitas, niobitas, tantalitas, etc.) difíciles de atacar con otros fundentes alcalinos. Se trata de un disgregante muy extendido en el análisis geoquímico por dar lugar a separaciones interelementales muy ventajosas merced a la extracción acuosa del resultado de la fusión.

3.3.2.3. *Disgregación con carbonatos alcalinos* (35)

Es uno de los procedimientos de disgregación con mayor vigencia dentro de los materiales silicatados. Se realiza en crisol de platino, siendo el reactivo más ampliamente utilizado el Na₂CO₃, que funde a 852° C. El empleo de la mezcla equimolecular Na₂CO₃ — K₂CO₃, que da lugar a un eutéctico a 700° C, no es aconsejable, ya que al fundir a una temperatura más baja que el Na₂CO₃ su capacidad de ataque queda disminuida. El uso de K₂CO₃, con un punto de fusión más elevado (891° C), también se encuentra prácticamente desechado por su elevada higroscopicidad.

3.3.2.4. *Disgregación con compuestos de boro*

Los más utilizados son: Na₂B₄O₇ (36), LiBO₂ (37), y Li₂B₄O₇ (38). Se trata de fundentes con mayor agresividad que los carbonatos alcalinos y el peróxido de sodio, que permiten la disgregación de numerosos óxidos y compuestos de elevada refractariedad por formación de los correspondientes metaboratos solubles. Este tipo de disgregación, que se realiza en crisol de platino, presenta el inconveniente de que el fundido precisa de prolongados tiempos de extracción en medio ácido.

Una alternativa para estos ataques consiste en llevarlos a cabo en crisol de grafito (39). El gra-

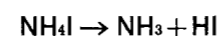
fito es un material que, al retener más el calor, permite colar cuantitativamente el fundido sobre el ácido diluido y proceder a su puesta en solución mediante una simple agitación magnética. Otro hecho positivo que se desprende del uso de este crisol es el de disminuir el riesgo de polimerización del ácido silícico durante el proceso de digestión del fundido. INGAMELLS (40), con un LiBO₂ que sinteriza a partir de Li₂CO₃ y H₃BO₃ disgrega rocas silicatadas de muy diferente naturaleza empleando crisoles de grafito y de platino simultáneamente.

La temperatura de trabajo en estos ataques oscila entre 1.000 y 1.200° C, dependiendo de la refractariedad del material.

3.3.2.5. *Disgregación con NH₄I* (41)

La disgregación con NH₄I es una vía sencilla y rápida para atacar minerales que dan lugar a la formación de ioduros volátiles.

Cuando se calienta NH₄I se produce la siguiente reacción de descomposición:



El HI recién formado es el reactivo disgregante. Minerales de Sb, Sn y Hg pueden ser atacados por este procedimiento y los ioduros volátiles que se originan se recogen en las zonas frías del tubo de fusión. Los metales a que dan lugar a estos ioduros se determinan por espectrofotometría (42) o por EPAI (43) después de disolver el condensado en ácido diluido.

3.3.2.6. *Puesta en solución mediante hornos de microondas*

Paul J. LAMOTHE y cols. (44) emplean un procedimiento rápido, relativamente reciente y que todavía se encuentra en fase de experimentación para el ataque de muestras; se trata de un horno de microondas. El procedimiento de actuación consiste en lo siguiente:

Se pesan 0.1000 g. de muestra con una granulometría inferior a 100 mallas y se introducen en unos reactores de policarbamato de 250 ml. de capacidad. Sobre la muestra, y antes de cerrar el reactor, se añaden 2 ml. de HNO₃ concentrado y 5 ml. de una mezcla 7/3 de HF - HCl. Los

recipientes, en número de doce, se colocan herméticamente cerrados en un carrusel dentro del horno de microondas que se le hace trabajar a una potencia de 650 w durante 2.5 minutos. Una vez completado el ciclo el horno se purga durante 2 minutos con aire comprimido. Seguidamente el carrusel se saca del horno y los reactores se enfrían en baño de hielo durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo, los recipientes se abren y a su contenido se añade 93 ml. de H₃BO₃ al 1.5 por 100. De nuevo se cierran los reactores y se introducen en el horno a una potencia más alta que la anterior durante 10 minutos, para que se disuelvan las sales que se han generado durante el enfriamiento anterior y se produzca la formación de los ácidos fluobóricos que propician la estabilización de la sílice. Concluido el proceso, y enfriados lentamente los reactores en un baño de arena, las soluciones se encuentran listas para ser analizadas.

Con este procedimiento los autores intentan poner en solución 51 patrones geológicos de distinta naturaleza (rocas, sedimentos, sulfuros minerales y suelos). El sistema resulta útil, ya que consiguen recuperaciones superiores al 95 por 100 en la mayoría de los elementos y de los materiales analizados. De los minerales más difíciles de poner en solución por este procedimiento destacan: cromita, corindón, rutilo y circón. Otra ventaja del horno de microondas y de la metodología propuesta estriba en la ausencia de pérdidas de elemento por volatilización.

3.4. METODOLOGIAS ANALITICAS

Considerando que es muy extensa la bibliografía existente sobre análisis químico de materiales geológicos, en este apartado la revisión se ha circunscrito a las publicaciones donde ha intervenido la EPAI, por ser la técnica que con posterioridad va a ser empleada en esta investigación.

La revisión se ha completado con una serie de trabajos sobre análisis de estos materiales efectuados con otras técnicas que combinan sus sistemas de análisis y detección con fuentes de excitación de plasma acoplado por inducción. También se incluyen en este apartado una serie de artículos donde se contempla comparación de

resultados obtenidos por técnicas espectroscópicas en el campo de la geoquímica.

3.4.1. *Trabajos realizados por EPAI*

Con la introducción de las fuentes de excitación por plasma se ha ampliado y facilitado el campo del análisis cuantitativo en espectroscopía de emisión. A ello ha contribuido, en gran medida, las mejoras conseguidas en los sistemas dispersivos, con el empleo de modernas redes holográficas, y los progresos desarrollados en la electrónica que permiten obtener resultados netos mediante la utilización de calculadoras analógicas y microprocesadores.

El análisis de materiales geológicos no se ha mantenido ajeno a las citadas mejoras. BENNET (45), en una comunicación realizada con motivo de la Convención de la Sociedad Británica de Cerámica en 1983 sobre el tema monográfico «Una década de progresos en la aplicación de la Ciencia y Tecnología a materiales cerámicos y materias primas con ellos relacionados», hace una revisión de la evolución del análisis químico en este campo. Esta revisión resulta válida para el resto de los materiales geológicos. El autor expone que en esta parcela, durante la década 1960-1970, las técnicas instrumentales comienzan a actuar de forma paulatina como alternativa a los métodos convencionales. A partir de 1970 dichas técnicas se afianzan observándose un auge sucesivo de la FRX, AALL y EPAI. El grado de desarrollo que actualmente ha adquirido esta última debe ser atribuido a su gran versatilidad, que la hace aplicable a la determinación de un mayor número de elementos. Concluye indicando que la EPAI y la FRX pueden considerarse como técnicas complementarias.

M. BORSIER y M. GARCIA (46), dentro del programa geoquímico francés, que originariamente comprendía 22 elementos (5) y que actualmente ha sido ampliado, analizan 34 elementos por muestra. El tiempo de ejecución del análisis oscila alrededor de los 70 segundos. La totalidad del proceso, desde el ataque hasta la obtención de datos, lo tienen automatizado. La disgregación la llevan a cabo en crisoles de circonio empleando peróxido de sodio como fundente. La fusión la realizan en un horno túnel y la máxima temperatura que alcanzan en su parte central es de

450° C. El fundido, una vez frío, es puesto en solución mediante extracción con HCl al 10 por 100. Una batería de seis agitadores permite la digestión simultánea de otras tantas muestras disgregadas.

El espectrómetro que utilizan es multicanal, con 35 tubos fotomultiplicadores que permiten analizar simultáneamente los 34 elementos del Programa, y uno adicional que actúa como patrón interno. También posee el equipo una red de difracción secundaria que posibilita el análisis secuencial de muestras en que alguna de sus líneas programadas se encuentra fuertemente interferida o se precisa analizar otro elemento fuera de lo programado.

Para minimizar los errores inherentes a las fluctuaciones que tienen lugar en la fuente de excitación y las derivas que origina el funcionamiento continuo del espectrómetro, se realizan tres lecturas con diez segundos de tiempo de integración por elemento y un recalibrado cada cinco muestras.

Con los resultados llevan a cabo un estudio estadístico de su reproducibilidad obteniendo una precisión relativa del orden del 2 por 100, tanto en los elementos mayoritarios como en los minoritarios y traza. Como etapa final de su estudio determinan los LD de las impurezas.

Otros trabajos muy completos sobre análisis de muestras geológicas han sido desarrollados por S. B. BENNER y cols. (47) y por S. E. CHURCH (48).

BRENNER y cols. aplican la EPAI al análisis multielemental de rocas y aguas. Las muestras de roca las ponen en solución por dos procedimientos:

— *Ataque por vía húmeda con una mezcla de HF - HClO₄ - HNO₃ - HCl*

La experimentación la realizan en un reactor de teflón a una temperatura comprendida entre 140° y 180° C, dependiendo de la refractariedad de la muestra. El procedimiento es válido para la determinación de elementos minoritarios y traza.

— *Disgregación por vía seca con NaOH o Na₂O₂*

La fusión efectuada en crisol de níquel la emplean para el posterior análisis de componentes mayoritarios.

Para la calibración utilizan dos patrones multielementales (patrón de alta y patrón de baja). Su preparación la consiguen agregando las ppm. correspondientes de cada elemento sobre una matriz que contenga los mismos reactivos en número y cantidad que los empleados en el ataque. Los resultados más exactos y reproducibles los alcanzan con aquellos componentes cuyo rango de concentración en el calibrado es más estrecho.

Cuando se trata de análisis de aguas (salinas y no salinas), la concentración de los patrones multielementales es diez veces inferior y como blanco utilizan agua destilada.

La selección de líneas espectrales la realizan basándose en el criterio de sensibilidad, y solamente cuando la más sensible se encuentra interferida, recurren a otra de menor sensibilidad. Con las líneas seleccionadas llevan a cabo un estudio de interferencias espectrales nebulizando en el entorno de la línea del analito elevadas concentraciones de los posibles elementos interferentes.

La bondad de la metodología que proponen la comprueban analizando muestras de composición certificada. Los valores de precisión y exactitud que obtienen pueden considerarse como muy aceptables.

CHURCH contempla la geoquímica de rocas, suelos y sedimentos por EPAI. Su investigación incluye:

— Procedimientos seguidos en la puesta en solución de estos materiales. Para este fin utilizan como reactivos de ataque las mezclas de HF - HClO₄ - HNO₃ y HF - HCl - HNO₃.

— Estudio de las interferencias producidas por líneas y fondos espectrales.

— Preparación de patrones de calibración en matrices fluobóricas.

— Comparación de los resultados obtenidos con los conseguidos por otros laboratorios utilizando la misma técnica.

— Estadística de resultados.

El método que proponen proporciona una precisión relativa de ± 2 por 100 para los componentes mayoritarios ± 10 por 100 para los traza.

Con un equipo preparado para trabajar alternativamente con las técnicas de AALL y EPAI, DEBRAS GUEDON y cols. (49) analizan rocas y minerales. Al considerar las dos técnicas como complementarias, la solución de la muestra la preparan mediante un único ataque (fusión con Li₂B₄O₇). El estudio de interferencias espectrales en EPAI lo llevan a cabo mediante barridos en los entornos de las correspondientes longitudes de onda que visualizan en la pantalla del equipo. Consideran que en el análisis de trazas, por efectuarlo en soluciones con fuerte contenido salino, es importante conocer el fondo continuo del espectro para poder evaluarlo en cada determinación en particular. Como comentario a este trabajo hay que indicar que, aunque los autores no dan resultado de los análisis, ofrecen una tabla resumen con las líneas analíticas de todos los elementos que se pretenden analizar y que se encuentran libres de interferencias del resto de los componentes.

DARINSCH BAKHTARY y cols. (50), al igual que hacía BRENNER, utilizan reactores de teflón para atacar las muestras. Como reactivo emplean la mezcla HCl (6M) H₂O₂ - HF, pero, en esta ocasión, para evitar la volatilización de elementos tales como B, Se y As y el compuesto SiF₄, trabajan con reactores cerrados y a una temperatura que no supera los 120° C. Analizan seis patrones internacionales de roca en un espectrómetro multicanal comprobando que existe similitud entre los porcentajes certificados y los conseguidos por EPAI.

Resultados obtenidos siguiendo dos procedimientos diferentes de ataque son comparados por O. S. CHOSE y cols. (51). En su trabajo ensayan cinco materiales estándar que ponen en solución mediante un ataque ácido con HF - HNO₃ - HClO₄ y una disgregación con LiBO₂.

Respecto al ataque ácido, observan que la solución problema conserva su estabilidad durante doce horas después de agregarle el ácido bórico. Transcurrido ese tiempo comienzan a flocular los óxidos de Fe, Ti y Al.

En lo que concierne a la disgregación, constatan pérdidas apreciables de As y de otros elementos volátiles. Estas pérdidas las minimizan colocando una capa de LiBO₂ sobre la mezcla material-fundente una vez introducida en el crisol de platino.

Concluyen el trabajo indicando que ambos caminos son satisfactorios para el análisis de materiales geológicos como lo demuestra la similitud entre valores encontrados y certificados.

3.4.2. Trabajos realizados por espectrometría de masas con fuente de plasma acoplada por inducción

La asociación de un plasma generado por el acoplamiento de una corriente inducida, como fuente de excitación, y de un espectrómetro de masas, como sistema de detección y análisis, ha dado lugar en los últimos años a la aparición de una nueva técnica denominada en la literatura anglosajona como ICP-MS y que en el presente trabajo se la designará como EM-PAI. Esta técnica comienza a tener en la actualidad equipos comercializados, aunque su gran desarrollo se ha debido al análisis de trazas en prototipos de laboratorio.

Su elevada sensibilidad, muy superior a la conseguida por la EPAI, y su buena selectividad, la han convertido en una excelente herramienta para el análisis de los componentes minoritarios en materiales geológicos. Interesantes trabajos en este campo han sido desarrollados por el British Geological Survey con el apoyo económico de las Comunidades Europeas. Dentro de los mismos destacan los realizados por A. R. DATE (52), que consigue obtener espectros de masa simples con buenas relaciones isotópicas a partir de matrices complejas. Estudia las ventajas de introducir las muestras en el espectrómetro a través de una fuente de excitación de plasma y compara este sistema con el procedimiento convencional de excitación con filamento de rodio.

H. P. LANGERICH y cols. (53) analizan en Canadá, por esta técnica, doce elementos traza en materiales geológicos. Tomas de muestra de 3 a 15 mg. las atacan con HNO₃ 1 : 1 y los aforan a 50 ml., produciendo soluciones cuyo contenido en sólidos fluctúa entre 60 y 300 ppm. Dichas soluciones las introducen en la antorcha del plasma con ayuda de una bomba peristáltica a un caudal de 1 ml/min. Seleccionan los espectros de masa correspondientes a los doce elementos (Co, Ni, Cu, Zn, As, Sn, Sb, Te, W, Hg, P y Bi), que consiguen destacar nitidamente del fondo. El

tiempo de integración lo fijan en 10 segundos por elemento (100 repeticiones de 0.1 segundo). Observan acusados efectos de memoria en el Hg y más reducidos en el As y W. Calculan los LD para siete de los doce elementos analizados, estableciendo su cuantía en los valores expuestos en la tabla 1.

TABLA I

Límites de detección (3σ) obtenidos por EM-PAI en muestras geológicas

Elemento	LD (ng/ml) Referido a solución	LD (ppm) Referido a muestra sólida
As	0.22	0.7
Sn	0.18	0.6
Sb	0.16	0.5
Te	1.1	3.7
W	0.61	0.3
Pb	0.18	0.6
Bi	0.09	0.3

3.4.3. Trabajos realizados por EPAI-LASER

El utilizar directamente muestras sólidas en el análisis por EPAI es otra de las metas que se ha pretendido conseguir para eliminar el tedioso y largo proceso de puesta en solución de los materiales. De los dos procedimientos actualmente existentes: ablación por chispa y ablación por rayo Láser, este último, que ha dado lugar a la técnica denominada EPAI-LASER, está siendo aplicado con éxito inicial al análisis geoquímico.

Ph. D. MARTIN HALE y cols. (54) utilizan este sistema para analizar componentes mayoritarios y trazas en calizas sedimentarias, dolomitas, cuarcitas, esquistos y granitos. Parten de material homogéneo con un tamaño de partícula por debajo de los 180 μm. De dicho material toman 5 g. y lo pulverizan en un molino de bolas cerámicas, hasta obtener una granulometría inferior a 38 μm. El producto pulverizado lo peletizan en una prensa hidráulica a 30 toneladas, obteniendo pastillas de 5 mm. de diámetro y 5 mm. de h. Las pastillas en número de hasta diez las introducen en la cámara de ablación y las colocan sobre una placa giratoria donde se embuten en discos de plastilina. Sobre la pastilla hacen in-

cidir una radiación Láser procedente de una cabeza de rubí que focalizan con un microscopio binocular. La energía de esta radiación puede variarse según la naturaleza de la muestra y alcanzar hasta 1.0 julios. Sobre la cámara, y a través de una ventana, también fluye una corriente de Ar de 0.5 l/min, que tiene como misión transportar el material ablacionado por el Láser, y a través de otra ventana situada en el mismo eje de la primera, introducirlo en el inyector de la antorcha de plasma. Mediante este procedimiento los autores consiguen resultados con una precisión (CV) superior al 10 por 100.

Un estudio detallado de este trabajo, y de otros que utilizan el mismo procedimiento de aporte de muestra al plasma (55), permite llegar al convencimiento de que la utilización del Láser en análisis rutinarios presenta hoy en día serias limitaciones, siendo necesario continuar profundizando en la investigación para resolver aspectos tan importantes como son:

- La dependencia entre granulometría y refractariedad del material con el fin de disponer del tamaño de partícula idóneo para cada tipo de problema.
- El efecto de matriz producido por la diferente composición mineralógica de las muestras. Actualmente tanto patrones como problemas deben tener composiciones mineralógicas muy semejantes para obtener resultados concordantes.
- La mejora de sensibilidad, muy afectada por los fondos originados por este sistema de aporte de muestra.

La problemática del efecto de matriz es obviada, en gran medida, por la anterior técnica de EM-PAI, en cuyos equipos cabe la posibilidad de acoplar una fuente de ablación por Láser. Por otro lado, la contribución de la espectrometría de masas también aumenta la sensibilidad en uno o dos órdenes de magnitud según el elemento.

La firma inglesa V. G. Elemental, única que fabrica y comercializa en Europa los equipos de EM-PAI con dispositivo de ablación por Láser, da una serie de especificaciones y detalla el procedimiento seguido para el análisis de impurezas en los siguientes materiales (56):

- Cerámicas de nitruro de silicio empleados en circuitos integrados.
- Vidrios especiales para la industria Láser.
- Muestras geológicas.
- Semiconductores.
- Metales preciosos.

Con precisión variable determinan niveles de impureza entre 0.5 y 30 ppm., llegando a detectar, en el caso de determinadas tierras raras, concentraciones inferiores a las 0.2 ppm.

3.4.4. Revisión de trabajos realizados con técnicas espectroscópicas que ofrecen comparación de resultados en el análisis de muestras geológicas

Son numerosas las publicaciones donde se con-

templán estudios comparativos de resultados entre las diferentes técnicas espectrales.

BOUMANS (57), en una memoria de divulgación, coteja individualmente la EPAI con alguna de las técnicas espectroscópicas más importantes (AALL, Espectrometría de chispa y FRX). Fruto de esta comparación llega a las siguientes conclusiones:

— Respecto a AALL

La EPAI es más versátil y presenta menos problemas de matriz. Su sensibilidad supera a la de la AALL convencional, pero es inferior a la de la Absorción Atómica con fuente de excitación electrotérmica (AAEL). En la tabla II BOUMANS compara los LD obtenidos en condiciones ideales (solución acuosa) para 65 elementos por EPAI y AALL.

TABLA II
LD obtenidos por EPAI y AALL (según BOUMANS)

<1 ppb		1-10 ppb		10-100 ppb		100-500 ppb		>500 ppb	
EPAI	AALL	EPAI	AALL	EPAI	AALL	EPAI	AALL	EPAI	AALL
Ba	Ag	Ag	Be	As	Al	Ge	As		B
Be	Mg	Al	Ca	Au	Au	Hg	Dg		Ce
Ca		B	Cd	Bi	Ba	Pt	Er		Gd
Mg		Ce	Co	Ga	Bi	Sb	Hg		Ge
Mn		Cd	Cr	Hf	Er	Si	Ho		Hf
Na		Co	Cu	Ho	Eu	Sn	Pt		La
Sr		Cr	Fe	In	Ga	Tb	Sb		Lu
Y		Cu	Mn	Nb	Ho	Tl	Sc		Nb
Yb		Dy	Na	Nd	In		Se		Nd
		Er	Ni	P	Mo		Si		P
		Eu	Zn	Pr	Pb		Te		Pr
		Fe		Pt	Pd		Tm		Sm
		Gd		Se	Rh		Y		Ta
		La		Si	Sn				Tb
		Lu		Sm	Sr				Th
		Mo		Ta	Ti				U
		Ni		Te	Tl				W
		Pb		U	Tm				Zr
		Pd			V				
		Rh			Yb				
		Sc							
		Th							
		Ti							
		Tm							
		V							
		W							
		Zn							
		Zr							

De los datos de la tabla II se deduce que, por regla general, la sensibilidad es más alta en EPAI. Solamente algunos elementos como Ag, Na, Sn y Tl son más sensibles en AALL.

— Respecto a Espectrometría de chispa

La EPAI es menos rápida, pero posee una sensibilidad mayor en el análisis de trazas. La sensibilidad de la espectrometría de chispa decrece en el análisis de muestras no metálicas al tener que compactarse el material con polvo de grafito para hacerlo conductor.

— Respecto a FRX

Ambas técnicas son muy versátiles, pudiendo ser utilizadas en determinaciones multielementales. La rapidez de ejecución es el factor que juega en favor de la FRX, mientras que la sensibilidad lo hace en favor de la EPAI.

Ciñéndose exclusivamente a trabajos relativos a muestras geológicas, WALSH y cols. (58) comparan la EPAI y la AALL automatizada en lo referente a costos, versatilidad y sensibilidad. En su publicación indican que el mantenimiento actual en uso de la AALL en laboratorios geoquímicos se debe a que se trata de una técnica económica, simple y que proporciona resultados fiables. Apoyan su utilización cuando se tienen que analizar pocas muestras y un número reducido de elementos en cada una. En el caso de series largas y análisis multielementales complicados se decantan por la EPAI. Insisten en el carácter complementario de las dos técnicas, aportando como ejemplos:

— La determinación de trazas de Rb y Pb, muy difícil de conseguir por EPAI y fácil de obtener por AALL y por fotometría de emisión.

— Los análisis de elementos refractarios, tales como Zr, Nb y tierras raras imposible de realizarlos por AALL, por falta de sensibilidad, y muy asequibles a la EPAI por el mayor poder energético de su fuente de excitación.

Para un laboratorio geoquímico bien dotado abogan por el contraste de resultados obtenidos por las dos técnicas, cuando la importancia de los análisis así lo requiera.

B. MAGGAR y cols. (59) analizan tres materiales

de referencia (caliza, granito y arcilla). Para determinar los componentes mayoritarios emplean la EPAI y la FRX, y en el caso de cuantificación de elementos traza las técnicas que eligen son la EPAI y la AAEL.

En la preparación de las muestras siguen los siguientes caminos:

— FRX:

Perlas disgregando 0.5 g. de material, con 5 g. de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ anhidro.

— EPAI:

0.5 g. de muestra atacada con 10 ml. de HF concentrado y 3 ml. de HNO_3 fumante en un reactor cerrado de teflón y a una temperatura comprendida entre 40° y 50° C. Finalizado el ataque, y abierto el reactor, se añaden sobre la solución 2.8 g. de H_3BO_3 para estabilizar la sílice como ácido silicobórico.

— AAEL:

0.2 g. de material atacado con 0.5 ml. de HNO_3 , 1.5 ml. de HCl y 3 ml. de HF, en una cápsula de teflón y calentado a 80° C sobre una plaza calefactora. Durante el ataque la sílice se volatiliza como SiF_4 , impidiendo su posterior determinación, pero reduciendo el fondo en los restantes análisis.

En las tablas III y IV aparecen comparados los resultados que para los componentes mayoritarios y traza, respectivamente, consiguen con las técnicas expuestas anteriormente en muestras analizadas por triplicado. Acompañan a los resultados los valores obtenidos de precisión (CV) y exactitud porcentual (D%).

A la vista de los datos aportados por las tablas III y IV los autores llegan a las siguientes conclusiones:

Respecto a componentes mayoritarios, con FRX se consiguen porcentajes más exactos y precisos que con EPAI.

En lo que concierne a elementos traza, para una exactitud similar, con EPAI se alcanzan resultados más precisos que con AAEL.

TABLA III
Análisis comparativo por FRX y EPAI de componentes mayoritarios

MUESTRA	CERTIFICADO			FRX			EPAI		
	Oxido	%	CV	%	CV	D %	%	CV	D %
Caliza	Al_2O_3	2.39	9.2	2.37	1.4	-0.84	2.25	0.90	-5.8
	CaO	47.8	0.67	49.3	0.81	+3.1	—	—	—
	K_2O	0.41	12	0.42	1.4	+1.9	—	—	—
	Fe_2O_3	0.92	10	0.94	2.4	+2.1	0.85	2.3	-7.6
	MgO	0.74	23	—	—	—	0.72	0.59	-2.7
	SiO_2	8.60	2.1	8.57	2.2	-0.40	8.55	0.79	-0.58
	TiO_2	0.13	12	0.127	1.8	-2.3	0.093	2.3	-2.8
Granito	Al_2O_3	13.6	1.8	13.3	0.5	-2.2	13.1	1.2	-3.7
	CaO	1.07	15	1.06	1.8	-0.84	1.03	0.94	-3.7
	K_2O	4.76	4.7	5.16	0.94	+8.4	—	—	—
	Fe_2O_3	2.01	4.0	2.02	1.8	+0.50	1.93	0.86	-4.0
	MgO	0.37	19	—	—	—	0.41	1.4	+11
	SiO_2	73.4	0.34	72.0	1.2	-1.9	72.8	0.43	-0.82
	TiO_2	0.212	9.0	0.226	1.1	+6.6	0.163	2.4	-23
Arcilla	Al_2O_3	20.6	1.2	20.5	1.6	-0.49	20.6	2.6	0.0
	CaO	0.16	21	0.164	0.99	+2.5	0.177	1.3	+11
	K_2O	3.80	6.1	4.01	0.74	+0.55	—	—	—
	Fe_2O_3	6.94	1.1	6.97	0.99	+0.43	6.76	0.90	-2.6
	MgO	1.87	4.4	—	—	—	1.90	0.69	+1.6
	SiO_2	60.4	0.53	60.8	1.3	+0.66	59.4	0.88	-1.7
	TiO_2	0.92	4.5	0.97	1.5	+5.4	0.456	1.7	-50

CV=Porcentaje relativo de la desviación estándar.

D % =Desviación del valor certificado expresado en porcentaje y con su correspondiente signo.

TABLA IV
Análisis comparativo por AAEL y EPAI de componentes traza

MUESTRA	CERTIFICADO			AAEL			EPAI		
	Oxido	ppm	CV	ppm	CV	D %	ppm	CV	D %
Caliza	Co	5.3	30	4.7	6.7	-11	—	—	—
	Cr	15	21	13.3	4.4	-11	—	—	—
	Cu	10	34	10.4	6.8	+4.0	8.94	0.15	-11
	Mn	880	10	—	—	—	844	0.46	-4
	Ni	20	25	16.3	6.1	-19	16.1	0.16	-20
	Zn	22	40	—	—	—	20.7	1.4	-5.9
Granito	Co	3.7	41	3.1	8.4	-16	—	—	—
	Cr	11	35	10.7	5.7	-2.7	—	—	—
	Cu	13	21	13.3	6.1	+2.3	11.6	0.39	-11
	Mn	430	13	—	—	—	432	0.53	+0.4
	Ni	6.8	32	6.4	8.3	-5.9	—	—	—
	Pb	30	33	35	7.7	+17	—	—	—
Arcilla	Zn	34	32	—	—	—	32.5	1.4	-4.4
	Co	14	12	11.3	4.8	-19	—	—	—
	Cu	47	11	45.7	4.9	-2.8	49.6	0.17	+5.5
	Mn	480	11	—	—	—	469	1.9	-2.3
	Ni	40	8.5	34.4	4.2	14	40.8	0.18	+2.0
	Zn	90	9.9	—	—	—	87	1.5	-3.2

Al contenido de este trabajo cabe hacer los siguientes comentarios:

- 1.º) No se alcanza a comprender cómo el K y el Ca no se determinan por EPAI, ya que la concentración del primero en las muestras es muy superior a su sensibilidad, y porcentajes de CaO más elevados al 48 por 100 están presentes en el cemento Portland y son determinados por EPAI con excelente precisión y exactitud (60).
- 2.º) En el caso de los componentes traza, el estudio comparativo de resultados es insuficiente al quedar circunscrito a uno o dos elementos.
- 3.º) La utilización de un cristal analizador del tipo TLAP/1 en el espectrómetro de FRX hubiera permitido completar el análisis de los componentes mayoritarios con la inclusión del Mg.
- 4.º) El método estadístico que desarrollan no resulta del todo convincente a la vista de las tres tomas de muestra de que parten.

Un trabajo que aporta datos estadísticos más fiables es el de GOVINDARAJA (61). El autor, con vistas a disponer de una reserva de muestras geológicas de referencia, recopila los análisis de tres materiales (anortita, basalto y granito) obtenidos de la siguiente manera:

- 247 analistas.
- 122 laboratorios.
- 4 técnicas de trabajo (AALL, FRX, EPAI y vía clásica).
- 53 elementos analizados.
- 6.000 análisis elementales.

Antes de desarrollar las determinaciones da por sentado que las cuatro técnicas producen respuestas con un nivel de exactitud y precisión suficiente.

En la tabla V se ofrecen los resultados correspondientes a alguno de los componentes mayoritarios, minoritarios y traza analizados.

TABLA V
Resultados de componentes mayoritarios minoritarios y traza obtenidos para la certificación de la composición química de tres muestras geológicas

	ANORTITA			BASALTO			GRANITO		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
SiO ₂ %:									
Total	112	46.33	0.69	113	38.43	0.62	113	66.66	0.79
AALL	15	46.08	0.91	15	38.35	0.79	16	66.80	1.05
Química	47	46.35	0.50	46	38.41	0.56	48	66.51	0.58
FRX	41	46.32	0.74	42	38.51	0.68	40	66.70	0.85
EPAI	9	46.67	0.61	10	38.34	0.40	9	67.04	0.40
Al ₂ O ₃ %:									
Total	115	29.82	0.94	115	10.16	0.41	111	17.68	0.61
AALL	31	29.77	1.36	31	10.14	0.38	28	17.46	0.81
Química	27	29.81	0.90	25	10.26	0.55	28	17.69	0.61
FRX	42	29.80	0.59	43	10.12	0.36	42	17.83	0.37
EPAI	12	30.05	0.61	13	10.18	0.29	11	17.54	0.62
TiO ₂ %:									
Total	111	0.22	0.04	117	2.65	0.14	86	0.04	0.06
AALL	14	0.23	0.04	15	2.61	0.17	7	0.05	0.03
Química	42	0.22	0.06	43	2.68	0.19	32	0.05	0.08
FRX	43	0.22	0.02	43	2.63	0.07	40	0.03	0.03
EPAI	12	0.23	0.02	14	2.63	0.09	6	0.02	0.01
Bppm:									
Total	36	37.6	11	46	1.025	141	31	43	11.7
AALL	6	49.1	9.2	7	1.007	117	7	42.4	8.4
FRX	13	34.9	11	19	1.069	107	10	38.1	12
EPAI	7	35.1	9.2	9	990	112	6	45.7	9.1

n=número de determinaciones.

\bar{x} =valores medios de concentración.

s=desviación estándar.

Los valores de la desviación estándar que acompañan a los datos analíticos de la tabla V indican que, por regla general, los resultados más precisos son los obtenidos por EPAI.

Aunque, como se ha expuesto en el apartado de Metodologías Analíticas de este capítulo, la revisión bibliográfica se ha circunscrito a trabajos desarrollados por EPAI y aquellos otros que presentan comparación de resultados, no se debe finalizar el mismo sin hacer una somera referencia al resto de las técnicas instrumentales en general, y a las espectroscópicas en particular, cuya contribución al campo de la geoquímica es muy importante.

La revista «Analytical Chemistry» publica todos los años una recopilación de trabajos sobre análisis de materiales geológicos que, si bien no resulta exhaustiva, por las fuentes de información de que parte, sí se puede considerar como completa por las técnicas que maneja. En su edición de 1989 (62) los trabajos citados y comentados dentro de esta parcela quedan clasificados por técnicas de la siguiente manera:

- AALL y AAEL (41).
- EPAI, EPCC y EM-PAI (53).
- Espectrometría de masas (EM) (21).
- FRX (38).
- Métodos de activación nuclear (86).
- Otros métodos instrumentales (45).

El anterior volumen de publicaciones confirma la importancia actual de la geoquímica dentro del campo de la investigación científica.

A lo largo de este estudio se incluirán referencias a aquellos trabajos que tengan una relación directa con la experimentación que se realiza en ese momento y que no se ha tenido en cuenta en este capítulo.

4. PARTE TEORICA

4.1. ESPECTROSCOPIA DE EMISION

La espectroscopia de emisión atómica posee una larga vigencia en el campo de la Química Analítica. Su versatilidad ha permitido aplicarla, con buenos resultados, al análisis de materiales tan diversos como son: minerales, rocas, metales,

aleaciones, muestras biológicas, soluciones orgánicas e inorgánicas, etc.

Esta técnica tiene su origen en la propiedad inherente a los átomos en estado fundamental de absorber ciertas cantidades de energía, pasando sus electrones a situarse en estados energéticos superiores (E₁, E₂, E₃...). La cantidad de energía necesaria para pasar un átomo de su estado fundamental a un estado excitado se llama «energía de excitación», y viene dada por la expresión:

$$\Delta E = E_1, E_2, E_3 \dots - E_0$$

donde E₀ es la energía correspondiente al estado fundamental.

Dicha energía puede suministrarse de diferentes formas: térmicamente, eléctricamente, rayos láser, fuentes de radiofrecuencia, plasmas, etc. En el caso de la espectroscopia de emisión tradicional la fuente de suministro es la eléctrica, mediante arco, o con un sistema de chispa condensada.

Los átomos, una vez excitados, tienden a volver a su estado fundamental o de mínima energía, cediendo la cantidad de energía previamente recibida en forma de radiaciones de longitudes de onda determinadas. Las mencionadas radiaciones en su conjunto constituyen los llamados «Espectros de emisión atómica».

Este fenómeno tiene un carácter cuantificado, vieniendo expresado por la fórmula de Plank:

$$M^* \rightleftharpoons M_0 + h \nu_1 + h \nu_2 + h \nu_3 + \dots$$

La diferente distribución electrónica de los átomos hace que cada especie atómica tenga su espectro característico, pudiéndose considerar el mismo como la huella dactilar del elemento. Dentro del espectro de emisión, y en función de la matriz y del resto de los elementos presentes en la muestra, se eligen las radiaciones (líneas) más idóneas para poder caracterizar uno en particular.

Si al átomo de un elemento se le suministra determinada cantidad de energía, puede suceder:

- 1.º) Que la energía suministrada sea inferior a la requerida para hacer pasar un electrón de un nivel a otro, en este caso no se producirá ninguna radiación y el átomo del ele-

mento considerado absorberá esta energía en forma de energía cinética.

- 2.º) Que la energía suministrada sea justo la necesaria para hacer pasar un electrón de un nivel energético a su inmediato superior. A esta energía se la denomina «potencial de excitación». Como la transición que tiene lugar es la más probable de movimiento del electrón dentro del átomo, la línea espectral a que da lugar se le denomina «línea última o persistente».
- 3.º) Si la energía que se suministra es superior a la aplicada en el segundo caso, surgirán mayor número de líneas espectrales. Cuando un electrón recibe determinado nivel de energía y se aleja del núcleo, de forma que la atracción de éste no sea suficiente como para que vuelva a su estado fundamental, el átomo queda ionizado. La energía requerida para que se produzca este fenómeno se llama «primer potencial de ionización». El primer potencial de ionización proporciona una medida de la facilidad con que un elemento puede ser excitado.

Dos hechos fundamentales hacen que la espectroscopia de emisión atómica pueda ser aplicada al análisis elemental cuantitativo.

Por una parte, existe una dependencia entre la intensidad de las líneas y la probabilidad del salto energético que las origina.

Por otra parte, la anterior dependencia da lugar a una relación lineal entre la intensidad de emisión y la concentración del elemento.

El primer hecho puede establecerse matemáticamente mediante la siguiente expresión:

$$I_{2-1} = A_{2-1} N_2 (E_2 - E_1) \quad [1]$$

donde:

A_{2-1} representa la probabilidad de que un átomo en el estado energético [2] emita espontáneamente un «cuanto» ($h\nu_{2-1}$) y pase al estado energético [1].

N_2 es el número de átomos que abandonan el estado excitado [2] por segundo.

$E_2 - E_1$ es el valor de la energía correspondiente a la citada transición.

El segundo hecho implica el conocimiento de la variación de la intensidad de una línea al variar el número N de átomos emisores. Un cálculo realizado por LOMAKIN (63) y comprobado con posterioridad experimentalmente (64) da, para esta variación, una ley del tipo:

$$I = K \cdot C^m$$

siendo K y m constantes que dependen de la sustancia considerada, de la línea espectral utilizada y de las condiciones de excitación.

Una representación logarítmica de la anterior ecuación:

$$\log I = \log K + m \log C \quad [2]$$

dará la linealidad de respuesta entre intensidad y concentración. En las ecuaciones [1] y [2] está basado la totalidad del análisis cuantitativo espectral.

4.2. EPAI

4.2.1. Generalidades

Como se ha indicado en 4.1., en espectroscopia de emisión una de las fuentes que pueden utilizarse para la excitación de los átomos es el plasma.

El plasma se puede considerar como un estado de la materia, concretamente el cuarto. Se trata de un gas parcialmente ionizado, pero que en su conjunto se comporta como eléctricamente neutro. El número de iones y electrones en su seno no sobrepasa el 1 por 100, y los mismos constituyen su característica fundamental.

Desde una óptica analítica la particularidad más interesante de los plasmas son las temperaturas que generan (4.000 a 10.000° K). Estas temperaturas son muy superiores a las alcanzadas con otras fuentes de excitación espectroscópicas (llama, chispa, arco, etc.).

El argón es el gas plasmógeno más extensamente utilizado, aunque, actualmente, se realizan investigaciones encaminadas a emplear otros gases o mezclas de ellos (N_2 , Ar- N_2 , etc.). En el seno del Ar tiene lugar el siguiente proceso:



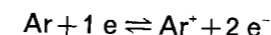
Para conseguir la ionización, y mantener el anterior equilibrio, es necesario un aporte de energía. Existen diversas maneras de suministrar esta energía, pero la más extendida en la actualidad es la producida por una corriente inducida acoplada al gas que constituye el plasma. El mecanismo de actuación es el siguiente:

En una primera etapa se inicia (cebar) la ionización del Ar con una fuente energética auxiliar (chispa Tesla). La ionización originada de esta forma se mantiene mediante la acción de una corriente de alta frecuencia (HF), que fluye a través de una bobina de inducción. Esta corriente da lugar a la formación de un campo alternante, \bar{H} , cuyas líneas de fuerza se encuentran orientadas axialmente a la bobina; dicho campo induce a los iones y a los electrones a moverse en órbitas circulares. Las corrientes eléctricas que se generan se cortocircuitan y provocan la continuidad del plasma por estos dos caminos: 1.º) Choques de iones y electrones con las moléculas del gas. 2.º) Calentamiento de este último por efecto Joule.

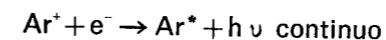
El anterior proceso de formación del plasma se lleva a cabo en una parte del espectrómetro llamada antorcha, cuya descripción y esquema se verá más adelante (fig. 1). Baste decir aquí que en esencia la antorcha es una serie de tubos concéntricos que se encuentran rodeados por las espiras de la bobina de inducción y por cuyo interior circulan diferentes caudales de Ar. Concretamente, el exterior es el que conduce al gas que origina el plasma. El aspecto de este plasma es el de una llama brillante y sin fluctuaciones que posee una forma toroidal.

4.2.2. Equilibrios en EPAI

Los equilibrios de ionización que tienen lugar en EPAI se pueden esquematizar de la siguiente manera:



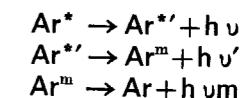
Una vez alcanzada la ionización se producirá la recombinación de los iones (Ar^+) y los electrones (e^-).



Según este mecanismo el electrón (e^-) es cap-

turado por los iones Ar, que se convierten en átomos excitados (Ar^*), cediendo el resto de energía cinética del electrón, que no se encuentra cuantizada, en forma de una radiación continua.

El Ar, en su estado excitado (Ar^*), tiende a volver a su nivel energético fundamental, de acuerdo con la siguiente serie de procesos:



expresiones anteriores en las que:

(Ar^*) y (Ar^{**}) simbolizan dos niveles excitados del Ar en general.

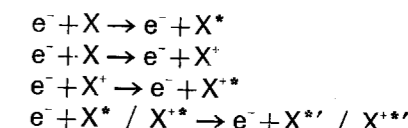
(Ar^m) representa los estados metaestables del Ar (tripletes excitados 3 Po y 3 Pz, que no producen desexcitación radiante por tratarse de orbitales estables que son admitidos por las reglas de selección) y constituyen la auténtica fuente energética de los plasmas.

(Ar) se trata del átomo en su estado fundamental.

La configuración toroidal de los plasmas generados por una corriente HF, y la presencia de átomos de Ar en su nivel metaestable, son las dos características que les confieren excelentes cualidades analíticas, por dar lugar a una elevada energía y a una buena estabilidad.

Cuando un elemento X se inyecta junto al gas portador por el tubo interior de la antorcha puede excitarse o ionizarse por uno cualquiera o varios de los siguientes mecanismos:

4.2.2.1. Excitación por colisión electrónica



El nivel de energía de los electrones que figuran en el primer miembro de las anteriores expresiones es de 30 eV.

Este camino de excitación es poco corriente, debido a que la población de electrones en un plasma generado por una corriente de HF es escasa, y los mismos se encuentran situados fundamentalmente en la zona periférica del toroide,

que no coincide con la zona central, que es por donde circulan los átomos que van a ser excitados.

4.2.2.2. Excitación por transferencia de carga entre los iones Ar y el elemento X



El nivel energético del (Ar^+) respecto al (Ar) en su estado fundamental, es de 15.75 eV. Por un mecanismo de transferencia de carga se podrán excitar y posteriormente ionizar elementos cuyos potenciales de ionización sean inferiores a 15 eV.

4.2.2.3. Excitación por colisión con átomos metaestables de Ar^m

Como se ha indicado al estudiar los equilibrios de excitación e ionización del Ar en un plasma, los niveles metaestables de este elemento coinciden con los orbitales estables admitidos por las reglas de selección. Estos orbitales se encuentran situados a 11.55 y 11.72 eV, respectivamente, y su desexcitación tiene lugar exclusivamente por procesos de colisión. El principal de estos procesos es la reacción de ionización de Penning.



Esta reacción se da cuando la suma de las energías de ionización y de excitación del elemento X es inferior a la energía correspondiente a los estados metaestables del Ar. Sin embargo, el anterior proceso no explica la excitación de líneas sensibles de elementos como Mg II 279.5 nm. (12.07 eV); Ta II 296.5 nm. (12.06 eV); W II 276.4 nm. (12.46 eV), y Cr II 267.7 nm. (12.91 eV), todas ellas con un nivel energético superior al de desexcitación del (Ar^m). La aparición de tales líneas en EPAI hay que atribuirla a una reacción de transferencia de carga entre los iones (Ar^+) y el elemento correspondiente (apartado 4.2.2.2.).

4.2.2.4. Excitación por colisión con moléculas de argón

Existen moléculas dimeras de argón (Ar_2) forma-

das en determinadas condiciones. Los estados excitados de estas moléculas Ar_2^* y Ar_2^+ son inestables y no pueden ser observados en el plasma. Se conoce muy poco acerca del mecanismo de transferencia de energía entre estos estados y los átomos de otros elementos, y sólo se sabe que su energía de ionización está muy próxima a la de formación del (Ar^+).

4.2.3. Zonas energéticas en EPAI

Explicados sucintamente los mecanismos de excitación, hay que indicar que existen tres zonas energéticas importantes para la aparición de líneas en EPAI.

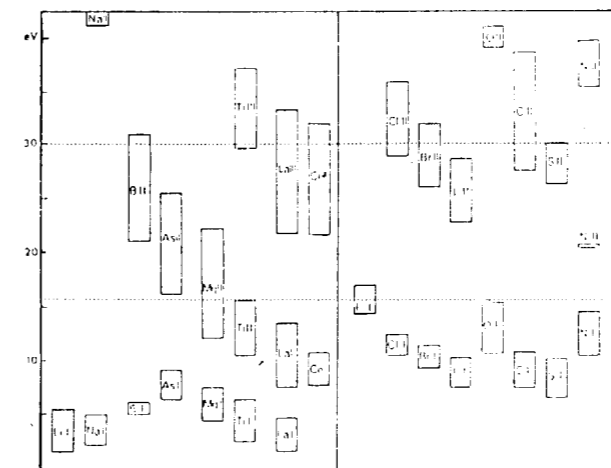
La primera es la comprendida entre 0 y 16 eV. En ella están situadas la totalidad de las líneas atómicas y las correspondientes a átomos ionizados cuya energía de excitación e ionización conjunta sea inferior a 16 eV. Siempre que un elemento esté presente en la muestra a nivel de microconstituyente y tenga líneas iónicas y atómicas en esta zona, será aconsejable la utilización de las primeras en base a su mayor sensibilidad.

La segunda está situada entre 16 y 30 eV, y se debe a la excitación por electrones. En ella aparecen líneas de elementos simple y doblemente ionizados, pero con una sensibilidad menor a la de la zona anterior. Cuando una muestra está constituida fundamentalmente por elementos de transición y de transición interna, esta zona aparece muy enriquecida en líneas, tal ocurre con mezclas de tierras raras, circonas-hafnias y determinados aceros especiales.

La tercera corresponde a energías por encima de los 30 eV, y hasta la actualidad en ella no se ha observado ningún tipo de líneas.

La presencia de estas tres zonas permite explicar de forma correcta la naturaleza de los espectros obtenidos experimentalmente. Así, en el Esquema II se puede observar:

- Los elementos alcalinos, fácilmente ionizables, precisan de elevadas energías para obtener sus líneas (II).
- Las líneas (II), de elementos tales como el B y el As, podrán ser utilizadas para anali-



Esquema II.—Distribución de energías de excitación de las líneas (I) y (II) y eventualmente (III) de algunos elementos representativos

zar altas concentraciones y no podrán ser empleadas en la determinación de impurezas por estar situadas por encima de los 16 eV.

- Elementos como Ti, Mg, La y Ce tendrán sus líneas atómicas y las simplemente ionizadas por debajo de los 16 eV.
- Los elementos no metálicos (C, Cl, Br, N, O, etc.) disponen sus líneas más sensibles en el ultravioleta lejano, zona que no puede ser detectada en condiciones normales por los espectrómetros.

4.2.4. Parámetros fundamentales a considerar en EPAI

En la parte experimental de este trabajo, cuando se presenten los equipos que se han utilizado, se describirán los componentes fundamentales de los mismos. En este apartado sólo se incidirá en aspectos tales como la antorcha, el proceso de nebulización, las interferencias y los criterios para establecer la sensibilidad, que son los que adquieren mayor importancia a la hora de efectuar los análisis.

4.2.4.1. Antorcha

Es el dispositivo en cuyo interior tiene lugar la

formación del plasma (fig. 1). Debido a las altas temperaturas que eventualmente tiene que soportar, ha de estar fabricada forzosamente de un material refractario. Consta de tres tubos concéntricos. Por el exterior circula el Ar, que origina el plasma (gas plasmógeno). El intermedio conduce el Ar como aporte auxiliar. El tubo interior, por donde asciende el aerosol, para ser excitado, puede ser de cuarzo, alúmina o circonas, dependiendo su naturaleza de la solución que se pretende analizar. El tubo exterior está rodeado en su parte superior por una bobina de inducción colocada de manera que, pese a su proximidad, no origine contactos. Los tubos intermedio e interior suelen llegar al nivel inferior de la bobina, siendo, por tanto, de menor longitud que el exterior.

El plasma se origina precisamente a partir del extremo del tubo intermedio. Su forma más conveniente, como se ha dicho con anterioridad, es la toroidal, y la misma se puede variar modificando el flujo del gas plasmógeno y la potencia de la fuente de corriente de HF que genera el plasma. Una disminución excesiva del flujo de este gas conduce a un desplazamiento del plasma hacia las paredes del tubo exterior, con el consiguiente peligro de deterioro del mismo.

La antorcha (fig. 1) puede ser fija o desmontable. Ambos tipos de antorcha presentan ventajas e inconvenientes: La facilidad de limpieza está en favor de la desmontable y la constancia en el mantenimiento de la altura de los tubos, factor que influye en la reproducibilidad de la formación del plasma, apunta hacia la antorcha fija.

La zona de observación que se produce en el extremo de la antorcha debe encontrarse alineada con la rendija de entrada del espectrómetro.

4.2.4.2. Nebulización

El aerosol que circula por el tubo interior de la antorcha llega a la zona de formación del plasma íntimamente unido al gas portador. Este aerosol se ha formado previamente mediante un proceso de nebulización que, junto con el de transporte, tienen como misión el proporcionar un flujo constante de muestra al plasma. Este aspecto es fundamental a la hora de obtener buenos resultados cuantitativos.

El sistema de nebulización debe aportar una can-

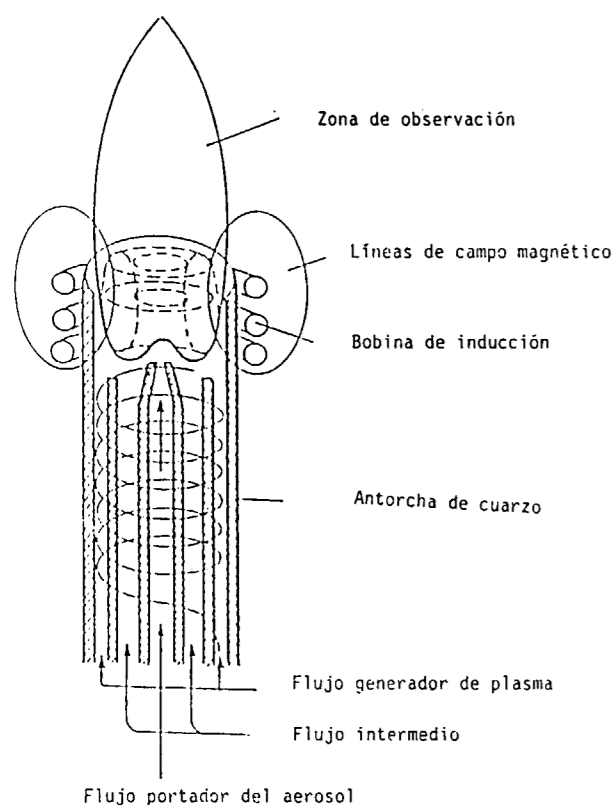


Figura 1.—Dispositivo generador del plasma.

idad suficiente de aerosol, pero a una velocidad de arrastre lenta, con objeto de que permanezca el mayor tiempo posible en contacto con el plasma y de esta forma conseguir una excitación correcta de la muestra.

El procedimiento de obtención del aerosol más utilizado en los equipos comerciales, y que ha sido el empleado en este trabajo, es el de nebulización neumática. Esta puede ser de tipo concéntrico o en ángulo recto (*cross-flow*). En ambos casos, como se trabaja con flujos pequeños de gas portador, es necesario emplear tubos muy finos para el transporte de la muestra. Ello trae consigo algunos inconvenientes, como son el riesgo de atasco de los capilares cuando se emplean soluciones con un alto contenido salino y la gran dependencia del rendimiento de nebulización con las propiedades físicas de la solución que se pretende atomizar (viscosidad, densidad, etc.).

El empleo de bombas peristálticas solventa en ocasiones la influencia de la densidad y de la tensión superficial, si bien no actúa en la mejora del rendimiento de nebulización, que sigue resultando muy bajo (~10 por 100).

Para mejorar dicho rendimiento y hacerlo independiente del flujo del gas de arrastre es necesario recurrir a la nebulización ultrasónica, en la cual el aerosol se produce por las ondas de ultrasonido emitidas por un transductor piezoeléctrico. Este tipo de nebulización presenta notables ventajas, como son: a) Aumento del rendimiento de nebulización hasta el 90 por 100. b) Mayor y mejor aporte de muestra al plasma. c) Buena estabilidad. Por contra, la presencia de volúmenes más elevados de solución obliga muchas veces a introducir un sistema de desolvatación con la consiguiente complicación que ello origina. Además, los nebulizadores ultrasónicos producen acusados efectos de memoria y exigen mayores volúmenes de muestra para su análisis. Tampoco hay que olvidar que su puesta en marcha origina más dificultades que la de los nebulizadores neumáticos, y que su coste es bastante más elevado. Estos inconvenientes son los responsables de que el empleo de los nebulizadores ultrasónicos esté limitado a casos específicos y que en la actualidad sigan siendo los neumáticos los más extendidos.

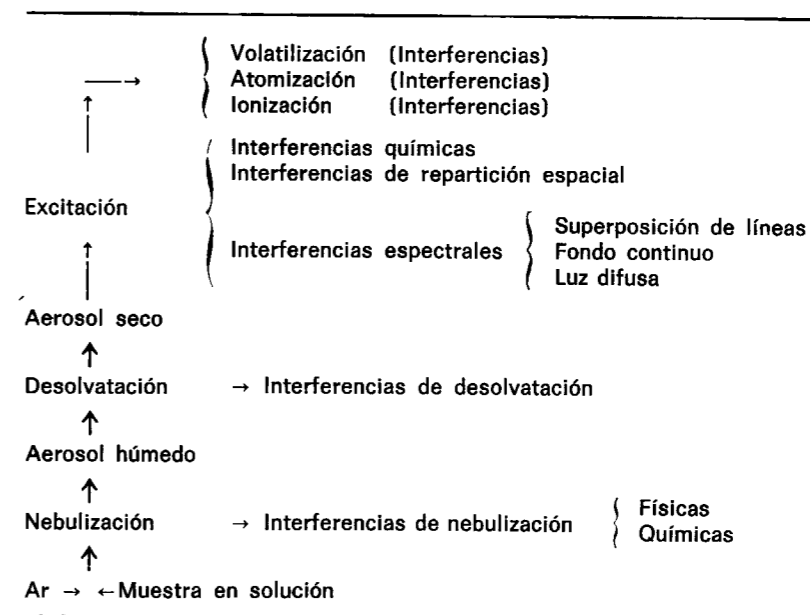
4.2.4.3. Interferencias

Las diferentes etapas desde la introducción de la solución de la muestra en el espectrómetro, que pueden dar lugar a fenómenos de interferencia, y los tipos de éstas últimas, se ofrecen en el esquema III.

Todo lo relacionado con la corrección de las interferencias espectrales, que son las más importantes, se abordará en la parte experimental de este trabajo.

4.2.4.4. Criterios para establecer la sensibilidad

Por tratarse la EPAI de una técnica espectroscópica con una respuesta lineal para concentraciones de varios órdenes de magnitud, su sensibilidad puede considerarse como independiente del nivel de concentración analizado.



Dicha sensibilidad, en función de la concentración correspondiente al LD, se expresa de la siguiente forma:

$$S = \frac{n \sigma_f}{LD} \quad [1]$$

siendo S la sensibilidad y $n \sigma_f$, n veces la desviación estándar correspondiente al ruido de fondo. La anterior relación define la sensibilidad como la señal que corresponde a la concentración denominada LD. Si como sensibilidad se toma la relación Intensidad proporcionada por la concentración cero/concentración cero = X_0/C_0 , la expresión [1] se convierte en:

$$LD = n \sigma_f \frac{C_0}{X_f} \quad [2]$$

Varios autores (65) y (66) encuentran que la desviación estándar relativa del fondo σ_f/X_f se mantiene prácticamente constante, oscilando su valor entre 0.005 y 0.03. Introduciendo este concepto en la fórmula [2], ésta se convierte en:

$$LD = n \frac{\sigma_f}{X_f} \times f \frac{C_0}{X_0} = n (\sigma_R)_f \frac{C_0}{X_f} \quad [3]$$

donde $\frac{X_0}{X_f}$ se identifica como la relación señal/fondo para una concentración de C_0 .

Mediante esta relación se puede apreciar separadamente los efectos de la desviación estándar relativa al fondo y de la relación señal/fondo sobre el LD.

Existe otro concepto de indudable interés a la hora de establecer la CMD de analito en una solución, y es el de concentración de analito equivalente al fondo (CEF). Dicha concentración es aquella que da lugar a una señal igual a la intensidad correspondiente al fondo a la longitud de onda medida. En EPAI es frecuente considerar la CMD como la CEF/2. Este parámetro, en la mayoría de las ocasiones, está comprendido entre 25 y 50 veces el valor del LD.

REFERENCIAS

- (1) ROUTHIER, P. (1980): *On sont les métaux pour l'avenir*. Memoire B. R. G. M., núm. 105.
- (2) ILARRI, A.; LOCUTURA, J., y URBANO (1984): *Exploración sistemática del territorio nacional*. I Congreso Español de Geología, t. II, 527-540.

- (3) FLETCHER, W. K. (1981): *Handbook of Exploration Geochemistry*. Ed. G. J. S. Govett. Elsevier Science Pub. New York.
- (4) BAILLY, P. A., y HORLOCKER, N. (1980): *The development of new exploration methods and techniques*. Congreso de Geología de París.
- (5) BERTANEU, J.; GONI, J., y WILHELM, E. (1979): *Methods of Geochemical Prospecting*. Geological Survey Prague (Czechoslovakia).
- (6) BOUCETTA, M., y FRITSCHÉ, J. (1979): *Utilisation d'un plasma conducteur associé à un spectromètre à échelle pour l'analyse multielementaire des échantillons géochimiques*. B. R. G. M. Département minéralogie, géochimie, analyses.
- (7) VOINOVITCH, J. A. (1989): *Spectrométrie d'émission par plasma à couplage inductif: Application à l'analyse des silicates*. *Analisis*, 17, 1-8.
- (8) DEL BARRIO, S., y BEL-LAN, A. (1984): *Aplicación de la espectrometría de plasma (DC) a la prospección geoquímica multielemental*. I Congreso Español de Geología, t. II, 335-353.
- (9) *Infraestructura minera (ITGE)*. Información interna.
- (10) KOLTHOFF, M., y SANDELL, E. B. (1952): *Text book of quantitative analysis*. Ed. Macmillan, New York.
- (11) TREADWELL, F. P.; TREADWELL, W. D., y ALLVE, C. (1949): *Tratado de química analítica, t. II*. Ed. Manuel Marín, Barcelona.
- (12) CHARLOT, G., y BEZIER, D. (1955): *Analyse quantitative minérale*. Ed. Masson, París.
- (13) MILLEBRAND, W. F. (1916): *The Analysis of Silicate and Carbonate Rocks*. U. S. Geological Survey, Washington.
- (14) WASHINGTON, M. S. (1930): *The Chemical Analysis of Rocks*. 4.ª ed., New York, Ed. John Wiley and Sons.
- (15) JACOB, J. (1944): *Guía para el análisis químico de rocas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- (16) VOINOVITCH, I. A. (1957): *Chim. Anal.*, 39, 454.
- (17) BENNET, H., y REED, R. A. (1971): *Chemical Methods of Silicate Analysis*. Academic Press, London.
- (18) GRILLOT, H., et al. (1964): *Methodes d'Analyse Quantitative Appliquées aux Roches et aux Prelevements de la Prospection Géochimique*. Ed. BRGM, París.
- (19) MAXWELL, J. A. (1968): *Rock and Mineral Analysis*. Interscience Pub., New York.
- (20) THE LORD ENERGLYN, BREALEY, J. (1971): *Analytical Geochemistry*. Elsevier Pub., Amsterdam.
- (21) VOLBORTH, A. (1969): *Elemental analysis in Geochemistry*. Elsevier Pub., Co., Amsterdam.
- (22) WARD, F. N., et al. (1969): *Atomic-absorption Methods of Analyses Useful in Geochemical Exploration*. U.S. Geol. Surv., Bull., 1289.
- (23) TIMPERLEY, M. H., y ALLAN, R. J. (1974): *The formation and detection of metal dispersion halos in organic lake sediments*. *J. Geochem. Explor.*, 3.
- (24) BRADSHAW, P. M. D., et al. (1974): *The application of different analytical extractions and soil profile sampling in exploration geochemistry*. *J. Geochem. Explor.*, 3.
- (25) LANGMYHR, F. J., y PONS, P. E. (1968): *The analysis of inorganic siliceous materials by atomic absorption spectrophotometry and the hydrofluoric acid decomposition technique*. *Anal. Chem. Acta*, 43.
- (26) BERNAS, B. (1968): *A new method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry*. *Anal. Chem.*, 40, 1682-1686.
- (27) CASE, O. P. (1974): *Ind. Eng. Chem.*, 16, 309.
- (28) ODEGARD, M. (1979): *Jarrell-Ash Plasma Newsl*, 2, 2.
- (29) PRICE, W. J., y WHITESIDE, P. J. (1977): *General Method for analysis of siliceous materials by atomic-absorption spectrophotometry and its application to macro y micro samples*. *Analyst*, 102.
- (30) TÖLG, G. (1962): *Anal. Chem.*, 190, 161.
- (31) SALMANG, H. (1952): *Keram. Ges.*, 29, 386.
- (32) STANTON, R. E., y McDONALD, A. J. (1966): *The colorimetric determination of boron in soils, sediments and rocks with methylene blue*. *Analyst*, 91.
- (33) BELCHER, C. B. (1962): *Sodium Peroxide as a flux in refractory and Mineral Analysis*. *Talanta*, vol. 10.
- (34) QUADRAT, O. (1959): *Chem. Anal. Warsaw*, 4, 405.
- (35) BELCHER, C. B., y SKELTON, L. B. (1966): *The rapid Analysis of silica in refractories and minerals*. *Análisis Química Acta*, 22.
- (36) SU, Y. S., y CAMPBELL, D. E. (1971): *Anal. Chim. Acta*, 55, 265.
- (37) ENGELS, J. C., e INGAMILLS, C. O. (1970): *Talanta*, 17, 783.
- (38) BENNETT, H., y OLIVER, G. J. (1971): *Analyst*, 96, 427.
- (39) INGAMILLS, C. O., et al. (1962): *Anal. Chim. Acta*, 26, 434.
- (40) INGAMILLS, C. O. (1970): *Anal. Chim. Acta*, 52, 323.
- (41) WARD, F. N.; LAKIN, H. W., y CANNEY, F. C. (1963): *Analytical Methods used in Geochemical Exploration by the U.S. Geological Survey*. U.S. Geological Surv.: Bull, 1289.
- (42) HEFFERNAN, B. J.; ARCHIBALD, R. O., y VICKERS, J. J. (1967): *Determination of tin in cassiterite ores*

- by AA Spectrophotometry. *Proc. Australas. Inst. Min. Metall*, 223.
- (43) PAHLAVANPOUR, B.; THOMPSON, M., y WALTON, S. J. (1979): *The determination of tin in geochemical samples par ICP emission spectrometry*. *J. Cheomen. Explor.*, 12.
- (44) LAMOTHE, P. J., et al. (1986): *Evaluation of a Microwave Oven System for the Dissolution of Geologic Samples*. *Anal. Chem.*, 58, 1881-1886.
- (45) BENNETT, H. (1983): *A decade of ceramic analysis*. *Tans. Jovr. Brit Ceram. Soc.*, 82, 4.
- (46) BOSSIER, M., y GARCIA, M. (1983): *Analyse automatique d'échantillons géologiques par plasma ICP*. *Spectrochim. Acta*, 38 B, 123.
- (47) BRENNER, I. B., et al. (1987): *A versatile technique for multielement ICP-AES analysis of geological samples*. *International laboratory*. December, 1987.
- (48) CHURCH, S. E. (1977): *The ICP-OES System a New Instrumental Method for mayor and trace element Abundances in Geological Material*. *Applied Research Laboratories*, November, 3.
- (49) DEBRAS-GUEDON, J., y LIODEC, N. (1981): *Le couplage plasma d'argon induit par haute fréquence et spectrométrie d'absorption atomique. Application a l'analyse de roches, minéraux et produits céramiques*. *Science of ceramics*, 11.
- (50) DAKHTAR, D.; GORDON, R., y LUND, L. J. (1989): *Dissolution of soils and Geological Materials for simultaneous elemental Analysis by ICP*. *Analyst*, 114.
- (51) CHASE, D. S.; NYGAARD, D. D., y LEIGHTY, D. A. (1987): *Analysis of Geological Materials by ICP*. *Instrumentation Laboratory (Applications Note AID, 187)*.
- (52) DATE, A. R. (1989): *Geological applications of inductively coupled plasma source mass spectrometry*. *British Geological Survey, 64 Grays Inn Road, London*.
- (53) LONGERICH, H. P., y KANTIPULY, C. J. (1989): *Trace analysis of Geological Materials by Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry*. *Department of Sciences and Centre for Earth Resources Research. Memorial University of New Jounland, St. John's, Canadá*.
- (54) MARTIN HALE, P. D., y THOMPSON, M. (1983): *Laser ablation inductively coupled plasma spectrometry for geochemical exploration*. *Tans. Inst. Min. Metall.*, 92.
- (55) THOMPSON, M.; GOULTER, J. E., y SIEPER, F. (1981): *Laser ablation for the introduction of solid samples into an inductively coupled plasma for atomic emission spectrometry*. *Analyst*, 106, 32-39.
- (56) V. G. ELEMENTAL (1989): *Folleto divulgativo*.
- (57) BOUMANS, P. W. J. M. (1978): *ICP atomic emission spectrometry: a multi-element analisis method for liquids and dissolved solids*. *Science and Engineering*, 12, 1-10.
- (58) WALSH, J. N., y DYMUTT, T. (1979): *A comparison of inductively coupled plasma source spectrometry and automated atomic absorption spectroscopy in the analysis of geological samples*.
- (59) MAGYAR, B., y TAKACS, K. (1987): *Combined use of Atomic Spectrometric Methods in the analysis of Rocks*.
- (60) DEGRE, J. P. (1982): *Plasma Emission Spectrometry for Analysis of Cements*. *ICP Information Newsl.*, 4, 49.
- (61) GOVINDARAJU, K. (1980): *Geostandards Newsl.*, 4, 49.
- (62) JACKSON, L. L. (1989): *Geological and Inorganic Materials*. *Anal. Chem.*, 61, 109 R - 128 R.

Original recibido: Septiembre de 1990.
Original aceptado: Octubre de 1990.

INFORMACION

Noticias

II CURSO GENERAL DE EVALUACION Y CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Organizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Area de Ingeniería GeoAmbiental), con la colaboración de la Fundación Gómez Pardo.

A celebrar en Madrid, del 15 al 19 de abril de 1991.

Introducción

La promulgación del R.D. 1131/88, y posterior Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, ha sancionado legalmente la necesidad de evaluar y corregir los Impactos Ambientales que una serie de actividades económicas realizan sobre el Medio Ambiente. Entre ellas se cuentan las Industrias Químicas, Centrales Nucleares y Almacenes de Residuos Radiactivos, Minería a Cielo Abierto, Carreteras, Vías Férreas, Embalses, etc. En nuestro país, y en los próximos años, el estudio y corrección de dichos impactos supondrá una inversión de algo más de un billón de pesetas.

Objetivos

Tanto la Evaluación como la Corrección de los Impactos Ambientales precisa de una perspectiva general, desde las Ciencias e Ingenierías Ambientales, en el marco de equipos pluridisciplinarios. En este sentido, el Curso, de carácter introductorio, será útil para una amplia gama de profesionales, licenciados e ingenieros principalmente, tanto

de las Administraciones Públicas como de la Empresa Privada.

Dirección

Francisco Javier Ayala Carcedo, Dr. Ingeniero de Minas.

Comité Científico-Técnico

Lucas Vadillo Fernández, Ingeniero de Minas.
Ernesto Gallego Valcarce, Geólogo.
Daniel Barettino Fraile, Ingeniero de Minas.

Secretaría

Nieves Hidalgo Castro, Lda. en CC. Biológicas.

Secretaría Técnica

Asunción Ferrer, Dra. CC. Geológicas.

Contenido

- La problemática ambiental en España.
- Conceptos básicos de Medio Ambiente.
- Identificación y evaluación de impactos ambientales.
- Legislación y evaluación ambiental.
- Técnicas generales de corrección y restauración.
- Problemas específicos de proyectos sometidos a E.I.A.

I CURSO DE GEOLOGIA PRACTICA APLICADA (CURSO TEORICO-PRACTICO Y DE CAMPO)

Organizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Area de Ingeniería GeoAmbiental).

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (Departamento de Ingeniería Geológica). UPM.

Introducción

La gestión racional de los recursos naturales, tanto en su

faceta extractiva como en la conservacionista, requiere unos conocimientos básicos de los factores geológicos, que no solamente controlan la presencia de materias primas minerales y de aguas subterráneas, sino que también son decisivos en problemas tan candentes como los riesgos geológicos, la ordenación del territorio, la evaluación y corrección de impactos ambientales, etc...

Objetivos

El curso pretende introducir en las aplicaciones de las ciencias y técnicas geológicas a los profesionales que requieran unos conocimientos prácticos imprescindibles en estos campos (Biólogos, Geógrafos, Ingenieros Superiores y Técnicos, Ambientalistas, Planificadores Territoriales, etc...), así como servir de reciclaje para todos aquellos que habiendo recibido una formación geológica no la hayan podido desarrollar en sus actividades profesionales. Se pretende dar un bagaje de ideas sólidas con aplicación práctica y capacitar para la identificación en campo de los principales aspectos geológicos.

Dirección

Ramón Querol Müller (ETSIMM), Dr. Ingeniero de Minas.
Ángel García Cortés (ITGE), Dr. Ingeniero de Minas.

Comité Científico-Técnico

Francisco J. Ayala Carcedo, Dr. Ingeniero de Minas.
Daniel Barettino Fraile, Ingeniero de Minas.
Luis M. Ríos Aragüés, Dr. Ingeniero de Minas.
José Miquel Galera, Dr. Ingeniero de Minas.

Secretaría

Nieves Hidalgo Castro, Lda. en CC. Biológicas.

Secretaría Técnica

Asunción Ferrer, Dra. en Ciencias Geológicas.

I CURSO SOBRE TECNICAS DE LABORATORIO EN LA CARACTERIZACION DE RECURSOS MINEROS

Organizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España, y se desarrollará en sesiones de mañana y tarde en el Centro de Laboratorios y Ensayos del ITGE, en Tres Cantos.

A celebrar en Madrid, del 3 al 7 de junio de 1991.

Introducción

Desde las primeras etapas de las investigaciones geomíneras hasta la elaboración del producto acabado o el mineral vendible, incluyendo las etapas de identificación, cubicación y valoración, son los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras representativas, los que proporcionan los datos objetivos necesarios para la correcta caracterización de los recursos mineros.

Objetivos

Descripción de las técnicas instrumentales que se emplean actualmente en los laboratorios para Análisis y Ensayos de materiales geológicos, haciendo especial énfasis en las técnicas y medios disponibles en el Centro de Laboratorios y Ensayos del ITGE.

PROGRAMA

Area I: Ciencias Básicas (15 horas)

- Mineralogía.
- Petrología.
- Geodinámica Interna.
- Geodinámica Externa.
- Historia Geológica.
- Geomorfología.

Area II: Técnicas Básicas (6 horas)

- Técnicas de Correlación.
- Geofísica.
- Fotogeología y Teledetección.
- Técnicas Cartográficas.

Area III: Aplicaciones (7 horas)

- Análisis de Cuencas y Modelización Geológica.
- Geología de terrenos e ígneos.
- Geología del Petróleo y del Carbón.
- Geología de minerales metálicos y Rocas Industriales.
- Aguas Subterráneas.
- Geotecnia y Riesgos Naturales.
- Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Area IV: Prácticas de campo

En las zonas graníticas de La Cabrera y Torrelaguna, Precámbrico y Paleozoico de Hiendelaencina, Rocas volcánicas de Atienza, Mesozoico de Sigüenza, Terciarios de la Alcarria y formaciones cuaternarias del Jarama. Se identificarán en campo rocas, pliegues, fallas, geomorfología, erosión, yacimientos, aguas subterráneas, etc.

Contenido

- Ensayos Químicos.
- Ensayos Mineralógicos.
- Ensayos Mineralúrgicos.
- Organización, Gestión y Control de calidad en los Laboratorios de Ensayos.

El desarrollo del curso consistirá en clases teóricas, prácticas y mesas redondas. Para el seguimiento del curso se entregará la pertinente documentación.

Dirección

Ángel Ilarri Junquera (ITGE).

Secretario

Manuel Rubio Gea (ITGE).

Coordinadores de Area

Francisco José Valle Fuentes (CSIC).
Juan Antonio Martín Rubí (ITGE).
Juan Mendiña Fernández (ITGE).
Jorge Alfaro Drets (ITGE).

IV ENCUENTRO DE CAMPO SOBRE GEOMORFOLOGIA, CUATERNARIO Y NEOTECTONICA (ALICANTE)

A celebrar en Alicante, del 15 al 20 de julio de 1991.

Introducción

Por cuarto año consecutivo se celebrará el Encuentro de Campo sobre Geomorfología, Cuaternario y Neotectónica, en la provincia de Alicante, extremo oriental peninsular de la Cordillera Bética.

Objetivos

El Encuentro tiene como objetivo fundamental llevar el debate científico sobre el terreno a cuestiones novedosas en la región a visitar, sobre temas de Geomorfología, Cuaternario y Neotectónica.

El abanico de lugares a visitar abarca playas fósiles cuaternarias, movimientos neotectónicos recientes, morfología litoral, secuencias de glaciés y abanicos aluviales, entre otras cuestiones de interés ambiental.

Las observaciones de campo sobre recorridos en microbús y a pie, y la discusión de los temas sobre el terreno constituyen el **modus operandi** básico del encuentro.

II CURSO MASTER EN INGENIERIA GEOLOGICA Y AMBIENTAL

— CURSO DE INGENIERIA GEOLOGICA Y DE RIESGOS NATURALES

— CURSOS DE INGENIERIA AMBIENTAL

Organizado por la Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Área de Ingeniería GeoAmbiental.

A celebrar en Madrid, del 21 de octubre de 1991 al 20 de junio de 1992.

Con la colaboración de las siguientes entidades:

A) Instituciones

CIEMAT.
ENS de Minas, París.
ETS de Arquitectura, UPM.
ETS de Ingenieros Agrónomos, UPM.
ETS de Ingenieros de Caminos, UP Madrid.
ETS de Ingenieros de Caminos, EP Valencia.
ETS de Ingenieros de Caminos, U. de Cantabria.
Fac. de CC. Geológicas, UC de Madrid.
OFICO, MINER.
Facultad de CC. Químicas, U. de Madrid.
SG de Medio Ambiente, MOPU.

B) Empresas

ENOGSA.
ENRESA.

Organización y Dirección

En la presente edición el Encuentro está organizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Dirección de Geología y Geofísica, Dirección de Aguas Subterráneas y Geología Ambiental) y la Universidad de Alicante (Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales), con la colaboración de otras entidades y personas.

Directores

Juan José Durán (ITGE).
Jesús Miguel Soria (U. de Alicante).
Francisco Javier Burillo (ITGE).

Secretario

Pedro Alfaro (U. de Alicante).

Colaboradores

A. Estévez (U. de Alicante).
J. A. Pina (U. de Alicante).
M. Rodríguez (U. de Alicante).

ENADIMSA.
CIECSA.
CONSULTINE COMUNITARIOS, S. A.
EAT, S. A.
EMPSA.
EUROPEA DE REASEGUROS, S. A.
GEOCONTROL.
INGOTEC, S. A.
INGYMA, S. A.
PROSPECCION E INGENIERIA, S. A.

Con el patrocinio de las siguientes entidades:

A) Instituciones

PROGRAMA COMETT (CEE).
PROGRAMA QUINTO CENTENARIO.

B) Empresas

ENDESA.
ENRESA.
ITGE.

Consejo Superior

Ilmo. Sr. Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Ilmo. Sr. Director del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

Sr. Subdirector de Doctorado, Investigación y Desarrollo de la Escuela Técnica de Ingenieros de Minas de Madrid.

Comisión Organizadora y Docente

DIRECTOR DEL MASTER:

D. Pedro RAMIREZ OYANGUREN.

Dr. Ingeniero de Minas, Catedrático de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

SECRETARIO:

D. Ricardo LAIN HUERTA.

Dr. Ingeniero de Minas. Profesor Titular de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

VOCALES:

D. Francisco Javier AYALA CARCEDO.

Dr. Ingeniero de Minas. Jefe de Área de Ingeniería GeoAmbiental del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE). Ministerio de Industria y Energía.

D. Angel GARCIA CORTES.

Dr. Ingeniero de Minas. Profesor Titular de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM. Área de Ingeniería GeoAmbiental del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE). Ministerio de Industria y Energía.

D. Domingo GOMEZ OREA.

Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la UPM.

D. Carlos LOPEZ JIMENO.

Dr. Ingeniero de Minas. Profesor Titular de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

D. Alfonso MALDONADO ZAMORA

Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

D. Manuel ROMANA RUIZ.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UP de Valencia. Director de INGEOTEC.

D. Concepción VAL CABALLERO.

Dra. En Ciencias Biológicas. Profesora Asociada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM. Jefa del Departamento de Restauración de ENDESA.

Programa

CURSO:

Ciencias y Técnicas Básicas en Ingeniería Geológica y Ambiental (100 horas).

Octubre-diciembre de 1991.

— GEOLOGIA.

H. Mansilla.

— FUNDAMENTOS DE OCEANOGRAFIA, HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA.

J. Medialdea, D. Prasetino, M. Millán.

— HIDROGEOLOGIA.

R. Fernández Rubio.

— GEOFISICA APLICADA A LA GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE.

A. Maldonado.

— TELEDETECCION APLICADA A LA GEOTECNIA, ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE.

A. Valverde.

— INFORMATICA BASICA.

L. Gravete.

— PROYECTOS DE INGENIERIA.

C. López Jimeno.

CURSO:

ESPECIALISTA EN INGENIERIA GEOLOGICA Y DE RIESGOS NATURALES (220 horas).

Noviembre de 1991 a marzo de 1992.

— GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA Y LA EDIFICACION.

F. J. Ayala, C. Olivier, J. M. Rodríguez y C. Saenz.

— MECANICA DEL SUELO APLICADA A LA INGENIERIA Y LA EDIFICACION.

M. Román.

— MECANICA DE ROCAS APLICADA A LA INGENIERIA Y LA EDIFICACION.

P. Ramírez.

— INFORMATICA GEOTECNICA.

L. Laín.

— TECNOLOGIA DEL ESPACIO SUBTERRANEO.

R. Laín.

— ESCOMBRERAS DE ESTERILES Y BALSAS DE RESIDUOS.

C. López Jimeno.

— RIESGOS GEOLOGICOS Y NATURALES.

F. J. Ayala.

— FUNDAMENTOS E INGENIERIA SISMICA.

J. Martín.

CURSO:

ESPECIALISTA EN INGENIERIA AMBIENTAL (235 horas).
Marzo-junio de 1992.

— ECOLOGIA APLICADA.

C. Val.

— GEOLOGIA APLICADA AL MEDIO AMBIENTE Y A LA ORDENACION DEL TERRITORIO.

F. J. Ayala.

— EROSION Y DESERTIFICACION.

A. García Cortés.

— LEGISLACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL.

H. de Linázar.

— EVALUACION Y CORRECCION DE IMPACTOS AMBIENTALES.

F. J. Ayala.

- GESTION DE RECURSOS GEOLOGICOS Y ORDENACION DEL TERRITORIO.
D. Gómez Orea.
- CONTROL Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACION INDUSTRIAL DEL AIRE.
A. Durán.
- CONTAMINACION POR EFLUENTES LIQUIDOS. TRATAMIENTO.
Dr. Tijera.
- RESTAURACION DEL TERRENO Y CORRECCION DE ALTERACIONES AMBIENTALES EN MINERIA.
C. López Jimeno.
- INGENIERIA DE RESIDUOS SOLIDOS.
J. Muranas, M. Santo.
- SECTOR ENERGETICO Y MEDIO AMBIENTE.
A. Carbajo.
- TECNICAS Y METODOS ANALITICOS EN MEDIO AMBIENTE.
J. Llamas.
- METODOS ESTADISTICOS EN MEDIO AMBIENTE.
E. Chacón, J. Llamas.

CURSOS:

PRACTICAS DE CAMPO Y LABORATORIO (60 horas).

V CURSO DE RIESGOS GEOLOGICOS Y NATURALES

Organizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Area de Ingeniería GeoAmbiental. Con la colaboración de la Fundación Gómez Pardo.

A celebrar en Madrid, 11 al 15 de noviembre de 1991.

Introducción

Aunque a menudo se considera la Tierra como símbolo mismo de estabilidad y permanencia, existen procesos activos en ella que generan un tipo especial de riesgos para las comunidades humanas que ocupan determinadas partes del planeta. Son los Riesgos Naturales. Baste recordar el deslizamiento del pueblo granadino de Olivares en 1986, las inundaciones catastróficas del Levante español en 1982 y 1986, las recientes inundaciones de Málaga, o la erupción del Nevado del Ruiz en Colombia en 1985 y el terremoto de San Francisco en 1989. En España, los Riesgos Geológicos pueden llegar a suponer en los próximos treinta años unas pérdidas superiores a los 8 billones de pesetas, y han supuesto en 1989 unas pérdidas cercanas a los 400.000 millones de pesetas.

Objetivos

Para enfrentarse con éxito a estos Riesgos es necesario un conocimiento global de los mismos, tanto de su génesis como de los sistemas desarrollados para su prevención y predicción. Este es el objetivo primordial del Curso, de carácter introductorio, y dirigido a un amplio espectro de profesionales, científicos, ingenieros y especialistas en Protección Civil y Gestión de Seguros, que tienen relación con estos Riesgos, preferentemente de las Administraciones Públicas, Centros de Investigación, Entidades Aseguradoras y Empresas Privadas.

PROYECTO DE MASTER

Directores de los cursos

CURSO DE CIENCIAS Y TECNICAS BASICAS EN INGENIERIA GEOLOGICA Y AMBIENTAL.

D. Alfonso MALDONADO ZAMORA.

Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

CURSO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA GEOLOGICA Y DE RIESGOS NATURALES.

D. Pedro RAMIREZ OYANGUREN.

Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Universidad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la UPM.

CURSO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA AMBIENTAL.

D. Francisco Javier AYALA CARCEDO.

Dr. Ingeniero de Minas. Jefe del Area de Ingeniería GeoAmbiental del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE). Ministerio de Industria y Energía.

Dirección

Francisco Javier Ayala Carcedo, Dr. Ingeniero de Minas.

Comité Científico-Técnico

Luis Laín Huerta, Dr. Ingeniero de Minas.
Mercedes Ferrer Gijón, Lda. en CC. Biológicas.
Joaquín Mulas de la Peña, Ingeniero de Minas.

Secretario

Jesús F. Jordá Pardo, Ldo. en CC. Geológicas.

Secretaria Técnica

Asunción Ferrer, Dra. en Ciencias Geológicas.

Metodología

Durante el Curso se impartirán una serie de lecciones de cuarenta y cinco minutos de duración, a las que seguirá un coloquio de 15 minutos en el que los participantes podrán exponer al profesor las dudas que tengan sobre el tema expuesto, a fin de que éstas puedan subsanarse con la participación de todos los presentes. Además, se proyectará un vídeo sobre Riesgos Geológicos producido por el ITGE.

Cada cursillista recibirá una completa documentación, que incluirá un libro donde figuran editadas las diferentes conferencias impartidas durante el Curso.

Contenido

- Introducción a los Riesgos Geológicos.
- Riesgos ligados a la Geodinámica Interna.
- Riesgos ligados a la Geodinámica Externa.
- Otros Riesgos (Climáticos, Cósmicos, etc.).
- Riesgos Geológicos y Sociedad.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

900775. **Actividades geológicas realizadas o previstas por organismos nacionales. Años 1988 y siguientes.** CNG. *Memoria Comisión Nacional de Geología* (1989), 207 pp., esp., bibl. ITGE.
* Informe actividad, Proyecto, Geología, Institución, España.

900802. **Elaboración de los instrumentos topográficos a comienzos del siglo XIX y su influencia en la precisión de las mediciones.** COX, R. C. *Topogr. Cartogr.* (1988), vol. 5, núm. 28, 53-61, 12 ref., esp., res. fr., ing., bibl. ITGE.
* Histórico, Topografía, Instrumentación, Precisión.

GEOLOGIA REGIONAL

900711. **Modelización gravimétrica en 3D de un sector de la depresión Central Catalana y Sierras marginales.** TORNE, M. *Rev. Soc. Geol. Esp.* (1989), vol. 2, núm. 1-2, 133-142, 15 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Modelo 3 dimensiones, Levantamiento gravimétrico, Anomalía de Bouger, Anomalía regional, Anomalía residual, Bloque tectónico basculado, Evaporita, Pérmico, Trías, Provincias Lérida, Barcelona.

ESTRATIGRAFIA

900712. **Cronoestratigrafía de la sucesión volcansedi-mentaria del Area de Carboneras (Sierra de Gata, Almería).** SERRANO, F., y GONZALEZ DONOSO, J. M. *Rev. Soc. Geol. Esp.* (1989), vol. 2, núm. 1-2, 143-151, 15 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Cronoestratigrafía, Biostratigrafía, Mioceno Sup., Tortonense, Mesiniense, Fauna foraminíferos, Volcano-sedimentario, Brecha, Zona Bética, Provincia Almería.

GEOMORFOLOGIA

900650. **Caracteres geomorfológicos de la Depresión de Valdecebro, provincia de Teruel.** SANCHEZ FABRE, M. *Geographicalia* (1989), vol. 26, 267-277, 18 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Glacis, Cerro, Depresión, Cuaternario, Provincia Teruel.

CUATERNARIO

900694. **Estratigrafía de los Moluscos Marinos en los yacimientos prehistóricos vascos.** IMAZ, M. *Munibe (Antropol.-Arkeol.)* (1990), vol. 42, 269-274, 20 ref., esp., res. baq., ing., bibl. ITGE.
* Biostratigrafía, Paleolítico, Fauna molusco, Medio marino, Provincias vascas.

900718. **Sondeo de l'Albufera de Pego, Valencia: micro-paleontología y biofacies.** MATEU, G. *Saitabi* (1988), vol. 38, 169-177, 18 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Corte sondeo, Holoceno, Pleistoceno, Biofacies, Fauna foraminíferos, Fauna ostrácodos, Variación nivel, Provincia Valencia.

900720. **Los depósitos cuaternarios de l'arenal de Petrer, Alicante.** CASQUET, T.; CERDA, A.; FERRER, C.; FUMANAL, M. P.; MANZANARES, V., y VIÑALS, M. J. *Saitabi* (1988), vol. 38, 189-202, 11 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Pleistoceno, Holoceno, Divisoria de aguas, Glacis, Duna, Terraza, Roca carbonatada, Paleoclima, Datación, C14, Provincia Alicante.

GEOLOGIA MARINA

900723. **Recursos minerales en el mar.** MEDIALDEA, J. *Semana de estudio de los recursos del mar, Cartagena* (1983), 57-69, esp., bibl. ITGE.
* Recursos minerales, Océano, Informe actividad, ITGE, España, Francia, Reino Unido.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

900714. **La degradación del patrimonio monumental en España.** PLEITE, J. *Roc. Máquina* (1989), núm. 7, 15-20, esp., bibl. ITGE.
* Piedra de construcción, Material ornamentación, Edificio, Alteración meteórica, Acción preventiva, España.
900715. **Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción.** ORDAZ, J., y ESBERT, R. M. *Roc. Máquina* (1989), núm. 7, 21-31, esp., bibl. ITGE.
* Glosario, Nomenclatura, Piedra construcción, Material de construcción, Edificio, Alteración.
900717. **El comercio exterior durante el primer trimestre de 1989, atonía generalizada.** *Roc. Máquina* (1989), núm. 7, 72-74, esp., bibl. ITGE.
* Marga, Granito, Valor importación, Valor exportación, Mercado, España.
900727. **Memoria de actividades 1988-1989. Xunta de Galicia, Axencia de Calidad Ambiental de Galicia.** *Xunta de Galicia, Santiago* (1990), 98 pp., esp., bibl. ITGE.
* Informe actividad, Protección medio ambiente, Institución, Política Estado, Galicia.
900728. **Minería y Medio Ambiente.** ITGE. *Publicaciones ITGE* (1988), 19 pp., esp., Serv. Publ. ITGE.
* Divulgación geología, Estudio impacto medio, Mina, Reacondicionamiento, Legislación, España.
900729. **Riesgos geológicos en España.** ITGE. *Publicaciones ITGE* (1990), 19 pp., esp., Serv. Publ. ITGE.
* Divulgación geología, Riesgo natural, España.
900730. **Análisis del proceso de deformación y del mecanismo de rotura de rocas blandas en taludes mineros.** FERRER GIJON, M. *ITGE* (1990), 264 pp., 108 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Tesis doctoral, Estabilidad talud, Tensión, Deformación bajo tensión, Ruptura, Limolita, Ensayo laboratorio, Medio elastoplástico, Modelo matemático, Método elemento finito, Provincia Córdoba.
900747. **Contribuição para a historia da geotecnia em Portugal.** NASCIMENTO, U.

- Geotecnia* (1990), vol. 58, 3-16, 17 ref., port., res. ing., bibl. ITGE.
* Histórico, Geotécnico, Institución, Informe actividad, Portugal.
900748. **Acerca do comportamento mecanico das superficie de descontinuidade do maciços rochosos.** CUNHA, A. P., y MURALHA, J. *Geotecnia* (1990), vol. 58, 43-63, 15 ref., port., res. ing., bibl. ITGE.
* Macizo rocoso, Diaclasa, Tensión, Resistencia ruptura, Dilatación, Deformación bajo tensión, Ensayo cizallamiento, Propiedad mecánica.
900749. **Aterros fundados em estacas.** FOLQUE, J. *Geotecnia* (1990), vol. 58, 19-26, port., res. ing., bibl. ITGE.
* Mecánica suelo, Relleno terraplén, Pilote de cimentación, Cimentación.
900753. **Diseño y evaluación del impacto visual de las explotaciones a cielo abierto: programa VISMIN.** MORAN VILA, P. J., y LOPEZ JIMENO, C. *Cant. explot.* (1989), núm. 274, 79-88, esp., bibl. ITGE.
* Estudio impacto medio, Cielo abierto, Cantera, Reacondicionamiento, Modelo 3 dimensiones, Modelo físico, Programa ordenador.
900772. **Respuesta dinámica de suelos.** ALARCON, E. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 309-356, 45 ref., esp., bibl. ITGE.
* Modelo matemático, Mecánica suelo, Movimiento suelo, Tensión, Deformación bajo tensión, Ensayo «in situ», Ensayo laboratorio, Medio viscoelástico, Medio elástico, Medio continuo.
900773. **Cuantificación de la correlación aceleración máxima intensidad sísmica a partir de daños en estructuras de hormigón.** VILLACAÑAS, J. A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 357-376, 6 ref., esp., bibl. ITGE.
* Daño catástrofe natural, Obra parasísmica, Hormigón, Resistencia mecánica, Movimiento suelo, Intensidad sísmica, Acelerograma, Simulación numérica.
900774. **S. O. S. para las playas españolas.** LAVIN, V. *Mar* (1989), núm. 268, 40-46, esp., bibl. ITGE.
* Protección medio ambiente, Playa, Agua mar, Contaminación, Vertido controlado, Acción preventiva, Política Estado, España.
900777. **Nueva Secretaría General del Medio Ambiente.** COMES, V. *Rev. MOPU* (1990), núm. 376, 26-30, esp., bibl. ITGE.
* Protección medio ambiente, Política Estado, Institución, España.
900779. **Uso de modelos de simulación en la obra pública.** RODRIGUEZ, J. I. *Rev. MOPU* (1990), núm. 376, 59-64, esp., bibl. ITGE.
* Modelo matemático, Modelo físico, Simulación, Obra, Ordenador.
900781. **Las inundaciones en España. Valoración de daño. Prevención y Gestión.** *Rev. Obras Públicas* (1990), núm. 3287, 61-66, esp., bibl. ITGE.
* Crecida río, Daño catástrofe natural, Previsión, Gestión, Política Estado, España.

900786. **Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos.** GARCIA LOZANO, E., y DIAL, J. *Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente, Madrid: MOPU* (1987), 488 pp., esp., bibl. ITGE.
* Protección medio ambiente, Contaminación, Sustancia tóxica, Residuo peligroso, Reunión.
900787. **Las Prácticas de gestión de residuos peligrosos en los Estados Unidos.** DIAL, J. *Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. Madrid* (1987), MOPU, 9-31, 2 ref., esp., bibl. ITGE.
* Legislación, Protección medio ambiente, Residuos peligrosos, Almacenamiento, Transporte, Vertedero, Estados Unidos.
900788. **La gestión de los residuos tóxicos y peligrosos en España.** GARCIA LOZANO, E. *Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. Madrid* (1987), MOPU, 33-48, esp., bibl. ITGE.
* Inventario, Producción, Residuo peligroso, Sustancia tóxica, Gestión, Legislación, España.
900789. **Definición de un residuo peligroso.** HILL, R. D. *Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. Madrid* (1987), MOPU, 49-62, 5 ref., esp., bibl. ITGE.
* Residuo peligroso, Sustancia tóxica, Inventario, Legislación, CEE, Estados Unidos.
900790. **Legislación española sobre residuos tóxicos y peligrosos.** GARCIA LOZANO, E. *Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. Madrid* (1987), MOPU, 63-78, esp., bibl. ITGE.
* Legislación, España, CEE, Gestión, Sustancia tóxica, Residuo peligroso.
900790. **Procedimientos utilizados en Estados Unidos para el muestreo y análisis de residuos peligrosos.** BURNS, E. A., y CUBED, S. *Seminario sobre tratamiento y eliminación de residuos tóxicos y peligrosos. Madrid* (1987), MOPU, 79-135, 12 ref., esp., bibl. ITGE.
* Inventario, Residuo peligroso, Muestreo, Metodología análisis, Estados Unidos.

TECTONICA

- cizallamiento, Cuarcita, Pliegue flexura, Despegadura, Geometría, Hercínico Sur, Provincias Córdoba, Badajoz.
900708. **Structural geology of the Ribera del Fresno window (Badajoz-Córdoba shear zone).** ABALOS, B. *Rev. Soc. Geol. Esp.* (1989), vol. 2, núm. 1-2, 103-112, 27 ref., ing., res. esp., bibl. ITGE.
* Ventana, Tectónica superpuesta, Microtectónica, Cinemática, Deformación finita, Lineación, Foliación, Zona cizallamiento, Orogenia hercínica, Hercínico Sur, Provincias Córdoba, Badajoz.

HIDROLOGIA - HIDROGEOLOGIA

900654. **Contaminación producida en el subsuelo de Daimiel, Ciudad Real, por el vertido de vinazas de una alcohola.** LOPEZ CAMACHO, B.; BUSTAMANTE, I., y SANCHEZ CRESPO, P. *Hidrogeología y recursos hidráulicos* (1989), vol. 14, 87-104, 6 ref., esp., bibl. ITGE.
* Agua subterránea, Contaminación, Residuo industrial, Calidad agua, Materia orgánica, Nitrato, Potasio, Sulfato, pH, Temperatura, Provincia Ciudad Real.
900655. **Efectos de las obras de regulación en la salinidad de las aguas del río Martín. Provincias de Teruel y Zaragoza.** DE MIGUEL CABEZA, J. L.; SANCHEZ NAVARRO, J. A., y MARTINEZ GIL, F. J. *Hidrogeología y recursos hidráulicos* (1989), vol. 14, 105-112, 14 ref., esp., bibl. ITGE.
* Agua superficie, Gestión recurso agua, Presa, Agua disponible, Calidad agua, Salinidad, Provincias Teruel, Zaragoza.
900657. **Estudio de la influencia de la contaminación atmosférica en la calidad de las aguas subterráneas.** GOMEZ MARTOS, M.; TABERNERO, J., y SANTOS, A. *Hidrogeología y recursos hidráulicos* (1989), vol. 14, 125-141, 6 ref., esp., bibl. ITGE.
* Agua subterránea, Balance agua suelo, Contaminación, Contaminante, Hidroquímica, Cuenca Júcar, Provincias Castellón, Valencia.
900658. **Estudio sobre el estado de la explotación del acuífero Montilla-Puebla-Huésca y del sector noroccidental del acuífero de la Sierra de Orce. Alto Guadalquivir. Granada.** RUBIO, J. C., y DELGADO, J. *Hidrogeología y recursos hidráulicos* (1989), vol. 14, 153-166, 8 ref., esp., bibl. ITGE.
* Balance agua, Acuífero, Roca carbonatada, Inventario, Pozos agua, Provincia Granada.
900659. **Evaluación económica de un estudio piloto de recuperación del acuífero aluvial de la Cubeta de La Llagosta.** NAVARRO, A., y SOLER, M. A. *Hidrogeología y recursos hidráulicos* (1989), vol. 14, 167-178, 9 ref., esp., bibl. ITGE.
* Acuífero aluvial, Agua subterránea, Contaminación, Contaminante, Descontaminación, Coste, Provincia Barcelona.

900660. **Explotación conjunta de recursos superficiales y subterráneos.** LOPEZ CAMACHO, B., y SANCHEZ GONZALEZ, A.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 179-190, 14 ref., esp., bibl. ITGE.

* Planificación, Gestión recursos agua, Agua superficie, Agua subterránea, Perspectiva, España.

900661. **Factores geológicos y antrópicos que determinan la calidad del agua subterránea en la región de Murcia.** SOLIS, L.; MORA, V.; RODRIGUEZ ESTRELLA, T., y ARAGON, R.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 191-203, 13 ref., esp., bibl. ITGE.

* Agua subterránea, Calidad agua, Acuífero, Acción hombre, Río Segura, Provincia Murcia.

900662. **Hydrology of the Canary Islands, Spain.** CUSTODIO, E.; JIMENEZ, J.; NUÑEZ, J. A.; PUGA, L., y BARAJOS, J. J.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 205-227, 24 ref., ing., bibl. ITGE.

* Recursos agua, Gestión recursos agua, Agua disponible, Canarias.

900663. **Influencia de los plaguicidas en la calidad de las aguas subterráneas.** NAVARRETE, P.; RAMOS, G.; CATALAN, J. M., y HERNANDEZ, M. I.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 229-241, 9 ref., esp., bibl. ITGE.

* Agua subterránea, Contaminación, Pesticida, Calidad agua, Descontaminación.

900664. **La contaminación de las aguas subterráneas en la nueva Ley de Aguas.** GONZALEZ MONTEERRUBIO, J. M.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 243-250, esp., bibl. ITGE.

* Legislación, Ley de Aguas 1985, Contaminación, Agua subterránea, Protección medio ambiente, España.

900665. **La contaminación por nitratos en el acuífero aluvial del Bajo Gállego: Distribución y evolución.** SANCHEZ NAVARRO, J. A.; GASCON, B., y MARTINEZ GIL, F. J.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 251-261, 6 ref., esp., bibl. ITGE.

* Contaminación, Acuífero aluvial, Calidad agua, Nitrato, Abono, Provincia Zaragoza.

900666. **Primeros resultados obtenidos en la red automatizada de control de los recursos hídricos subterráneos de La Moraña, tras dos años de funcionamiento, 1986-1988.** ROLANDI, M.; BONED, M., y JIMENEZ, S.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 263-286, 10 ref., esp., bibl. ITGE.

* Piezómetro, Acuífero, Gestión recurso agua, Instrumentación, Tratamiento datos, Cuenca Duero, Provincias Avila, Salamanca, Valladolid.

900667. **Revisión de métodos geoestadísticos para el reconocimiento e interpretación de anomalías hidrogeoquímicas.** CHICA, M.; PULIDO, A.; DELGADO, J., y PARDO, E.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 287-300, 7 ref., esp., res. fr., bibl. ITGE.

* Simulación numérica, Krigeaje, Variograma, Anomalía, Hidroquímica.

900668. **Simulación del acuífero de Sierra Grossa, Valencia.** PULIDO, A.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 301-313, 28 ref., esp., res. fr., bibl. ITGE.

* Simulación numérica, Acuífero, Piezometría, Transmisividad, Almacenamiento, Karst, Régimen transitorio, Régimen permanente, Ordenador, Provincia Valencia.

900669. **Tendencias en hidrogeoquímica.** LLAMAS, M. R., y BACK, W.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1989), vol. 14, 315-323, 8 ref., esp., bibl. ITGE.

* Estudio crítico, Teoría, Hidroquímica, Agua subterránea, Calidad agua, Contaminación, España.

900697. **Tribunal de las Aguas de Valencia.** ROJO, I.

Rev. MOPU (1990), núm. 375, 77-80, 4 ref., esp., bibl. ITGE.

* Legislación, Gestión recursos agua, Provincia Valencia.

900778. **Recuperación del Guadiana a su paso por Badajoz.** DEL AMO, M.

Rev. MOPU (1990), núm. 376, 42-46, esp., bibl. ITGE.

* Río, Reacondicionamiento, Lago artificial, Playa, Suelo recreativo, Provincia Badajoz.

900782. **Caracterizació morfológica i limnològica del Cot D'Espolla i les surgències del Pla D'Usall (Pla de L'Estany).** VILA, C. A.; ABELLA, A., y BRUSI, D.

Scientia Gerundensis (1988), vol. 14, 23-42, 11 ref., cat., res. esp., ing., bibl. ITGE.

* Surgencia, Fuente intermitente, Propiedad fisicoquímica, Conductividad eléctrica, Temperatura, Oxígeno, Lago, Limnología, Cuenca Ter, Provincia Gerona.

900784. **Predicció dels períodes de les seques externes i internes del L'Estany de Banyoles.** BESALU, E.; MESTRES, J.; VILARDELL, P., y CASAMITJANA, A.

Scientia Gerundensis (1988), vol. 14, 137-147, 2 ref., cat., res. esp., ing., bibl. ITGE.

* Lago, Seiche, Periodicidad, Modelo 1 dimensión, Ecuación matemática, Provincia Gerona.

MINERALOGIA: GENERALIDADES

900713. **Puesta a punto del microanálisis EDX con el microscopio electrónico de transmisión Zeiss EM 10 C.** LOPEZ GALINDO, A.; FERNANDEZ SEGURA, E.; SANCHEZ NAVAS, A.; MARTINEZ GUERRERO, M. J., y ORTEGA HUERTAS, M.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 153-159, 16 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Método MET, Composición mineralógica, Instrumentación, Optimización, Preparación muestra, Fórmula.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

900552. **Génesis del yeso primario lenticular en sedimentos evaporíticos.** MANDADO, J., y TENA, J. M.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas, Fis., Quím. y Nat. Zaragoza (1989), vol. 44, 199-214, 24 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Yeso sustancia, Textura, Lentéjón, Sebkhá, Cuenca salada, Evaporación, Sulfato, Medio supramareal, Medio árido, Medio semiárido.

900556. **A simple experiment on the interaction between gravity currents and sediment transport.** CRESPO, D., y REDONDO, J. M.

Rev. geof. (1989), vol. 45, núm. 2, 203-209, 12 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Corriente densidad, Transporte, Depósito, Sedimento, Sal gema, Estructura corriente turbidez, Sedimentación, Proporción material sedimentado, Modelo matemático.

900560. **Estudio geoquímico de las ampolitas de Ojales en Santa Olalla del Cala, Huelva.** AGUDELO, A.

Subsuelo (1989), núm. 5, 3-9, 3 ref., esp., bibl. ITGE.

* Uranio, Metalotecto, Pizarra, Análisis elemento traza, Materia orgánica, Materia volátil, Silúrico, Provincia Huelva.

900607. **Relaciones entre el ambiente de sedimentación y los procesos diagenéticos en las areniscas del Buntsandstein del Umbral de Ateca, Cordillera Ibérica.** MARFIL, R., y GOMEZ GRAS, D.

Bol. geol. min. (1990), vol. 101, núm. 1, 3-20, 55 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Sedimentación deltáica, Medio mareal, Medio supramareal, Diagénesis, Arenisca, Arcosa, Cemento roca, Materia orgánica, Estructura sedimentaria, Concreción, Bioturbación, Buntsandstein, Macizo Ibérico, Provincia Zaragoza.

900630. **Paleosuelos de sepiolita en el neógeno de la Cuenca de Madrid.** LEGUEY, S.; POZO, M., y MEDINA, J. A.

Estud. geol. Madrid (1989), vol. 45, núm. 5-6, 279-291, 47 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Paleosuelo, Suelo hidromorfo, Sepiolita, Silificación, Textura, Fábrica, Neógeno, Provincia Madrid.

900639. **Estudio sedimentológico del Keuper Inferior, a partir del análisis de facies, en el sector Central de la Cordillera Bética. Algunas consideraciones paleogeográficas.** PEREZ LOPEZ, A., y LOPEZ CHICANO, M.

Estud. geol. Madrid (1989), vol. 45, núm. 5-6, 375-385, 36 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Sedimentación fluvial, Medio litoral, Keuper, Litofacies, Marisma, Marisma salada, Limolita, Evaporita, Paleogeografía, Zona Bética.

900701. **Dinámica sedimentaria y concentraciones fósiles: implicaciones en la realimentación tafonómica.** MAYORAL, E.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 31-40, 9 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Tafonomía, Sedimentación bioclástica, Biofacies, Alogénesis, Taxón bentónico, Provincia Huelva.

900702. **El sistema aluvial de Cobatillas (Teruel): Análisis de facies y evolución del estilo fluvial.** ARENAS, C.; PARDO, G.; GONZALEZ, A., y VILLENA, J.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 41-54, 17 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Abanicos fluviales, Litofacies, Tectónica sinsedimentaria, Paleocorriente, Cuenca intracratónica, Terciario, Provincia Teruel.

900703. **Space and time analysis of river systems, illustrated by miocene systems of the northern Ebro basin in Aragón, Spain.** FRIEND, P. F.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 55-64, 27 ref., ing., res. esp., bibl. ITGE.

* Sedimentación fluvial, Remoción sedimentaria, Variación temporal, Variación espacial, Mioceno Inf., Cuenca Ebro, Aragón.

900704. **Influencia de la falla del Jiloca durante la sedimentación del Malm en la Cordillera Ibérica Central, provincia de Teruel. Relación Tectónica-Sedimentaria.** AURELL, M., y MELENDEZ, A.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 65-75, 26 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Plataforma carbonatada, Kimmeridgiense, Oxfordiense, Litofacies, Roca carbonatada, Roca clástica, Falla extensión, Tectónica sinsedimentaria, Variación nivel, Transgresión, Río Jiloca, Provincia Teruel.

900709. **Interpretación sedimentaria de los materiales triásicos de facies Buntsandstein en las zonas externas de las Cordilleras Béticas y en la Cobertera tabular de la Meseta. España.** FERNANDEZ, J., y GIL, A.

Rev. Soc. Geol. Esp. (1989), vol. 2, núm. 1-2, 113-124, 36 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Río anastomosado, Buntsandstein, Keuper, Litofacies, Cuenca salada, Variación nivel, Transgresión, Abanicos fluviales, Paleocorrientes, Zona Prebética, Zona Bética.

900719. **Algunas microestructuras presentes en las costas calcáreas del piedemonte de Bétera, provincia de Valencia.** ESTRELLA NAVARRO, M. J.

Saitabi (1988), vol. 38, 179-188, 22 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Costra calcárea, Micromorfología, Grieta desecación, Glacis, Provincia Valencia.

900783. **Caracterizació físico-química dels travertins en formació de L'Estany de Banyoles.** COMA, M. V.; ABELLA, C. A., y OROMI, O.

Scientia Gerundensis (1988), vol. 14, 43-56, 12 ref., cat., res. esp., ing., bibl. ITGE.

* Travertino, Distribución espacial, Histograma, Sedimentación bioquímica, Lago, Dirección corriente, Oleaje, Profundidad compensación carbonatada, Provincia Gerona.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

900785. **Dos nous afloraments volcànics a l'Alt Empordà (Girona).** PALLI, LL.; MAS, J., y BRUSI, D. *Scientia Gerundensis* (1988), vol. 14, 151-160, 6 ref., cat., res. esp., ing., bibl. ITGE.
* Afloramiento, Basalto alcalino, Basalto olivino alcalino, Neógeno, Provincia Gerona.

YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

900754. **CARBUNION 88.** *Carbunión* (1989), núm. 88, 148 pp., esp., bibl. ITGE.
* Informe anual, Energía, Producción, Reserva, Consumo, Mercado, España, CEE, Mundo.
900755. **La energía en el mundo.** *Carbunión* (1989), núm. 88, 13-50, esp., bibl. ITGE.
* Energía, Carbón, Petróleo, Gas natural, Energía nuclear, Reserva, Demanda, Consumo, Datos, Mundo.
900756. **El carbón en la Europa Occidental.** *Carbunión* (1989), núm. 88, 51-63, esp., bibl. ITGE.
* Carbón, Reserva, Utilización sustancia, Demanda, Consumo, Importación, CEE, Dato.
900757. **La energía en España.** *Carbunión* (1989), núm. 88, 65-123, esp., bibl. ITGE.
* Carbón, Petróleo, Gas natural, Uranio sustancia, Producción, Reserva, Consumo, Demanda, Mercado, Datos, España.
900758. **Memoria de actividades 1988.** *Carbunión* (1989), núm. 88, 127-148, esp., bibl. ITGE.
* Informe anual, Informe actividades, Sociedad estatal, Carbón, Producción, Demanda, Consumo, Precio, Mercado, España.
900776. **Memoria HUNOSA 1988.** *HUNOSA* (1989), 67 pp., esp., bibl. ITGE.
* Informe actividad, Informe anual, Sociedad del Estado, Carbón, España.

YACIMENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

900716. **La industria portuguesa de piedras naturales.** MAFRA, F. J. *Roc. Máquina* (1989), num. 7, 36-58, esp., bibl. ITGE.
* Material ornamentación, Marga, Granito, Cantera, Producción, Mercado, Precio, Valor producción, Valor exportación, Portugal.

900724. **Bases para la ordenación minera y ambiental de la extracción de picón en las Canarias, Tenerife, Lanzarote y Gran Canaria.** ITGE. *Publicaciones ITGE*, 103 pp., 25 ref., esp., Serv. Publ. ITGE.
* Mapa geológico medioambiental, Mapa sustancia útil, Planificación, Estudio impacto medio, Lapilli, Picón, Piroclástico, Material de construcción, Explotación, Reserva, Cono de cenizas, Canarias.

900751. **Características de las materias primas para la fusión de diferentes tipos de vidrios.** FERNANDEZ NAVARRRO, J. M. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* (1989), vol. 28, núm. 6, 449-460, 20 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Materia prima, Material vidrio, Arena sustancia, Caliza sustancia, Oxido, Sílice, Fusión, Propiedad química.
900752. **Materias primas alcalinas para la fabricación de vidrios.** CORTES PALACIO, A. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* (1989), vol. 28, núm. 6, 461-467, 3 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Materia prima, Composición alcalina, Materia vidrio, Litio sustancia, Análisis químico, Provincia León, Asturias, Galicia, Canarias.

CARBON

900725. **Estabilidad de taludes en la minería de lignito a cielo abierto de España.** ITGE. *Publicaciones ITGE*, 222 pp., ref. disem., esp., res. ing., Serv. Publ. ITGE.
* Ladera, Estabilidad talud, Ruptura, Desagüe mina, Cielo abierto, Lignito, Cretácico, Paleógeno, Provincias Tercel, La Coruña, Isla Mallorca, Baleares.

HIROCARBUROS

900722. **Antecedentes y perspectivas de la exploración y producción de hidrocarburos en España.** LOPEZ VILCHEZ, J. J. *Semana de estudios de los recursos del mar, Cartagena* (1983), 41-55, esp., bibl. ITGE.
* Histórico, Prospección, Hidrocarburo, Producción, Sondeo, Reserva, Petróleo, Gas natural, Perspectiva, España.

GEOQUIMICA

900710. **Análisis de los estados de equilibrio termodinámico en el reservorio de las surgencias termales de Fitero (Navarra) y Arnedillo (Rioja).** AUQUE, L. F.; FERNANDEZ, J.; TENA CALVO, J. M.; GIMENO, M. J., y TOLOSA, P.

- Rev. Soc. Geol. Esp.* (1989), vol. 2, núm. 1-2, 125-131, 23 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Modelo, Agua termal, Termodinámica, Diagrama equilibrio, Aluminosilicato, Análisis químico, Geotermometría, Fuente termal, Navarra, Provincia Logroño.

GEOFISICA INTERNA

900759. **Movimientos fuertes del suelo y riesgo de terremotos.** UDIAS, A., y MUÑOZ, D. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 376 pp., esp., bibl. ITGE.
* Sacudida violenta, Movimiento suelo, Terremoto, Riesgo sísmico.
900760. **Estudio de los movimientos sísmicos fuertes del suelo.** BOLT, B. A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 11-50, 67 ref., esp., bibl. ITGE.
* Sacudida violenta, Movimiento suelo, Campo cercano, Propagación onda, Falla, Sismograma, Acelerograma, Red sísmica.
900761. **Propagación de ondas sísmicas en el campo cercano.** MADARIAGA, R. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 51-73, 24 ref., esp., bibl. ITGE.
* Propagación ondas, Campo cercano, Espectro campo cercano, Momento sísmico, Acelerograma.
900762. **Mecanismo de rebote para la energía liberada en un terremoto y en procesos de deslizamiento asísmico.** TEISSEYRE, R. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 75-86, 9 ref., esp., bibl. ITGE.
* Energía sísmica, Reptación, Tensión cizallamiento, Campo de tensiones, Medio elástico, Zona sísmica, Modelo, Simulación numérica.
900763. **Parámetro del foco de los terremotos.** UDIAS, A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 87-104, 30 ref., esp., bibl. ITGE.
* Terremoto, Mecanismo, Falla activa, Cizallamiento.
900764. **Determinación de la magnitud local ML a partir de acelerogramas de movimientos fuertes del suelo.** ESPINOSA, A. F. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 105-129, 17 ref., esp., bibl. ITGE.
* Magnitud, Intensidad sísmica, Movimiento suelo, Sacudida violenta, Atenuación, Acelerograma.
900765. **Instrumentación para campo cercano y análisis de acelerogramas.** ROCA, A. M. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 131-153, 12 ref., esp., bibl. ITGE.
* Campo cercano, Análisis espectro sísmico, Sismómetro, Acelerograma, Acelerómetro.
900766. **Variabilidad de los movimientos fuertes del suelo según el array «SMART-1».** OLIVEIRA, C. S.

- Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 155-198, 33 ref., esp., bibl. ITGE.
* Red sísmica, Sacudida violenta, Propagación onda, Análisis espectro químico.

900767. **Conceptos básicos en riesgos sísmicos.** MUÑOZ, D. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 199-215, 50 ref., esp., bibl. ITGE.
* Riesgos sísmicos, Intensidad sísmica, Fuente sísmica, Magnitud, Momento sísmico, Atenuación.

900768. **Aspectos fundamentales de la geología y la sismología para la micronización sísmica.** HAYS, W. W. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 217-250, 29 ref., esp., bibl. ITGE.
* Zonación sísmica, Riesgos sísmicos, Daño catástrofe natural, Obra parasísmica, Movimiento suelo, Propagación onda, Papel geólogo.

900769. **Influencia de las estructuras geológicas en los efectos de los terremotos.** GARCIA YAGÜE, A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 251-265, 6 ref., esp., bibl. ITGE.
* Sismotectónica, Propagación onda, Reflexión onda, Refracción onda, Energía sísmica, Atenuación, Falla.

900770. **Problemas relacionados con la evaluación de la peligrosidad sísmica en España.** MARTIN MARTIN, A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 267-286, 14 ref., esp., bibl. ITGE.
* Sismicidad, Riesgos sísmicos, Zonación sísmica, Distribución estadística, España.

900771. **Interacción suelo-estructura. Modificación del movimiento.** SORIANO, A. *Física de la Tierra* (1989), núm. 1, 287-308, 40 ref., esp., bibl. ITGE.
* Método elemento finito, Movimiento suelo, Obra parasísmica, Sísmica 3D, Cinemática, Acelerograma.

900780. **Elaborado el primer mapa aeromagnético peninsular.** RODRIGUEZ ROSELLO, N. *Rev. MOPU* (1990), núm. 376, 84-88, esp., bibl. ITGE.
* Cartografía, Campo magnético, Intensidad magnética, Método aerotransportado, IGN, España.

FISICA DEL GLOBO

900721. **Los terremotos de 1748 en el antiguo Reino de Valencia. Documentos de base y notas para su estudio.** FAUS PRIETO, A. *Saltabi* (1988), vol. 38, 203-218, esp., res. ing., cat., bibl. ITGE.
* Histórico, Terremoto, Fenómeno precursor, Provincia Valencia.
900726. **Investigación gravimétrica en Mallorca.** ITGE. *Publicaciones ITGE*, 11 pp., esp., Serv. Publ. ITGE.
* Memoria explicativa, Mapa gravimétrico, Anomalía Bouguer, Isla Mallorca, Baleares.

NORMAS DE PUBLICACION PARA LOS AUTORES

Los trabajos inéditos que se reciban para su publicación en el BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados por un Comité editorial que decidirá si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará paginado y mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él serán marcadas las fechas de recepción y aceptación.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, tablas y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse, si es posible. En los originales de las mismas se reseñará el título del trabajo, así como el nombre de los autores.

Todos los trabajos en lengua española irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español. Al final de los mismos, y en párrafo aparte, se incluirán las palabras clave, reservándose el último lugar para la localización geográfica, si la hubiere.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original y figuras.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Referencias.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

Parte gráfica.

La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras, tablas y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Las figuras serán originales y nunca copiativos, delineadas con tinta china sobre papel vegetal. Las tablas, bien presentadas para su reproducción fotográfica. Las fotografías serán positivos en blanco y negro sobre papel brillo.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificación alguna, adición o supresión al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de diez días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio Ladrón de Guevara. Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

TARJETA DE SUSCRIPCION AL BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO — Año 1991 —

Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología, minería
y ciencias conexas

DIRECCION, REDACCION Y PUBLICACION

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Ríos Rosas, 23 - 28003-Madrid. España

ADMINISTRACION, DISTRIBUCION Y SUSCRIPCION

Centro de Publicaciones del
Ministerio de Industria y Energía

Doctor Fleming, 7, 2.º

Teléfono: 250 02 03 28036-Madrid. España

Suscripción anual (6 números): 4.800 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa
Profesión
Dirección Teléfono
Ciudad (provincia) D. P.
País FIRMA
Fecha

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

ACUSE DE RECIBO

HEMOS RECIBIDO
WE HAVE RECEIVED
NOUS AVONS RECU

NOS FALTA
WE ARE IN WANT OF
IL NOUS MANQUE

FECHA
DATE

FIRMA
SIGNATURE

NOMBRE
NAME
NOM

DIRECCION
ADDRESS
ADRESSE

ROGAMOS DEVUELVAN ESTE ACUSE DE RECIBO, NECESARIO PARA NUESTRO CONTROL, Y DIRIGIDO EXCLUSIVAMENTE A AQUELLOS CENTROS QUE RECIBEN ESTA PUBLICACION CON CARACTER GRATUITO EN REGIMEN DE INTERCAMBIO.

Áreas tecnológicas y sectores de actuación del ITGE

GEOLOGIA Y GEOFISICA: Cartografía geológica (Mapa Geológico Nacional), Cartografía temática.—Estudios geológicos específicos.—Investigación geofísica.—Cartografía marina y estudio de la plataforma continental.—Teledetección aplicada a la investigación geológico-minera.

RECURSOS MINERALES: Infraestructura metalogenética y minera.—Recursos energéticos y no energéticos.—Minerales y rocas industriales y ornamentales.—Desarrollo minero y mineralurgia.—Seguridad minera.

AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOLOGIA AMBIENTAL: Infraestructura hidrogeológica.—Investigación, captación y protección de aguas subterráneas.—Vertidos y control de contaminación de acuíferos.—Recursos geotérmicos.—Geología ambiental: Riesgos geológicos, medio ambiente minero, etc.

CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS: Análisis químicos y mineralógicos.—Mineralurgia y ensayos geotécnicos.—Sondeos de investigación hidrogeológica y minera.—Ensayos de bombeo y tratamientos especiales de sondeos.—Desarrollo de nuevas tecnologías para procesos metalúrgicos.

INFORMACION, DOCUMENTACION Y BANCO DE DATOS: Banco de datos geológico-mineros y de Ciencias de la Tierra.—Ordenación del fondo documental y bibliográfico.—Desarrollo de aplicaciones geomatemáticas, cartografía automática, análisis multivariante, etc.—Catastro Minero Nacional.—Publicaciones e informes.



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Sede Central: Ríos Rosas, 23 - 28003 MADRID. Tel.: 441 65 00.

Centro de Laboratorios: C/. La Calera, s/n. - Polígono de Tres Cantos
28770 COLMENAR VIEJO (MADRID) - Tel.: 803 22 00