

En este número:

- Caracterización ambiental de los carbonatos marinos fósiles.
- Nueva contribución al estudio paleontológico de la superfamilia Ocypodoidea (Crustáceos Decápodos)
- Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español) (Parte II).
- Prospección de Antimonio y otros elementos en la banda calcárea de La Codosera-Alburquerque.
- Evolución hidrogeoquímica en un acuífero detrítico costero (Delta del río Guadalfeo, Granada).
- El Complejo Básico de Barcarrota: Su petrología y estructura.
- Datos mineralógicos relativos a las «ofitas» triásicas del sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCIII, Segundo Fascículo. Marzo - Abril 1982

boletín geológico y minero

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





Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

**EXPLORACION,
INVESTIGACION E
INGENIERIA DE
DESARROLLO DE
RECURSOS DEL
SUBSUELO**

- Geológicos.
- Minerales.
- Hidrogeológicos.
- Geotérmicos.
- Geotécnicos.

**PROTECCION
DEL MEDIO**

- Tratamiento de residuos sólidos urbanos e industriales.
- Ordenación geológica de la infraestructura para el desarrollo regional.

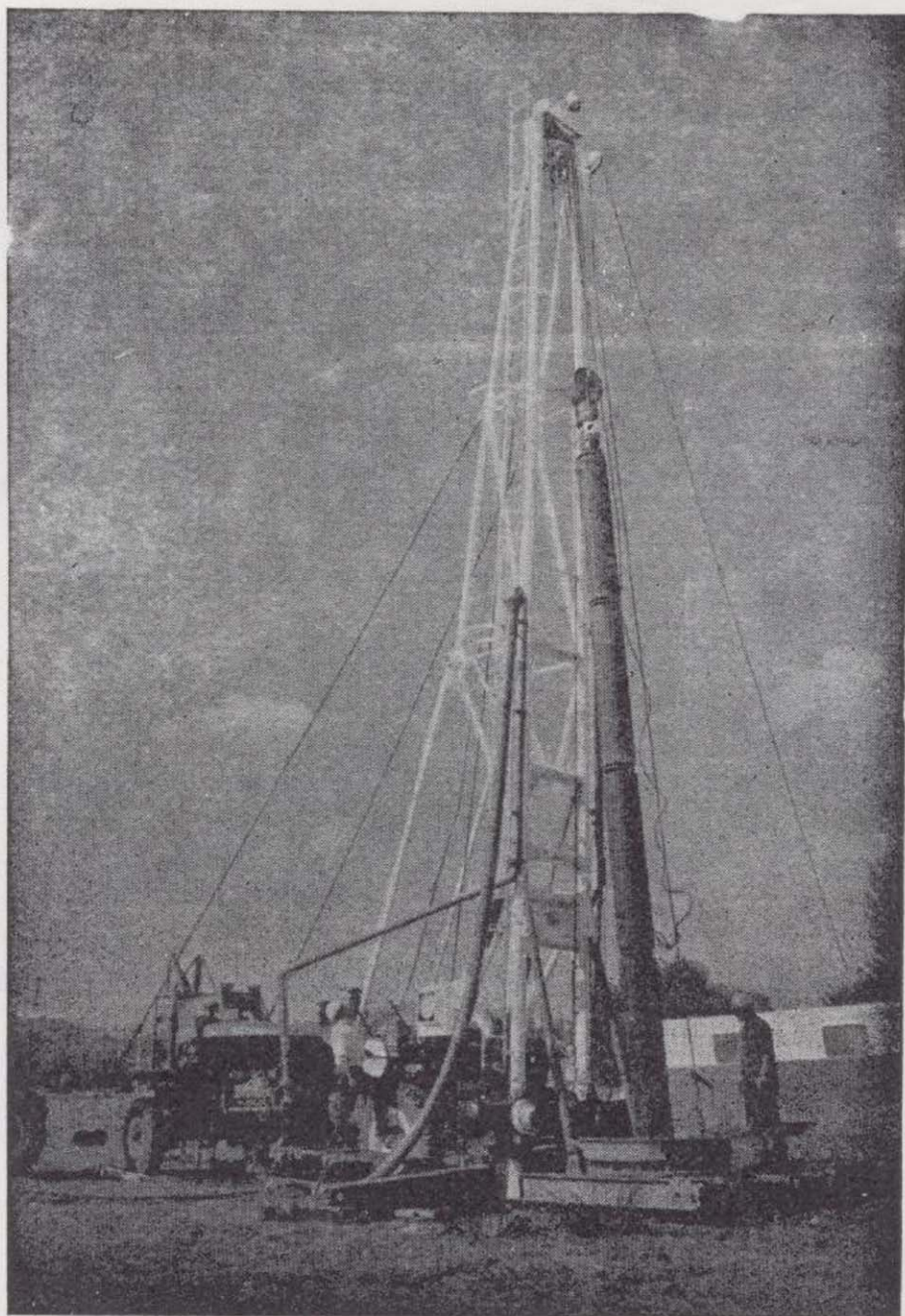
**FINANCIACION
DE INVERSIONES**

- Planificación.
- Investigación. (interior y exterior).
- Revalorización de los recursos naturales.

**SERVICIOS
ESPECIALIZADOS EN:**

- Geología.
- Geofísica.
- Geoquímica.
- Geotécnica y Geomecánica.
- Mineralogía y Metalquímica.
- Mineralurgia.
- Hidrogeología.
- Geomatématica.
- Planta piloto de residuos sólidos urbanos.
- Planta piloto de concentración de minerales.
- Documentación.
- Economía mineral.
- Sondeos.

DOMICILIO SOCIAL : Serrano, 116 - Telf. 262 41 10 - MADRID-6
CENTRO DE INVESTIGACION "JUAN GAVALA": Ctra. de Andalucía, Km. 12 - Telf. 797 34 00
Télex 42083 - geo-e - GETAFE (MADRID).



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

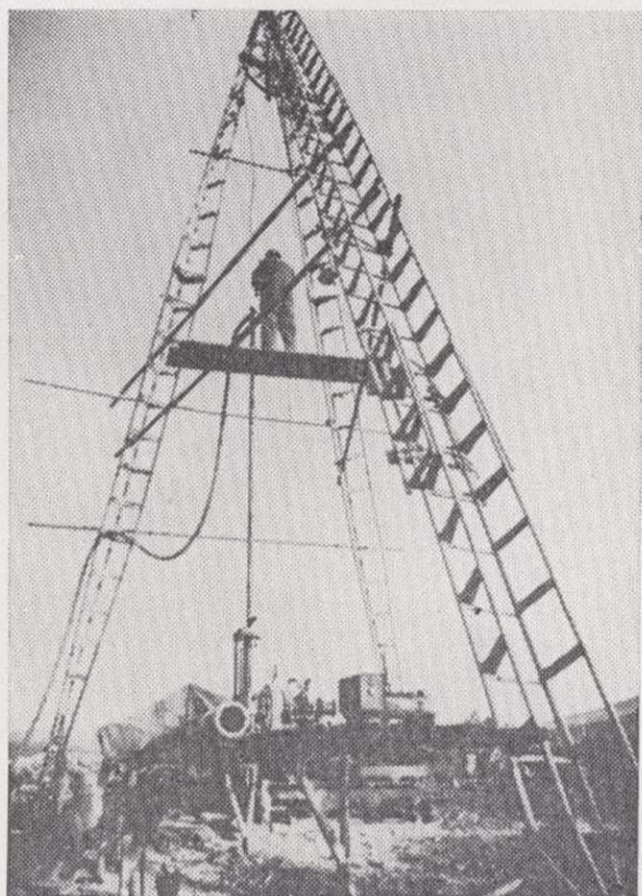
Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

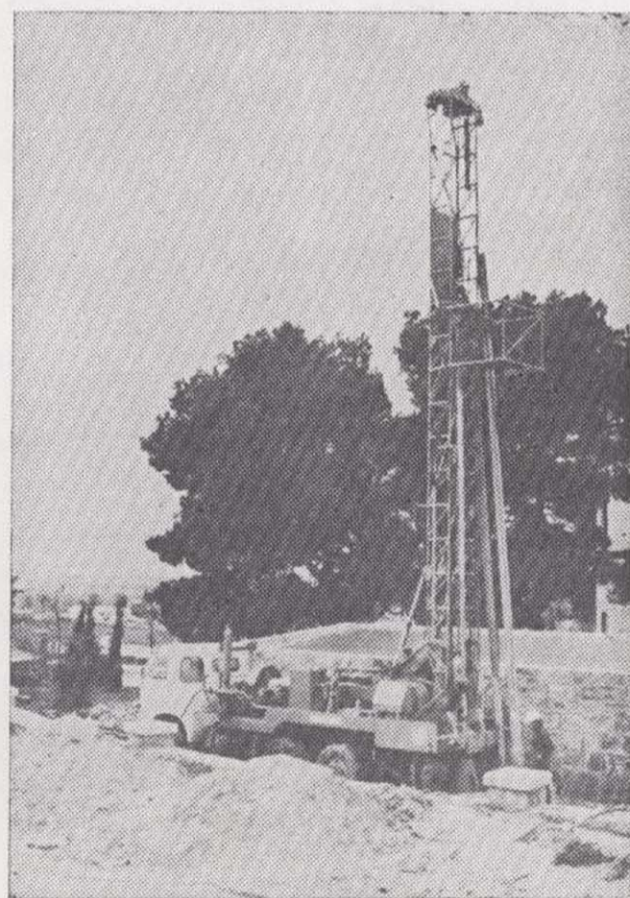
Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación.

**MINERIA.
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES, ETC.**

- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

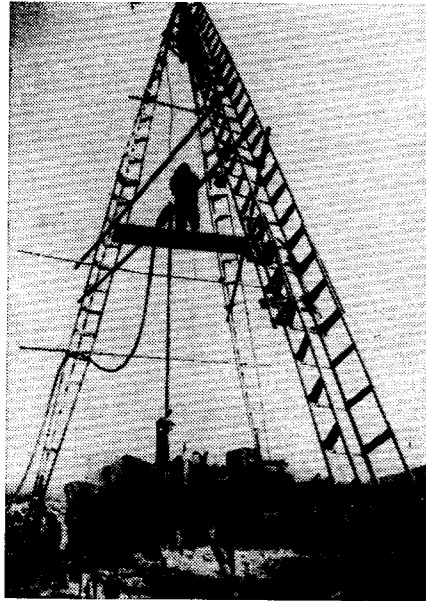


**LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07-MADRID-6**

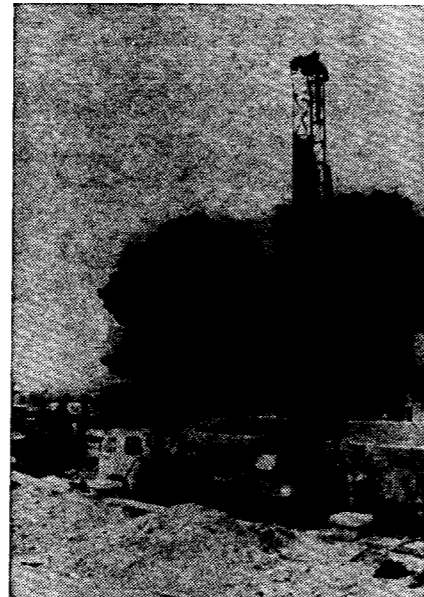
IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación



MINERIA.
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES, ETC.



- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07 - MADRID-6

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA-METALOGENIA.
- PROYECTOS MINEROS.
- CONTROL DE COSTOS.

General Mola, 210, 1.º D — Teléfonos 250 18 03 - 45 — MADRID-2

Cibesa

CARTOGRAFICA IBERICA, S.A.

- ESGRAFIADO
- FOTOCOMPOSICION
- FOTOMECANICA
- IMPRESION OFFSET
- ENCUADERNACION


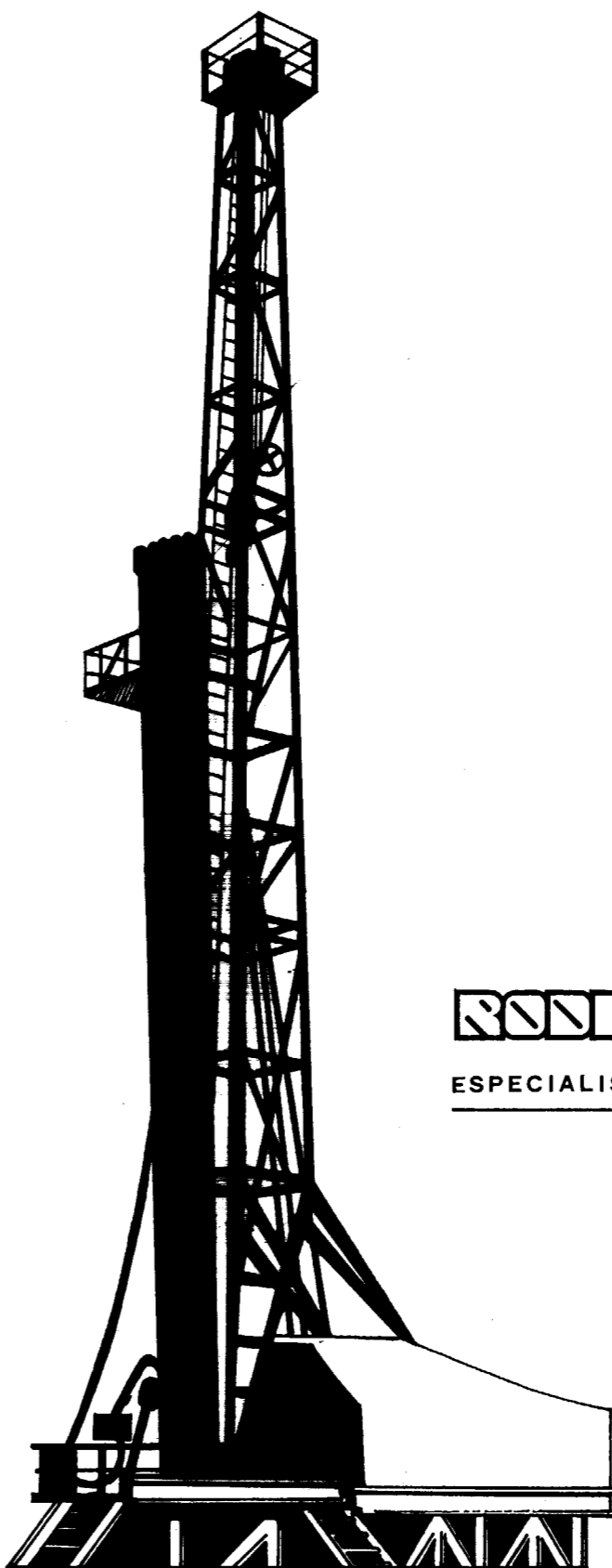


Fragmento del Mapa de CATALUÑA. Escala 1:200.000

ESPECIALIDAD

- MAPAS CONVENCIONALES
- MAPAS TEMATICOS

Conde de la Cibera, 4 - L. 6 MADRID - 3
TELF. 234 81 86 - 234 79 72



RONS SONDOS S.A.
ESPECIALISTAS EN AGUAS SUBTERRANEAS

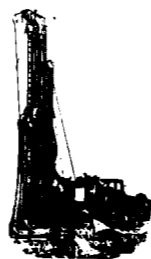
VILLENA
(Alicante)

Avda. de la Constitución 21 entlo. Tel. 800983



Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

Dondequiera que esté en la geografía española, cualquiera que sea su problema de agua, recurra al asesoramiento de Vegarada. Poseemos la técnica y experiencia necesarias para proporcionarle toda el agua que necesite. Desde los trabajos de proyección y alumbramiento, hasta la realización de obras de conducción, puesta en riego o depósito, abastecimiento y distribución de caudales. Solicite información sin compromiso.



Vegarada

Guzmán el Bueno, 133
Tels. 233 71 00-253 42 00 MADRID-3



Pb-10

Tomo 93
Fascículo II
Marzo - Abril 1982

Boletín Geológico y Minero



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

SUMARIO

Geología	J. M. MARTÍN: Caracterización ambiental de los carbonatos marinos fósiles	1
	L. VIA BOADA: Nueva contribución al estudio paleontológico de la superfamilia Ocypodoidea (Crustáceos Decápodos)	17
Minería	E. VINDEL: Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español) (Parte II)	22
	P. GUMIEL, J. REY DE LA ROSA, J. SÁNCHEZ DE LA FUENTE y J. LIARTE: Prospección de Antimonio y otros elementos en la banda calcárea de La Codosera-Alburquerque	48
Aguas subterráneas	J. BENAVENTE HERRERA, A. CALVACHE QUESADA y R. FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ: Evolución hidrogeoquímica en un acuífero detrítico costero (Delta del río Guadalfeo, Granada)	59
Estudio de minerales y rocas	A. CARNICERO y A. CASTRO: El Complejo Básico de Barcarrota: Su petrología y estructura	67
	M. D. RUIZ CRUZ y R. LUNAR: Datos mineralógicos relativos a las «ofitas» triásicas del sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban	74
Información	Noticias.—Notas bibliográficas	89

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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

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

EXPLICACION DE LA PORTADA

Laminación cruzada de megaripples en grainstone
bioclástico, Dogger, Cordillera Ibérica.

Foto: J. J. Gómez

ISSN 0366 - 0176
Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

Caracterización ambiental de los carbonatos marinos fósiles

Por J. M. MARTIN (*)

RESUMEN

Este trabajo, fundamentalmente bibliográfico, se presenta como una síntesis de las características que definen deposicionalmente a los carbonatos marinos fósiles. Para ello, se definen, en primer lugar, los ambientes carbonatados marinos más representativos y luego los elementos, texturas y asociaciones de estructuras que los identifican. Todas estas características quedan resumidas en una tabla que se ofrece como herramienta útil de trabajo a todas aquellas personas interesadas en el tema.

Cada ambiente en particular está caracterizado por unas facies que presentan una composición textural definida y unas asociaciones de estructuras concretas. Así, en la llanura supramareal predominan los barros carbonatados con frecuencia desecados. En la llanura intramareal los barros micríticos o las mallas de algas. En el «lagoon» predominan las biomicritas («wackestones»), con frecuencia bioturbadas. En la barrera el predominio corresponde a las calcarenitas («grainstones») con estructuras de alta energía tales como laminación paralela y/o estratificación cruzada. En los arrecifes existe toda una zonación morfológica de las colonias de coral. En la parte alta predominan las ramosas, en la parte intermedia las semiesféricas y en la parte profunda las laminares. El talud arrecifal está fundamentalmente alimentado por, y a partir de, la destrucción de los organismos calcáreos que populan el arrecife. En la parte alta del talud predominan las brechas de coral; en la parte media las calcarenitas («packstones») de *Halimeda*, algas rojas, etc. En la parte inferior los «wackestones» bioclásticos y los «mudstones». En la plataforma abierta las facies dominantes son otra vez las biomicritas («wackestones»-packstones) con frecuencia bioturbadas, si bien aquí gran parte de los organismos representados son ya pelágicos. En el talud se nos van a acumular grandes olistones de material desplomado junto a conglomerados calcáreos resedimentados y en la cuenca van a predominar los barros micríticos constituidos por los caparzones calcáreos del nannoplancton.

ABSTRACT

This paper, based mainly in published literature, is presented as a synthesis of the characteristics that define depositionally fossil marine carbonates. In order to do that, the most representative marine carbonate environments are firstly defined, and then the elements, textures and structures associations that identified them. All these characteristics are summarized on a table that is presented as a useful tool for all those people interested in the subject.

Each environment in particular is characterized by some facies that present definite textural compositions and structure associations. Desiccated carbonate muds predominate in the supratidal flats. Algal mats or muddy sediments in the intertidal flats. Highly bioturbated biomicrites («wackestones») prevail in the lagoon. In the barrier the predominance corresponds to grainstones (often oölitic) with high-energy structures such as parallel lamination and/or cross bedding. A morphologic zonation of the coral colonies exists in the reef. Branching coral colonies predominate in the upper part of the reef core framework. Domal massive colonies prevail in the middle of the reef core and laminar plate-like colonies at the bottom. The fore-reef slope facies are formed by bioclastic sediments supplied by, and from, the reef core. Coral breccias predominate in the upper part (reef talus slope). Packstones of *Halimeda*, red algae, bryozoans, etc., accumulate in the middle of the reef slope (proximal slope), and bioclastic wackestones in the lower part (distal slope). Bioturbated fossiliferous pelagic micrites (wackestones-packstones) prevail in the open platform. Huge olistoliths, as well as resedimented calcareous conglomerates and turbidites, accumulate at the bottom of the continental slope, and calcareous oozes predominate in the oceanic basin.

(*) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada y Departamento de Investigaciones Geológicas, C. S. I. C., Granada.

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

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

EXPLICACION DE LA PORTADA

Laminación cruzada de megaripples en grainstone
bioclástico, Dogger, Cordillera Ibérica.

Foto: J. J. Gómez

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Telef. 259 57 55 - Madrid-16

Caracterización ambiental de los carbonatos marinos fósiles

Por J. M. MARTIN (*)

RESUMEN

Este trabajo, fundamentalmente bibliográfico, se presenta como una síntesis de las características que definen deposicionalmente a los carbonatos marinos fósiles. Para ello, se definen, en primer lugar, los ambientes carbonatados marinos más representativos y luego los elementos, texturas y asociaciones de estructuras que los identifican. Todas estas características quedan resumidas en una tabla que se ofrece como herramienta útil de trabajo a todas aquellas personas interesadas en el tema.

Cada ambiente en particular está caracterizado por unas facies que presentan una composición textural definida y unas asociaciones de estructuras concretas. Así, en la llanura supramareal predominan los barros carbonatados con frecuencia desecados. En la llanura intramareal los barros micríticos o las mallas de algas. En el «lagoon» predominan las biomicritas («wackestones»), con frecuencia bioturbadas. En la barrera el predominio corresponde a las calcarenitas («grainstones») con estructuras de alta energía tales como laminación paralela y/o estratificación cruzada. En los arrecifes existe toda una zonación morfológica de las colonias de coral. En la parte alta predominan las ramosas, en la parte intermedia las semiesféricas y en la parte profunda las laminares. El talud arrecifal está fundamentalmente alimentado por, y a partir de, la destrucción de los organismos calcáreos que populan el arrecife. En la parte alta del talud predominan las brechas de coral; en la parte media las calcarenitas («packstones») de *Halimeda*, algas rojas, etc. En la parte inferior los «wackestones» bioclásticos y los «mudstones». En la plataforma abierta las facies dominantes son otra vez las biomicritas («wackestones»-«packstones») con frecuencia bioturbadas, si bien aquí gran parte de los organismos representados son ya pelágicos. En el talud se nos van a acumular grandes olistones de material desplomado junto a conglomerados calcáreos resedimentados y en la cuenca van a predominar los barros micríticos constituidos por los caparzones calcáreos del nannoplancton.

ABSTRACT

This paper, based mainly in published literature, is presented as a synthesis of the characteristics that define depositionally fossil marine carbonates. In order to do that, the most representative marine carbonate environments are firstly defined, and then the elements, textures and structures associations that identified them. All these characteristics are summarized on a table that is presented as a useful tool for all those people interested in the subject.

Each environment in particular is characterized by some facies that present definite textural compositions and structure associations. Desiccated carbonate muds predominate in the supratidal flats. Algal mats or muddy sediments in the intertidal flats. Highly bioturbated biomicrites («wackestones») prevail in the lagoon. In the barrier the predominance corresponds to grainstones (often oölitic) with high-energy structures such as parallel lamination and/or cross bedding. A morphologic zonation of the coral colonies exists in the reef. Branching coral colonies predominate in the upper part of the reef core framework. Domal massive colonies prevail in the middle of the reef core and laminar plate-like colonies at the bottom. The fore-reef slope facies are formed by bioclastic sediments supplied by, and from, the reef core. Coral breccias predominate in the upper part (reef talus slope). Packstones of *Halimeda*, red algae, bryozoans, etc., accumulate in the middle of the reef slope (proximal slope), and bioclastic wackestones in the lower part (distal slope). Bioturbated fossiliferous pelagic micrites (wackestones-packstones) prevail in the open platform. Huge olistoliths, as well as resedimented calcareous conglomerates and turbidites, accumulate at the bottom of the continental slope, and calcareous oozes predominate in the oceanic basin.

(*) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada y Departamento de Investigaciones Geológicas, C. S. I. C., Granada.

INTRODUCCION

Las calizas y las dolomías son las rocas carbonatadas más abundantes existentes en la naturaleza. Las calizas son, en su mayor parte, de origen marino. Las dolomías provienen, a su vez, de calizas, normalmente también de origen marino, reemplazadas diagenéticamente.

La bibliografía existente sobre carbonatos marinos, fósiles y actuales es muy extensa y variada, siendo de destacar entre otras las monografías de BATHURST (1971), MILLIMAN (1974), WILSON (1975), SCHOLE (1978), FLUGEL (1982), etc..., en las que se aborda la estratigrafía, petrología y sedimentología de dichos carbonatos en sus aspectos más amplios y diversos. Muchos de estos trabajos son en sí mismo lo suficientemente completos como para instruir, desde el neófito al experto, en los diferentes temas, y van a ser utilizados como armazón básico de este trabajo, lo que se advierte con el fin de evitar reiterativas menciones a ellos a lo largo del texto. Aquí vamos a tratar un punto particular de los carbonatos marinos fósiles: el de su caracterización ambiental, con unos objetivos concretos: ofrecer una tabla esquemática, fácilmente manejable (tanto en el campo como en el laboratorio), en la que queden sintetizadas gran parte de las ideas referidas a este punto contenidas en los trabajos antes mencionados, así como en algunos otros, referentes a aspectos más particulares, que también serán citados. Dichas ideas se completan con las basadas en la experiencia del propio autor, tanto en sus trabajos de investigación en rocas carbonatadas de diversas edades (de Triásicas a Neógenas. Véanse entre otros: MARTÍN, 1980 a y b; MARTÍN y DELGADO, 1980; DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981; etcétera), como en el de la enseñanza a nivel de prácticas.

AMBIENTES DEPOSICIONALES DIFERENCIADOS

Aunque el esquema presentado en este trabajo es extremadamente simple, están en él recogidos los ambientes y subambientes sedimentarios más característicos (fig. 1). En él caben distinguir dos grandes zonas: una de carácter costero con predominio de los ambientes restringidos y someros, y otra de carácter pelágico (mar abierto), en la que se incluyen desde las zonas de plataforma

abierta a las marinas más profundas (cuenca). La separación entre ambas viene impuesta por la existencia de una barrera arenosa (a) o de un arrecife (b).

Una primera modificación al esquema está condicionada a la posición, dentro de la plataforma, de la barrera o del arrecife, los cuales pueden localizarse exactamente al borde de ésta, o bien tener un carácter interno dentro de ella (caso del esquema propuesto), o ser incluso costeros. En este último caso los ambientes representados serían directamente el de playa (en la posibilidad a), o el de arrecife costero (en la posibilidad b), o aun incluso, en el caso de una costa escarpada de fuerte pendiente, lo que tendríamos directamente sería un talud costero con facies muy similares a las de la parte media-distal del «talud arrecifal» de nuestro esquema.

Los taludes arrecifales se van a desarrollar siempre y cuando exista una pendiente favorable hacia mar abierto, independientemente de que los arrecifes tengan carácter costero, se localicen en el interior de la plataforma (caso del esquema), o en el borde de ella. En el caso de la existencia de «arrecifes parche» desarrollados en el interior de la plataforma las facies de talud arrecifal estarían mal representadas.

El ambiente de «lagoon», tal y como se presenta en este trabajo, es totalmente equiparable al de plataforma interna. No se hace distinción entre «lagoon interno» y «lagoon externo», como sería el caso si existiesen islas barrera, por cuestión de simplificación.

El borde de la plataforma abierta va a corresponder, generalmente, a una zona de no-sedimentación y/o erosión, o de sedimentación condensada. En este sentido los altos pelágicos no representados en el esquema, tendrían un comportamiento y evolución similar.

Aunque los ambientes de talud y cuenca representados en el dibujo corresponden al «talud continental» y a la «cuenca oceánica» respectivamente, las características señaladas para ambos son totalmente extrapolables a los «taludes» y «cuencas» desarrollados entre altos pelágicos. De hecho, en muchos ejemplos fósiles nos vamos a encontrar que, más que un verdadero talud continental y una verdadera cuenca oceánica, lo que tenemos es un margen continental fracturado, desarrollado sobre corteza continental (siálica),

en el que aparecen una serie de altos pelágicos, con sus taludes correspondientes, separados entre sí por cubetas («cuencas») a veces bastante profundas. Cabría, pues, más bien hablar de ambientes pelágicos de talud y cuenca, sin especificar si corresponden realmente o no al talud continental y a la cuenca oceánica, o a taludes de altos pelágicos y surcos desarrollados entre ellos que van a presentar unas facies muy similares. Estas modificaciones son, en cierto modo, extensibles a las pequeñas cuencas marinas intramontañas que aparecen en regiones plegadas (orógenos) de levantamiento reciente, las cuales se rellenan, mayormente, por materiales pelágicos y sedimentos alóctonos retrabajados de tipo turbidítico.

Dentro ya de la cuenca oceánica, y por debajo de una determinada profundidad variable según la época geológica considerada y para cada mar en cuestión, los carbonatos se solubilizan y la sedimentación carbonatada da paso a la terrígena (arcillas rojas) o silíceas (fangos de radiolarios).

Resumiendo, pues, los ambientes y subambientes sedimentarios diferenciados desde el continente al mar abierto son los siguientes: llanura supramareal, llanura intramareal, «lagoon», barrera (a) o arrecife (b), talud arrecifal (en la posibilidad b), plataforma abierta, talud continental y cuenca submarina (fig. 1).

ELEMENTOS TEXTURALES DEPOSICIONALES

Tres son los elementos texturales deposicionales que definen a los carbonatos:

- Unos granos discretos, de forma, tamaño y origen diversos.
- Una matriz microcristalina («micrita») que engloba dichos granos o bien se halla dispersa entre ellos, y
- Unos huecos o espacios abiertos, no siempre presentes, que pueden estar total o parcialmente rellenos por cementos.

A continuación vamos a analizar la naturaleza de cada uno de estos elementos y su significado deposicional.

GRANOS

Los granos son fundamentalmente de dos tipos: esqueletales y no esqueletales.

Granos esqueletales

Los granos esqueletales son productos directos de la actividad orgánica, y como tales constituyen normalmente las partes duras, calcificadas, de ciertos organismos.

Se puede, a su vez, hacer distinción entre granos esqueletales de origen vegetal y de origen animal. Los primeros son todos de filiación algal. Dentro de las algas son tres los grupos que conviene aquí destacar. El de las cianofíceas, el de las clorofíceas y el de las rodofíceas.

Las algas cianofíceas son, junto a ciertos tipos de bacterias, los organismos responsables de la existencia de unas estructuras laminadas de morfología irregular conocidas con el nombre de estromatolitos (WALTER, 1976; MONTY, 1981; etc...). Dichas estructuras están constituidas por unas alternancias de láminas ricas en sedimento y láminas ricas en materia orgánica. Estas últimas corresponden a acumulaciones de los propios filamentos de las algas cianofíceas más o menos transformados (PARK, 1976; etc...).

Las praderas de algas cianofíceas son pasto frecuente de numerosos organismos marinos (caracoles, erizos, etc.), de ahí que los estromatolitos limiten actualmente su distribución a aquellos lugares (charcas en la zona supramareal, bordes internos de «lagoons», etc...), en los que los depredadores están ausentes (GARRET, 1970; MONTY, 1977; etc...). En el pasado, sin embargo (sobre todo en el Precámbrico), y en ausencia de otros competidores ecológicos, alcanzaron un desarrollo importante (GARRET, 1970). Un efecto similar tuvieron las llamadas «crisis de salinidad» (MARTÍN, 1980 b).

Dentro de las clorofíceas haremos distinción entre Codiáceas y Dasycladáceas. Las algas Codiáceas son fundamentalmente productoras de sedimento micrítico y por tanto serán consideradas al referirse al apartado matriz. Hay, sin embargo, un género de alga Codiácea que merece aquí especial atención. Este es el de las *Halimedes*. Dichas algas, que son muy abundantes en los arrecifes de coral tanto Neógenos (DABRIO et al., 1981; etc...) como actuales (JAMES y GINSBURG, 1979; etc...), están constituidas por una serie de placas o láminas calcificadas que al morir el alga se liberan y desprenden fácilmente, acumulándose masivamente en el talud del arrecife, al pie de la zona bioconstruida por el coral. En las algas Dasycladáceas la calci-

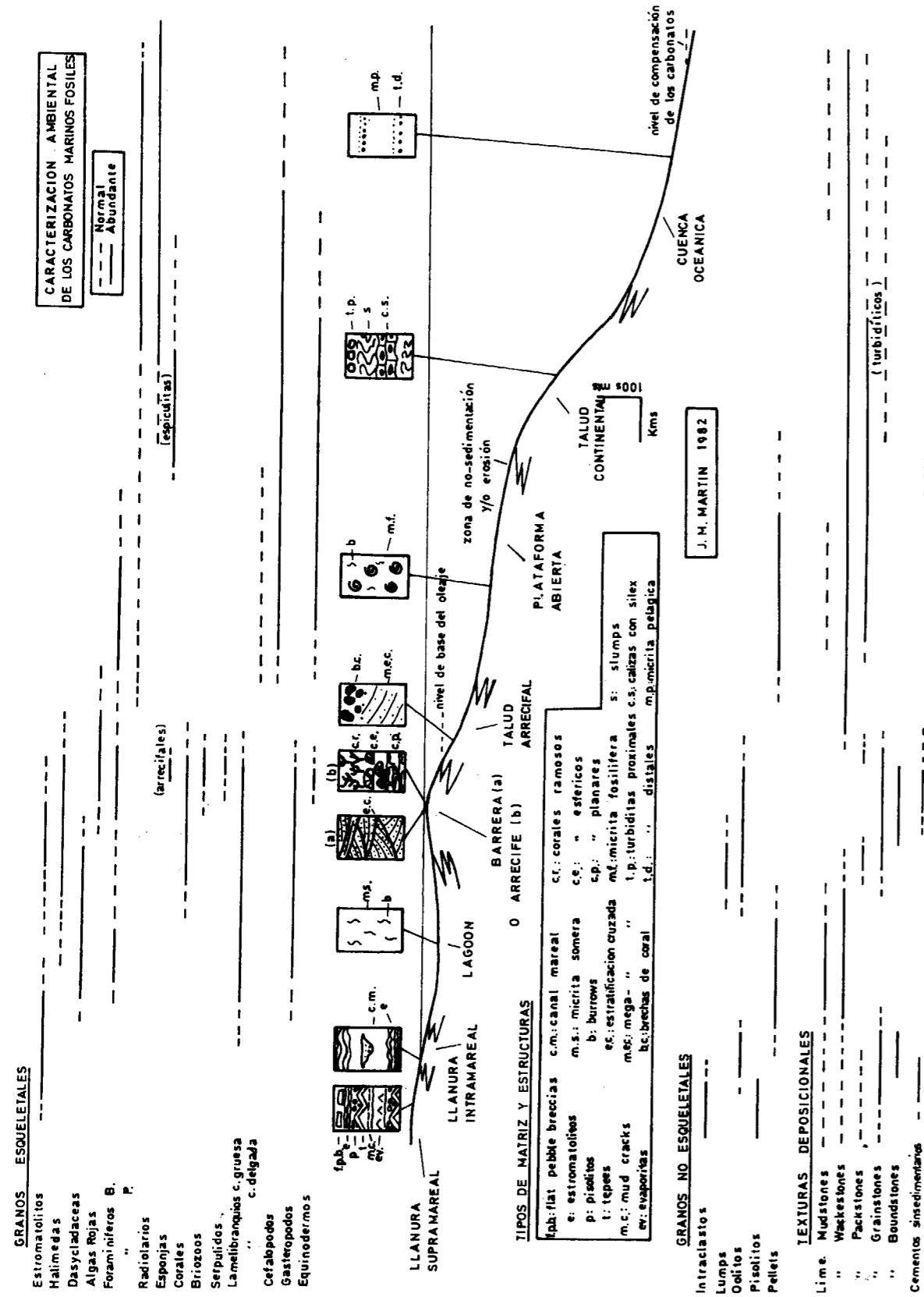


Figura 1.—Distribución ambiental de los principales elementos texturales carbonatados. Se indican también las texturas y asociaciones de estructuras más características de cada ambiente.

ficación se produce tanto alrededor de su tallo central como de las pequeñas ramas o verticilos laterales. Dichas algas caracterizan ambientes restringidos de tipo «lagoon», de salinidad normal o ligeramente superior a la normal (OTT, 1967; GARCÍA HERNÁNDEZ, 1978; MARTÍN y DELGADO, 1980; etcétera).

Las algas rojas (rodofíceas) presentan morfologías variadas. Las más frecuentes son las ramosas («branching») y las laminares. Estas últimas pueden presentarse como costras en los arrecifes alrededor de las colonias de coral (el caso más espectacular lo constituye la llamada «cresta de algas» de los arrecifes de coral del Pacífico. SCHUHMACHER, 1978; etc...), o como envolturas esféricas más o menos perfectas alrededor de bioclastos u otros núcleos de naturaleza terrígena, conocidas con el nombre de «bolas de algas o rodolitos» (BOSELLINI y GINSBURG, 1971). Las algas rojas son muy frecuentes en los arrecifes de coral, tanto en la zona bioconstruida como en el talud, así como en zonas de plataforma y taludes costeros de rango climático muy variable (de frías a cálidas).

La descripción que sigue, referente a los granos esqueletales más importantes, desde el punto de vista paleoambiental, de origen animal, se va a realizar de acuerdo con el orden de complejidad biológica creciente de los organismos considerados.

Dentro de los animales unicelulares nos vamos a referir exclusivamente a los foraminíferos y a los radiolarios. En los primeros la distinción que se va a realizar es muy simple, y está en función de que tengan carácter bentónico (es decir, vivan dependientes y cerca de un sustrato), o planctónico (que vivan flotando o nadando en las capas más superficiales del agua marina). Las distribuciones ambientales de unos y otros son muy distintas ya que, mientras los bentónicos van a ser extremadamente abundantes en las áreas marinas marginales («lagoons», arrecifes, plataformas, etc...), los planctónicos van a caracterizar ambientes marinos abiertos (talud y cuenca). Los distintos géneros y especies caracterizarán, a su vez, los diferentes subambientes dentro de este patrón general. Los radiolarios, aunque su composición original sea silícea y no calcárea, se presentan en el registro fósil muy frecuentemente asociados a calizas. Caracterizan también ambientes marinos abiertos, a veces muy profundos y con

ausencia de sedimentación carbonatada autóctona, por encontrarse por debajo del nivel de compensación de los carbonatos (GARRISON, 1974; etc...).

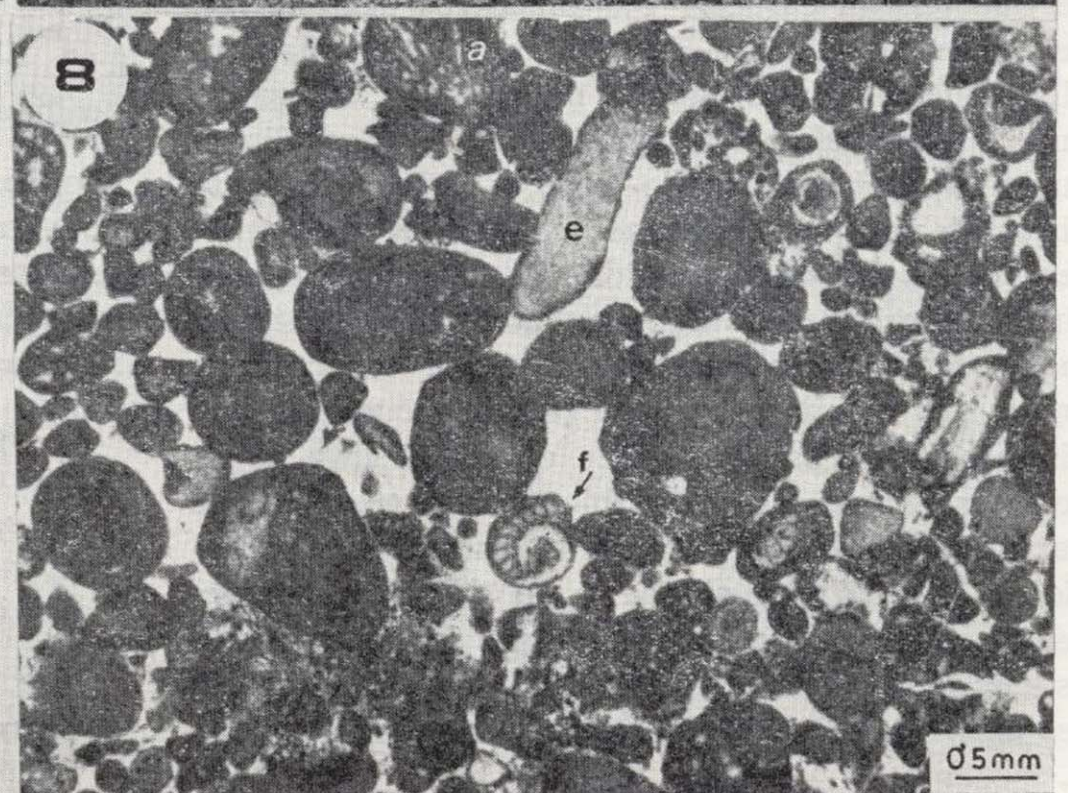
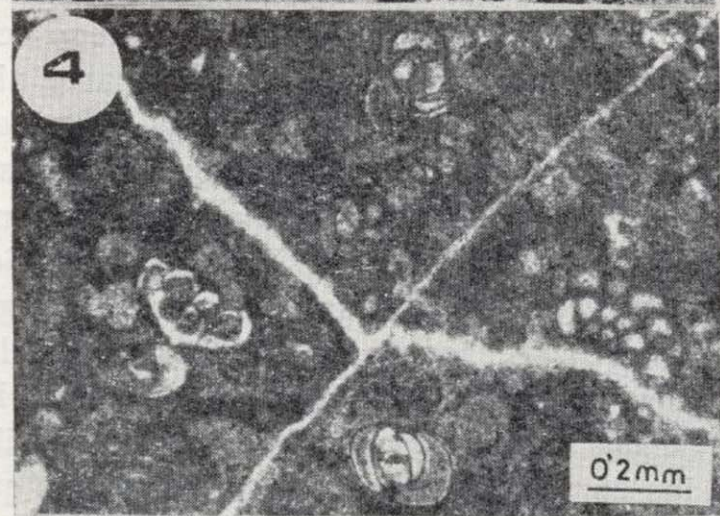
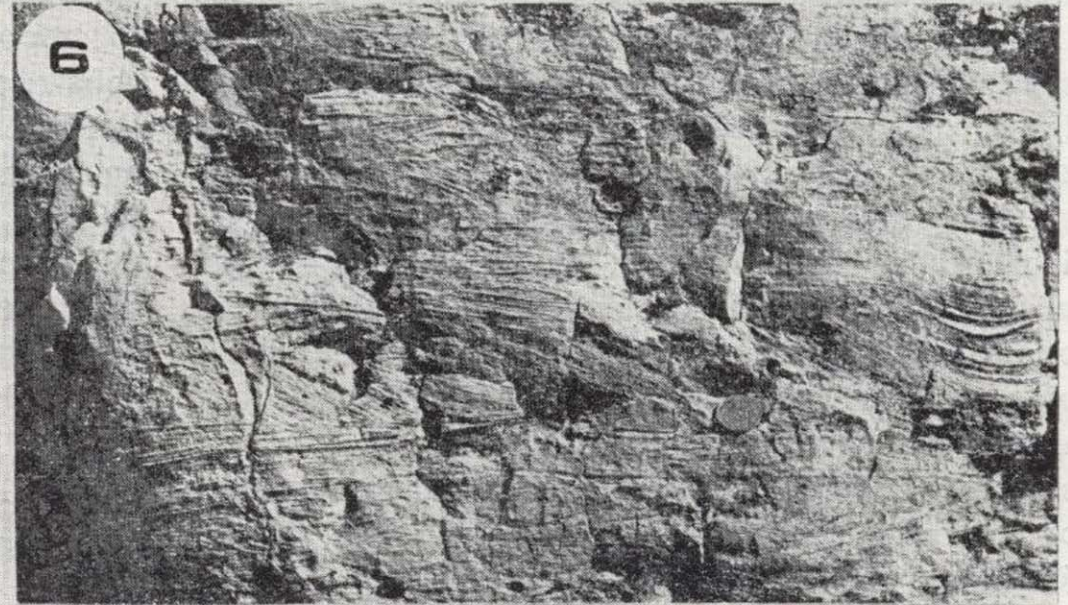
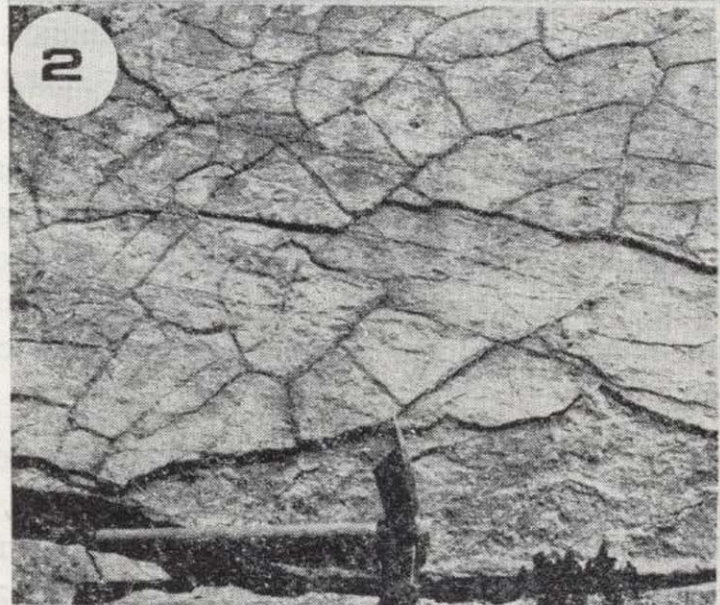
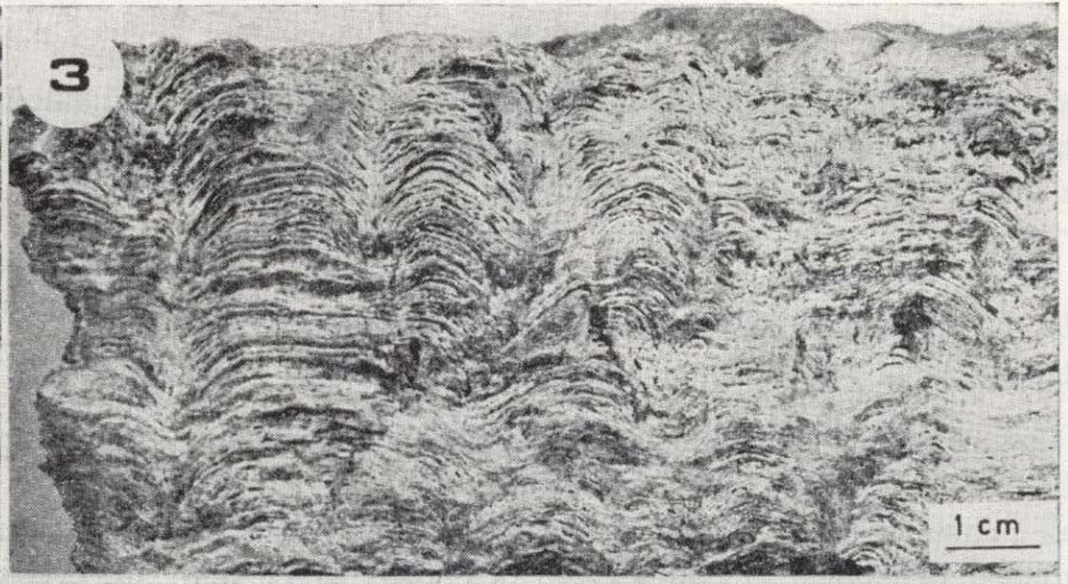
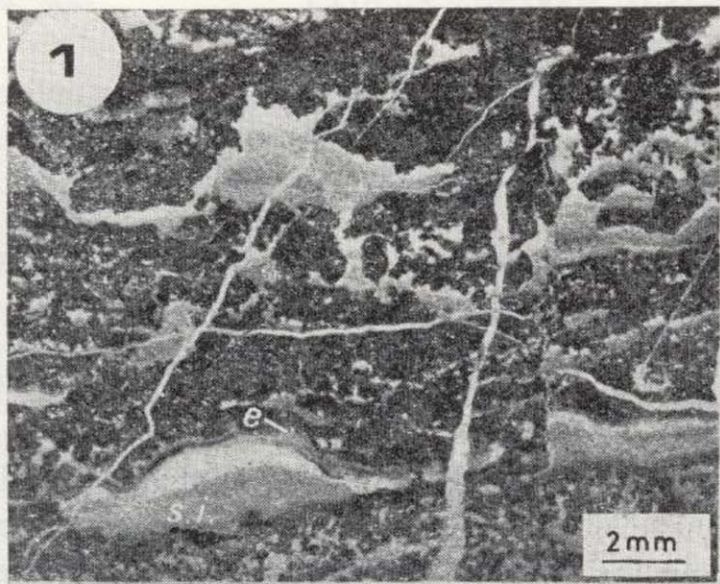
Las esponjas calcáreas de esqueleto rígido (escleroesponjas) aparecen actualmente limitadas en su distribución al ambiente arrecifal y, dentro de él, a las partes más profundas de la pared arrecifal (JAMES y GINSBURG, 1979; etc...). Sin embargo, en épocas geológicas determinadas (Triás, Jurásico Superior, etc.), que vienen a coincidir con épocas de crisis en los corales, alcanzaron un florecimiento importante siendo los principales organismos constructores de arrecifes (ZANKL, 1971; GINER y BARNOLAS, 1979; etc...). Otros grupos de esponjas, de naturaleza algo distinta a las antes mencionadas, liberan, al morir, las espículas (calcáreas o silíceas) que constituyen su esqueleto, las cuales se acumulan en el fondo. Las facies de espículas son muy abundantes en zonas de mar abierto, a veces profundas.

El papel de organismo constructor por excelencia de los arrecifes corresponde, no obstante, a los corales. Es interesante hacer notar como, tanto en arrecifes fósiles como actuales, existe una zonación morfológica de las colonias, que viene controlada por la profundidad. Así, en la parte alta del arrecife predominan las colonias ramosas; en la parte media de la pared las semiesféricas y en la parte más profunda las planas o en forma de plato (JAMES y GINSBURG, 1979). Esta zonación viene impuesta por la necesidad de luz de las algas zooxantelas, que se asocian simbióticamente a los corales, para realizar la función fotosintética. De ahí que, en las zonas más profundas y menos iluminadas, los corales desarrollen formas planas que son las que ofrecen una mayor superficie de exposición, mientras que en las menos profundas predominan las arborescentes.

Los briozoos son organismos coloniales, de aspecto ramoso, que están con frecuencia asociados a las algas rojas, caracterizando ambientes muy similares a los de éstas (taludes de arrecifes, plataformas costeras, etc...).

Los serpulidos son unos gusanos marinos que secretan tubos calcáreos en el interior de los cuales se alojan. Aparecen masivamente en canales de drenaje de arrecifes, cerca de las zonas bioconstruidas (DABRIO et al., 1981), y en taludes costeros.

Dentro de los moluscos se van a considerar las



LAMINA I

clases Lamelibranquia, Cefalópoda y Gasterópoda. En los lamelibranquios se va a hacer distinción entre los de concha gruesa y los de concha delgada. Los primeros caracterizan ambientes someros («lagoons», arrecifes, etc...); los segundos ambientes pelágicos, aunque no excesivamente profundos (plataformas abiertas, etc...). Entre los cefalópodos, la alusión aquí se hace exclusivamente a los Ammonites, los cuales, dado su carácter neotónico, aparecen en ambientes pelágicos (marinos abiertos). Los gasterópodos caracterizan ambientes costeros protegidos («lagoons») fundamentalmente.

Los últimos granos de tipo esquelético a los que vamos a hacer referencia son los pertenecientes a equinodermos, tanto crinoides como equínidos. Estos presentan una amplia distribución caracterizando principalmente los ambientes arrecifal y de plataforma abierta, aunque no son exclusivos de ellos.

Granos no esqueléticos

Los tipos de granos no esqueléticos más comunes son los intraclastos, «lumps», oolitos, pisolitos y «pellets».

Los intraclastos corresponden a fragmentos de sedimentos carbonatados, débilmente consolidados, que han sido erosionados y redepositados en la misma cuenca de sedimentación (FOLK, 1959).

Un modo usual de formación de intraclastos es por retrabajado de los sedimentos desecados y parcialmente consolidados de la zona supramareal, los cuales son arrancados y vueltos a depositar durante las tormentas.

Los «lumps» son agregados de granos que se constituyen por cementación incipiente en el mismo fondo marino. Los diferentes subtipos, dentro de ellos, fueron diferenciados por ILLING (1954). Caracterizan ambientes de salinidad algo superior a lo normal y agitación floja e intermitente (márgenes internos de barreras, etc...), siendo en las épocas de calma cuando se cementan.

Los oolitos son partículas carbonatadas subesféricas, de tamaño arena y estructura laminada-concéntrica. Están constituidos inicialmente por multitud de agujas de aragonito, de muy pequeño tamaño, que se disponen tangencialmente alrededor de un núcleo. En la diagénesis la textura original laminada desaparece, y aparece, en su lugar, otra fibroso-radiada. Este cambio textural suele acompañar al cambio mineralógico aragonito-calcita. Los oolitos caracterizan ambientes someros muy energéticos (playas, deltas de mareas, islas barrera: LOREAU y PURSER, 1973; barras de «offshore»: BALL, 1967; bajíos inframareales: DABRIO et al., 1981; etc...) en los que hay una agitación importante, generalmente de carácter intermitente. La precipitación del aragonito parece estar ligada a los períodos de mayor agitación

Fotografía 1.—Facies supramareal. Nivel laminado parcialmente desecado. Los huecos sinsedimentarios están rellenos en su base por sedimento interno (s.i.) limoso. Nótese también la existencia, a techo, de un cemento de primera generación de naturaleza estalagmítica (e). Barremense. Sierra del Segura. (Referencia: GARCÍA HERNÁNDEZ, 1978.)

Fotografía 2.—Nivel micrítico con grietas de desecación. Ambiente supramareal. Tránsito Jurásico-Cretácico. Sierra del Segura. (Referencia: GARCÍA HERNÁNDEZ, 1978.) (Martillo=40 cm).

Fotografía 3.—Estromatolitos. Messiniense Superior. Santa Pola. (Referencia: MARTÍN, 1980 b).

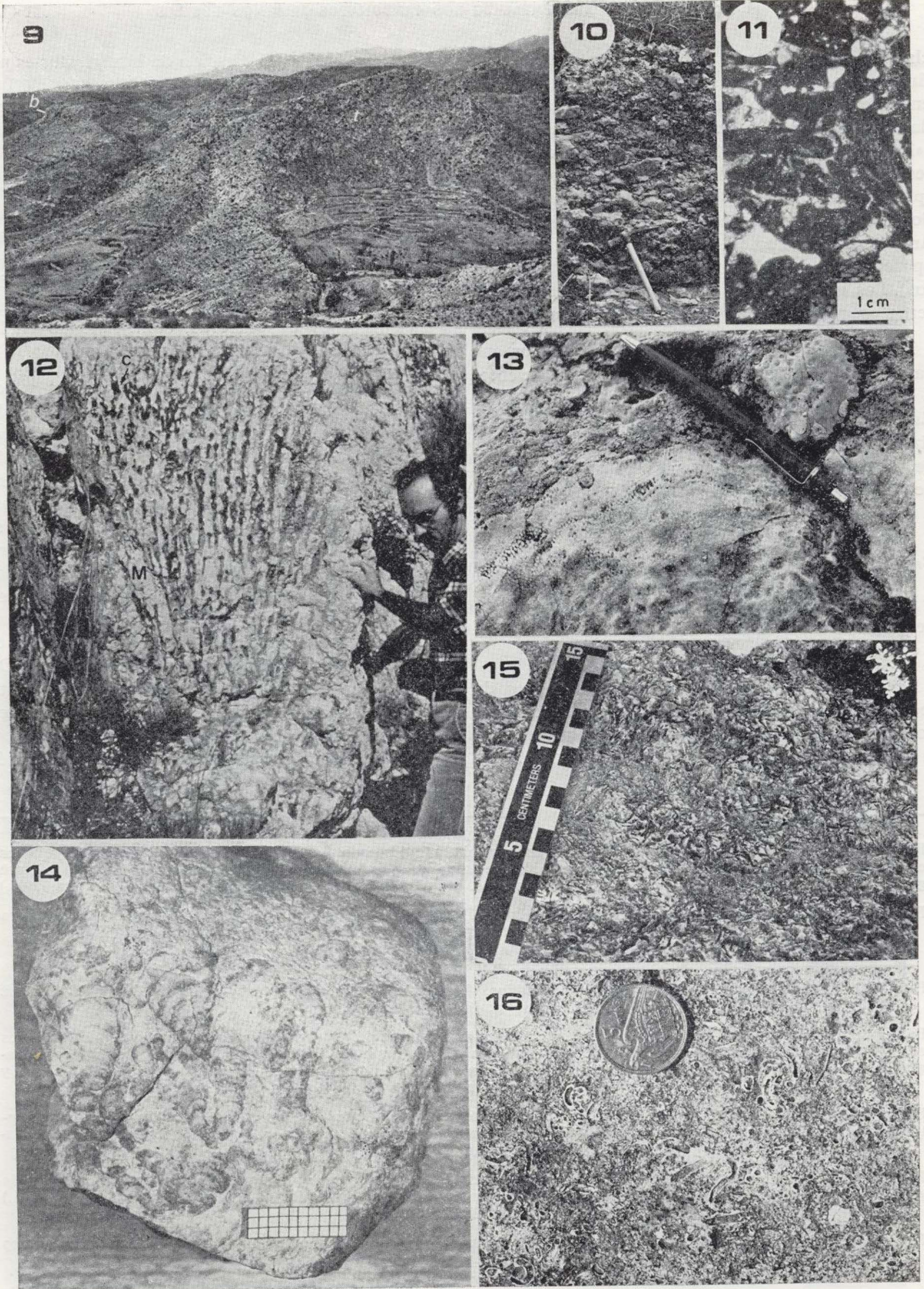
Fotografía 4.—Biomicrita («wackstone») de Miliólidos. Ambiente lagunal. Senonense Inferior. Sierra del Segura. (Referencia: MARTÍN, 1980 a.)

Fotografía 5.—Facies de Dasycladáceas. Corte paralelo a la superficie de estratificación. La mayoría de los tallos están orientados. Una doble generación de cementos (a y b) rellena los huecos sinsedimentarios inter e intra-granulares. Ambiente lagunal restringido ligeramente hipersalino. Noriense. Sierra Nevada. (Referencia: MARTÍN y DELGADO, 1980.)

Fotografía 6.—Facies oolíticas. Secuencia correspondiente a la parte interna de las barras. Predominan las estructuras de baja energía: «wave ripple cross-lamination», etc... Messiniense Superior. Níjar. (Referencia: DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981.)

Fotografía 7.—Calcarenitas oolíticas. Secuencia de barras. Aquí el predominio corresponde a la laminación paralela y a la estratificación cruzada tabular. Messiniense Superior. Níjar. (Referencia: DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981.) (Martillo=35 cm).

Fotografía 8.—Ooesparita («grainstone» oolítico) con fragmentos de equinodermos (e), algas (a) y foraminíferos bentónicos (f). Dogger. Jaén. (Referencia: AZEMA et al., 1979.)





(WEYL, 1967). La presencia de finas películas orgánicas, que se fijan sobre la superficie de los oolitos en los períodos de calma, hace sospechar que aquélla pueda tener un carácter bioquímico (DAVIES, BUBELA y FERGUSON, 1978).

Los pisolitos son partículas también de forma redondeada y con estructura interna laminada. Las láminas, sin embargo, al contrario que en los oolitos, no presentan una disposición regular, sino que se cortan unas a otras y no son tan continuas. Los núcleos, a su vez, se presentan generalmente en posición excéntrica y corresponden a fragmentos de otros pisolitos o a pisolitos de menor tamaño. Sus tamaños son también más irregulares, y mayores que los de los oolitos. Confundidos inicialmente con estructuras de tipo caliche (DUNHAM, 1969), han sido posteriormente reinterpretados y su origen parece estar hoy claramente establecido (ESTEBAN y PRAY, 1977). Caracterizan subambientes de charcas, con alta salinidad y sometidas a agitación esporádica, localizadas entre montículos (formados por desecación) en zonas costeras parcialmente emergidas (llanuras costeras, bordes internos de barreras, etc...). Encostamientos muy similares, aragoníticos, que están formándose en la actualidad, han sido descritos por PURSER y LOREAU (1973) en las costas del Golfo Pérsico.

Los «pellets» son partículas oscuras, de muy pequeño tamaño, textura microcristalina (micrí-

tica), y sin estructura interna definida (FOLK, 1959), a las que todos los autores están de acuerdo en atribuirles un origen fecal. Al estar constituidos inicialmente por micrita débilmente consolidada, se suelen conservar sólo en aquellos ambientes ausentes de agitación («lagoons», plataformas abiertas, cuencas, etc...), que son, por otro lado, los más propicios para su formación, dada la intensa actividad orgánica que existe en fondos de estas características por parte de los organismos bioturbadores. Estas partículas no deben ser confundidas con los «peloides o peletoides». Estos últimos corresponden generalmente a bioclastos de pequeño tamaño muy micritizados (por la acción perforante de ciertas algas que se fijan sobre ellos), que si pueden fácilmente ser retrabajados, y que presentan, por tanto, un origen muy distinto.

MATRIZ

La matriz está constituida por un carbonato microcristalino al que se denomina micrita. Varios son sus posibles orígenes:

a) Por transformación diagenética de barros carbonatados constituidos inicialmente por millones de agujas de aragonito, de pequeñísimo tamaño, precipitadas alrededor de los tejidos de ciertas algas Codiáceas, y liberadas al fallecer

Fotografía 9.—Complejo arrecifal. Nótese cómo los taludes (t), que presentan una megaestratificación cruzada muy evidente, pasan lateralmente hacia arriba a la zona bioconstruida (b) de aspecto más masivo. Messiniense Inferior. Níjar. (Referencia: DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981.)

Fotografía 10.—Facies del armazón arrecifal. Detalle de la zona intermedio-profunda de la pared arrecifal con predominio de las colonias coralinas semiesféricas y en forma de plato. Aptense inferior. Sierra del Segura. (Referencia: GARCÍA HERNÁNDEZ, 1978.) (El martillo mide 40 cm).

Fotografía 11.—Calcarenita («grainstone») de briozoos. El ejemplo corresponde a un depósito de talud de plataforma costera. Tortoniense. Depresión de Ronda (Málaga). (Fotografía: J. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ.)

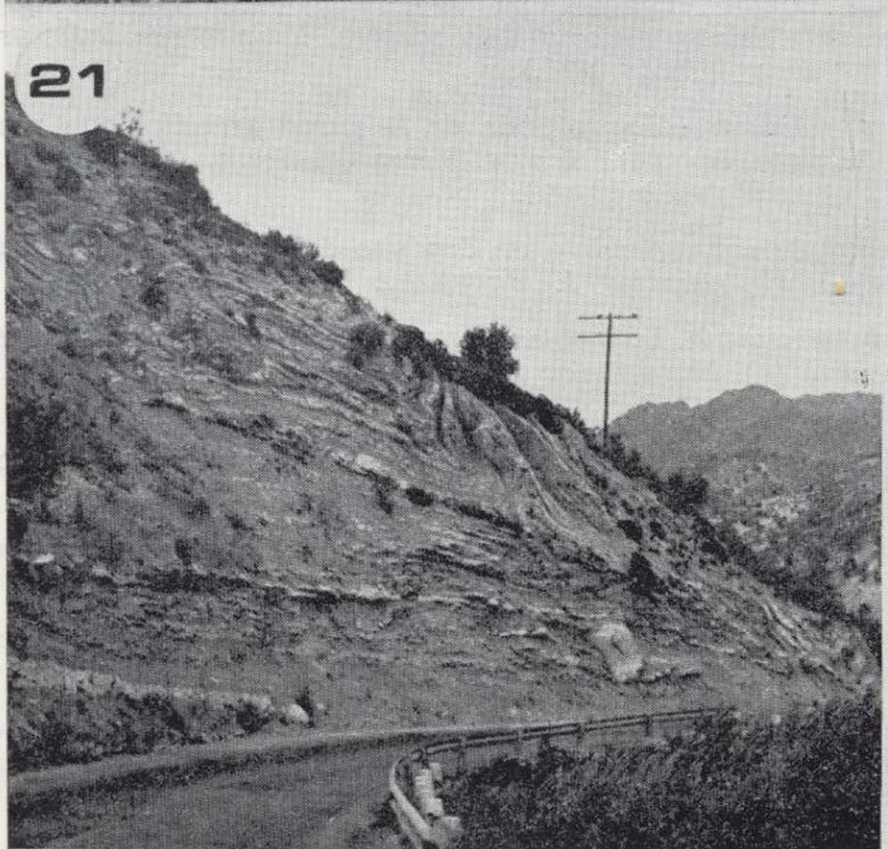
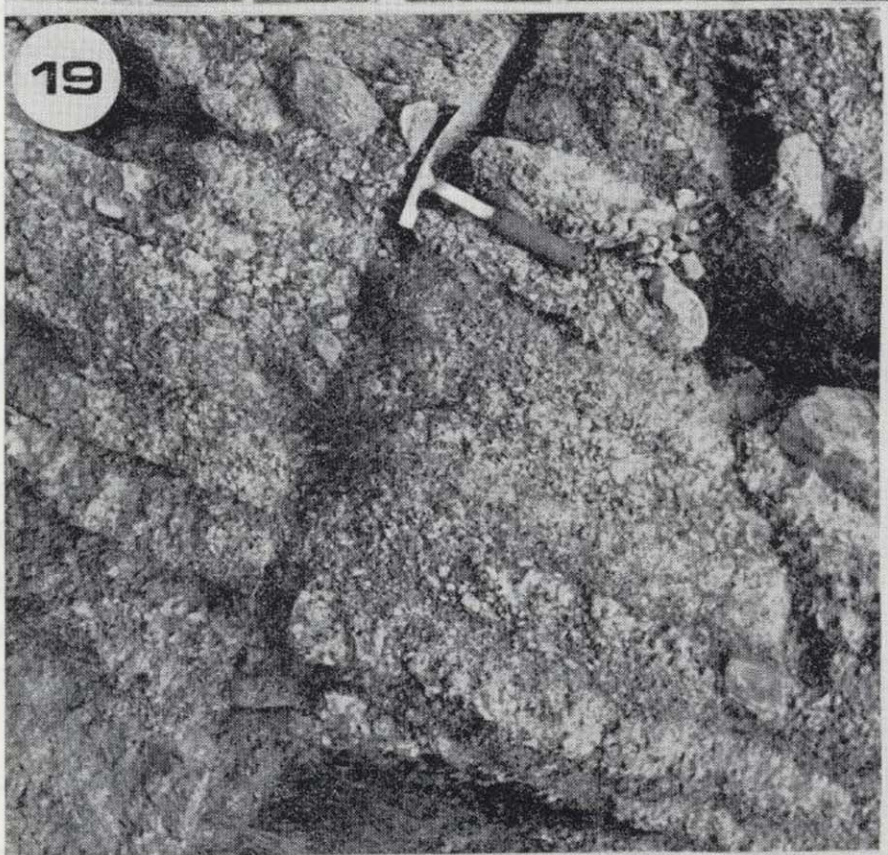
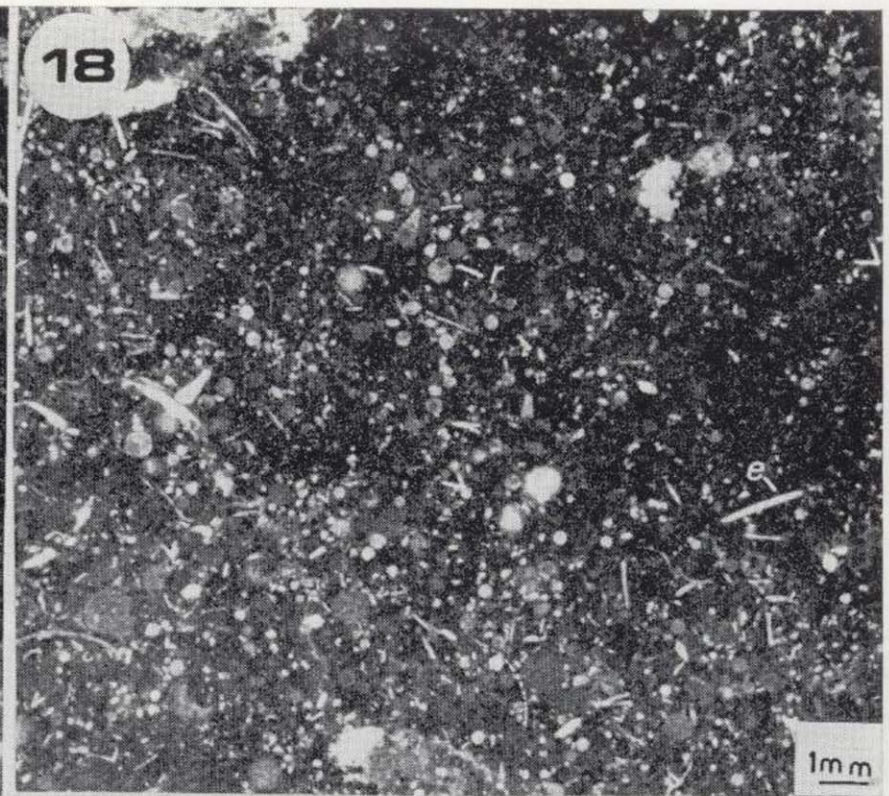
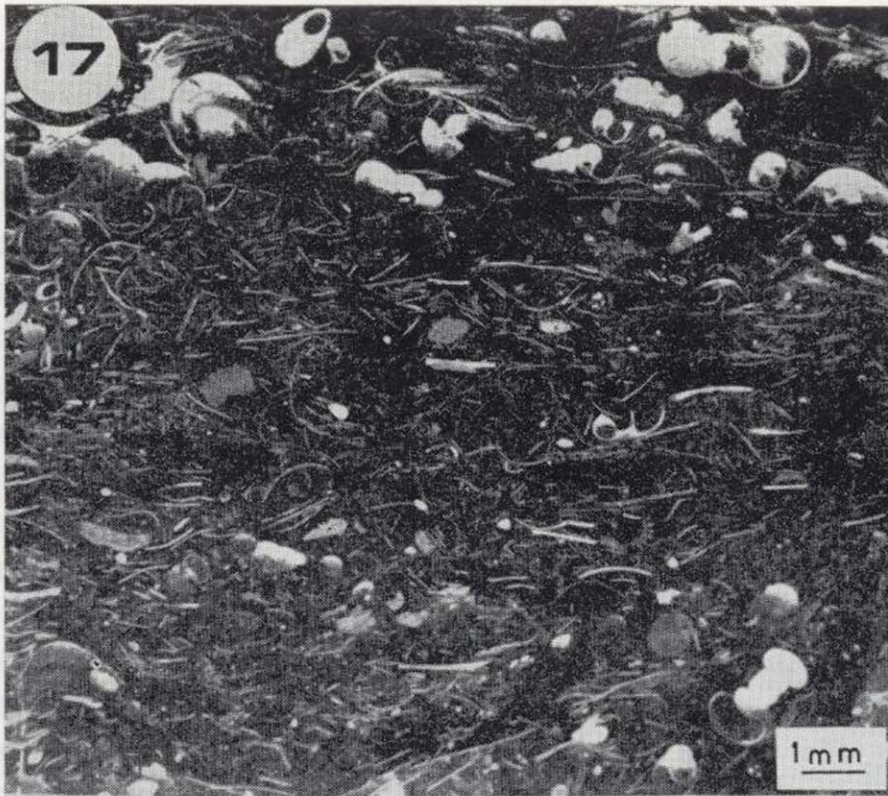
Fotografía 12.—Colonia de *Porites*. Nótese su morfología arborescente. Lo que se preserva es fundamentalmente el cemento micrítico (M) que une entre sí a las ramas del coral (c). Messiniense Superior. Santa Pola. (Referencia: MARTÍN, 1980 b).

Fotografía 13.—Colonia de coral semiplanar correspondiente a la zona más profunda de la pared arrecifal. Haute-riviense. Sierra del Segura. (Referencia: GARCÍA HERNÁNDEZ, 1978.) (El lápiz mide 15 cm).

Fotografía 14.—Esponjas segmentadas en posición de vida. Arrecifes Norienses del Complejo Alpujárride. Alayos de Dílar (borde noroccidental de Sierra Nevada, Granada). (Fotografía: J. M. MARTÍN.) (Escala en mm).

Fotografía 15.—Calcarenita («packstone») de *Halimeda*. Parte intermedia del talud arrecifal. Messiniense Inferior. Níjar. (Referencia: DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981.)

Fotografía 16.—Calcirrudita («floatstone») de Serpúlidos de relleno de la zona superior de los canales de drenaje del arrecife. Messiniense Inferior. Níjar. (Referencia: DABRIO, ESTEBAN y MARTÍN, 1981.) (Diámetro de la moneda: 22 mm).



éstas. Este es el origen normalmente señalado para los barros carbonatados de poca profundidad, tal y como ocurre actualmente en los «lagoons» de las Bahamas, Florida, etc..., de ahí que la designemos con el nombre de «micrita somera».

b) Por desintegración progresiva de partículas esqueléticas de tamaño muy pequeño hasta dar restos inidentificables. Este es el origen de la «micrita», que aparece al pie de los taludes de los arrecifes de coral (JAMES y GINSBURG, 1979; DABRIO et al., 1981; etc...).

c) Por precipitación directa como cemento bajo la forma de calcita con alto contenido en Mg (calcita magnésica). Este último caso es muy frecuente en arrecifes y facies con ellos asociadas (GINSBURG, MARSZALEK y SCHNEIDERMAN, 1971; JAMES y GINSBURG, 1979; etc...).

d) Por acumulación de caparazones de nannoplancton, tanto fitoplancton (cocolitofóridos) como zooplancton (pterópodos, etc...). Esta «micrita pelágica» caracteriza a las zonas de mar abierto.

e) Por precipitación química directa como barro carbonatado en aguas que presenten el quimismo, pH, Eh, etc... adecuados. Este es el origen admitido por algunos autores para los «whitings» (suspensiones lechosas de sedimento carbonatado) del Golfo Pérsico.

Los más comunes son el a) y el d). La «micrita» de edad Paleozoica, o más antigua, plantea ciertos problemas dado que tanto algunos de los tipos de algas Codiáceas responsables de la formación de la «micrita somera», como los del nannoplancton de la «micrita pelágica», estaban ausentes en

aquellos entonces. Cabe, no obstante, pensar en la posibilidad de que sus funciones hayan sido realizadas por otros organismos de características semejantes y filiación hasta ahora desconocida.

HUECOS

Los huecos sindeposicionales que aparecen en los carbonatos son de dos tipos: intergranulares e intragranulares. Los primeros se localizan entre granos, los segundos en el interior de éstos. Entre los intergranulares caben destacar los situados entre los esqueletos calcáreos de los organismos que constituyen el almacén de los arrecifes u otras construcciones de naturaleza similar (biostromas, etcétera); los localizados entre granos en las facies de calcarenitas límpidas; los formados por desecación (FISCHER, 1964; etc...), y escapes de burbujas de gas (SHINN, 1968), en la zona supramareal, etc. Los intragranulares corresponden a los huecos dejados por los organismos de caparazón calcáreo una vez éstos han muerto y la materia orgánica que los constituía ha sido descompuesta y lixiviada.

Ambos tipos de huecos, así como aquellos otros que se crean posteriormente en el curso de la diagénesis, se rellenan generalmente por cementos. Aquí sólo vamos a considerar los cementos de origen sinsedimentario, los cuales, por estar restringidos a determinados ambientes y/o facies, tienen también significación deposicional.

Los cementos sinsedimentarios son de composición aragonítica y calcítico magnésica (calcita con alto contenido en Mg). Los cementos aragoníticos

Fotografía 17.—Biomicrota («wackestone») con secciones de filamentos y embriones de Ammonites. Plataforma abierta. Dogger. Sierra Gorda (Granada). (Referencia: AZEMA et al., 1979.)

Fotografía 18.—Biomicrota («wackestone») con espículas de espongiarios (e) y radiolarios (r). Marino pelágico (talud y/o cuenca). Lías Inferior Subbético. Sierra Elvira (Granada). (Fotografía: M. GARCÍA HERNÁNDEZ.)

Fotografía 19.—Conglomerados resedimentados. Talud. Cenomanense. Río Fardes (Granada). Subbético Medio. (Fotografía: J. A. VERA). (Martillo=30 cm).

Fotografía 20.—Microfacies de conglomerados resedimentados. Obsérvese la naturaleza tan diversa de los cantos. Senonense. Norte Sierra de la Sagra (Granada). Unidades Intermedias. (Fotografía: M. GARCÍA HERNÁNDEZ.)

Fotografía 21.—Pliegues de «slum» desarrollados en niveles margoso y margoso calizos, que reflejan la inestabilidad de los taludes. Neocomiense. Norte de Campillo Arenas (Jaén). Subbético medio. (Fotografía: J. A. VERA.)

Fotografía 22.—Detalle de un pliegue de «slump». Neocomiense. Puerto Carretero (Jaén). Subbético Medio. (Fotografía: J. A. VERA). (Martillo=40 cm).

aparecen especialmente bien desarrollados en zonas costeras de salinidad algo superior a la normal (GINSBURG, MARSZALEK y SCHNEIDERMAN, 1971; JA-1980 a y b; etc...), y en arrecifes (JAMES y GINSBURG, 1979; etc...). Los de calcita con alto contenido en Mg lo están también en arrecifes (JAMES y GINSBURG, 1979; etc...) y en ambientes pelágicos, en este último caso asociados frecuentemente a «hardgrounds», y a facies de calizas nodulosas (JENKYN, 1974; MULLER y FABRICIUS, 1974; etc...).

TEXTURAS DEPOSICIONALES

Las relaciones geométricas básicas entre los distintos elementos hasta ahora considerados nos definen los tipos texturales de carbonatos con significado deposicional. Estos, de acuerdo con DUNHAM (1962), clasifican en:

«lime mudstones». Carbonatos con predominio total o casi total de matriz.

«lime wackestones-lime packstones». Carbonatos en los que matriz y granos están presentes en proporción variable. En los «wackestones» los granos están sostenidos por la matriz. En los «packstones» la matriz rellena los intersticios entre granos.

«lime grainstones». Carbonatos constituidos esencialmente por granos con ausencia total de matriz.

«lime boundstones». Término que engloba a todas las facies carbonatadas bioconstruidas (arrecifales, biostrómicas, etc...).

El contenido en micrita viene a reflejar el grado de agitación del ambiente. Así, en los ambientes energéticos (barreras, etc...) predominan las facies «grainstones» (calcareníticas), mientras que en los de baja o muy baja energía («lagoons», plataformas pelágicas, cuencas, etc...) lo hacen los «mudstones» y «wackestones» (micríticas). Las bioconstruidas requieren unas condiciones ambientales, ecológicas, etc... especiales, que en cada caso las convierten en únicas y características.

Las modificaciones introducidas a la clasificación de DUNHAM (1962) por EMBRY y FLOVAN (1971) no afectan esencialmente a la interpretación ambiental que se le puede asignar a cada uno de los subtipos. Estas modificaciones no hacen sino precisar aún más la citada clasificación. Dichos auto-

res hacen distinción entre carbonatos con granos constituyentes de tamaño arena (entre 2 mm y 1/16 mm), para los que conservan la terminología de DUNHAM (*op. cit.*), y carbonatos con granos de tamaño rudita (mayores de 2 mm), para los que introducen los términos «floatstones» (equiparables deposicionalmente a los «wackstones-packstones»), y «rudstones» o calcirruditas (equiparables deposicionalmente a los «grainstones»). A su vez, dentro de los «boundstones» diferencian los términos «framstones» (que utilizan para designar a las facies del almacén bioconstruido propiamente dicho), «bindstones» (que utilizan para designar a los encostramientos y otras estructuras orgánicas similares) y «bafflestones» (que caracteriza a las facies constituidas por organismos que atrapan y traban sedimento micrítico).

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS CARACTERISTICAS

Las estructuras sedimentarias más características representadas en cada uno de los ambientes sedimentarios diferenciados son:

En la llanura supramareal predominan las estructuras de desecación: «tepees» (ASSERETO y KENDALL, 1977; ESTEBAN y PRAY, 1977; etc...); las brechas de cantos planos («flat pebble breccias», f. p. b.) y las grietas de desecación («mudcracks», m. c.). También son frecuentes las estructuras de escape de gases («birdseyes»: SHINN, 1968), las laminaciones estromatolíticas, y los cristales y/o moldes de evaporitas. Los pisolitos, si están presentes, suelen presentar granuloclasificación inversa (ESTEBAN y PRAY, 1977). Es también característica de la zona supramareal la existencia de costras dolomíticas formadas penecontemporáneamente (DEFFEYES, LUCIA y WEYL, 1965; ILLING, WELLS y TAYLOR, 1965; SHINN, GINSBURG y LLOYD, 1965; etc...).

En la llanura intramareal predominan las estructuras estromatolíticas planares o mallas de algas («algal mats») (modelo Golfo Pérsico: KINSMAN, 1969), o los lodos carbonatados (modelo Bahamas: SHINN, LLOYD y GINSBURG, 1969). Los canales mareales, de base erosiva, suelen presentar en su fondo un depósito de «lag» conchífero.

En el «lagoon» predominan los barros carbonatados, muy bioturbados, con ausencia de laminación y/o estratificación.

En la barrera el predominio corresponde a las estructuras de alta energía, tales como laminación paralela y estratificación cruzada (e. c. de la figura 1).

La característica más notable de los arrecifes es quizá su aspecto masivo, es decir, la ausencia de una estructura definida. La estructura más notoria en el talud arrecifal es la megaestratificación cruzada (m. e. c.), en la que cada una de las «láminas» corresponde a uno de los episodios de progradación del talud en cuestión.

La plataforma abierta es una zona de bioturbación frecuente con predominio de los «burrows» horizontales. El borde de la plataforma es, con frecuencia, una zona de no sedimentación y/o erosión.

En la parte alta del talud continental son frecuentes los desplomes y los fenómenos de «slumping». Al pie se nos van a acumular grandes olistones junto a facies de brechas.

La característica más notable de los materiales de la cuenca oceánica es la existencia de una estratificación fina y regular en la que alternan los sedimentos autóctonos con los turbidíticos.

CONCLUSIONES

Cada ambiente en particular va a venir caracterizado por unas facies que presentan una composición textural definida y unas asociaciones de estructuras concretas (fig. 1). Estas son:

Llanura supramareal (fotografías 1 y 2)

Predominan los barros carbonatados, de textura «wackestone-floatstone», con frecuencia desecados, a los que se asocian minerales de origen diagenético temprano (evaporitas, dolomita, etc...). Elementos texturales casi exclusivos de este ambiente son los intraclastos y los pisolitos. Los cementos sinsedimentarios de composición aragonítica no son extraños.

Llanura intramareal (fotografía 3)

Doble posibilidad, según se trate de una llanura lodosa, o de una llanura colonizada por mallas de algas («estromatolitos planares»). En el primer caso las texturas dominantes son los «mudstones».

wackestones». En el segundo los «bindstones». En ambos casos los canales mareales son frecuentes y cortan erosivamente a las secuencias. Si en vez de una llanura costera lo que se desarrollan son playas las texturas dominantes son los «grainstones», a veces oolíticos.

Lagoon (fotografías 4 y 5)

Las texturas dominantes en el «lagoon» son los «wackestones» (biomicritas en el sentido de FOLK, 1959). Organismos característicos de este ambiente son las algas Dasycladáceas, ciertos grupos de foraminíferos bentónicos (Miliólidos, etc...), los lamelibranquios de concha gruesa y los gasterópodos. Los barros carbonatados, de probable origen algal, suelen estar fuertemente bioturbados, de ahí que los «pellets» sean también muy frecuentes.

En «lagoons» hipersalinos la diversidad específica es mínima, aunque el número de individuos de una misma especie que lo populan puede llegar a ser extraordinariamente alto (SHEPARD, PHLEGER y VAN ANDEL, 1960; etc...). En este último caso en particular no son tampoco de extrañar los cementos sinsedimentarios submarinos (MARTÍN, 1980 a y b; MARTÍN y DELGADO, 1980).

Barrera (fotografías 6, 7 y 8)

El predominio en la barrera corresponde a los «grainstones» (con frecuencia oolíticos), que presentan estructuras de ordenamiento interno tales como laminación paralela, laminación y estratificación cruzada, «ripples», etc..., que reflejan una agitación importante del fondo, de carácter intermitente. En el borde interno de la barrera son frecuentes los agregados de grano («lumps»), que se desarrollan por cementación incipiente en las épocas de calma. Si la barrera emerge, pueden aparecer pisolitos asociados a estructuras de desecación tipo «tepee».

Arrecife (fotografías 9, 10, 12, 13 y 14)

Los principales organismos constructores de arrecifes son los corales y las esponjas (escleroesponjas). En el almacén arrecifal existe toda una zonación morfológica de las colonias de coral. En la parte alta predominan las ramosas, en la

parte media las semiesféricas, y en la parte baja las laminares o en forma de plato. Las colonias se encuentran además en posición de vida y, con frecuencia, trabadas entre sí por encostramientos orgánicos (algas rojas, foraminíferos, etc...) o cementos submarinos (aragoníticos y calcíticos magnésicos). Los condicionantes ecológicos que controlan el desarrollo de los arrecifes de coral no son totalmente equivalentes a los de esponjas dado que estos últimos parecen desarrollarse a una mayor profundidad.

Talud arrecifal (fotografías 11, 15 y 16)

El talud arrecifal se constituye principalmente con los esqueletos calcáreos de los organismos que populan entre las colonias de coral (o de esponjas en su caso) en el arrecife, y que al morir se acumulan al pie de éste. Dentro del talud arrecifal cabe distinguir un talud superior o talud proximal de estructura caótica con predominio de las brechas de coral y las calcirruditas («rudstones») de *Halimedes*, lamelibranchios, briozoos, etcétera, un talud medio, generalmente bien estratificado, donde dominan los «packstones» bioclásticos (de algas rojas, briozoos, *Halimedes*, foraminíferos bentónicos, etc...), y un talud distal con predominio de los bioclastos de muy pequeño tamaño y de las texturas «wackestones-mudstones». Las capas que constituyen el talud del arrecife muestran una megaestratificación cruzada en el sentido de progradación del arrecife hacia mar abierto.

Plataforma abierta (fotografía 17)

Las facies dominantes son los «wackestones-packstones» fosilíferos, con frecuencia bioturbados. En el ambiente de plataforma abierta junto a organismos de filiación bentónica (equinodermos, braquiópodos, etc...), hacen su aparición otros ya claramente pelágicos (Ammonites, foraminíferos planctónicos, etc...). En el borde de la plataforma es frecuente la existencia de una zona de no sedimentación y/o erosión, o al menos de sedimentación condensada o reducida, en la que pueden desarrollarse encostramientos ferruginosos y/o manganesíferos, y cementos submarinos.

Talud (fotografías 19, 20, 21 y 22)

Dada la fuerte inestabilidad del talud es frecuente que al pie de éste se acumulen grandes olistones de material desplomado, junto a conglomerados calcáreos resedimentados de tipo «debris-flow» y turbidíticos (turbiditas proximales) (McILREATH y JAMES, 1979). La frecuente contaminación del sedimento autóctono carbonatado por organismos de composición silíceo (radiolarios, espículas de esponjas, etc...) hacen que sean frecuentes las facies de calizas (generalmente biomicritas de tipo «wackestones») con nódulos de sílex.

Cuenca (fotografía 18)

La sedimentación carbonatada autóctona en la cuenca está constituida por barros «micríticos», resultado de la acumulación masiva de los caparzones calcáreos del nannoplanton. La alóctona lo está por sedimentos turbidíticos («packstones-grainstones») de carácter distal, cuyas áreas madre se localizan en las zonas de plataforma y/o talud. Por debajo del nivel de compensación de los carbonatos la sedimentación carbonatada da paso a la terrígena (arcillas rojas, etc...) o silíceo (fango de radiolarios).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis compañeros del departamento de Estratigrafía de la Universidad de Granada Dres. Dabrio y García Hernández, señores Martín Algarra y Rodríguez Fernández y doctores Ruiz Ortiz y Vera sus sugerencias y consejos, así como el haber puesto a mi entera disposición sus colecciones de fotografías.

BIBLIOGRAFIA

- ASSERETO, R. L. A. M., and KENDALL, Ch. G. St. C.: *Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related breccias*. *Sedimentology*, 24, 2:153-210 (1977).
- AZEMA, J.; FOURCADE, E.; GARCÍA HERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ DONOSO, J. M.; LINARES, A.; LÓPEZ GARRIDO, A. C.; RIVAS, P., y VERA, J. A.: *Las microfacies del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas*. Secr. Pub. Univ. Granada, 83 pp. (1979).
- BALL, M. M.: *Carbonate sand bodies of Florida and the Bahamas*. *Jour. Sediment. Petrol.*, 37:556-591 (1967).

- BATHURST, R. G. C.: *Carbonate sediments and their diagenesis*. *Developments in Sedimentology*, 12, Elsevier, Amsterdam, 658 pp. (1971).
- BRICKER, O. P.: *Carbonate cements*. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Md., 376 pp. (1971).
- ROSELLINI, A., and GINSBURG, R. N.: *Form and internal structure of Recent algal nodules (rhodolites) from Bermuda*. *J. Geol.*, 79:669-682 (1971).
- DUNHAM, R. J.: *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In: W. E. HAM (Editor): *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium*. Am. Assoc. Petrol. Geologist, Mem., 1:108-121 (1962).
- DUNHAM, R. J.: *Vadose pisolite in the Capitan reef (Permian), New Mexico and Texas*. In: *Depositional Environments in Carbonate Rocks. A Symposium*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Publ., 14:139-181 (1969).
- DABRIO, C. J.; ESTEBAN, M., and MARTIN, J. M.: *The coral reef of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), Almería Province, Southern Spain*. *Jour. Sediment. Petrol.*, 51, 2: 521-539 (1981).
- DAVIES, P. J.; BUBELA, B., and FERGUSON, J.: *The formation of ooids*. *Sedimentology*, 25, 5:703-730 (1978).
- DEFFEYES, K. S.; LUCIA, F., and WEYL, P. K.: *Dolomitization of Recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles*. In: L. C. PRAY and R. C. MURRAY (Editors): *Dolomitization and Limestones Diagenesis. A Symposium*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Publ., 13:71-88 (1965).
- EMBRY, A. F., and KLOVAN, J. E.: *A Late Devonian reef tract on northeastern Bank Island, Northwest Territories*. *Can. Petrol. Geologists Bull.*, 19:730-781 (1971).
- ESTEBAN, M., and PRAY, L. C.: *Carbonate shoal facies of the shelf crest*. In: L. C. PRAY and M. ESTEBAN (Editors): *Upper Guadalupian facies. Permian reef complex, Guadalupe mountains, New Mexico and West Texas*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Permian basin section, pub 77-16:79-118 (1977).
- FISCHER, A. G.: *The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic*. *Geol. Surv. Kansas Bull.*, 169:107-149 (1964).
- FLUGEL, E.: *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer, Berlin, 610 pp. (1982).
- FOLK, R. L.: *Practical petrographic classification of limestones*. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, 43:1-38 (1959).
- GARCÍA HERNÁNDEZ, M.: *El Jurásico terminal y Cretácico Inferior en las Sierras de Cazorla y Segura (Zona Prebética)*. Tesis doctoral. Secr. Pub. Univ. Granada, 190, 352 pp. (1978).
- GARRET, P.: *Phanerozoic stromatolites: Noncompetitive ecology restriction by grazing and burrowing animals*. *Science*, 169:171-173 (1970).
- GARRISON, R. E.: *Radiolarian cherts, pelagic limestones, and igneous rocks in eugeosynclinal assemblages*. In: K. J. Hsü and H. C. JENKYS (Editors): *Pelagic sediments: on Land and under the Sea*. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 1:367-399 (1974).
- GINER, J., y BARNOLAS, A.: *Las construcciones arrecifales del Jurásico Superior de la Sierra de Albarracín (Teruel)*. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10:73-82 (1979).
- GINSBURG, R. N.; MARSZALEK, D. S., and SCHNEIDERMAN, N.: *Ultrastructure of carbonate cements in a Holocene algal reef of Bermuda*. *Jour. Sediment. Petrol.*, 41:472-482 (1971).
- ILLING, L. V.: *Bahamas calcareous sands*. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, 38:1-95 (1954).
- ILLING, L. V.; WELLS, A. J., and TAYLOR, J. C. M.: *Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf*. In: L. C. PRAY and R. C. MURRAY (Editors): *Dolomitization and Limestones Diagenesis. A Symposium*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Pub., 13:89-111 (1965).
- JENKINS, H. C.: *Origin of red nodular limestone (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model*. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 1: 249-271 (1974).
- JAMES, N. P., and GINSBURG, R. N.: *The seaward margin of Belize Barrier and Atoll reefs*. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 3, 191 pp.
- KINSMAN, D. J. J.: *The Recent carbonate sediments near Halat el Bahrani, Trucial Coast, Persian Gulf*. In: L. M. J. U. VAN STRAATEN (Editor): *Deltaic and Shallow Marine Deposits*. Elsevier, Amsterdam, pp. 185-192 (1964).
- LOREAU, J. P., and PURSER, B. H.: *Distribution and ultrastructure of Holocene ooids in the Persian Gulf*. In: B. H. PURSER (Editor): *The Persian Gulf. Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea*. Springer, Berlin, pp. 279-328 (1973).
- MARTÍN, J. M.: *Las dolomías de las Cordilleras Béticas*. Tesis doctoral. Secr. Publ. Univ. Granada, 265, 201 pp. (1980 a).
- MARTÍN, J. M.: *Crisis de salinidad y estromatolitos*. IX Congreso Nacional de Sedimentología, Salamanca (en prensa) (1980 b).
- MILLIMAN, J. D.: *Marine Carbonates*. Springer, Berlin, 375 pp. (1974).
- MONTY, C.: *Evolving concepts on the nature and the ecological significance of stromatolites*. In: E. FLÜGEL (Editor): *Fossil algae. Recent results and developments*. Springer, Berlin, pp. 15-36 (1977).
- MONTY, C.: *Phanerozoic Stromatolites. Case histories*. Springer, Berlin, 249 pp. (1981).
- MARTÍN, J. M., and DELGADO, F.: *Biostromes of Dasycladacean algae and stromatolites: a peculiar interbedding*. *Sediment. Geol.*, 25:117-126 (1980).
- McILREATH, I. A., and JAMES, N. P.: *Carbonates slopes*. In: R. G. WALKER (Editor): *Facies models*. Geoscience Canada Reprint Series, 1:133-143 (1979).
- MULLER, J., and FABRICIUS, F.: *Magnesian-calcite nodules in the Ionian deep sea: an actualistic model for the formation of some nodular limestones*. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment.*, 1:235-247 (1974).

- OTT, E.: *Segmentierte Kalkschwämme (Sphinctozoa) aus der Alpinen Mittel-Trias und ihre Bedeutung als Riffbilder im Wettersteinkalk*. Bayer Akad. Wiss. Abhandl. N. F., 131, 96 pp. (1967).
- PARK, R.: *A note on the significance of lamination in stromatolites*. *Sedimentology*, 22, 3:379-393.
- PURSER, B. M., and LOREAU, J. P.: *Aragonitic supratidal encrustations in the Trucial coast, Persian Gulf*. In: B. H. PURSER (Editor): *The Persian Gulf. Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea*. Springer, Berlin, pp. 343-376 (1973).
- SCHOLLE, P. A.: *A color illustrated guide to carbonate rock constituents, textures, cements and porosities*. Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoir, 27 (1978).
- SCHUHMACHER, H.: *Arrecifes coralinos. Su extensión, mundo animal y ecología*. Omega, Barcelona, 288 pp. (1978).
- SHINN, E. A.: *Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks*. *Jour. Sediment. Petrol.*, 38:215-223 (1968).
- SHEPARD, F. P.; PHLEGER, F. B., and VAN ANDEL, T. H.: *Recent sediments, northwest Gulf of Mexico*. Am. Assoc. Petrol. Geologist, Tulsa, Oklahoma.
- SHINN, E. A.; GINSBURG, R. N., and LLOYD, R. M.: *Recent supratidal dolomite from Andros Island-Bahamas*. In: L. C. PRAY and R. C. MURRAY (Editors): *Dolomitization and Limestone Diagenesis. A Symposium*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Publ., 13:112-123 (1965).
- SHINN, E. A.; LLOYD, R. M., and GINSBURG, R. N.: *Anatomy of a modern tidal flat, Andros Island, Bahamas*. *Jour. Sediment. Petrol.*, 39:1202-1228 (1969).
- WALTER, M. R.: *Stromatolites*. *Developments in Sedimentology*, 20, Elsevier, Amsterdam, 790 pp. (1976).
- WEYL, P. K.: *The solution behaviour of carbonate materials in sea water*. *Studies Tropical Oceanog. Univ. Miami*, 5: 178-228 (1967).
- WILSON, J. L.: *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer, Berlin, 471 pp. (1975).
- ZANKL, H.: *Upper Triassic carbonate facies in the Northern Limestone Alps*. In: G. MÜLLER (Editor): *Sedimentology of Parts of Central Europe*, pp. 147-181. *Guidebook VIII*. Int. Sedim. Congr. Kramer, Frankfurt (1971).

Recibido: Septiembre de 1981

Nueva contribución al estudio paleontológico de la superfamilia Ocypodoidea (Crustáceos Decápodos) (*)

Por L. VIA BOADA (**)

R E S U M E N

Se exponen el proceso y el resultado del replanteamiento de la cuestión del origen y evolución de la superfamilia OCYPODOIDEA a partir de las innovaciones del *Treatise*, de MOORE (1969), y del descubrimiento de nuevos yacimientos y de nuevas especies descritas por diversos autores desde 1957, fecha de la primera comunicación del autor sobre este tema.

LOS RETROPLUMIDAE Y OCYPODIDAE ACTUALES

La familia *Retroplumidae* está representada actualmente por un único género, el género *Retropluma* GILL (1894), del cual sólo se conocen las especies siguientes: *R. notopus* (ALCOCK-ANDERSON, 1894), especie-tipo, de la bahía de Bengala y del mar de Andaman (entre 180 y 480 metros de profundidad); *R. chuni* DOFLEIN, 1904, del oeste de Sumatra y del golfo de Birmania (502-614 m.); *R. plumosa* TESCH, 1917, de las cercanías de las islas Key, Indomalasia (310 m.); *R. denticulata* RATHBUN, 1932, de la bahía de Suruga y de muchas otras costas japonesas (80-125 m.), y *R. planiforma* KENSELEY, 1969, del suroeste del Océano Índico (200 m.). Recientemente, en 1976, Mr. FOREST y Mme. de SAINT LAURENT del Museum de París —con ocasión de los dragados efectuados para localizar nuevos ejemplares de *Neoglyphea inopinata* (Expedición MUSORSTOM)— han reconocido la presencia de la mayoría de estas especies de *Retropluma* al norte de la isla de Lubang, en Filipinas. Todas las especies enumeradas están

integradas por formas cuyo caparazón es bastante reducido de tamaño y cuyos pereiópodos son muy delgados, especialmente los del último par, que son plumosos (Retro-pluma). Todas sus poblaciones viven siempre en aguas bastante profundas (entre 80 y 614 m.), lejos de las costas.

La familia *Ocypodidae* está representada actualmente por un gran número de especies, distribuidas en muchos géneros, que se agrupan en tres subfamilias: *Ocypodinae*, *Macrophthalminae* y *Scopimerinae*. La gran mayoría de los *Ocypodidae* viven en mares tropicales de la región indopacífica. Solamente la subfamilia *Ocypodinae* está también representada por numerosas especies en las costas americanas del Atlántico; por un número mucho más reducido de especies en las costas atlánticas africanas y por una única especie (*Ocypoda cursor*) en el Mediterráneo oriental. Todos los *Ocypodidae* son cangrejos cavadores, que abundan en las regiones costeras y en los estuarios de la desembocadura de los ríos, y allí excavan sus guaridas en las arenas o en el barro de las playas. Su caparazón es robusto y sus pereiópodos, principalmente los quelípedos, alcanzan un gran desarrollo.

Las diferencias que separan los representantes actuales de las dos familias *Retroplumidae* y *Ocypodidae* son considerables, y entre los zoólogos ni siquiera se plantea un posible parentesco.

(*) Texto íntegro de la comunicación leída en francés durante la sesión del día 10 de julio de 1980 en la sala 30 (Sección 3, Paleontología-Micropaleontología) del 26 Congreso Geológico Internacional celebrado en París del 7 al 17 de julio de 1980.

(**) Director del Museo Geológico del Seminario (C.S.I.C.) de Barcelona.

RETROPLUMIDOS Y OCIPODIDOS FOSILES

Por otra parte, el descubrimiento y la revisión de numerosos restos fósiles más o menos emparentados con una u otra de las dos familias ha sugerido la idea de un parentesco o, cuando menos, de una evolución y migración estrechamente relacionadas entre sí. Con todo conviene recordar que independientemente de los fósiles y aún antes de la creación por GILL del género *Retropluma* (1894), ALCOCK y ANDERSON, quienes acababan de describir la especie-tipo de dicho género *R. notopus* (con el nombre *praeoccupatum* de *Archaeoplax*), se mostraban muy perplejos ante la singularidad de la nueva forma. Hasta tal punto que, a pesar de haberla considerado vecina del género *Palicus* (= *Cymopolia*), hacen alusión al género *Macrophthalmus*, admitiendo claramente una posible afinidad con los «*Macrophthalminae*».

RATHBUN, en 1908, estableció el nuevo género *Archaeopus*, al que incorporó dos especies fósiles, *A. antennatus* y *A. vancouverensis*, del Coniaciense de California y de Canadá respectivamente. Fue la primera de tales especies (*A. antennatus*), basada en el estudio de numerosos y buenos ejemplares, que sugirió a RATHBUN la idea del parentesco del género *Archaeopus* con las actuales formas del género *Retropluma*. Desde 1908 otros fósiles fueron descritos o estudiados y dados a conocer con los nombres genéricos de *Goniocypoda*, *Sandomingia* (*Ocypodidae*); *Lorentheya*, *Cyphoplax*, *Hemiplax* y *Psammograpsus* (*Macrophthalminae*). A la vista del conjunto de los datos enumerados, referentes a las formas actuales y a los restos fósiles conocidos, BEURLEN, en 1930, propuso el nuevo taxón *Ocypodoidea*. Se trataría, según BEURLEN, de una nueva subtribu que agruparía las tres familias *Retroplumidae*, *Ocypodidae* y *Mictyridae*, con los representantes fósiles correspondientes.

Con ocasión del estudio de los Decápodos fósiles del Eoceno de España, el autor (VIA, 1957, 1959, 1969) ha reconocido la existencia del género *Retropluma* en estado fósil, representado por *R. eocenica* en el biarritziense de Vilada (Barcelona). También ha reivindicado para dicho género la especie descrita por CREMA en 1895 como *Goneplax ? craverii*, del Plasenciense de Italia (Piamonte) y ha creado el género *Retrocypoda*, cuya especie-tipo (*R. almelai*) procede tam-

bién del biarritziense de Cataluña. Se trata de un género verdaderamente sintético, pues en él coinciden unos caracteres propios del género *Retropluma* (forma trapecial del cuadro bucal, maxilípedos M_{xp_3} muy estrechos, carenas transversales del dorso destacadas, pereiópodos P_3 reducidos y de inserción dorsal) y otros que corresponden al género *Macrophthalmus* (Orbitas con fosetas interantenuares, ausencia de artejos basales voluminosos en las anténulas, contorno mucho más ancho del caparazón, quelípedos muy desarrollados...). Tomando como puntos de referencia los datos aportados por estas tres formas fósiles (*Retropluma eocenica*, *R. craverii* y *Retrocypoda almelai*) el autor pretendió interpretar la posición sistemática de los géneros antes enumerados y del nuevo género *Ophthalmoplax* creado por RATHBUN en 1935, llegando a la conclusión de que el taxón *Ocypodoida*, propuesto por BEURLEN en 1930, quedaba plenamente justificado. Al mismo tiempo intentó explicar la localización *exclusivamente indopacífica* de las especies actuales en los dos géneros *Retropluma* y *Macrophthalmus* por una migración progresiva hacia el E., a partir de formas ancestrales americanas de *Retroplumidae* (géneros *Archaeopus* y *Ophthalmoplax* del Cretáceo Superior del continente americano).

Con todo, Mr. GLAESSNER no se muestra completamente de acuerdo en el tratado de MOORE (*Arthropoda*, 4 (2) *Decapoda*) aparecido en 1969. Si por un lado reconoce, a nivel de superfamilia y con la denominación de *Ocypodoidea*, el taxón propuesto por BEURLEN como subtribu, por otra parte sólo incluye los géneros *Ocypoda* y *Uca* entre los *Ocypodinae*; *Macrophthalmus* y *Hemiplax* entre los *Macrophthalminae* y *Retropluma* en la familia *Retroplumidae*. Quedan, por tanto, excluidos del grupo *Ocypodoidea* (s. str.) los géneros *Goniocypoda*, *Sandomingia*, *Archaeopus*, *Retrocypoda*, *Ophthalmoplax*, *Lorentheya*, *Psammograpsus* y *Cyphoplax*, todos ellos representados por formas exclusivamente fósiles.

ESTUDIO DE NUEVOS MATERIALES FOSILES

A partir de 1957, fecha de la primera comunicación del autor sobre este tema, han sido descubiertos nuevos yacimientos y se han reconocido

	AMÉRIQUE	EURAFRIQUE	INDO-PACIFIQUE
Holocène	<i>Ocypoda gaudichaudi</i> , <i>O. albicans</i> , etc. <i>Uca macrodactylus</i> (Panama), etc.	<i>Ocypoda cursor</i> , <i>O. africana</i> , etc. <i>Uca tangeri</i> , <i>Uca coarctata</i> , etc.	<i>Retropluma notopus</i> , <i>R. chuni</i> , <i>R. plumosa</i> , <i>R. denticulata</i> , <i>R. planimorfa</i> , <i>Ocypoda cordimanus</i> , etc. <i>Macrophthalmus latreillei</i> , <i>M. setosus</i> , etc. <i>Hemiplax latifrons</i> (Australia), etc. <i>Uca marionis</i> , etc.
Pléistocène	<i>Uca macrodactylus</i> (Panama) <i>Uca pugnax</i> (New Jersey) <i>Uca subcylindrica</i> (Texas) <i>Uca nitida</i> (Antillas) <i>Ocypoda albicans</i> , <i>O. cursor</i> (Floride)		<i>Macrophthalmus depressus</i> , <i>M. setosus</i> (Australia) <i>M. granulatus</i> (I. Célèbes), <i>M. latreillei</i> (I. Célèbes, Nouvelle-Calédonie) <i>M. impressus</i> , <i>M. incisus</i> (Indo-Pacifique) <i>Hemiplax latifrons</i> (Australia) <i>Hemiplax hirtipes</i> , <i>Hemiplax ? major</i> (Nouvelle-Zélande)
Postpliocène (Tyrrhénien, Moghrébien)		<i>Ocypoda cursor</i> (Baléares) <i>Ocypoda africana</i> (Maroc)	<i>Hemiplax sp.</i> (Nouvelle-Zélande)
Pliocène	<i>Uca hamlini</i> (Californie) <i>Uca oldroydi</i> (Californie)	<i>Retropluma craverii</i> (Italie)	
Miocène		<i>Ocypoda ? sp.</i> (Hongrie) <i>Macrophthalmus aquensis</i> (France) <i>M. vindobonensis</i> (Autriche, Espagne NE) <i>M. cf. vindobonensis</i> (Algérie, Hongrie)	
Oligocène			
Eocène	<i>Retrocypoda</i> (Brésil) <i>Ophthalmoplax brasiliana</i> (Brésil) <i>O. stephensoni</i> (Alabama, Texas, etc.) <i>Ophthalmoplax comancheensis</i> (Texas) <i>Archaeopus antennatus</i> (Californie) <i>Archaeopus vancouverensis</i> (Canada W)	<i>Retrocypoda almelai</i> (Espagne NE) <i>Retropluma eocenica</i> (Espagne NE) <i>Archaeocypoda veronensis</i> (Italie) <i>Retropluma eocenica</i> (Espagne NE) <i>Costacopluma senegalensis</i> (Sénégal)	
Crétacé Supérieur		<i>Costacopluma concava</i> (Nigeria) <i>Costacopluma concava</i> (Nigeria) <i>Costacopluma concava</i> (Nigeria)	
Crétacé Inférieur	<i>Archaeopus rathbunae</i> (Brésil) <i>Ophthalmoplax comancheensis</i> (Texas)		

Figura 1.—Distribución geográfica y cronoestratigráfica de las formas fósiles atribuidas a las familias *Ocypodidae* (*Ocypodinae* y *Macrophthalminae*) y *Retroplumidae*. (Los *Ocypodinae* se subrayan con trazo grueso, los *Macrophthalminae* con trazo interrumpido y los *Retroplumidae* con trazo normal.)



nuevos ejemplares de varias especies, particularmente de las especies-clave *Retropluma eocénica* y *Retrocyпода almelai*. También han sido descritas nuevas especies que han dado lugar a la creación de nuevos géneros asignados por sus autores, ya a la familia *Retroplumidae* ya a la subfamilia *Macrophthalminae*. El estudio analítico y detallado de estos nuevos datos (que acaba de publicarse en «Annales de Paleontologie», de París) ha permitido al autor una reconsideración y una actualización del problema, tal como se expresa sinópticamente y gráficamente en las dos figuras adjuntas y cuyas conclusiones pueden formularse así:

1. La familia *Retroplumidae* habría tenido un origen americano, y de sus antiguos representantes se conocen numerosos restos fósiles (*Ophthalmoplax* y *Archaeopus* en América, *Costacopluma* en África) a partir del Cretáceo Inferior (Albiense).

2. Las formas primitivas de *Retroplumidae* —de constitución robusta, tamaño considerable

y régimen litoral— habrían iniciado al principio de los tiempos cretácicos una migración masiva hacia el este. Tal desplazamiento parece haber coincidido con una doble evolución:

- a) Algunas de las poblaciones se adaptaron gradualmente a un régimen marino profundo, dando lugar a las formas actuales exclusivamente indopacíficas del género *Retropluma* probablemente a partir de formas equiparables a las del género *Ophthalmoplax*. En todo caso queda perfectamente comprobado que representantes fósiles del género *Retropluma*, de régimen todavía poco profundo, abundaron en España durante el Eoceno.
- b) Un segundo grupo de especies se había afianzado en un régimen litoral parecido al de las formas actuales del género *Macrophthalmus*. El género sintético *Retrocyпода* representaría un estadio avanzado de esta adaptación y de la progresiva evolución hacia la subfamilia *Macrophthalminae*.

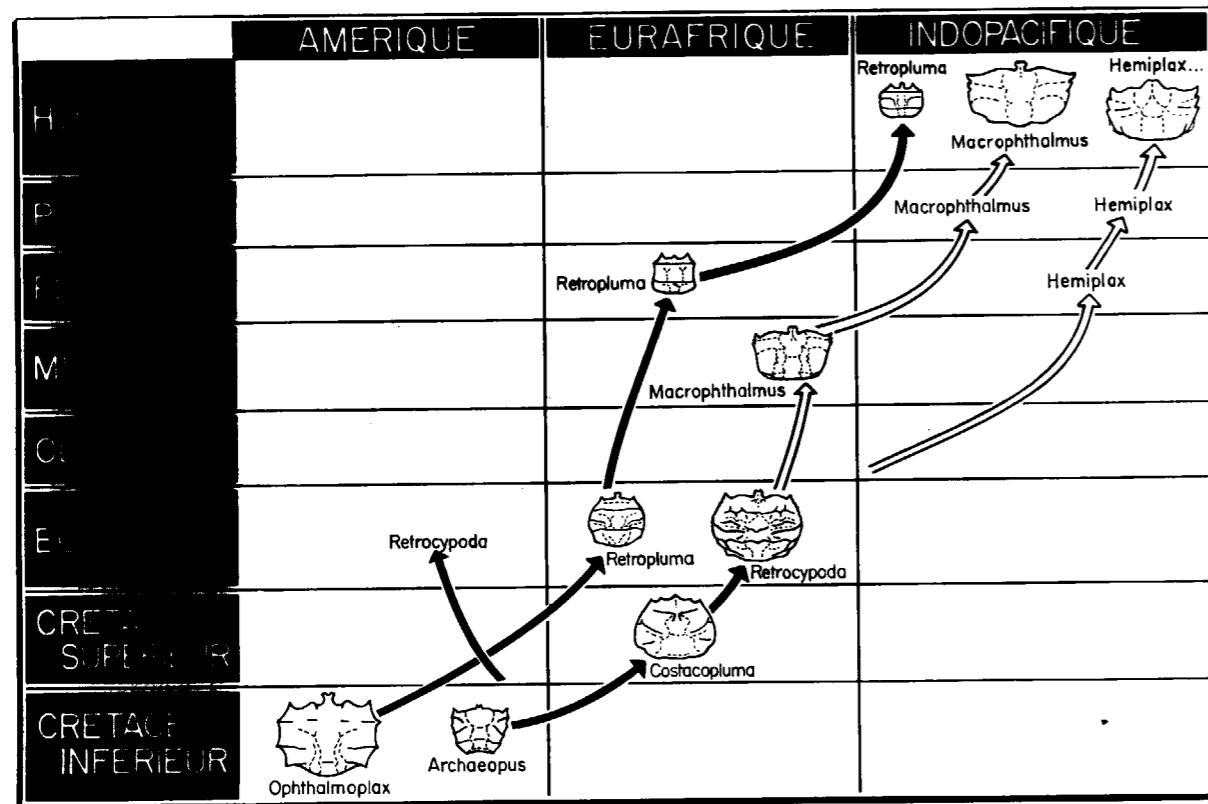


Figura 2.—Esquema de la filogénesis y de la evolución de los *Retroplumidae* y *Macrophthalminae* (interpretación simplificada de los datos de la figura 1).

3. Las relaciones entre las familias *Retroplumidae* y *Ocyподidae* sólo se detectan directamente, en el curso de los tiempos, a través de la subfamilia *Macrophthalminae*, independientemente de la subfamilia *Ocyподinae*. Esta última subfamilia habría tenido probablemente un origen euroafricano, a partir tal vez del género *Archaeocyпода* del Eoceno europeo.

BIBLIOGRAFIA

ALCOCK, A., y ANDERSON, A. R.: *Journ. Asiat. Soc. Bengal.* 63 (3) (1894).
 BEURLEN, K.: *Fortsch. Geol. u. Palaeont.*, 8 (26) (1930).
 BEURLEN, K.: *Bol. Mus. Nac. Rio Jan., Geol.*, 26 (1958).
 BEURLEN, K.: *An. Ac. Bras. Cienc.*, 37 (2) (1965).

COLLINS, J. S. M., y MORRIS, S. F.: *Paleontology*, 18 (4), (1975).
 GLAESSNER, M. F.: *New. Zeal. Geol. Surv. Paleont. Bull.*, 31 (1960).
 GLAESSNER, M. F.: *Treatise on Invert. Paleont., R.*, 4 (2), (1969).
 MÜLLER, P.: *Föld. Közl. Bull. Hung. Geol. Soc.*, 108 (1978).
 RÉMY, J. M.: *Bull. Soc. Géol. Fr., 7e. ser.*, 1 (3) (1959).
 SÉCRETAN, S.: *Studi rich. giacim. terz. di Bolca*, 2 (1975).
 VÍA BOADA, L.: *C. R. Ac. Sci., París*, 245 (1957).
 VÍA BOADA, L.: *Acta geol. hisp.*, 1 (1966).
 VÍA BOADA, L.: *Pirineos*, 81-82 (1969).
 VÍA BOADA, L., y CALS, P.: *C. R. Ac. Sci., París*, 289 (s. D.).
 VÍA BOADA, L.: *Ann. Paleont.*, París (invert.), 66 (1) (1980).

Recibido: diciembre, 1980

MINERIA

Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)

Parte II

Por E. VINDEL (*)

R E S U M E N

En este trabajo (Parte II) se estudian las características más importantes de las mineralizaciones filonianas de Cu, Pb-Zn, Ba y F de la Sierra de Guadarrama (provincias de Madrid y Segovia), y que corresponden con los siguientes grupos propuestos:

GRUPO IV: Filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn.

GRUPO V: Filones con sulfuros BPGC.

GRUPO VI: Filones con baritina.

Grupo VII: Filones de fluorita con galena.

Se analizan el ámbito encajante y los caracteres generales de las mineralizaciones (disposición, morfología), así como sus caracteres metalogénicos (paragénesis y sucesión mineral).

Posteriormente se estudian las alteraciones hidrotermales, la repartición de elementos metalogénicos y el control estructural de las mineralizaciones en su conjunto.

Por último, se establece el origen de las mineralizaciones. Se pone de manifiesto la existencia de una zonalidad a escala regional, normal, excéntrica y controlada por un gradiente térmico cuyo centro generador se sitúa cercano al plutón de La Cabrera.

S U M M A R Y

The main characteristics of Cu, Pb-Zn, Ba and F mineralizations of Guadarrama Mountains (Madrid and Segovia provinces) are studied in this paper (Part II).

This mineralizations corresponding with the following groups:

GROUP IV: Cu-Sn-Zn sulphide veins.

GROUP V: Sph-Py-Gal-Chalc sulphide veins.

GROUP VI: Barytes veins.

GROUP VII: Fluorspar-Galena veins.

In the first part, the nature of wall rock and the main characteristics of this mineralizations are examined here (morphology, mineral aptitude), as well as the metallogenic aspects; paragenesis and mineral sequence.

In the second part, the host rocks hidrothermal alterations, the geochemical distribution of metallogenic elements, and the structural control of mineralizations are studied too.

Finally, the ore genesis is proposed, and is evident a normal eccentric zoning (regional scale). The zoning is controlled by thermic gradient which generating focus is placed near to «La Cabrera» batholit.

1. INTRODUCCION

En el trabajo previo a éste se han estudiado las mineralizaciones filonianas de más alta temperatura de la Sierra de Guadarrama (grupos I, II y III de la clasificación propuesta). En este estudio se exponen las características de las mineralizaciones de temperatura media (grupo IV) y

baja (grupos V, VI y VII), así como las alteraciones hidrotermales, repartición de elementos metalogénicos, zonalidad y origen de las mineralizaciones filonianas estudiadas en su conjunto.

2. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE TEMPERATURA MEDIA

Las asociaciones mineralógicas del grupo IV (filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn), así como la

presencia de ciertas texturas de desmezcla, indican que estas mineralizaciones se han depositado a temperatura media.

2.1. Grupo IV: Filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn

Se han reconocido los siguientes filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn (tabla I):

TABLA I

Término	Coordenadas	Hoja topográfica 1:50.000
Garganta de los Montes ...	40° 54' 55" N 0° 01' 04" W	484
Lozoyuela	40° 56' 23" N 0° 03' 12" W	484
El Cuadrón	40° 56' 35" N 0° 01' 41" W	484
San Rafael	40° 43' 50" N 0° 31' 00" W	507
Colmenar Viejo	40° 42' 31" N 0° 02' 41" W	509
Galapagar	40° 35' 30" N 0° 18' 00" W	533
Galapagar	40° 34' 50" N 0° 17' 18" W	533
Valdemorillo	40° 30' 05" N 0° 20' 25" W	533
Valdemorillo	40° 30' 55" N 0° 20' 15" W	533
Colmenarejo	40° 31' 40" N 0° 18' 30" W	533

Todas estas minas se encuentran actualmente inactivas y en la mayoría de los casos el acceso a los filones es impracticable. Por ello sólo ha sido posible encontrar muestras de la mena en las mineralizaciones de Garganta de los Montes, Lozoyuela, San Rafael y Colmenarejo. Se trata de pequeñas explotaciones subterráneas, que se llevaron a cabo mediante pozos y galerías. Las condiciones actuales de observación son muy deficientes, por estar gran parte de las labores cubiertas por escombreras. El muestreo se ha realizado en estas escombreras.

No se ha podido medir dirección, buzamiento y potencia del filón más que en Colmenarejo (N70°E/subvertical y 1 m. de potencia) y Valdemorillo (N165°E/45°S y 1 m. de potencia).

En San Rafael se encuentran dos grupos mineros: «El Estepar» y «Cabeza Reina». El primero

está situado sobre el monte del Estepar, en la margen izquierda del río Gudillos, entre los kilómetros 63 y 66 de la carretera San Rafael-Segovia (Hoja 507, El Espinar). El segundo se sitúa sobre el cerro de Cabeza Reina, en la margen derecha del río Gudillos, entre los kilómetros 60 y 63 de la carretera Madrid-La Coruña (Hoja 508, Cercedilla).

Las muestras estudiadas corresponden al grupo minero «El Estepar», que es prolongación del grupo minero «Cabeza Reina».

Todas estas mineralizaciones se explotaron por cobre. Sin embargo, se ha citado la presencia de uranio asociado al cobre en Colmenarejo (MUÑOZ DEL CASTILLO, 1905 a y b), en San Rafael (FERNÁNDEZ NAVARRO, 1905; MUÑOZ DEL CASTILLO y RETAMAL MARTÍN, 1905; MUÑOZ DEL CASTILLO, 1906; PÉREZ, 1920, y PÉREZ SÁNCHEZ, 1933), en Galapagar (ALDAMA, 1860) y en Torrelodones (MUÑOZ DEL CASTILLO, 1904).

Naturaleza de la roca encajante

Los filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn se localizan en rocas graníticas y metamórficas. Los primeros (Colmenarejo y San Rafael) encajan en adamellitas biotíticas de grano medio, similares a las descritas para otros grupos de filones.

La roca encajante del filón de Lozoyuela es un gneis glandular, caracterizado por la presencia de fenocristales de ortosa con pertitas en venas orientadas. A veces presenta un borde albitizado de poco desarrollo. Estos fenocristales están englobados en una matriz compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa subordinada, biotita, sillimanita, algo de moscovita y cordierita pinnitizada. Como accesorios aparecen apatito, circón y opacos. La biotita se encuentra parcialmente alterada a clorita. Durante la clorización se ha generado feldespato potásico, siguiendo las líneas de exfoliación de la biotita (Reacción de Chayes).

El filón de Garganta de los Montes encaja en un gneis migmatítico cuarzo-feldespático. La foliación, mal definida, está constituida por biotita y sillimanita. Como minerales secundarios se encuentran clorita y moscovita, formadas a expensas de la biotita, y como accesorios apatito, circón y opacos.

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

Mineralización: Descripción

Tipo: «Garganta de los Montes».

Minerales Hipogénicos: CALCOPIRITA, BLENDA, CASITERITA, Estannina, Arsenopirita, Pirita, Bismutina, Bismuto, Cubanita.

Minerales Supergénicos: Marcasita, Covellina, Goethita.

Minerales de la ganga: CUARZO, Moscovita, Clorita.

Particularidades:

Colmenarejo: Ausencia de estannina y presencia de neodigenita.

Lozoyuela: Ausencia de blenda y casiterita.

San Rafael: Ausencia de calcopirita y presencia de calcosina como mayoritaria.

CALCOPIRITA: Como ya se ha visto anteriormente en otros filones de la Sierra de Guadarrama, se pueden diferenciar dos generaciones de calcopirita:

- Una primera calcopirita, CpI, en «gotas» redondeadas (textura de emulsión) (foto 1) o laminillas alargadas en la blenda. Las «gotas» redondeadas decrecen en tamaño hacia el borde de los granos y las alargadas contienen en su interior segregaciones lamelares de estannina (foto 1).
- La segunda generación de calcopirita, CpII, la constituyen masas irregulares que rodean e incluyen a los demás minerales. En el filón de Garganta de los Montes particularmente, la CpII presenta «estrellas» de blenda, que pueden interpretarse como producto de exsolución (RAMDOHR, 1969). De igual forma, esta calcopirita II presenta en los filones de Lozoyuela y Garganta de los Montes finas desmezclas de cubanita.

BLENDA: En la mineralización que se ha tomado como tipo, Garganta de los Montes, aparecen dos generaciones de blenda. Una primera, en granos redondeados, incluida en calcopirita II y anterior a ella, y otra segunda en forma de «estrellas», cuya formación es simultánea a la de esta calcopirita II. En los demás filones no se ha encontrado esta segunda generación de blen-

da. Hay que hacer notar la ausencia de blenda en el filón de Lozoyuela.

CASITERITA: La casiterita puede llegar a constituir un mineral principal en este tipo de filones. Aparece en granos redondeados, masas arriñonadas o cristales subaciculares (foto 2). A menudo

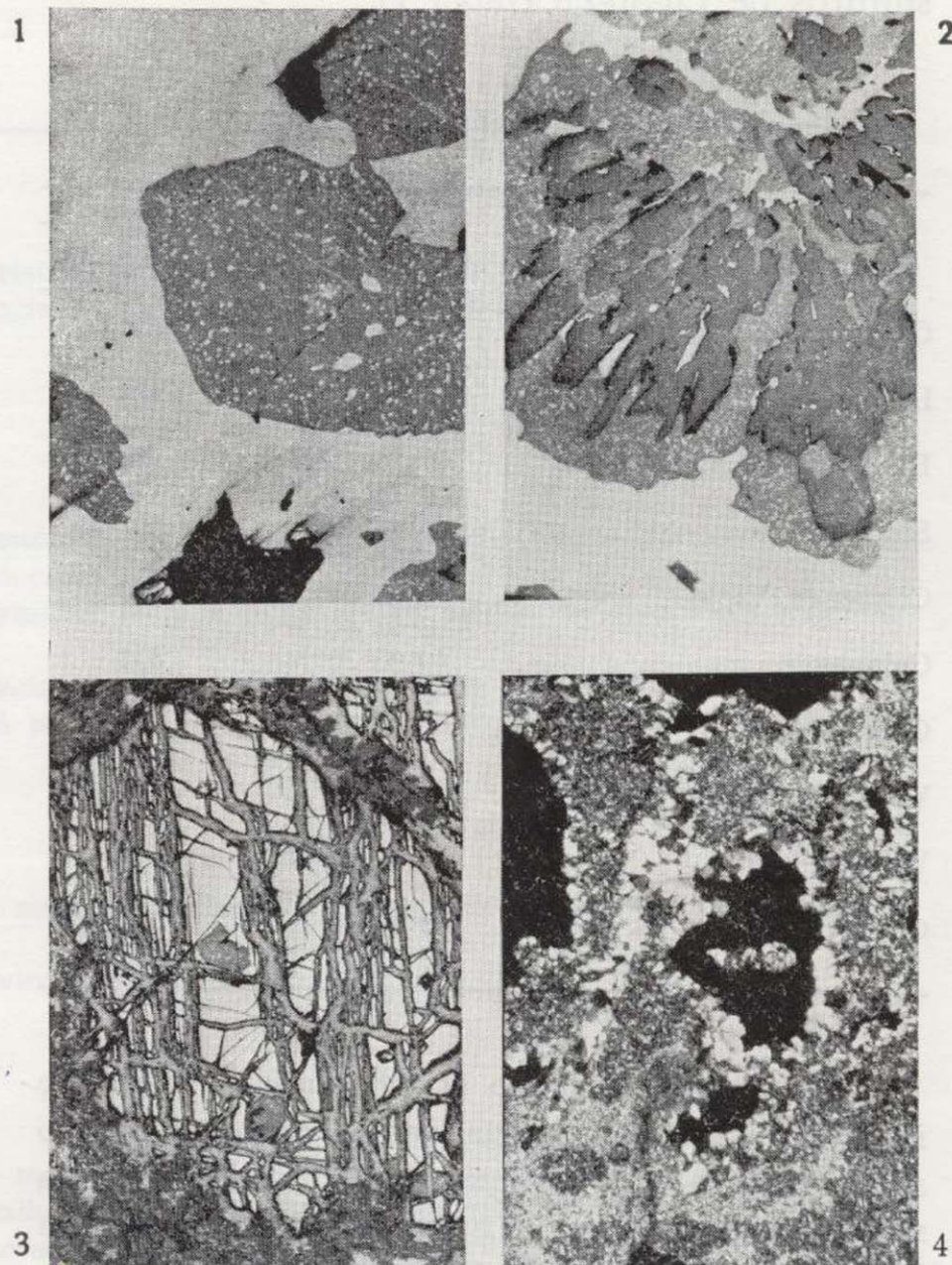


Foto 1.—«Gotas» y laminillas alargadas de calcopirita (blanco) en blenda (gris oscuro). Las laminillas contienen en su interior segregaciones de estannina (gris claro). L. Refl. LN \times 100, Inmersión.

Mineralización de Garganta de los Montes.

Foto 2.—Cristales subaciculares de casiterita (gris oscuro) en blenda (gris). La blenda contiene emulsiones de calcopirita (blanco). L. Refl. LN \times 100.

Mineralización de Garganta de los Montes.

Foto 3.—Pirita cataclástica (blanco) sustituida por calcosina (gris claro) y covellina (gris oscuro). Obsérvese en el centro un grano de blenda (gris) que sustituye también a la pirita. L. Refl. LN \times 100.

Mineralización de San Rafael.

Foto 4.—Cuarzo tardío, de segunda generación, rodeando en forma de coronas a la calcopirita. Asimismo, entre el cuarzo se observan agregados sericiticos. L. Transm. NC \times 30.

Mineralización de Lozoyuela.

presenta cataclasis y deformaciones y otras veces tendencia al idiomorfismo. Es frecuente su asociación con las micas que constituyen la ganga de la mineralización.

Estannina: Como ya se ha descrito anteriormente, en Garganta de los Montes la estannina se encuentra en forma de laminillas, incluidas en calcopirita I («gotas» o laminillas de calcopirita en blenda) (foto 1). Estas laminillas se pueden interpretar como un producto de exsolución de la calcopirita. Sin embargo, en el filón de Lozoyuela los granos redondeados de estannina incluidos en calcopirita, no presentan orientación preferente. No hay ningún criterio para interpretar estos granos como desmezclas.

Arsenopirita: Este mineral se encuentra únicamente en los filones de Garganta de los Montes y Lozoyuela. Aparece incluida en la calcopirita en forma de cristales con tendencia al idiomorfismo, dando buenas secciones rómbicas. Se trata posiblemente de uno de los primeros minerales en cristalizar. Su ausencia en Colmenarejo se debe probablemente a que las muestras estudiadas pertenecen a zonas más superficiales de los filones. A veces presenta una incipiente alteración a escorodita.

Pirita: Generalmente se presenta como mineral accesorio, en forma de granos redondeados incluidos en calcopirita. Sin embargo, en el yacimiento de San Rafael constituye el mineral principal. En esta mineralización la pirita se encuentra fuertemente brechificada según planos 100 (fracturas perpendiculares entre sí), aunque también existen fracturas irregulares que cortan a las otras direcciones según 120° (foto 3). Esta pirita se encuentra reemplazada en parte por blenda y sobre todo por calcosina, algo de covellina y goethita, preferentemente según direcciones estructurales de los cristales de pirita.

Bismutina y Bismuto: La bismutina constituye un mineral accesorio en este tipo de filones. Aparece incluida en la calcopirita y presenta en su interior granos extraordinariamente pequeños de bismuto nativo, que destacan por su elevada reflectividad. Una excepción la constituye el yacimiento de Lozoyuela. En él, tanto la bismutina como el bismuto nativo son minerales principales. Ambos minerales aparecen estrechamente intercrecidos, sustituyendo la bismutina al bismu-

to. Su deposición se ha realizado claramente a favor de fisuras en la calcopirita.

Cubanita: Se encuentra en forma de finas laminillas, a veces de destacado tamaño, en la calcopirita II. Esta textura se ha interpretado como un proceso de exsolución de cubanita en calcopirita. Este tipo de intercrecimientos se encuentra preferentemente en depósitos de temperatura media-alta y experimentalmente se ha comprobado que calentando por encima de 450° C la cubanita entra en solución sólida con la calcopirita (SCHWARTZ, 1927). Por encima de esta temperatura la calcopirita se encuentra como una modificación con estructura desordenada de alta temperatura (BUERGUER and BUERGUER, 1934). Al enfriarse la calcopirita se invierte a una forma desordenada de más baja temperatura y los átomos en exceso precipitan en forma de cubanita o calcopirrotina.

RAMDOHR (1928) encontró dos variedades de cubanita, una cubanita I, anisótropa, y otra cubanita II, isótropa. BORCHERT (1934) demostró que esta cubanita II está compuesta por un estrecho intercrecimiento de calcopirita y calcopirrotina. La forma de alta temperatura de la calcopirita se trata posiblemente de una solución sólida entre calcopirita y calcopirrotina. Enfriando esta solución sólida empieza a desmezclarse a 450° C y se obtiene la desmezcla completa alrededor de los 255° C. Por debajo de los 255° C la calcopirrotina se hace inestable y se transforma en cubanita. Por tanto, la temperatura de desmezcla de cubanita en calcopirita dada por SCHWARTZ (1927) es un poco alta y entraría dentro de unos límites más correctos aquella dada por BORCHERT (1934), que oscila alrededor de los 250° C.

Minerales supergénicos: La escasa *marcasita* que existe en este tipo de filones se ha formado a expensas de la pirita.

La neodigenita o calcosina azul isótropa sustituye a la calcopirita y en menor proporción a la blenda, estannina y bismutina. Este reemplazamiento se realiza a favor de fisuras y bordes de grano, constituyendo una textura típica de los procesos de enriquecimiento supergénico. Este reemplazamiento no está muy desarrollado en la mayoría de las mineralizaciones.

La neodigenita se dispone en la parte externa de las fisuras, sustituyendo a la calcopirita en

forma de finas «ramificaciones». Más internamente, aparece *covellina* en cristales plumosos, y en el centro de las fisuras se encuentra *goethita* con marcada textura coliforme. En la transformación de calcopirita a neodigenita y covellina el contenido en Fe de la calcopirita queda libre, precipitando en el centro de las fisuras en forma de $Fe(OH)_3$ o $FeOOH$ (OELSNER, 1965). En suma, se trata de un relleno de fisuras simétrico, típico de los yacimientos hidrotermales, con goethita y covellina en el centro y neodigenita en las partes más externas.

La *Calcosina* constituye el mineral principal del yacimiento de San Rafael. Se trata de una calcosina anisótropa («calcosina blanca» de RAMDOHR), y asociada a ella se encuentra covellina en forma de finos cristales plumosos. Aparece reemplazando a la pirita a favor de un sistema de fisuras que la atraviesa.

En el filón de Lozoyuela la bismutina y la arsenopirita se alteran, respectivamente, a bismutita y escorodita.

La *Goethita* y *Malaquita*, como ya se ha expuesto anteriormente, son minerales propios de la zona de oxidación de este tipo de filones. Ambos aparecen con texturas coliformes y en venas que atraviesan a la calcopirita y a la pirita, reemplazándolas. En muchas ocasiones los óxidos de hierro están compuestos por una mezcla de goethita y lepidocrocita, que sustituyen a la pirita.

Minerales de la ganga: La ganga de estas mineralizaciones está constituida principalmente por cuarzo y micas. Aparecen dos generaciones de cuarzo, una primera temprana, constituida por pequeños granos redondeados incluidos en la mena, y una segunda y principal de más baja temperatura y posterior a la mineralización, que forma coronas alrededor de ella (foto 4). Asimismo, aparecen agregados fibroso-radiados de clorita y sericita, cloritas vermiculares y moscovitas plumosas tardías.

Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral

Se ha realizado un estudio en conjunto y comparativo de los esquemas de paragénesis y sucesión mineral (figs. 1, 2 y 3) de las mineralizacio-

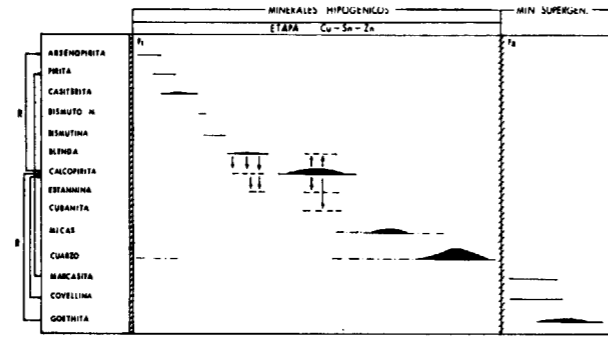


Figura 1.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Garganta de los Montes).

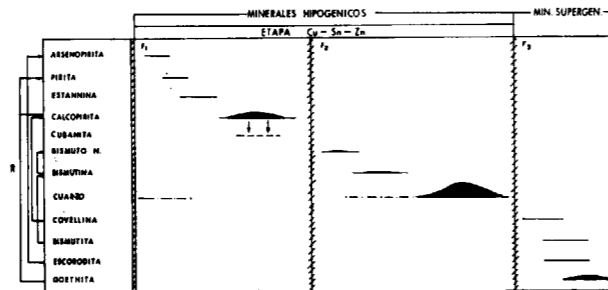


Figura 2.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Lozoyuela).

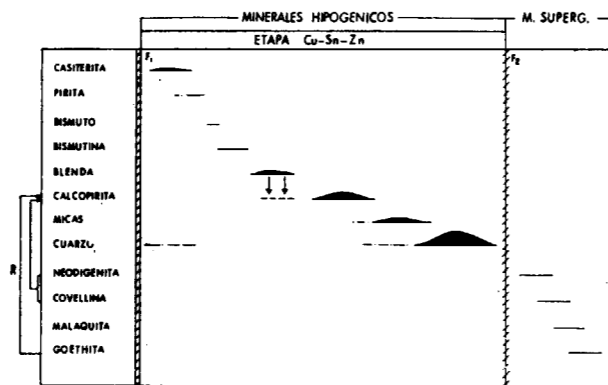


Figura 3.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Colmenarejo).

nes con sulfuros de Cu-Sn-Zn, por presentar todas ellas características semejantes. Una excepción la constituye el yacimiento de San Rafael, por lo que lo estudiaremos independientemente.

Del estudio de estos esquemas es posible deducir las siguientes conclusiones:

- La primera etapa de brechificación marca

el comienzo de la deposición, con la formación de arsenopirita y pirita en escasas cantidades,

La ausencia de estos minerales en Colmenarejo ya se ha explicado anteriormente. Se debe posiblemente a que las muestras estudiadas pertenecen a zonas más superficiales de los filones y estos minerales, debido a su carácter temprano, se encontrarían con preferencia en profundidad.

La deposición continúa con la formación de casiterita, bismuto y bismutina. En el filón de Lozoyuela el bismuto y la bismutina tienen un carácter más tardío, a la vez que su abundancia es mucho mayor.

- Posteriormente a la bismutina se deposita blenda, excepto en Lozoyuela, donde este mineral está ausente y en su lugar se ha depositado estannina. La blenda se desmezcla en pequeñas «gotas» de calcopirita y a veces en estannina.

- A continuación se deposita de forma mayoritaria la calcopirita, que es el mineral hipogénico predominante y el único reconocible a visu.

Simultáneamente a ella se producen exsoluciones de blenda y estannina (Garganta de los Montes) y de cubanita (Garganta de los Montes y Lozoyuela).

- Las micas y el cuarzo son los últimos minerales hipogénicos en depositarse. Su desaparición coincide con la etapa que señala el comienzo de la fase supergénica y de oxidación.

- Los minerales supergénicos aparecen como consecuencia de movimientos de reajuste, que favorecen la distribución de minerales secundarios en determinados niveles supergénicos. Su deposición se efectúa fundamentalmente a expensas del reemplazamiento de la calcopirita.

Aparecen también marcasita, bismutita y escorodita reemplazando a pirita, bismutina y arsenopirita, respectivamente.

Como se puede observar, los filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn presentan una secuencia de

deposición continua, interrumpida únicamente por la fase de brechificación F_2 , a favor de la cual se distribuyen los minerales supergénicos. Una excepción es el yacimiento de Lozoyuela, en el que aparece otra fase de brechificación que interrumpe la deposición. A favor de ella se depositan el bismuto y la bismutina. Estos dos minerales aparecen en el filón de Lozoyuela rellenando fisuras en la calcopirita.

La mineralización de San Rafael (Grupo minero El Estepar) constituye un caso particular dentro de este tipo de filones. En primer lugar por su mineralogía, pues no se ha encontrado calcopirita, aunque su presencia ha sido citada en muchas ocasiones (PÉREZ, 1920; PÉREZ SÁNCHEZ, 1933; FERNÁNDEZ NAVARRO, 1905; CALDERÓN, 1910) y el mineral de Cu mayoritario es la calcosina.

La secuencia de deposición también presenta notables diferencias con los otros filones de Cu-Sn-Zn (fig. 4):

- El primer mineral en depositarse es la pirita, seguida de la blenda, por la cual es sustituida.

El cuarzo es el último mineral hipogénico en depositarse. La desaparición del cuarzo coincide con una fuerte etapa de brechificación F_2 , que fractura intensamente la pirita.

- A favor de estas fisuras se produce un relleno y un reemplazamiento de los minerales hipogénicos por los supergénicos, calcosina y covellina.

Finalmente, se forman minerales de oxidación, goethita, lepidocrocita, malaquita.

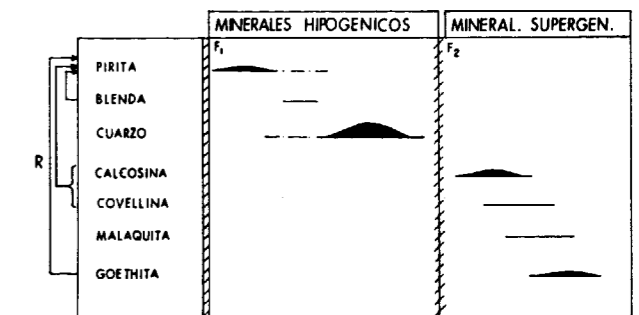


Figura 4.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (San Rafael).

3. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE TEMPERATURA BAJA

3.1. Grupo V: Filones con sulfuros BPGC (Blenda-Pirita-Galena-Calcopirita)

Se han reconocido los siguientes filones (tabla II):

TABLA II

Término	Coordenadas	Hoja topográfica 1:50.000
Gargantilla del Lozoya	40° 57' 13"N 0° 01' 52"W	484
Canencia	40° 56' 29"N 0° 03' 03"W	484
Lozoya	40° 56' 34"N 0° 08' 57"W	484
Redueña	40° 49' 54"N 0° 05' 29"W	509
Guadalix de la Sierra (mina «Verdadera»)	40° 45' 33"N 0° 01' 14"W	509
Collado Mediano	40° 40' 20"N 0° 21' 26"W	508
Colmenar del Arroyo (minas de «Nuestro Padre Jesús»).	40° 25' 00"N 0° 32' 55"W	557

Todas estas mineralizaciones están actualmente inactivas y en muchos casos el acceso a las mismas es impracticable. Por tanto, sólo ha sido posible encontrar muestras en Gargantilla de Lozoya, Canencia, Collado Mediano y Colmenar del Arroyo. Se trata de explotaciones antiguas con uno o varios pozos alineados siguiendo la dirección del filón y escombreras pequeñas parcialmente arrasadas. En Redueña y Collado Mediano se realizaron calicatas y zanjas superficiales según la dirección filoniana.

La mina de «Nuestro Padre Jesús» en Colmenar del Arroyo fue la última que se abandonó en la zona, aproximadamente hace veinte años (comunicación verbal de antiguos mineros). Por ello aún conserva dos escombreras con cantidades considerables de mineralización.

Se han podido tomar medidas de dirección, buzamiento y potencia en la mayoría de las mineralizaciones (tabla III), aunque en varias de ellas el filón en superficie es estéril y está constituido tan sólo por baritina y cuarzo (Redueña, mina «Verdadera», de Guadalix de la Sierra).

Naturaleza de la roca encajante

Los filones con sulfuros BPGC situados al NE

TABLA III

	Dirección	Buzamiento	Potencia (metros)
Gargantilla del Lozoya.	N 60°E	50°S	1
Canencia	N 40°E	65°S	—
Redueña	N 50°E	62°N	—
Guadalix de la Sierra.	N 30°E	—	—
Collado Mediano	N 55°E	85°N	1,5
Colmenar del Arroyo	N100°E	55°N	0,4

de la zona de estudio (Gargantilla del Lozoya, Canencia) encajan en rocas metamórficas y los situados al SO de la zona (Colmenar del Arroyo, Collado Mediano) en rocas graníticas.

La roca encajante de los primeros son gneises migmatíticos y glandulares. Las glándulas (3 a 4 cm) son de feldespatos potásico (ortosa o microclina) con pertitas en «films». Son frecuentes los intercrecimientos micrográficos de ortosa y cuarzo. La foliación está compuesta por biotita y sillimanita fibrosa, que está transformándose en moscovita. Asimismo, la cloritización de biotitas es un proceso generalizado, en el que se ha liberado cristales aciculares de rutilo y opacos. La moscovita es tardía y crece en continuidad con la biotita cloritizada. Es posible que la cloritización sea un paso intermedio en la moscovitización de biotitas.

La roca encajante de las mineralizaciones de Colmenar del Arroyo y Collado Mediano es una adamellita de grano medio porfídica. Los fenocristales de feldespatos potásico son de ortosa peritítica e incluyen en su interior pequeños cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita. La base mineralógica está compuesta por cuarzo, feldespatos potásico, plagioclasa generalmente zonada y biotita. La biotita es la mica principal. La moscovita aparece muy subordinada y es claramente tardía, producto de la escasa moscovitización de biotitas y de la alteración de feldespatos. La cloritización es un proceso mucho más generalizado y también se encuentra abundante sericita de alteración de los feldespatos. Como accesorios figuran apatitos subredondeados y de hábito prismático y circones incluidos en biotitas.

Mineralización: Descripción

Tipo: «Nuestro Padre Jesús», Colmenar del Arroyo.

Minerales hipogénicos: GALENA, BLENDA, CALCOPIRITA, pirita, gersdorffita.

Minerales supergénicos: Marcasita, covellina, neodigenita, cerusita, anglesita, goethita.

Minerales de la ganga: CUARZO, BARITINA, ankerita, calcita.

Particularidades:

Gargantilla del Lozoya: Presencia de bismutina, estannina y matildita.

Canencia: Presencia de tennantita.

Collado Mediano: Ausencia de blenda.

Galena. Es el mineral principal en este tipo de filones y por el que fueron explotados antiguamente. Se presenta en masas alotriomorfas, que rellenan fisuras dentro de la blenda y la calcopirita. Muestra una incipiente alteración a anglesita y cerusita.

Se ha supuesto que la galena de estos filones era argentífera (NARANJO, 1853; GIL y MAESTRE, 1874; MENÉNDEZ ORMAZA, 1926). Mediante el estudio microscópico no se ha encontrado ningún mineral de Ag en las cuatro mineralizaciones. Sin embargo, por microsonda electrónica se ha determinado la presencia de Ag en Colmenar del Arroyo y Gargantilla del Lozoya. En Colmenar del Arroyo se estima que el contenido en Ag de la galena oscila entre 100 y 500 ppm, aunque su distribución es muy irregular y está próxima al límite de detección de la microsonda. En Gargantilla del Lozoya no aparece Ag en la galena, sino asociada al Bi formando granos submicroscópicos de matildita.

Blenda. Los granos de blenda presentan bordes irregulares y están muy fracturados. Estas fracturas se han rellenado posteriormente por galena y cuarzo. La blenda incluye en su interior pequeños granos irregulares de calcopirita. Es de hacer notar que la blenda está ausente en la mineralización de Collado Mediano.

Calcopirita. En general, se encuentra subordinada a la galena y a la blenda. Aparece incluida en estos minerales, aunque se sitúa preferentemente en los bordes de grano de la galena. Frecuentemente aparece mezclada en la forma característica de «hojas de laurel» (RAMDOHR, 1969).

Pirita. Es un mineral muy accesorio en este tipo de filones. Aparece en forma de pequeños granos idiomorfos o subidiomorfos, muy cataclásticos, incluidos en calcopirita. Está parcialmente transformada en marcasita.

Gersdorffita. En la mineralización de Gargantilla del Lozoya se ha citado skutterudita (CoAs₃) (CANEPA, 1968; FEBREL, 1970). Sin embargo, analizando este mineral mediante microsonda electrónica se han obtenidos unos resultados de su composición que se aproximan al de una gersdorffita teórica (NiasS) y no al de una skutterudita.

	NiFeCo	As	S
Composición aproximada.	34 %	52 %	14 %

Se ha podido apreciar, por su alto contenido en Ni y S que la composición de este mineral entra dentro del campo de las gersdorffitas naturales (ROSNER, 1970).

La gersdorffita se encuentra en pequeños granos idiomorfos, de contornos poligonales, a menudo reunidos en agregados o incluidos en calcopirita o en cuarzo. Se presentan claramente zonados y sustituidos en los bordes por galena (foto 5). Se encuentra también gersdorffita en Colmenar del Arroyo.

Tennantita. En la galena aparecen incluidos unos granos redondeados con tinte verdoso. También se encuentran en la calcopirita, presentando en contacto con ella un tinte más azulado. Se han determinado estos granos como de la serie tetraedrita-tennantita. La microsonda electrónica ha revelado en este mineral un alto contenido en As, por lo que debe aproximarse a la composición de una tennantita.

Estannina y bismutina. Estos dos minerales se encuentran en forma de pequeñas inclusiones redondeadas en calcopirita, sólo en la mineralización de Gargantilla del Lozoya. Su presencia es de carácter muy accesorio.

Minerales supergénicos. Cerusita y anglesita, en forma de agregados, reemplazan a la galena por los bordes. De igual forma, se ha producido en este tipo de filones una sustitución de pirita por marcasita y de calcopirita por neodigenita, covellina y goethita.

Minerales de la ganga

Baritina. Es un mineral de ganga característico en este tipo de filones. Se presenta en forma de cristales alargados, con una exfoliación bien definida. Aparece acompañando a galena y blenda.

Cuarzo. Existen dos generaciones de cuarzo bien diferenciadas. La primera de ellas viene representada por granos pequeños, redondeados, incluidos en galena, blenda y calcopirita. La segunda es la más abundante. La constituye un cuarzo intersticial tardío de baja temperatura, que rodea siempre a la mineralización. Forma bandas concéntricas, en las que hay alternancia de cuarzo microcristalino y cristales alargados de cuarzo con textura «en peine» (*comb structure*). También es común que se formen geodas de cuarzo en cuyo interior se han depositado carbonatos.

Carbonatos. Se ha determinado por difracción de rayos X y tinción (método de Friedman) la presencia de ankerita y calcita en la mineralización de Colmenar del Arroyo. Estos carbonatos aparecen en grietas dentro del cuarzo y son los últimos minerales hipogénicos en depositarse.

Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral

Se ha realizado un estudio de conjunto y comparativo de los esquemas de sucesión mineral (figuras 5, 6, 7 y 8) de los filones con sulfuros BPGC, por presentar todos ellos características metalogénicas similares.

— La deposición comienza en las mineralizaciones de Gargantilla del Lozoya y Colmenar del Arroyo con la formación de gersdorfitas y pirita. En los filones de Canencia y Collado Mediano no aparece gersdorfitas; sin embargo, es posible que se encuentre en profundidad. Posteriormente, y antes de la deposición de la calcopirita, se forman pequeñas cantidades de tennantita en Canencia, y de bismutina y estannina en Gargantilla del Lozoya.

— A continuación, el orden de deposición de los minerales es el mismo para las cuatro mineralizaciones. Sucesivamente se depositan calcopirita, blenda y galena, con la salvedad del filón de Collado Mediano, en el que no aparece blenda. Entre la deposición de la blenda y la galena se produce una disconti-

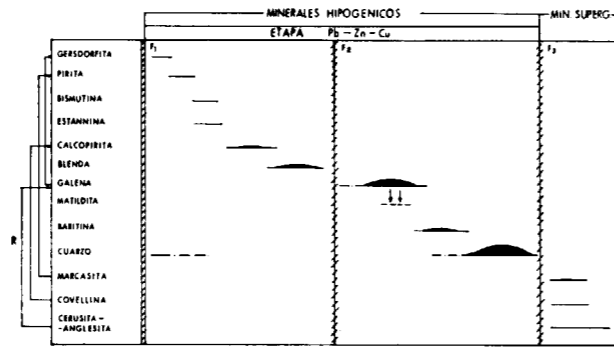


Figura 5.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Gargantilla del Lozoya).

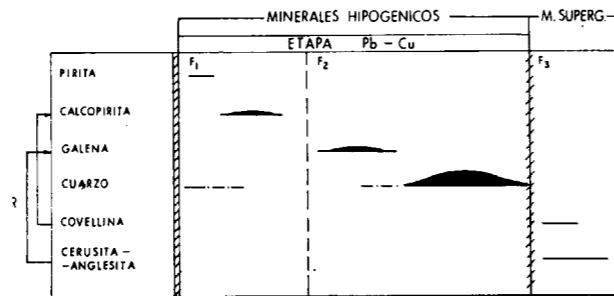


Figura 6.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Collado Mediano).

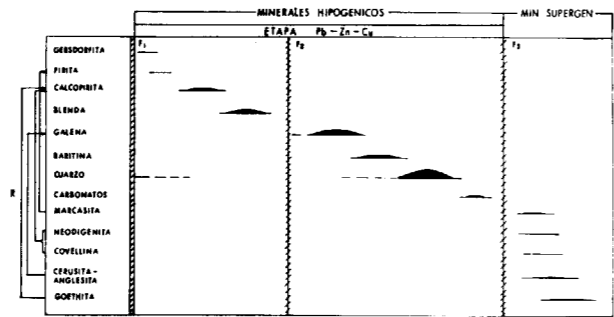


Figura 7.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Colmenar del Arroyo).

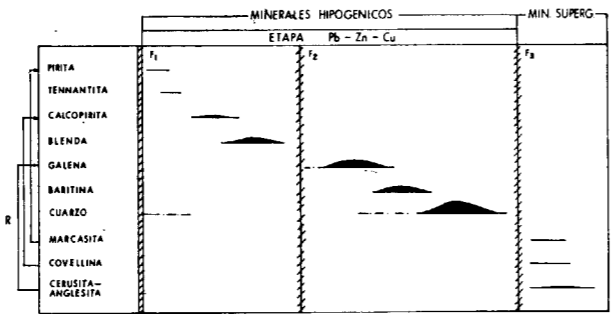


Figura 8.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Canencia).

nidad (fase de brechificación F₂), que ha fracturado los minerales preexistentes. A favor de estas fisuras se ha depositado la galena.

En la mineralización de Collado Mediano esta fase F₂ no se pone claramente de manifiesto. Sin embargo, debe existir por analogía con los otros filones de este tipo.

- Después de la galena se deposita baritina y cuarzo y en la mina de «Nuestro Padre Jesús», en Colmenar del Arroyo, también carbonatos (ankerita y calcita).
- La etapa F₃ marca el comienzo de la deposición de minerales supergénicos. Marcasita, covellina, anglesita y cerusita reemplazan a la pirita, calcopirita y galena, respectivamente.

3.2. Grupo VI: Filones con baritina

Son aquellos filones cuyo componente fundamental es la baritina. Todos ellos están situados en el límite SO de la zona de estudio (Fresnedillas, San Martín de Valdeiglesias, Navas del Rey).

Este grupo se ha subdividido en dos subgrupos: Filones de baritina no mineralizados y filones de baritina con galena.

3.2.1. Subgrupo 1: Filones de baritina no mineralizados

Los filones con baritina no mineralizados, tabla IV, se explotaron mediante calicatas y trincheras superficiales, siguiendo la dirección filoniana principal. Actualmente, en las zanjas se observan haces filonianos de reducido espesor, 10 cm aproximadamente, que presentan una dirección E-O.

TABLA IV

Término	Coordenadas	Hoja topográfica 1:50.000
Fresnedillas	40° 29' 10"N 0° 28' 45"W	558
San Martín de Valdeiglesias.	40° 23' 50"N 0° 37' 40"W	557
Navas del Rey	40° 21' 38"N 0° 35' 10"W	557
Navalagamella	40° 26' 25"N 0° 24' 25"W	558

Algunos de estos filones (San Martín de Valdeiglesias, Navas del Rey) están situados en el macizo metamórfico El Escorial-Villa del Prado. Su roca encajante son gneises feldespáticos bandeados y gneises de grano fino (PEINADO, 1970). En particular, el filón con baritina de San Martín de Valdeiglesias se prolonga hasta el granito que rodea el macizo metamórfico. Otros filones (Fresnedillas, Navalagamella) son enteramente intragrániticos y se localizan en adamellitas biotíticas de grano medio.

Estos filones están constituidos casi exclusivamente por baritina blanca o rosada, asociada con cuarzo. En ellos no se encuentran sulfuros, lo que diferencia este subgrupo del siguiente. También se observan a veces pequeños cristales cúbicos de fluorita blanca-amarillenta incluidos en baritina.

3.2.2. Subgrupo 2: Filones de baritina con galena

Este tipo de filones se encuentra en los alrededores de Navalagamella. Se trata de antiguas explotaciones en las que fundamentalmente se benefició la baritina. La extracción se realizó mediante galerías y zanjas en la dirección filoniana. Esta es aproximadamente N 60° E, aunque también aparecen filoncillos E-O. Las tres mineralizaciones están formadas por haces subparalelos de filones con potencias que oscilan entre 0,5 y 1,5 m.

TABLA V

Término	Coordenadas	Hoja topográfica 1:50.000
Navalagamella (I)	40° 26' 25"N 0° 25' 40"W	558
Navalagamella (II)	40° 25' 18"N 0° 26' 50"W	558
Navalagamella (III)	40° 27' 10"N 0° 27' 56"W	558

Los filones de baritina con galena encajan fundamentalmente en rocas graníticas. Algunas mineralizaciones (Navalagamella II y III) se encuentran en adamellitas porfídicas y otras (Navalagamella I) en adamellitas de grano medio no porfídicas. Los caracteres mineralógicos y texturales de estas rocas se han descrito ya para otros grupos de filones.

Tipo: «Navalagamella».

Minerales hipogénicos: Galena, calcopirita, piritita.

Minerales supergénicos: Cerusita, anglesita, covellina, neodigenita, goethita.

Minerales de la ganga: BARITINA, cuarzo.

La galena se encuentra fundamentalmente formando «nidos» aislados en la baritina. Aparece alterada a cerusita y covellina. La calcopirita y la piritita se presentan como inclusiones de reducido tamaño en la galena. La piritita, muy accesoria, muestra hábito idiomorfo y cataclisis.

Minerales supergénicos. La cerusita sustituye parcialmente a la galena. Asimismo y mezclada con ella, reemplazan a la galena neodigenita, covellina y anglesita muy accesoria. La goethita es escasa.

Minerales de la ganga. La baritina es el mineral dominante en la paragénesis. Es una baritina muy pura, con escasas cantidades de cuarzo, que aparece en forma de cristales alargados y muy deformados.

La sucesión mineral de este grupo de filones se puede resumir en un solo esquema (fig. 9):

— Piritita y calcopirita son los primeros minerales en depositarse y lo hacen de forma minoritaria. Después se deposita galena y baritina. Con el cuarzo finaliza la deposición de los minerales hipogénicos.

— Posteriormente, se produce una fase F₂, a

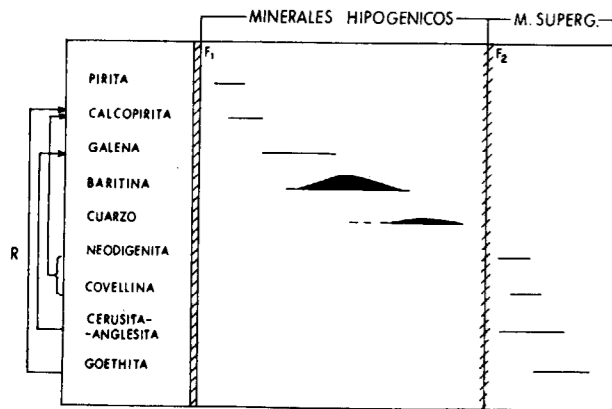


Figura 9.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Navalagamella).

favor de la cual se distribuyen los minerales supergénicos: covellina, neodigenita, cerusita y goethita.

3.3. Grupo VII: Filones de fluorita con galena

Este grupo comprende aquellos filones en los que aparece fluorita como mineral dominante, acompañado de pequeñas cantidades de galena. Del mismo modo que los filones con baritina (grupo VI), estas mineralizaciones están situadas en el extremo SO de la zona de estudio, en los alrededores de Colmenar del Arroyo.

TABLA VI

Término	Coordenadas	Hoja topográfica 1:50.000
Colmenar del Arroyo (I) ...	40° 25' 50" N 0° 32' 28" W	557
Colmenar del Arroyo (II) ...	40° 27' 15" N 0° 31' 48" W	557
Colmenar del Arroyo (III) ...	40° 26' 24" N 0° 30' 35" W	557

Las explotaciones, ya abandonadas, se realizaron mediante zanjas y galerías, que siguen la dirección filoniana (N 60° E). La más importante de las tres es el Pozo San Eusebio (Colmenar del Arroyo, I). Las labores de esta mina se reanudaron recientemente para la extracción de fluorita y terminaron en el verano de 1976.

Los filones de fluorita con galena encajan siempre en rocas graníticas de tipo adamellita de grano medio porfídicas y no se han localizado en rocas metamórficas.

Tipo: «Pozo San Eusebio» (Colmenar del Arroyo, I).

Minerales hipogénicos: Galena.

Minerales supergénicos: Cerusita, anglesita, covellina.

Minerales de la ganga: FLUORITA, cuarzo.

La galena es poco abundante y aparece dispersa en la fluorita. Se encuentra parcialmente alterada a cerusita, covellina y anglesita muy accesoria.

La fluorita es el mineral principal. Se trata de una fluorita bandeada o cristalizada en cubos, de colores típicos verdoso-violáceos y amarillentos.

Como es común en las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama, se encuentran dos generaciones de cuarzo. La primera incluida en la galena y la segunda, tardía, forma bandas con alternancias de cuarzo microcristalino y cuarzo en cristales alargados (textura en peine). Este último es posterior a la fluorita, pues rellena fisuras dentro de ella.

La sucesión mineral de este grupo de filones queda expresada en la figura 10.

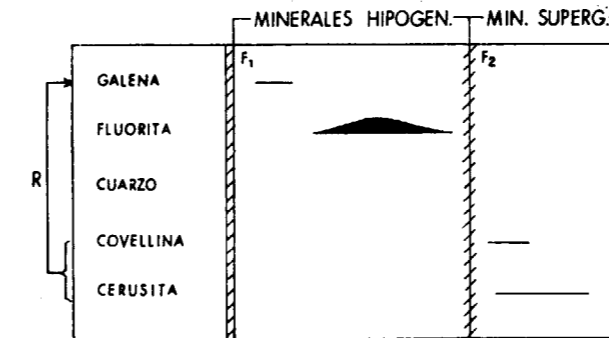


Figura 10.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Colmenar del Arroyo). Pozo San Eusebio.

4. ALTERACION DE LAS ROCAS ENCAJANTES EN LOS BORDES DE LOS FILONES

En la proximidad de los filones de roca encajante (rocas graníticas o metamórficas) se encuentra alterada. Todos estos fenómenos de alteración son debidos al emplazamiento filoniano y la alteración se restringe a estrechas zonas (5 a 20 cm.) a ambos lados de los filones, aunque puede llegar a veces hasta 0,5 m. La naturaleza de los productos de alteración viene condicionada por el tipo de filones.

— En los filones con wolframita el tipo de alteración más generalizada consiste en una moscovitización con una marcada disposición simétrica de la moscovita en los bordes de las venas. También se verifican fenómenos de cloritización de biotitas y aureolas de reacción ferruginosa (foto 6).

En algunas mineralizaciones (Manzanares el Real) el granito llega a estar greisenizado, constituido esencialmente por cuarzo y mica blanca de grano grueso (primera fase de

greisen; BEUS, 1962). No llega a formarse un verdadero «greisen», pues faltan minerales de neoformación característicos, como son fluorita y topacio.

Este granito greisenizado tiene poco desarrollo y pasa gradualmente a un granito moscovitizado y en parte cloritizado, en el que la presencia de feldespato potásico es constante, y finalmente a un granito prácticamente inalterado.

— Los filones de cuarzo con casiterita son fundamentalmente intragraníticos. Los productos de alteración a que dan lugar se distribuyen en diferentes zonas. Con objeto de estudiar la variación del granito, se ha realizado en Hoyo de Manzanares (I) un corte transversal a la dirección filoniana, en el que se tomaron muestras a 0, 50, 75, 150 y 250 m. de la mineralización.

En las salvandas de los filones el granito aparece muy alterado, sericitizado y moscovitizado. No constituye un granito greisenizado, pues se encuentra feldespato potásico de forma mayoritaria.

A medida que aumenta la distancia, el granito está silicificado y las biotitas se encuentran casi totalmente cloritizadas. A 150 m. de



Foto 5.—Cristal idiomorfo de gersdorfitita sustituido en un borde por galena. Obsérvese la zonación de la gersdorfitita. L. Refl. LN x 200.

Mineralización de Gargantilla del Lozoya. Foto 6.—Aureola de reacción en el borde de un filón de cuarzo con wolframita. Mineralización de «Cabeza Lijar» (Guadarrama).

Como es común en las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama, se encuentran dos generaciones de *cuarzo*. La primera incluida en la galena y la segunda, tardía, forma bandas con alternancias de *cuarzo* microcristalino y *cuarzo* en cristales alargados (textura en peine). Este último es posterior a la fluorita, pues rellena fisuras dentro de ella.

La sucesión mineral de este grupo de filones queda expresada en la figura 10.

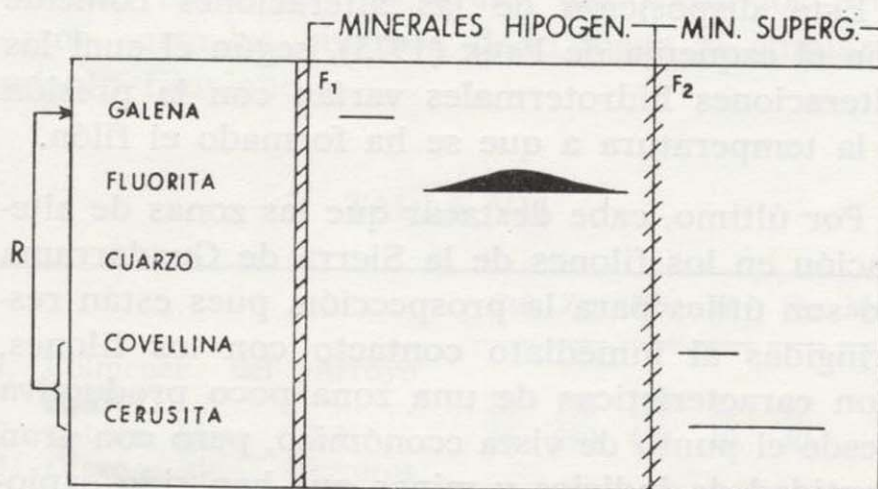


Figura 10.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Colmenar del Arroyo). Pozo San Eusebio.

4. ALTERACION DE LAS ROCAS ENCAJANTES EN LOS BORDES DE LOS FILONES

En la proximidad de los filones de roca encajante (rocas graníticas o metamórficas) se encuentra alterada. Todos estos fenómenos de alteración son debidos al emplazamiento filoniano y la alteración se restringe a estrechas zonas (5 a 20 cm.) a ambos lados de los filones, aunque puede llegar a veces hasta 0,5 m. La naturaleza de los productos de alteración viene condicionada por el tipo de filones.

— En los filones con *wolframita* el tipo de alteración más generalizada consiste en una moscovitización con una marcada disposición simétrica de la moscovita en los bordes de las venas. También se verifican fenómenos de cloritización de biotitas y aureolas de reacción ferruginosa (foto 6).

En algunas mineralizaciones (Manzanares el Real) el granito llega a estar greisenizado, constituido esencialmente por *cuarzo* y mica blanca de grano grueso (primera fase de

greisen; BEUS, 1962). No llega a formarse un verdadero «greisen», pues faltan minerales de neoformación característicos, como son fluorita y topacio.

Este granito greisenizado tiene poco desarrollo y pasa gradualmente a un granito moscovitizado y en parte cloritizado, en el que la presencia de feldespato potásico es constante, y finalmente a un granito prácticamente inalterado.

— Los filones de *cuarzo* con *casiterita* son fundamentalmente intragraníticos. Los productos de alteración a que dan lugar se distribuyen en diferentes zonas. Con objeto de estudiar la variación del granito, se ha realizado en Hoyo de Manzanares (I) un corte transversal a la dirección filoniana, en el que se tomaron muestras a 0, 50, 75, 150 y 250 m. de la mineralización.

En las salvandas de los filones el granito aparece muy alterado, sericitizado y moscovitizado. No constituye un granito greisenizado, pues se encuentra feldespato potásico de forma mayoritaria.

A medida que aumenta la distancia, el granito está silicificado y las biotitas se encuentran casi totalmente cloritizadas. A 150 m. de

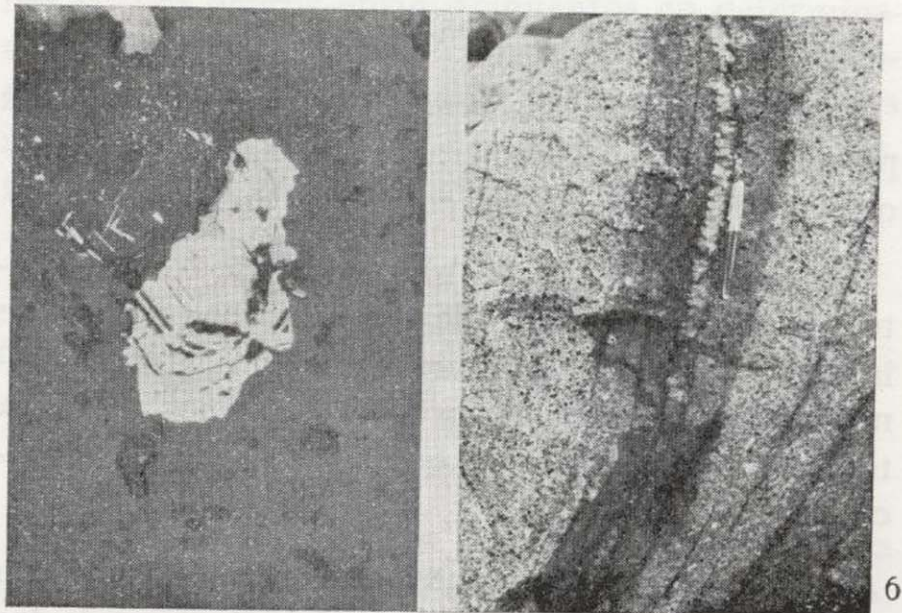


Foto 5.—Cristal idiomorfo de gersdorfita sustituido en un borde por galena. Obsérvese la zonación de la gersdorfita. L. Refl. LN \times 200.

Mineralización de Gargantilla del Lozoya.

Foto 6.—Aureola de reacción en el borde de un filón de *cuarzo* con *wolframita*. Mineralización de «Cabeza Lijar» (Guadarrama).

los filones la cloritización y la silicificación disminuyen y a 250 m. el granito aparece poco alterado. Existe, pues, un gradiente de disminución progresiva de alteración a medida que se aleja del filón.

- En los filones con arsenopirita los fenómenos de alteración más frecuentes son la moscovitización de biotitas y la silicificación de los gneises encajantes. Otros procesos que cabe señalar son la cloritización de biotitas y la sericitización de feldespatos, así como una diseminación de apatitos y opacos en la roca, que va disminuyendo según nos alejamos del área mineralizada.
- En los filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn las alteraciones más comunes son la sericitización y la cloritización. El material encajante en contacto con la mineralización ha quedado convertido en su mayor parte en una roca matriz sericitica y clorítica, en la que aparecen incluidos granos de cuarzo y restos de feldespatos sin alterar.
- En el resto de las mineralizaciones (filones BPGC, filones con baritina y filones con fluorita + galena) la alteración dominante es la cloritización. La sericita aparece subordinada a la clorita, aunque se trata también de un proceso generalizado.

En los filones con fluorita la alteración está restringida a escasos milímetros en los bordes de las venas.

Como se puede observar, cada grupo de filones presenta un tipo de alteración característica, aunque la sericitización es común a todos.

Según PARK (1975), la naturaleza de los productos de alteración depende del carácter original de la roca encajante, del carácter de los fluidos mineralizadores (Eh, pH, presión de vapor) y de la temperatura y presión a que tienen lugar las reacciones.

En las mineralizaciones que nos ocupan son de decisiva influencia el segundo y tercero de los factores.

Las alteraciones asociadas a mineralizaciones de W, Sn, As son fundamentalmente de tipo moscovítico y sericitico. Según desciende la temperatura de formación de las venas (mineralizaciones de Cu)

la alteración más característica es la sericitización y subordinada la cloritización. Las mineralizaciones de Pb, Zn, Ba, F son las de menor temperatura de la zona y el tipo de alteración dominante es la cloritización, aunque persiste la formación de sericita. La silicificación es un fenómeno más o menos generalizado.

Se puede resaltar que parte de los minerales de ganga en los filones han derivado de la roca encajante por procesos de alteración (clorita, sericita, moscovita).

Esta disposición de las alteraciones coincide con el esquema de PARK (1975), según el cual las alteraciones hidrotermales varían con la presión y la temperatura a que se ha formado el filón.

Por último, cabe destacar que las zonas de alteración en los filones de la Sierra de Guadarrama no son útiles para la prospección, pues están restringidas al inmediato contacto con los filones. Son características de una zona poco productiva desde el punto de vista económico, pero con gran cantidad de indicios y minas que han sido explotadas anteriormente.

5. REPARTICION DE LOS ELEMENTOS METALOGENICOS EN LOS GRANITOS ENCAJANTES DE ALGUNAS MINERALIZACIONES TIPO

En algunas mineralizaciones (Colmenar del Arroyo —mina de «Nuestro Padre Jesús», Cabeza Lijar, Otero de Herreros y Hoyo de Manzanares-I) se han tomado muestras del granito encajante en contacto directo con los filones, con objeto de analizar los siguientes elementos metalogénicos: Cu, Zn, Pb, W, Sn y Mo (tabla VII).

En Hoyo de Manzanares el granito se encontraba fuertemente alterado y por ello se ha tomado otra muestra (H-5) a 200 m. de los filones, donde el granito aparecía poco o nada alterado.

De los resultados obtenidos (tabla VII) se observa que en los granitos encajantes de mineralizaciones estudiados el contenido en elementos metalogénicos aumenta, exceptuando el molibdeno, y llega en algunas muestras a valores elevados respecto del contenido medio de dichos elementos en granitos (tabla VIII).

Los contenidos en Sn son moderadamente altos y constantes, presentando estos valores no sólo aquellos granitos que están relacionados con filones estanníferos (H-4, H-5), sino también granitos portadores de otras mineralizaciones, como W, Cu, Pb, Zn (CAR-1, LI-2, OT-1). En los filones con casiterita de Hoyo de Manzanares existe una pequeña disminución de Sn respecto de otros granitos mineralizados (Cabeza Lijar, Otero de Herreros, Colmenar del Arroyo). Este hecho podría interpretarse como que ha existido una pequeña extracción de Sn del granito encajante (removición hacia las fracturas), junto con los procesos normales que han dado lugar al emplazamiento filoniano.

TABLA VII

	Cu	Zn	Pb	W	Sn	Mo
1. Colmenar del Arroyo (CAR-1)	20	155	130	90	40	2
2. Cabeza Lijar (LI-2) ...	60	190	450	10	40	1
3. Otero de Herreros (OT-1)	20	75	70	15	40	3
4. Hoyo de Manzanares (H-4)	55	40	30	20	30	1
5. Hoyo de Manzanares (H-5)	10	75	60	12	30	< 1

Contenidos en ppm de Cu, Zn, Pb, W, Sn y Mo en cinco granitos encajantes de mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama.

1. Filones con sulfuros BPGC. Adamellita porfiroide.
2. Filones con wolframita + sulfuros de Cu-Sn-Zn. Leucoadamellita.
3. Filones con wolframita. Adamellita.
4. Filones de cuarzo con casiterita. Adamellita fuertemente hidrotermalizada en contacto con los filones.
5. Filones de cuarzo con casiterita. Adamellita porfiroide poco o nada alterada a 200 m de los filones.

TABLA VIII

	Wedepohl (1969)	Levinson (1974)
Sn	3,5 ± 1	3
W	1—3,5	2
Mo	—	2
Pb	20	20
Cu	10-20	10
Zn	30-70	40

Contenido medio en ppm de Sn, W, Mo, Pb, Cu, Zn en granitos, según WEDERPOHL (1969) y LEVINSON (1974).

De igual modo, los contenidos en W obtenidos son ligeramente superiores a los de un granito sin mineralizar (tabla VIII), sin que exista un enriquecimiento considerable en los filones con wolframita, como son Otero de Herreros y Cabeza Lijar.

El contenido en Mo de los granitos analizados presenta un rango de valores que puede considerarse normal. Es significativa su pequeña variación, debiendo haber jugado un papel de escasa importancia en la deposición. Esto puede venir corroborado por la escasez de molibdenita en casi todas las mineralizaciones.

Los contenidos de Pb, Cu y Zn son asimismo ligeramente superiores a los normales, pero no específicamente en las mineralizaciones con galena, calcopirita o blenda. En algunas mineralizaciones (Otero de Herreros y Hoyo de Manzanares) los valores son relativamente bajos y comparables a los de granitos sin mineralizar.

Se puede concluir que no existe enriquecimiento preferencial. En granitos encajantes de mineralizaciones con wolframita no existe enriquecimiento especial en W, o filones con calcopirita en Cu, o en filones con galena en Pb. No existe, pues, una correlación clara entre el enriquecimiento del elemento en el granito y su mineralización correspondiente. Lo que sí puede afirmarse es que debido al hecho filoniano, algunos granitos encajantes en contacto directo con las mineralizaciones sufren ligeros enriquecimientos en determinados elementos. Esto es consecuencia de la introducción de elementos metalogénicos por fluidos mineralizadores activos, dentro de un proceso metalogénico de conjunto empobrecido.

6. REPARTICION DE LAS MINERALIZACIONES EN FUNCION DE LA ORIENTACION DE FRACTURAS

Las distintas fracturas que aparecen en el área se han representado mediante «diagramas en rosa». Los datos fueron obtenidos de la fotografía área (direcciones aproximadas) y la metodología ha sido representar la fracturación por separado para cada litología, serie metamórfica (fig. 11) y granito (figura 12), y finalmente para todas las rocas en conjunto (fig. 13).

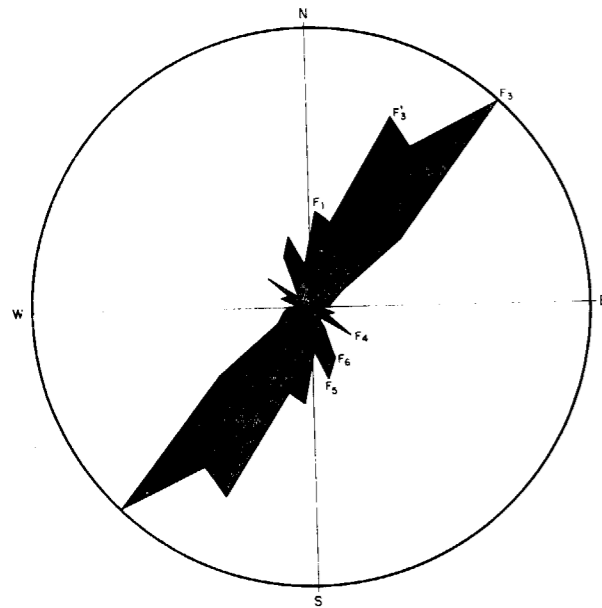


Figura 11.—Diagrama «en rosa» de orientación de fracturas 250 medidas en la serie metamórfica.

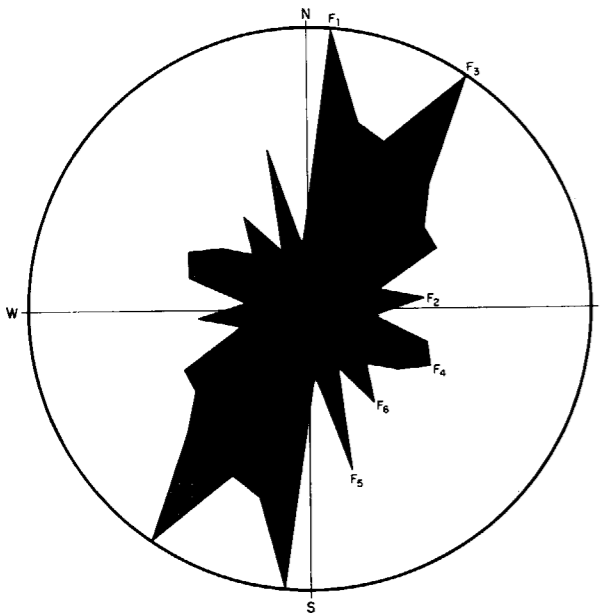


Figura 12.—Diagrama «en rosa» de orientación de fracturas 280 medidas (granito).

De la observación de estos diagramas se ha visto que las fracturas pueden agruparse en los siguientes sistemas:

- Un sistema F_1 de orientación aproximada N-S, variando a $N 5^\circ S$. Adquiere este sistema una mayor importancia en los granitos.
- Otro sistema F_2 de dirección aproximada E-O ($N 85^\circ-95^\circ E$) y que es casi exclusivamente intragranítico y con escasa representación en la serie metamórfica.
- El sistema F_3 de orientación $N 20^\circ$ a $N 50^\circ E$ es el que adquiere mayor importancia en toda la zona y afecta a todos los materiales. En la serie metamórfica aparece desdoblado en dos «subsistemas» F_3 y F'_3 de orientación $N 40^\circ$ a $N 50^\circ E$ y $N 20^\circ E$ a $N 30^\circ E$, respectivamente.
- Otro sistema de fracturas F_4 , de importancia en la zona y en especial en el granito, es el que presenta una dirección que oscila entre $N 100^\circ E$ y $N 120^\circ E$.
- Finalmente, destacan dos conjuntos de fracturas F_5 y F_6 que tienen representación tanto en la serie metamórfica como en los granitos. El primero de ellos, F_5 , tiene una dirección aproximada $N 165^\circ E$ y su familia de fracturas presenta direcciones que oscilan entre $N 160^\circ E$ y $N 170^\circ E$. El sistema F_6 , peor definido que el anterior en la serie metamórfica, oscila entre $N 140^\circ E$ y $N 150^\circ E$.

La longitud de representación de las distintas familias de fracturas está en relación directa con la importancia de las mismas en el área. Así, pues, la familia F_3 es la más importante en número para todos los materiales y la F_1 adquiere mayor desarrollo en los granitos que en la serie metamórfica, siendo el segundo sistema en importancia.

Las direcciones de los principales sistemas filonianos se han representado y superpuesto a los diagramas en rosa de fracturas. La representación de las direcciones filonianas se ha realizado individualmente para cada sustancia. De ahí se deducen las siguientes consideraciones:

1. Para las mineralizaciones de W y Sn (fig. 14) el principal sistema filoniano (S-F-1) tiene una dirección aproximada $N 45^\circ E$. Este coincide perfectamente con el sistema de fracturas F_3 , cuya orientación oscila entre $N 20^\circ$ y $N 50^\circ E$, de gran importancia en toda la zona.

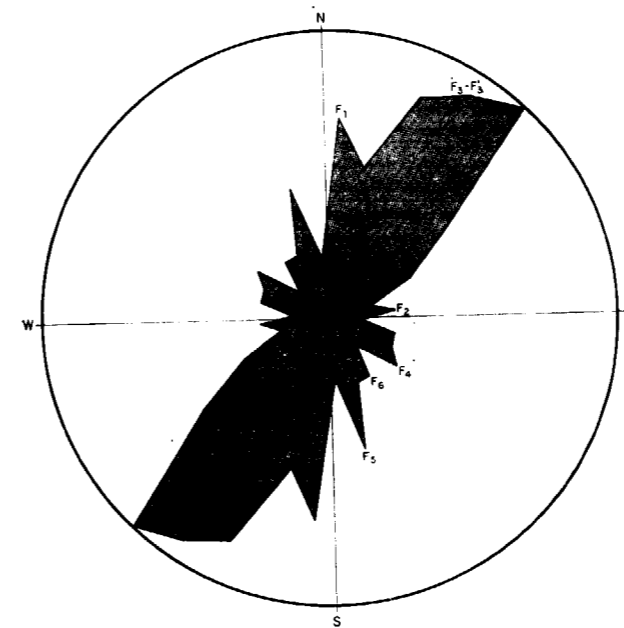
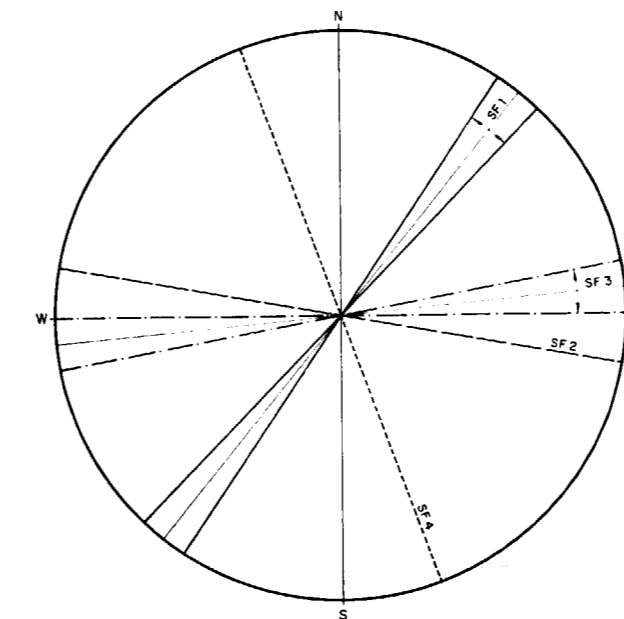


Figura 13.—Diagrama «en rosa» general de orientación de fracturas (granito y serie metamórfica), 530 medidas.



SF 1 = 1^{er} sistema filoniano
 SF 2 = 2^o " "
 SF 3 = 3^{er} " "
 SF 4 = 4^o " "

Figura 14.—Sistemas filonianos para el wolfram y el estaño.

Otra dirección filoniana (S-F-2) es la que está representada por la orientación aproximada $N 100^\circ E$, que coincide con la familia de fracturas F_4 .

Las mineralizaciones de W y Sn se disponen también según unas orientaciones comprendidas entre $N 80^\circ E$ y E-O (S-F-3) y corresponden con la familia de fracturas F_2 .

Por último, un cuarto sistema filoniano (S-F-4) presenta dirección aproximada $N 160^\circ E$, si bien parece menos importante y con menor desarrollo que los anteriores. Tiene también su correspondencia con la familia de fracturas F_5 de direcciones comprendidas entre $N 160^\circ E$ y $N 170^\circ E$.

2. Para las mineralizaciones de Cu (fig. 15) la dispersión de los sistemas filonianos es mayor, presentando mayor diversidad de orientaciones.

Del mismo modo que para el W y el Sn, para el Cu se encuentran también cuatro sistemas filonianos:

- Un primer sistema (S-F-1) es el de direcciones comprendidas entre $N 30^\circ$ y $N 45^\circ E$, correspondiente con la familia de fracturas F_3 .
- Destaca también por su importancia un segundo sistema filoniano (S-F-2) de direcciones comprendidas entre $N 100^\circ E$ y $N 110^\circ E$, coincidente con el sistema de fracturas F_4 .
- Aparece también un tercer grupo de filones (S-F-3) con orientaciones que oscilan entre $N 75^\circ E$ y E-O, de considerable importancia y que coincide aproximadamente con el sistema de fracturas F_2 de dirección media E-O, de desarrollo casi exclusivo en el ámbito granítico.
- Otro sistema filoniano (S-F-5) es aquel de dirección aproximada $N 165^\circ E$, que tiene su correspondencia con la familia de fracturas F_5 . De forma análoga a como sucede para el W y el Sn, este último sistema adquiere menor importancia que los anteriores y existen pocas oscilaciones en cuanto a su dirección.

— Además, para el Cu aparece otro sistema filoniano de considerable importancia (S-F-4). Se presenta con una dirección aproximada N-S, variando a $N 10^\circ E$. Tiene también su

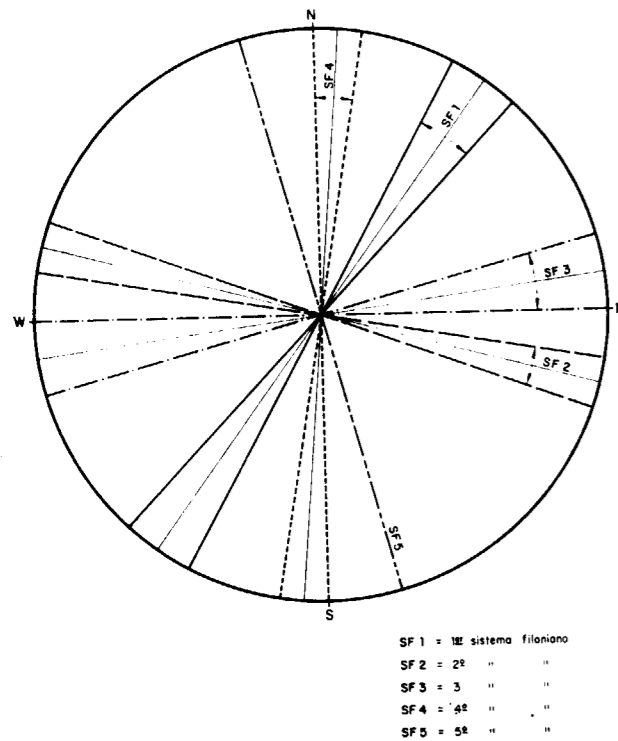


Figura 15.—Sistemas filonianos para el cobre.

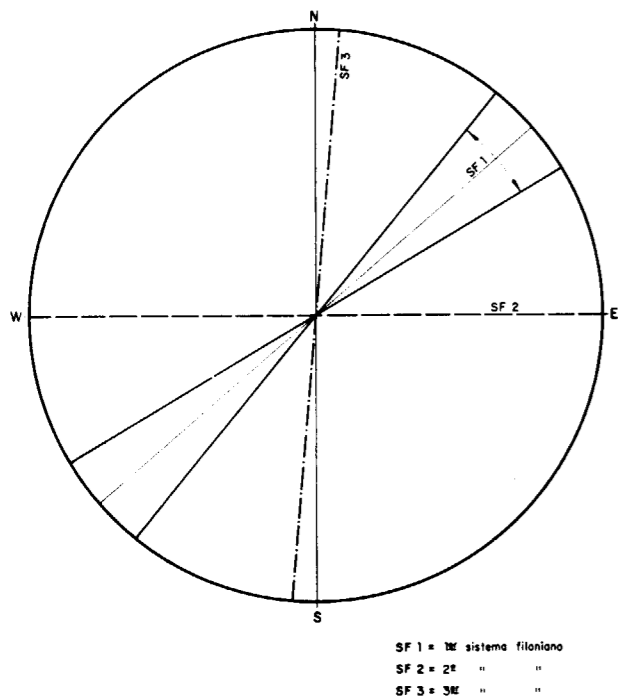


Figura 16.—Sistemas filonianos para el plomo.

correspondencia con la familia de fracturas F_1 de orientación N-S y cuya localización se restringe fundamentalmente al ámbito granítico.

Los sistemas filonianos S-F-3 para el W, Sn y Cu, así como el sistema S-F-4 (dirección exclusiva para el Cu), tienen su localización preferentemente en el granito, lo que da lugar a sistemas filonianos fundamentalmente intragraníticos, aunque también hay filones con esta dirección en la serie metamórfica.

3. Las mineralizaciones de Pb y Ba (fig. 16) se disponen según tres sistemas filonianos bien definidos:

- El principal de ellos (S-F-1) tiene una dirección que oscila entre N 40° E y N 60° E y que coincide, como en casos anteriores, con la dirección fundamental de fracturación del área N 45° E (F_3).

Cabe destacar que este sistema filoniano se encuentra en el caso del Pb y Ba girado unos 10° hacia el E con respecto al principal sistema filoniano (S-F-1) de las sustancias W, Sn y Cu.

- Las otras dos direcciones filonianas que presentan el Pb y el Ba son aproximadamente la N-S (S-F-3) y la E-O (S-F-2), coincidentes con los respectivos sistemas de fracturación F_1 y F_2 . Esta última la presentan fundamentalmente los filones de baritina con escasa cantidad o ausencia total de galena u otros metálicos. Asimismo y como en los casos anteriores, el sistema filoniano de dirección E-O tiene una localización casi exclusiva en el ámbito granítico.

4. Finalmente, cabe hacer algunas consideraciones con respecto a las mineralizaciones de As (fig. 17). Estos filones se encuentran estrechamente ligados a los de W y, además, en muchos casos, no ha sido posible obtener medida de sus direcciones en el terreno. Podemos decir únicamente que se orientan en la mayoría de los casos según direcciones, que oscilan entre N 35° E y N 55° E, y que coinciden, por tanto, con el principal sistema de fracturación del área (F_3).

Finalmente, cabe añadir que en todas las direcciones de fracturación de la zona de estudio se encuentran mineralizaciones, excepto en la F_6 , de

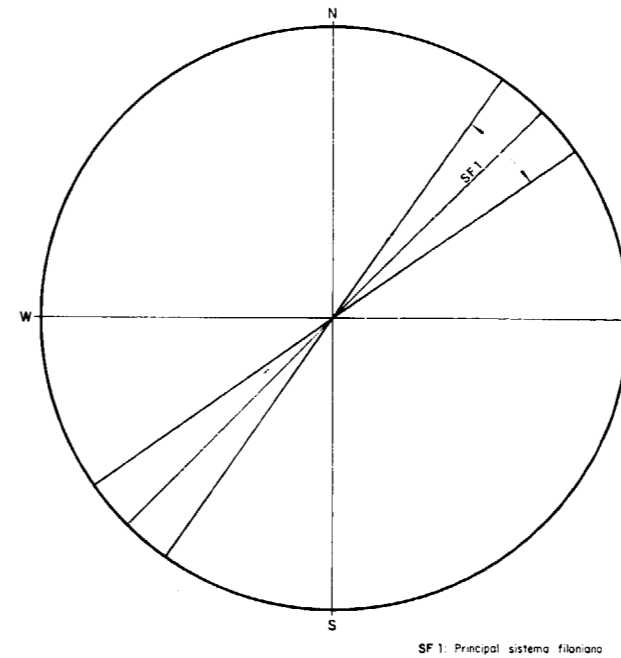


Figura 17.—Sistemas filonianos para el arsénico.

orientación entre N 140° E y N 150° E. Sin embargo, la dirección de mayor importancia desde el punto de vista metalogénico es, tanto en el ámbito granítico como en el metamórfico, la N 45° E correspondiente con el sistema de fracturas F_3 (tabla IX).

7. SINTESIS E INTERPRETACION

7.1. Paragénesis y evolución temporal

Las mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama son el resultado de varias etapas mineralizadoras, las cuales representan la llegada de soluciones que están separadas en el tiempo por movimientos tectónicos. Dichas mineralizaciones están constituidas por paragénesis de edad variscica y los grupos establecidos se correlacionan con los tipos paragenéticos dados por ARRIBAS (1978) (tabla X).

La primera etapa (W-Sn-Mo) está representada en las mineralizaciones del grupo I (subgrupos 1 y 2), II y III (subgrupo 1). La asociación wolframita-cuarzo, wolframita-molibdenita-cuarzo o wolframita-casiterita indican una temperatura de deposición bastante alta. Esto está corroborado por

las experiencias de CANEPA (1968) sobre el coeficiente Huebnerita/Ferberita en las wolframitas del área de estudio.

Los filones con casiterita (grupo II) son probablemente los de más alta temperatura de los estudiados (hábito idiomorfo de los cristales de casiterita).

El grupo I, filones con wolframita, pertenece a la asociación *cuarzo-casiterita-wolframita* (q·Sn-W) (ARRIBAS, 1978). Esta asociación es muy frecuente en la zona Centro-Ibérica.

El grupo II presenta una paragénesis muy simple, a diferencia de los otros grupos de filones, y está constituida prácticamente sólo por cuarzo y casiterita. Pertenece a la asociación *cuarzo-casiterita* (q·Sn) (*ibid.*).

La segunda etapa (As-Fe) se pone solamente de manifiesto en el grupo III, filones con arsenopirita, en los que tiene amplio desarrollo. La tipología de este grupo III resulta más difícil de establecer, pues aunque la arsenopirita es el mineral dominante, su paragénesis viene definida por la presencia de wolframita, casiterita, sulfuros de Cn-Sn-Zn, galena y sulfosales de Ag (se reconocen tres etapas metalogénicas). Por tanto, se puede situar dentro de dos asociaciones mineralógicas de las establecidas por ARRIBAS (1978): *cuarzo-casiterita-wolframita* (q·Sn-W) y *cuarzo-sulfuros de Cu* (q·Cu).

La tercera etapa (Cu-Sn-Zn) es correlacionable en varios grupos de filones: grupo I (subgrupo 2), grupo III y grupo IV. Este último grupo es el resultado de esta única etapa mineralizadora. Durante ella se han desarrollado diversas texturas de desmezcla, que pueden servir de orientación sobre la temperatura de formación, aunque la utilización de exsoluciones como geotermómetros está actualmente en revisión.

La presencia de «gotas» de calcopirita en blenda es una textura generalizada en este tipo de filones. En un principio se interpretaron como características de filones de alta temperatura (300°-400° C; BUERGUER, 1934); sin embargo, RAMDOHR (1969) encuentra esta textura en blendas hidrotermales de baja temperatura. Por ello se considera que las emulsiones de calcopirita en blenda no son indicadores fiables de temperatura. La formación de exsoluciones cruciformes de blenda en calcopi-

TABLA IX

SISTEMAS DE FRACTURACION	SISTEMAS FILONIANOS			
	W, S	As	Cu	Pb, Ba
F ₁ (N-S a N 5° E)	—	—	SF ₄ (N-S a N 10° E)	SF ₃ (N-S)
F ₂ (N 85° a 95° E)	SF ₃ (N 80° E a E-O)	—	SF ₃ (N 75° E a E-O)	SF ₂ (E-O)
F ₃ (N 20° a 50° E)	SF ₁ (N 35° a 45° E)	SF ₁ (N 35° a 55° E)	SF ₁ (N 30° a 45° E)	SF ₁ (N 40° a 60° E)
F ₄ (N 100° a 120° E)	SF ₂ (N 100° E)	—	SF ₂ (N 100° a 110° E)	—
F ₅ (N 160° a 170° E)	SF ₄ (N 160° E)	—	SF ₅ (N 165° E)	—
F ₆ (N 140° a 150° E)	—	—	—	—

Correlación de los principales sistemas filonianos con los sistemas de fracturación de la zona.

TABLA X

Tipología de la mineralización	Paragénesis	Asociaciones mineralógicas variscas según ARRIBAS (1978)
Grupo I: Filones con wolframita	WOLFRAMITA, scheelita, casiterita, molibdenita, sulfuros de Cu-Sn-Zn, cuarzo	Cuarzo-casiterita-wolframita (q. Sn-W)
Grupo II: Filones de cuarzo con casiterita	CASITERITA, cuarzo	Cuarzo-casiterita (q. Sn)
Grupo III: Filones con arsenopirita	ARSENOPIRITA, pirita, wolframita, casiterita, sulfuros de Cu-Sn-Zn, galena, matildita, cuarzo, micas	Cuarzo-casiterita-wolframita (q. Sn-W) Cuarzo-sulfuros de Cu (q. Cu)
Grupo IV: Filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn	CALCOPIRITA, blenda, estannina, bismuto, bismutina, cuarzo, micas	Cuarzo-sulfuros de Cu (q. Cu) Cuarzo-uranio-sulfuros de Cu (q. U-Cu)
Grupo V: Filones con sulfuros BPGC	GALENA, BLENDA, CALCOPIRITA, baritina, cuarzo	Cuarzo-galena-blenda (q. Pb-Zn)
Grupo VI: Filones con baritina	BARITINA, galena, cuarzo	Cuarzo-galena-baritina (q. Pb-Ba)
Grupo VII: Filones con fluorita con galena	FLUORITA, galena	Fluorita-blenda-galena (f. Zn-Pb)

Correlación entre las paragénesis de la Sierra de Guadarrama y las asociaciones mineralógicas variscas establecidas por ARRIBAS (1978).

rita y de «gotas» de pirrotina en blenda (Bustarviejo), sí está restringida a una temperatura media-alta (RAMDOHR, 1969). También se ha comprobado experimentalmente que la desmezcla de cubanita en calcopirita se produce a una temperatura media, entre 250° y 300° C (BORCHERT, 1934), y no como se pensaba en un principio por encima de los 450° C (SCHWARTZ, 1927). Una temperatura similar indican las emulsiones de calcopirita en estannina (Bustarviejo), pues ocasionalmente pue-

de aparecer cubanita asociada a la calcopirita (RAMDOHR, 1969).

Todo esto indica que la etapa de sulfuros de Cu-Sn-Zn ha tenido lugar a temperaturas medias.

El grupo IV, sulfuros de Cu-Sn-Zn, encuadra en la asociación *cuarzo-sulfuros de Cu* (q. Cu). Puesto que se ha citado la presencia de minerales de uranio en estos filones, su paragénesis puede es-

tar también incluida en la asociación *cuarzo-uranio-sulfuros de Cu* (q. U-Cu) (ARRIBAS, *op. cit.*).

En la última etapa metalogénica (Pb-Zn-Ag) las soluciones finales de más baja temperatura, enriquecidas en Pb y Ag, han depositado galena y matildita (grupo III, subgrupo 2, y grupo V). La desmezcla galena-matildita determina una temperatura de 210° C (RAMDOHR, 1969).

Finalmente, los grupos VI y VII representan una etapa final más tardía, en la que las soluciones aportan solamente Ba, F y algo de Pb. Son las mineralizaciones de más baja temperatura del área de estudio.

Los grupos V, VI y VII pertenecen a la asociación *Pb-Zn* (BPGC). Los tres grupos se pueden encuadrar en cada uno de los diferentes tipos paragenéticos establecidos por ARRIBAS (*op. cit.*) en la asociación BPGC. El grupo V se sitúa en la asociación *cuarzo-galena-blenda* (q. Pb-Zn), en la que la blenda y la galena se encuentran aproximadamente en las mismas proporciones. El grupo VI encuadra en la asociación *cuarzo-galena-baritina* (q. Pb-Ba), fundamentalmente constituida por cuarzo, baritina y galena —más o menos argentífera—, y como accesorios, pirita, marcasita y calcopirita. En la Sierra de Guadarrama predomina la baritina sobre la galena. El último grupo (VII), filones de fluorita con galena, pertenece a la asociación *fluorita-blenda-galena* (f. Zn-Pb), que se diferencia de los anteriores tipos por la presencia de fluorita.

Se puede concluir que las mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama son consecuencia de un mismo proceso metalogénico global con varias etapas mineralizadoras. El que aparezca una u otra etapa en los distintos grupos es función de la existencia de una zonalidad normal, cuyo centro se situaría cercano al macizo de La Cabrera.

7.2. Microtectónica

De las observaciones efectuadas al microscopio se ha podido determinar la existencia de cinco fases microtectónicas relacionadas con las etapas metalogénicas (tabla XI). Estas fases son correlacionables entre sí, independientemente del número que se le ha asignado para cada mineralización.

La primera es la más importante y precede al

emplazamiento de la mineralización. Marca el comienzo de la deposición de los minerales Sn-W-Mo. La segunda, tercera y cuarta preceden, respectivamente, a las etapas de As-Fe, Cu-Sn-Zn y Pb-Zn-Ag. La última es consecuencia de movimientos de reajuste y favorece la distribución de minerales secundarios en niveles supergénicos.

Independientemente de estas cinco fases principales existen localmente algunas fases de brechificación de menor importancia, como, por ejemplo, la que normalmente precede al depósito de la galena en los filones BPGC, o la que marca la deposición del bismuto y la bismutina en el filón con sulfuros de Cu-Sn-Zn de Lozoyuela.

8. ZONALIDAD REGIONAL

Las mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama presentan una determinada distribución zonal (fig. 18), cuyo foco generador se sitúa

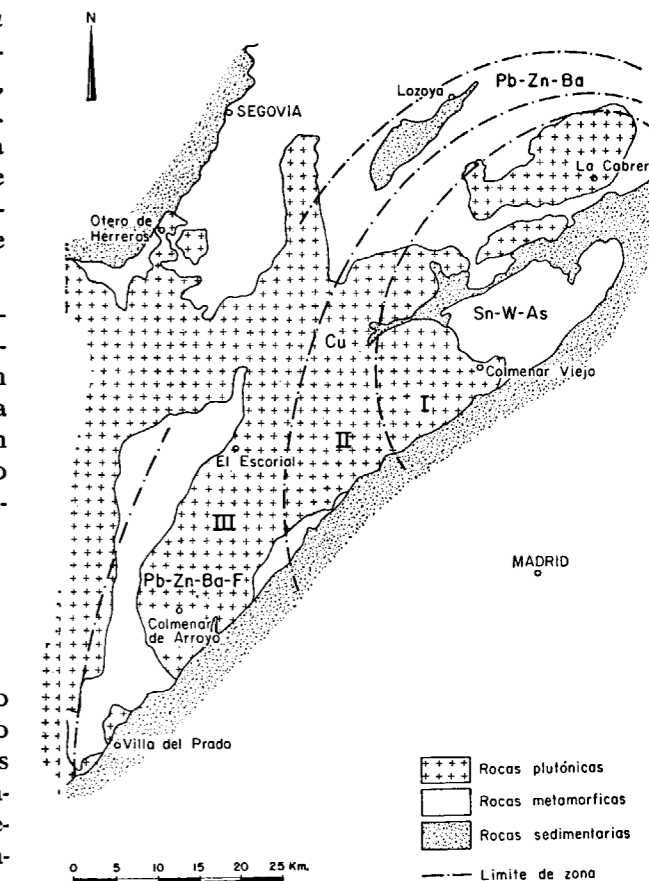


Figura 18.—Zonalidad regional de las mineralizaciones de la Sierra del Guadarrama.



TABLA XI

	F ₁ Etapa I	F ₂ Etapa II	F ₃ Etapa III	F ₄ Etapa IV	F ₅
Grupo I: Filones con wolframita					DISTRIBUCION DE MINERALES SUPERGENICOS
Subgrupo 1: Filones con wolframita	Q-W-Mo	—	sulfuros	—	
Subgrupo 2: Filones con wolframita + sulfuros Cu-Sn-Zn	Q-W-Mo	—	Cu-Sn-Zn	—	
Grupo II: Filones con casiterita	Q-Sn	—	—	—	
Grupo III: Filones con arsenopirita					
Subgrupo 1: Filones de arsenopirita + sulfuros	W-Sn	As-Fe	Cu-Sn-Zn	—	
Subgrupo 2: Filones de arsenopirita + sulfuros + sulfosales de Ag	—	As-Fe	Cu-Sn-Zn	Pb-Ag	
Grupo IV: Filones con sulfuros Cu-Sn-Zn	—	—	Cu-Sn-Zn	—	
Grupo V: Filones con sulfuros BPGC	—	—	—	Pb-Zn-Ba	
Grupo VI: Filones con baritina	—	—	—	Pb-Ba	
Grupo VII: Filones con fluorita + galena	—	—	—	F-Pb	

Sucesión de las diferentes etapas metalogénicas en cada uno de los grupos de mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama.

cercano al macizo de La Cabrera. Las diversas zonas son más o menos paralelas y presentan una curvatura de trazado elipsoidal.

Se han establecido tres zonas principales, que se denominan «interna» (I), «intermedia» (II) y «externa» (III), según su situación respecto del foco (fig. 18).

- La zona «interna» (I), la más cercana al foco generador, viene definida por la presencia de mineralizaciones de W, Sn, As.
- La zona «intermedia» (II) está determinada por la presencia de mineralizaciones de Cu.
- La zona «externa» (III), la más lejana del centro generador, está definida por la presencia de mineralizaciones de Pb, Zn, Ba y F.

Este esquema coincide con el de zonalidad «normal» de EMMONS (en ROUTHIER, 1963).

Los filones de W, Sn, As se localizan preferentemente en la zona oriental del Guadarrama, rodeando al macizo de La Cabrera, en el cerro metamórfico de San Pedro, alrededores de Colmenar Viejo y Hoyo de Manzanares. Esta zona «interna» tiene unas dimensiones de unos 50 km. de larga por 25 km. de ancha y termina bruscamente en

el borde oriental del macizo de La Cabrera y en el contacto de las rocas plutónicas y metamórficas con el Terciario.

La zona «intermedia», filones de Cu, es la más estrecha de las tres, 5 a 10 km. de ancha, y se extiende desde el norte del batolito de La Cabrera, Colmenarejo, Valdemorillo, hasta el contacto del granito con el Terciario. En esta última parte sufre un ensanchamiento considerable de unos 20 km.

La zona «externa», filones de Pb, Zn, Ba, F, se extiende desde la región de Lozoya hasta Robledo de Chavela, Colmenar del Arroyo y San Martín de Valdeiglesias. En su parte norte presenta una anchura de 5 a 10 km. y hacia el sur sufre un ensanchamiento, paralelo al de la zona del Cu, de unos 35 km. Hay que hacer notar que en su parte media existe un «gap» de mineralizaciones y que en la parte sur aparecen mineralizaciones de fluorita, lo que no se verifica en el norte. Al oeste de esta zona, tomando como límite occidental el macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado, las mineralizaciones desaparecen. Por consiguiente, falta la zona del Sb, que sigue a la del Pb en el esquema de zonalidad de EMMONS (en ROUTHIER, 1963).

La transición entre las zonas es gradual y se

encuentran solapes (telescopado) entre una zona y otra. Esto puede justificar las excepciones en el esquema propuesto.

En la zona del Sn, W, As se encuentran algunas mineralizaciones de Pb (núms. 31, Redueña, y 32, Guadalix de la Sierra) y de Cu (núm. 22, Colmenar Viejo). Este hecho se puede explicar admitiendo la repetición de las zonas en el borde oriental de La Cabrera, como consecuencia de ser éste el centro generador de la zonalidad. Estas zonas se habrían desarrollado insuficientemente y muy solapadas, quizá debido a que el plutón termina allí en un borde abrupto. También en la zona del Cu está situada la mineralización de W de Moralzarzal (núm. 4). La explicación de ello hay que buscarla en irregularidades de los límites de zona, que lógicamente deben formar lóbulos e indentaciones. Del mismo modo, fuera del esquema de zonalidad regional se localiza el grupo de mineralizaciones de Cu y W de San Rafael-Otero de Herreros-Guadarrama. Su situación se puede justificar como consecuencia de la existencia de una probable apófisis granítica no aflorante.

También se ha indicado ya que en la parte media de la zona del Pb existe un «gap» de mineralizaciones. Esta ausencia se puede explicar admitiendo la idea de FERSMANN (en ROUTHIER, 1963) sobre la desaparición de la zona del Pb en profundidad y sería reflejo de las irregularidades del foco generador.

Como es lógico, existe una estrecha relación entre la zonalidad regional y las diversas etapas metalogénicas, que han dado lugar a las concentraciones minerales. Los filones situados en límites de zona presentan paragénesis más complejas, que son el resultado de varias etapas mineralizadoras. Este sería el caso de la mineralización de Bustarviejo (núm. 16). En estos filones la zonalidad se pone de manifiesto también a escala de yacimiento. Sólo se han podido obtener muestras superficiales de los filones, pero los datos que se disponen sobre la antigua explotación de las minas corroboran la hipótesis del empobrecimiento de algunos minerales en profundidad (disminución de la Ag en Bustarviejo).

También en algunas mineralizaciones varía la composición mineralógica a lo largo de la dirección del filón, como, por ejemplo, el filón con wolframita de Otero de Herreros, que se enriquece considerablemente en scheelita hacia el NO.

Por lo que se refiere a las alteraciones hidrotermales, ya se ha indicado anteriormente que son una mera consecuencia del hecho filoniano, apareciendo restringidas a ambos lados de las venas mineralizadas. Son características de cada zona solamente por lo que respecta a su estrecha relación con el tipo de filones y no definen en ningún modo áreas prospectables o de grandes dimensiones.

La síntesis sobre la distribución zonal de estas mineralizaciones queda expresada en la tabla XII.

La posición relativa de las mineralizaciones revela la existencia de una clara zonalidad normal, excéntrica, controlada por un gradiente térmico a partir de un centro generador. Este se sitúa en el plutón granítico de La Cabrera.

Según el esquema clásico de zonalidad de EMMONS (*op. cit.*), a medida que aumenta la distancia al foco generador va cambiando la composición de las soluciones mineralizadoras y la temperatura, depositando los minerales característicos de cada zona. Sin embargo, según la hipótesis de SMIRNOV (en SMIRNOV, vol. I, 1976), no se trata de la deposición continua de un único fluido mineralizador, sino que intermitentemente y en forma de pulsaciones se separan de la cámara magmática soluciones hidrotermales de diferente composición (hipótesis de las pulsaciones). Esto vendría favorecido por la reapertura de sucesivas fisuras, que serían nuevos conductos para las nuevas soluciones relacionadas con la evolución y consolidación de la intrusión. Esta hipótesis no explica suficientemente la zonalidad a escala de yacimiento.

Por otro lado, SMIRNOV, V. I. (1976), reconoce dos tipos genéticos de zonalidad primaria en los depósitos hidrotermales: zonalidad estadal y zonalidad de facies.

La zonalidad estadal está producida por la separación de la cámara magmática de sucesivas soluciones mineralizadoras de diferente composición. Dentro de ella se pueden establecer tres tipos: zonalidad de reapertura de fallas, zonalidad de apertura tectónica y zonalidad de metasomatismo intramineralización.

La zonalidad de reapertura de fallas (recurring-fault zoning) es el resultado de sucesivas deformaciones tectónicas, que abren nuevamente las fisuras, y como consecuencia de ello éstas se re-

TABLA XII

Ganga	Zona y minerales	Temperatura	Metales	Alteraciones hidrotermales
Cuarzo — Micas — Baritina — Carb.	III. Zona «externa» Baritina Fluorita Calcopirita Blenda Galena	BAJA	Ba, F Pb, Zn Cu	Moscovización— Sericitización— Cloritización— Silicificación
	II. Zona «intermedia» Calcopirita Estannina Blenda	MEDIA	Cu, Sn, Zn	
	I. Zona «interna» Arsenopirita Pirita Wolframita Molibdenita Casiterita	ALTA	As, Fe Mo, W Sn	

Síntesis de distribución zonal de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama.

lleen de mineralizaciones de diferente composición.

La zonalidad de apertura tectónica es muy similar a la anterior, con la diferencia de que la fisura «crece» durante la acumulación continuada de la mineralización, abriéndose y extendiéndose en una u otra dirección. A diferencia de la zonalidad de reapertura de fallas, el paso de una zona a otra es suave y gradual.

La zonalidad de metasomatismo intramineralización se desarrolla a causa de la removilización y redeposición alrededor de la periferia de la mineralización durante los últimos estadios de su formación.

La zonalidad de facies está producida por el cambio en las condiciones geológicas y físico-químicas durante la circulación de los fluidos mineralizadores. Asimismo, se pueden establecer tres tipos: zonalidad dependiente de la composición de las rocas encajantes que son atravesadas por el fluido mineralizador; zonalidad de filtración, que depende fundamentalmente de la diferente movilidad de los componentes metálicos y se desarrolla en cuerpos mineralizados individuales y zonalidad de deposición. Esta última

está controlada por el cambio en los parámetros físico-químicos durante la deposición: temperatura, presión, acidez-alcalinidad, actividad del azufre, oxígeno y otros elementos metalogénicos. Normalmente esta zonalidad genera zonas que no se repiten y pasan gradualmente de una a otra.

Generalmente, la zonalidad no obedece a una sola causa. Las características observadas en la sierra de Guadarrama (zonalidad a escala regional y de yacimiento, tránsito gradual y no repetición de zonas, disminución de la temperatura con la lejanía al centro generador) la encuadran en un tipo de zonalidad de facies de SMIRNOV (1976), y más concretamente en una zonalidad de deposición. Sin embargo, el control claramente estructural de las mineralizaciones no descarta la acción de fallas con reaperturas y relleno de mineralizaciones de diferente composición.

Esta disposición de las mineralizaciones es comparable con el ejemplo clásico de zonalidad del distrito de Cornualles (Gran Bretaña), en la que se distribuyen mineralizaciones de Sn, Cu y Pb-Zn alrededor de cinco macizos graníticos hercínicos encajados en materiales devónicos y

carboníferos. El establecer una correlación entre las mineralizaciones de la sierra de Guadarrama y el distrito minero de Cornualles lleva consigo problemas de escala y productividad minera. La sierra de Guadarrama representa un conjunto metalogénicamente empobrecido frente al distrito de Cornualles, cuyos yacimientos han sido explotados desde mediados del siglo xv y en 1860 abastecían tres cuartas partes del consumo mundial de Cu, y entre 1864 y 1880 el 40 por 100 del Sn mundial. En la actualidad la producción ha descendido notablemente. Por consiguiente, la correlación establecida es tan sólo desde el punto de vista metalogénico, en cuanto a la disposición de las zonas y las mineralizaciones que aparecen en las mismas.

En España se han definido otros ejemplos de zonalidad, pero sus características no son comparables a las del Guadarrama. Destaca la zonalidad peribatolítica normal que presenta el batolito de los Pedroches (CRESPO, 1972) y la zonalidad del batolito de Albuquerque con mineralizaciones que del centro al borde son de U, Sn-W, Pb-Zn y Sb (GUMIEL et al., 1976). Las diferencias entre la zonalidad que presentan estos batolitos y la de la sierra de Guadarrama son las paragénesis de las zonas y la productividad de las minas, así como la distribución en los primeros de las mineralizaciones alrededor de batolitos de direcciones hercínicas.

9. ORIGEN DE LAS MINERALIZACIONES FILONIANAS

La geometría filoniana de estas mineralizaciones, su estrecha relación con los granitos y su distribución en zonas alrededor del plutón de La Cabrera ponen de manifiesto el origen ígneo de las mismas.

La génesis de estas mineralizaciones está relacionada con la evolución del plutón de La Cabrera. Este constituye uno de los términos más tardíos y diferenciados del conjunto de rocas graníticas del Sistema Central, formando parte de la misma unidad evolutiva. La gran abundancia de rocas muy diferenciadas en este plutón es debida a la acumulación de magmas residuales muy ricos en volátiles en zonas de techo (BELLIDO, 1979). Por consiguiente, se puede suponer que

el conjunto de mineralizaciones filonianas está genéticamente ligado a la evolución de este macizo, desarrollándose una zonalidad normal características de este tipo de yacimientos y que se puede explicar por las teorías de la Metalogenia clásica.

Estas mineralizaciones filonianas representan un proceso hidrotermal que se ha desarrollado a lo largo de varias etapas metalogénicas, en cada una de las cuales se han depositado diferentes paragénesis en relación con la temperatura y lejanía al foco generador. En la etapa inicial y de más alta temperatura se han depositado mineralizaciones de W, Sn, Mo, muy cercanas al foco generador. En la etapa intermedia, según desciende la temperatura, se ha desarrollado una zona con mineralizaciones de Cu, y finalmente aparecen mineralizaciones de más baja temperatura (Pb, Zn, Ag, Ba, F) en las zonas más lejanas al foco generador. Este proceso metalogénico hidrotermal se ha desarrollado a escala regional, emplazándose las mineralizaciones indistintamente en rocas metamórficas y/o graníticas, según la distribución relativa de las mismas en la sierra de Guadarrama.

Al intentar establecer el modelo metalogénico global de las mineralizaciones filonianas de la sierra de Guadarrama, es un hecho objetivo que el ámbito de constitución de dichas mineralizaciones son los granitos y rocas metamórficas encajantes. Por otra parte, resulta factible suponer que el ámbito de transporte han sido soluciones hidrotermales que provienen del granito y que han circulado favorecidas por la existencia de fracturas y discontinuidades. Por último, y siguiendo el método deductivo empleado, el ámbito generador puede estar representado por el macizo de La Cabrera, uno de los términos más diferenciados del complejo granítico del Sistema Central.

En resumen, las mineralizaciones filonianas se pueden clasificar como hidrotermales plutónicas con un amplio rango de temperaturas dentro del dominio hidrotermal.

Establecido el ámbito generador de transporte y de constitución de estas mineralizaciones filonianas, sólo resta hacer ciertas consideraciones sobre su edad. A falta de dataciones geocronológicas, y teniendo en cuenta que el plutón de La Cabrera intruye con posterioridad al metamor-

fismo y deformaciones del ciclo hercínico (FERNÁNDEZ CASALS, 1976, y BELLIDO, 1979), se puede considerar que el cortejo de mineralizaciones asociadas se ha emplazado favorecido por la tectónica de fracturación tardihercínica.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en la realización de este trabajo. En primer lugar al profesor AMORÓS PÓRTOLES, director del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de Madrid, promotor de la labor desarrollada, por su aportación de ideas y críticas al trabajo. Asimismo, deseamos expresar nuestra gratitud al profesor ARRIBAS MORENO, director del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de Salamanca, por su continua orientación y asesoramiento a lo largo de estos años.

Agradecemos también al doctor FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, del Instituto Geológico y Minero de España, su ayuda en la realización e interpretación de resultados de microsonda electrónica, y a nuestras compañeras Rosario LUNAR y Josefina SIERRA por su continua ayuda en el estudio de secciones pulidas y análisis de muestras por medio del microvideomat.

Por último, a todos aquellos compañeros de la Facultad de Ciencias Geológicas, con cuya colaboración y ayuda hemos contado en todo momento, nuestro profundo agradecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- ALDAMA, J.: *Sustancias minerales más notables del distrito de Madrid*. Rev. Minera, Serie A, t. XI, pp. 168-172 (1860).
- ARRIBAS, A.: *Mineral paragenesis in the Variscan metallogeny of Spain*. Stvd. Geol., 14, pp. 223-260 (1978).
- BELLIDO, F.: *Estudio petrológico y geoquímico del plutón granítico de La Cabrera (Madrid)*. Tesis Doctoral, Univ. de Madrid (1979).
- BEUS, A. A., y ZALACHKOVA, N. E.: *On the processes of high-temperature postmagmatic metasomatism in granitoids*. Izvestia de la Acad. Sc. URSS, Ser. geol. núm. 4, pp. 13-31 (1962).

BORCHERT, H.: *Über Entmischungen im System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung al geologisches Thermometer*. Chemie der Erde, 9, pp. 145-172 (1934).

BUERGUER, N. W.: *The unmixing of chalcopyrite from sphalerite*. Am. Min., 19, pp. 528-530 (1934).

BUERGUER, N. W., y BUERGUER, M. Y.: *Cristallographic relations between cubanite segregation plates, chalcopyrite matrix, and secondary chalcopyrite twins*. Am. Mineral., 19, pp. 289-303 (1934).

CALDERÓN, S.: *Los minerales de España*. Tomos I y II. Eduardo Arias, 560 pp. (1910).

CANEPA, C.: *Contribución a la metalogenia de la Sierra de Guadarrama*. (Hojas 484 y 509, Provincia de Madrid.) Tesis Doctoral, Univ. de Madrid (1968).

CRESPO, V.: *La reserva del Valle de Alcudia y su contexto geológico minero en Sierra Morena Central*. Bol. Geol. Min., 83, pp. 174-180 (1972).

FEBREL, T.: *Microscopía de minerales opacos*. E. T. S. de Ingenieros de Minas, Madrid, 104 pp. (1970).

FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Estudio meso y microtectónico de la zona de tránsito Paleozoico-metamórfica de Somosierra (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral, Univ. de Madrid (1976).

FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Las minas de El Espinar*. Bol. Rev. Soc. Esp. Hist. Nat., t. V, pp. 511-516 (1905).

GIL Y MAESTRE, A.: *Datos geológico-mineros sobre algunos grupos de minas del distrito de Madrid*. Bol. de la Comisión del Mapa Geol. de España, t. I, IGME, pp. 283-286 (1974).

GUMIEL, P.; ARRIBAS, A., y SAAVEDRA, J.: *Geología y Metalogenia del yacimiento de estibina-scheelita de San Antonio. Alburquerque, Badajoz*. Stv. Geol., 10, pp. 61-93 (1976).

LEVINSON, A. A.: *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Publishing Ltd. Maywood, Illinois, 614 pp. (1974).

MENÉNDEZ ORMAZA, J.: *Criaderos de plomo de Garganta y Gargantilla*. Informe. Jef. Minas, Madrid (1926).

MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: *Minerales radioactivos de Colmenar Viejo y Torrelodones*. An. Soc. Esp. Fis. Quim. A., 2 (1904).

MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: *Una mina radioactiva en Colmenarejo*. Rev. Minera, Serie C, t. 23, pp. 215-216 (1905 a).

MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: *Más sobre la mina radiactiva «Antigua Pilar» de Colmenarejo*. Rev. Minera, Serie C, t. 23, p. 280 (1905 b).

MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: *Nuevos minerales radiactivos de San Rafael*. Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., 6, pp. 163-166 (1906).

MUÑOZ DEL CASTILLO, J., y RETAMAL MARTÍN, J.: *Minerales radiactivos de El Espinar*. An. Soc. Esp. Fis. Quim., año III (1905).

NARANJO, F.: *Descripción de las minas de galena argentífera de Gargantilla de Buitrago*. Rev. Minera, Serie A, t. 4, pp. 409-417 (1853).

OELSNER, O.: *Atlas des principales paragenesis minerales vues au microscope*. Gauthier-Villars, Paris, 309 pp. (1965).

PARK, CH., y MACDIARMIND, R. A.: *Ore Deposits*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 529 pp. (1975).

PEINADO, M.: *Carácter del metamorfismo en el macizo metamórfico El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 26, pp. 323-326 (1970).

PÉREZ, P.: *Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia)*. Bol. Oficial Minas y Metalurgia, año IV, núms. 32 y 33, pp. 1-24 (1920).

PÉREZ SÁNCHEZ, P.: *Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia)*. Cat. Des. Cri. Min., t. 1-2 (1933).

RAMDOHR, P.: *Neue mikroskopische Beobachtungen am*

Cubanite und Überlegungen über seine Lagerstättenkundliche Stellung. Zeit. f. prak. geol., 36, pp. 169-178 (1928).

RAMDOHR, P.: *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, 1.174 pp. (1969).

ROSNER, B.: *Mikrosonde-Untersuchungen am natürlichen Gersdorffiten*. Neu. Jb. Mineral. Monats., vol. 11, pp. 483-496 (1970).

ROUTHIER, P.: *Les gisements métallifères*. Masson et Cie. (Paris), 867 pp. (1963).

SCHWARTZ, G. M.: *Chalcopyrite and cubanite*. Econ. Geol., 22, pp. 44-61 (1927).

SMIRNOV, V. I.: *Geology of mineral deposits*. Mir Publishers-Moscow. Translation editor H. C. Creighton, 520 pp. (1976).

WEDEPOHL, K. H.: *Handbook of geochemistry*. Springer Verlag, Berlín (1969).

Recibido: Mayo de 1981

MINERIA

Prospección de Antimonio y otros elementos en la banda calcárea de La Codosera-Alburquerque (1)

Por P. GUMIEL (*), J. REY DE LA ROSA (**), J. SANCHEZ DE LA FUENTE (*) y J. LIARTE (*)

RESUMEN

Una prospección geoquímica estratégica para antimonio fue realizada por el Instituto Geológico y Minero de España durante el año 1976 en la Reserva Estatal: Area 1, Subsector XII (Alburquerque), con objeto de delimitar áreas de interés para concentraciones de estibina.

Las muestras fueron tomadas en suelo y en una primera fase se tomaron 1.336. Se realizó una fase de complemento (Geoquímica táctica) con otras 259 muestras, en las que, en función del estudio previo de la anterior, se intercalaron una serie de perfiles.

Los elementos analizados fueron Sb, W, Pb, Zn y Cu y el criterio de demuestre se ajustó en función de las características geológicas, climatológicas, topográficas e hidrogeológicas del área.

La muestra se tomó en el horizonte edáfico B₂-C, ya que los elementos Pb, Cu, Zn presentan una dispersión química de primer orden, lo cual origina una acumulación fundamental y homogénea en el horizonte B₂. Para el Sb y W intervienen acciones mecánicas importantes, lo cual justifica también la importancia del horizonte C.

Mediante el tratamiento estadístico de los resultados analíticos se determinaron una serie de anomalías cuya interpretación e importancia se exponen en el texto. Los resultados muestran la validez del método y la factibilidad económica de la exploración geoquímica como primera aproximación en el conocimiento de posibles áreas mineralizadas.

SUMMARY

Preliminary geochemical prospecting by the Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) was carried out in 1976 in the Reserva Estatal: Area I, Subsector XII (Alburquerque), in an effort to delimit areas of stibnite concentration.

Samples were collected from soil and in the first phase were collected 1.336.

Initial sampling was followed by detailed sampling of the areas where the antimony content of the soils was higher. In this second phase (Tactics Geochemistry) another 259 samples were taken.

Metallogenic elements such Sb, W, Pb, Zn, Cu were analyzed and sampling methodology was made depending of geological, climatic, topographic and hydrological factors of study area.

Sampling were taken in edaphic horizon B₂-C because primary dispersion of Pb-Cu-Zn arise accumulation in this horizon. For the Sb, W there are mechanical actions and the «C» horizon ins necessary too.

With statistics treatment of chemical analysis has been determined some anomalies (high antimony contents) wich interpretation of results is given in this paper.

The results show the economic feasibility of geochemical exploration as a first step in extending the know boundaries of mineralized areas.

1. INTRODUCCION

Como consecuencia de los estudios realizados en la Reserva Estatal: Area 1, Subsector XII (Alburquerque) en el año 1976, se reconocieron po-

sibles zonas de interés para antimonio en las proximidades de la mina San Antonio.

La mina San Antonio se encuentra situada entre los kilómetros 8 y 9 de la carretera de Alburquerque-La Codosera, en la provincia de Badajoz.

Actualmente es la única mina de antimonio en

(1) Comunicación presentada en las VI Jornadas Minero-Metalúrgicas del 22-27 de septiembre de 1980 (Huelva).

(*) IGME.

(**) IBERGESA.

explotación en la Península. Los trabajos de extracción se realizan en profundidad, mediante galerías distantes entre sí 20 metros.

Este trabajo recoge un resumen de los informes de los trabajos realizados por el IGME en 1976: «Estudio geológico y minero de la formación calcárea devónica de la Reserva de Alburquerque» e «Investigación geoquímica del tramo calcáreo-devónico del Area 1, Subsector XII, Minerales de Zn, W, Sb, Pb, Cu». Las figuras que se reproducen aquí están tomadas de esos informes. Más detalles sobre estos trabajos (resultados analíticos, estudios petrográficos, metalogénicos, etc.), pueden consultarse en el IGME. No podemos reproducir aquí, por razones de escala, las figuras en que se recogen las curvas de isovalores para los diversos elementos analizados: Sb, W, Pb, Zn, Cu. Los números de perfiles que se citan en el texto pertenecen a estas figuras.

2. SITUACION DE LA ZONA

La zona de estudio se encuentra situada al NO de la provincia de Badajoz, casi en el límite con la de Cáceres. Está comprendida en las Hojas número 726 (Pino de Valencia) y 727 (Alburquerque) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Forma una estrecha banda de dirección NO-SE (figura 1) que se extiende desde las proximidades de la frontera portuguesa hasta el embalse de la Peña del Aguila. Se ve dislocada por la gran fractura de Plasencia, que produce un cierto giro de los materiales en dirección NE.

3. LITOESTRATIGRAFIA

La región estudiada encuadra en la zona «Centro-Ibérica» del Macizo Hespérico, correspondiente con la denominada «Ostlusitanich-Alcudische» (LOTZE, 1945), que ocupa gran parte de la mitad occidental de la Península, limitando en su margen meridional con la de «Ossa Morana».

El área de estudio está constituida por depósitos de gran complejidad, pertenecientes casi en su totalidad al Paleozoico Inferior y Medio.

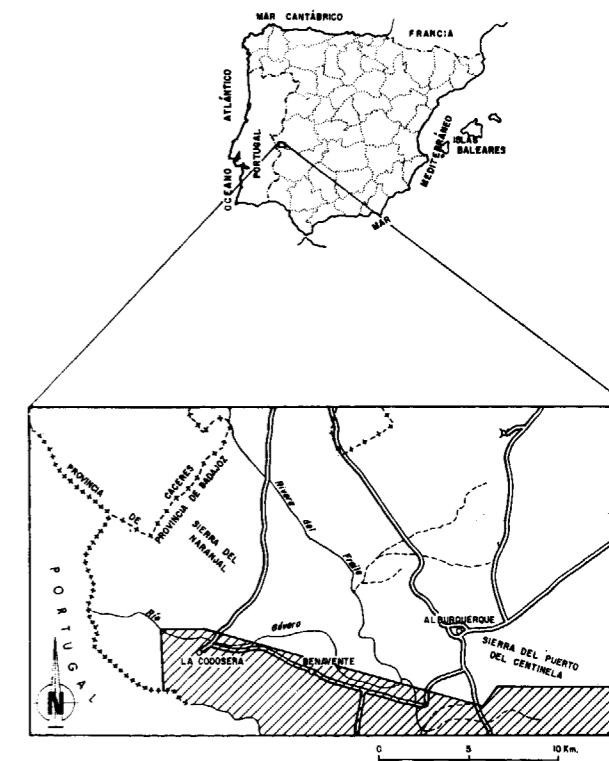


Figura 1.—Situación del área de estudio.

Es difícil llegar a establecer una estratigrafía de detalle, como consecuencia de la ausencia prácticamente total de restos fósiles y dada la escasez de afloramientos. No obstante, se pueden diferenciar los siguientes conjuntos:

3.1. Complejo infraordovícico

Este conjunto corresponde a una serie alterante de pizarras, filitas y grauvacas que se sitúa por debajo de la cuarcita armoricana. Es equivalente al Complejo «Xisto-grauváquico» de los autores portugueses y al «Alcudiense» de la provincia de Ciudad Real. Este conjunto de materiales se considera como Precámbrico.

3.2. Ordovícico

El Ordovícico reposa discordante sobre los materiales precámbricos. Aparece representado por la *cuarcita armoricana*, que se sitúa discordante sobre el conjunto pizarroso-grauváquico

precámbrico, aunque en determinados puntos se observa una serie de carácter detrítico, de colores rojos y de varios centenares de metros de potencia que puede corresponder al Cámbrico (Tremadoc).

Por encima de la cuarcita armoricana a veces se observa una serie alternante de pizarras y cuarcitas finamente estratificadas, que serían correlacionables con las «Alternancias Pochico» (Arenig) de Sierra Morena.

Los materiales ordovícicos forman grandes alineaciones montañosas y clara dirección hercínica NO-SE.

3.3. Silúrico

En Extremadura Central el Silúrico presenta un tránsito confuso hacia el Ordovícico. Aunque en algunas áreas se encuentra bien datado mediante fauna de graptolites (RAMÍREZ, 1963), aparece desigualmente representado. Litológicamente está constituido por pizarras ampelíticas, con intercalaciones de tramos más o menos arcillosos. Estos materiales ocupan el sinclinal de la Codosera, de dirección regional hercínica.

3.4. Devónico

El conjunto de materiales devónicos, objeto de este estudio, aparece representado por tres «unidades» litológicas:

A) Unidad Superior

Constituida por pizarras de tonos amarillentos en superficie, que pasan gradualmente a tramos calcáreos más o menos dolomíticos, en los que resaltan paquetes de calizas con restos de «crinoides» y «corales».

B) Unidad Intermedia

En tránsito gradual aparece una serie de calcoesquistos con intercalaciones de lilitas, esquistos en «librillo» y atravesados por numerosos filoncillos de cuarzo.

Entre estos dos niveles se sitúan rocas básicas, del tipo diabasas, que afloran dando una banda subparalela a la dirección de estratificación y que hacia el oeste se adelgazan y desaparecen antes de llegar a la Codosera. Están en re-

lación espacial con los materiales carbonatados y se ven afectados por un control estructural. Puede tratarse de diques postorogénicos tardí-hercínicos.

Las Unidades «Superior» e «Intermedia» forman parte de la «Unidad Gévora», de los autores SANTOS y CASAS (1979).

C) Unidad Inferior

Constituida por una serie pizarrosa de tonos rojizos con aureolas ferruginosas. Hacia el sur se hace más arenosa, apareciendo niveles cuarcíticos intercalados de poca potencia.

Por debajo de estos materiales aparecen niveles cuarcíticos bien caracterizados, frecuentemente ferruginosos, que parecen corresponder a las cuarcitas del Devónico Inferior del sur de Los Pedroches (FEBREL y SAENZ, 1964).

El conjunto de materiales devónicos se encuentra afectado por un gran replegamiento que impide obtener una idea exacta de la potencia total, la cual no es inferior a los 200 metros.

4. TECTONICA

Desde el punto de vista estructural, la zona aparece afectada por la orogenia hercínica. Cabe destacar que si ha existido una orogenia anterior pre-hercínica, sus estructuras han quedado borradas por las fases tectónicas posteriores.

La orogenia hercínica es la responsable de las principales estructuras que existen en la zona, las cuales se caracterizan fundamentalmente por presentar:

— Una marcada orientación fundamental NO-SE.

— Buzamientos que oscilan de subverticales a verticales en la mayor parte del área.

Se han determinado dos fases principales de deformación. La primera es la más importante, con estructuras orientadas ONO-ESE y con esquistosidad de flujo de plano axial. Esta fase es debida a una dirección de acortamiento en sentido NNE-SSO. La segunda fase, poco definida, origina pliegues abiertos de dirección NNE-SSO y esquistosidad menos penetrativa y más difícil

de reconocer en campo, dando lugar a una tectónica de ejes cruzados (GUMIEL, MEDINA, SANTOS, 1978). SANTOS y CASAS (1979) determinan entre estas dos fases la existencia de una fase coaxial con la primera, que origina una esquistosidad de fractura menos penetrativa y de dirección media N 135° E, que más que originar una nueva generación de pliegues daría lugar a una acentuación de los ya existentes.

5. CONTROL LITOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DE LA MINERALIZACION DE ANTIMONIO

— Control litológico

Hay que resaltar que la mineralización de antimonio se sitúa aproximadamente hacia la base de la «Unidad Superior» y a techo de la «Unidad Intermedia», definidas por GUMIEL, MEDINA y SANTOS (1978) dentro del tramo carbonatado, entre las calizas y los calcoesquistos.

Este tramo carbonatado ha sido datado como Cobleciense Superior-Eifeliense (SANTOS y CASAS, 1979), y se sitúa dentro de la «Unidad Gévora» definida por dichos autores.

— Control estructural

La mineralización de antimonio se sitúa en el flanco sur del Sinclinorio de La Codosera y presenta un marcado control estructural.

6. INTERES MINERO DE TRAMO CALCAREO DEVONICO PARA LA PROSPECCION DE MINERALIZACIONES DE ANTIMONIO

El tramo calcáreo devónico presenta un notable interés desde el punto de vista metalogénico y minero para la prospección de mineralizaciones de antimonio.

Por una parte, porque constituye la posible estructura receptora de la mineralización de antimonio, y por otra parte, porque representa un ámbito de constitución idóneo, donde existen condiciones físico-químicas favorables para que

se produzcan concentraciones de antimonio (GUMIEL, ARRIBAS y SAAVEDRA, 1976).

En base a los conocimientos geológicos y metalogénicos que se poseían, y dadas las perspectivas mineras para antimonio que el área presentaba, se pensó la realización de una campaña de prospección geoquímica estratégica en suelos de toda la banda calcárea. Esto serviría para localizar áreas anómalas en contenido de antimonio.

Mediante estudios sobre paragénesis y asociación mineral se reconocieron los minerales que en este caso acompañan al antimonio. De esta forma los elementos que se analizaron fueron: Sb y W. También se analizaron Pb, Zn y Cu, que son elementos acompañantes en muchas ocasiones y de los que se conocía algún indicio en la zona prospectada.

7. PROSPECCION GEOQUIMICA ESTRATEGICA EN SUELOS (METODOLOGIA Y DEMUESTRE)

La metodología de prospección consistió en la realización de 84 perfiles de dirección cercana a la N-S, perpendiculares a la dirección de la estructura (aproximadamente ONO-ESE). La distancia entre perfiles se estableció en 100 metros en las proximidades por el E y O a la Concesión «Melita» (Mina San Antonio), aumentando la separación a 500 metros entre perfiles en zonas más alejadas a dicha concesión. El intervalo de toma de muestra en cada perfil fue de 30 metros.

En una primera fase se tomaron 1.336 muestras. Se realizó posteriormente una fase de complemento (Geoquímica táctica) con objeto de cerrar malla en zonas donde se obtuvieron anomalías.

En esta segunda fase de complemento se tomaron 259 muestras, distribuidas en una serie de perfiles que se intercalaron entre los de la primera fase.

De esta forma se completó la información en zonas de posible interés para antimonio.

Criterio de desmuestra

El criterio de desmuestra se ajustó en función de las características geológicas, climatológicas,

topográficas e hidrogeológicas del área. Se siguieron directrices generales de este tipo de prospecciones según ONISHI y SANDELL (1954); PORTUGAL FERREIRA, SANTOS OLIVEIRA y SANTAREM ANDRADE (1971); LEVINSON (1974) y SAINSBURY (1975).

La muestra se tomó en el horizonte edáfico B₂-C, ya que los elementos Pb, Cu, Zn presentan una dispersión química de primer orden, lo cual origina una acumulación fundamental y homogénea en el horizonte B₂.

Para el Sb y W intervienen acciones mecánicas importantes, lo cual origina que el horizonte C presente también interés.

Posteriormente, las muestras fueron tamizadas a un tamaño menor de 80 mallas, y los elementos Pb, Cu, Zn y Sb fueron analizados por absorción atómica, mientras que el W por colorimetría.

Finalmente se realizó una fase de replanteamiento e interpretación de anomalías sobre el terreno.

8. DETERMINACION DE ANOMALIAS

Las curvas de frecuencia y rectas de Henry deducidas de los resultados analíticos para los elementos: Sb, W, Pb, Zn y Cu, pueden verse en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, y se corresponden con los porcentajes del cuadro II. De esta forma se sintetizan las siguientes consideraciones:

CUADRO I

Parámetros estadísticos	Sb	W	Pb	Zn	Cu
Fondo regional	35	20	35	77-82	62
Umbral anomalía posible.	52	47	70	125	105
Umbral anomalía probable	63	60	95	160	128
Desviación típica	10	17	17,5	26	22
Coefficiente de variación.	0,27	0,85	0,50	0,33	0,36

Valores de fondo regional y umbrales de anomalías para los elementos metalogénicos en ppm.

Antimonio

Las características estadísticas de este elemento son diferentes a las de los restantes, puesto que la curva de frecuencia normal del Sb pre-

senta una neta prolongación asintótica, que debe corresponderse con valores anómalos más notables que los existentes en los otros elementos. Las muestras claramente anómalas son el 0,88 por 100 de la población total, pudiendo considerarse como zonas «típicamente mineras» el 2,28 por 100.

Wolframio

Su comportamiento estadístico es similar al del antimonio, comprendiendo valores claramente anómalos algunas muestras, aproximadamente el 1 por 100 de la población total.

Plomo

Presenta valores típicos de una población que presenta poco interés minero, siendo bajo el contenido en Pb de la zona. Los valores anómalos

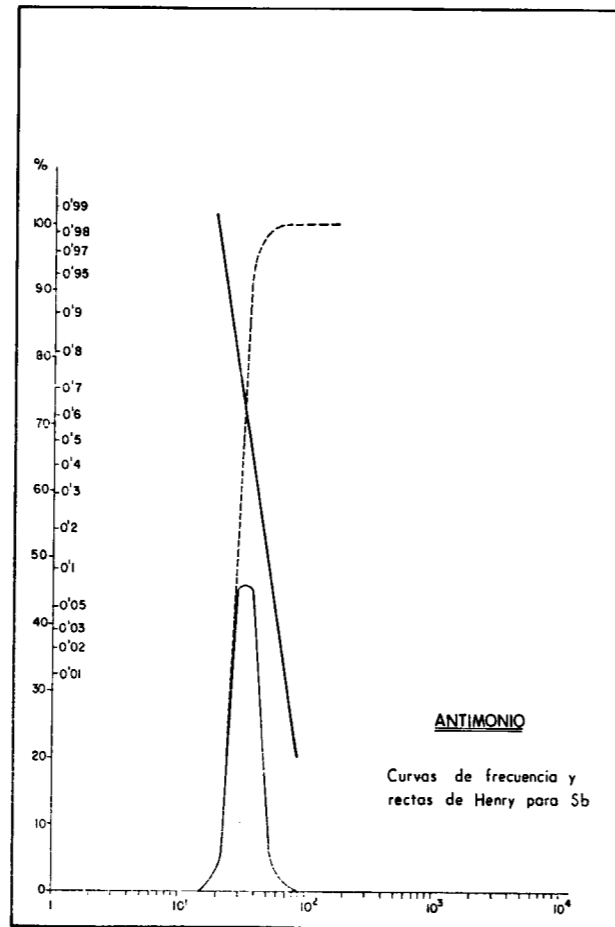


Figura 2.

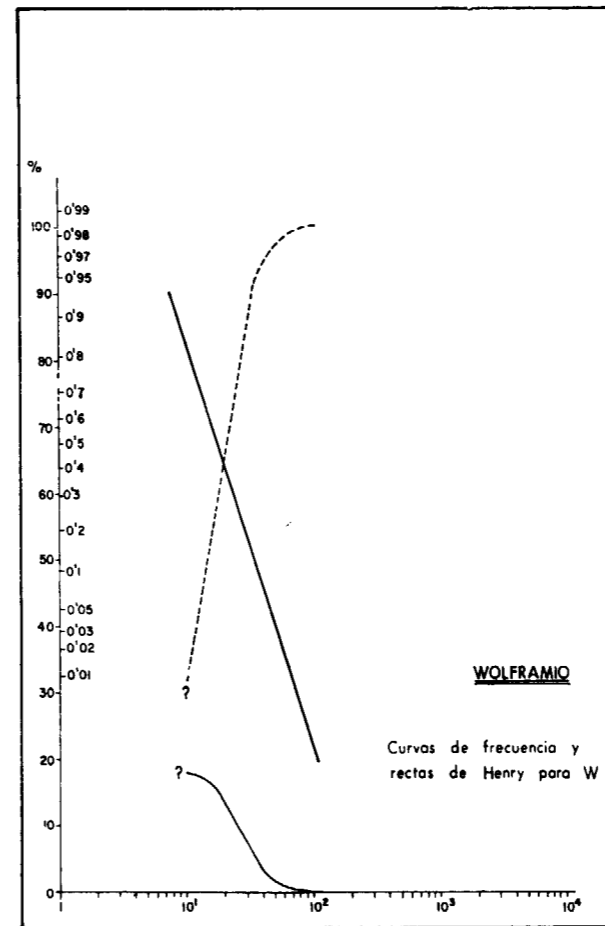


Figura 3.

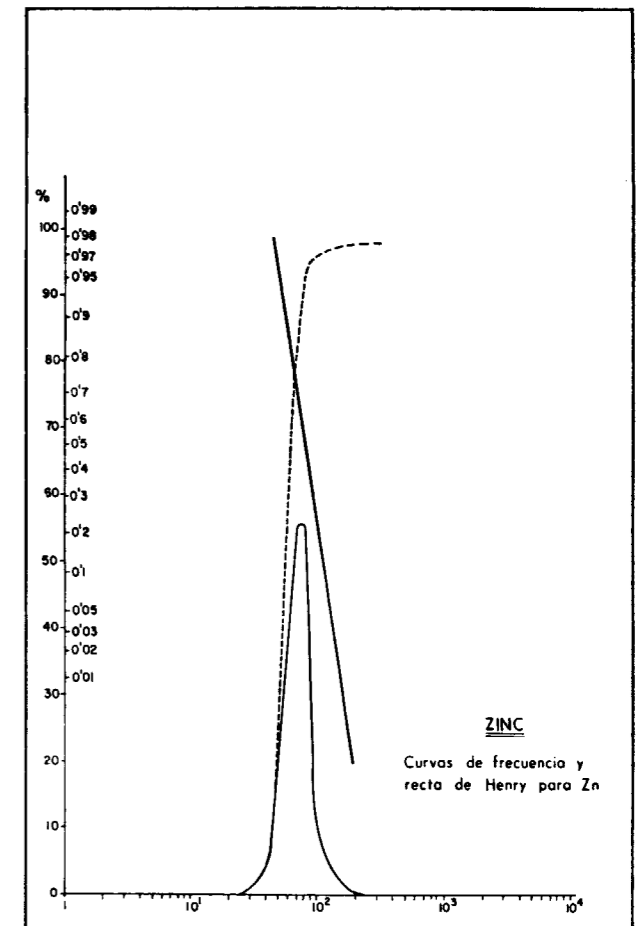


Figura 5.

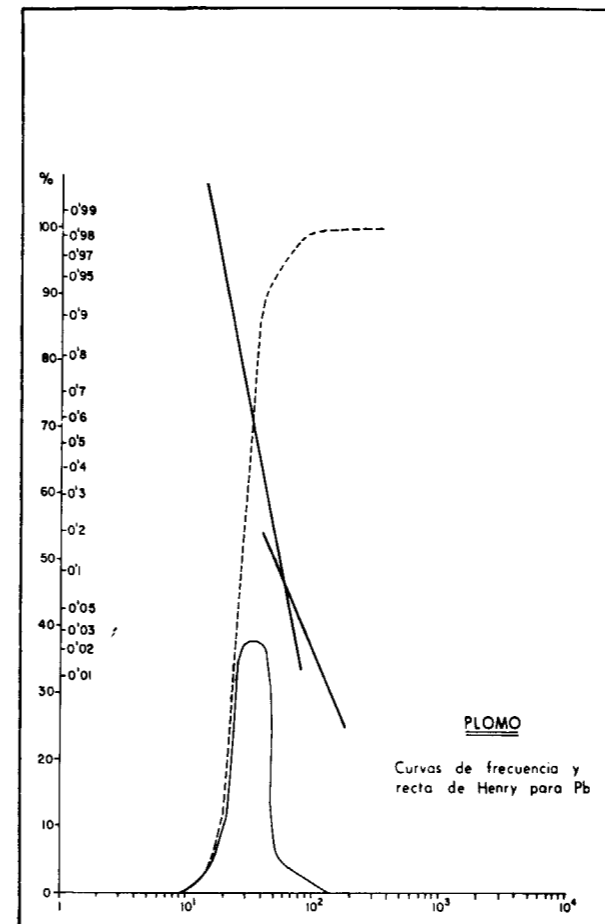


Figura 4.

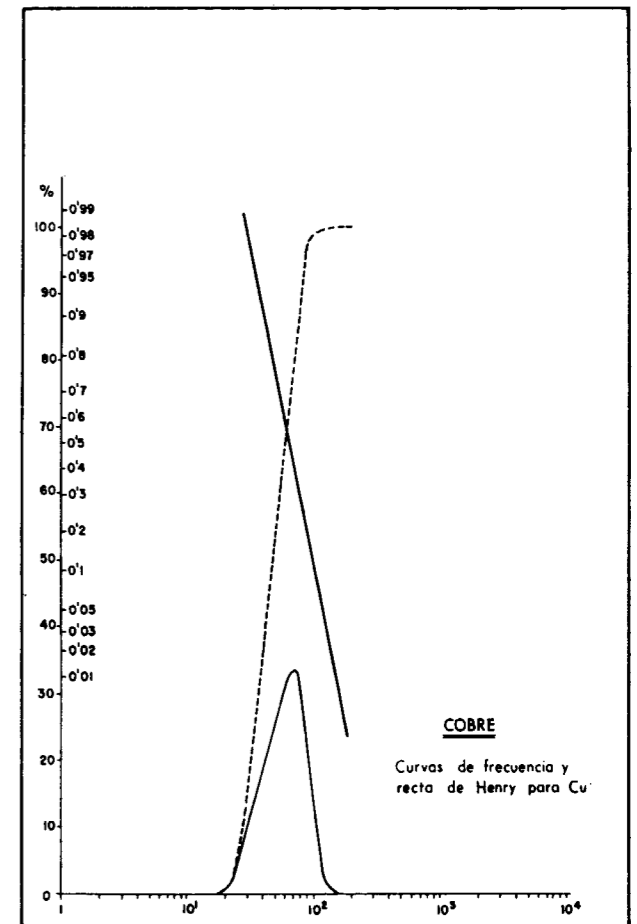


Figura 6.

pueden corresponder en muchos casos con abundantes «escorias» existentes en diversas áreas de la zona de estudio.

Cinc

El bajo valor alcanzado por la desviación típica implica la escasa presencia de muestras anómalas; esto unido al discreto valor del coeficiente de variación, motivado por la baja intensidad de las muestras anómalas, hace que en conjunto se considere la zona con pequeño interés minero en Zn.

Cobre

Constituye una población normal, en la que las muestras anómalas presentan poca intensidad, de donde cabe esperar poco interés minero para Cu en la zona.

Presenta un nivel de fondo regional ligeramente alto, aunque este dato, al contrastarlo con la diversidad litológica de la zona y con el discreto valor del coeficiente de variación, hace que no presente un interés digno de consideración para este elemento.

CUADRO II

Porcentajes para los elementos Sb, W, Pb, Zn y Cu

Elemento	Intervalo (ppm)	Frecuencias absolutas	Frecuencias (%)	Frecuencias acumuladas (%)
Sb	15	14	0,88	0,88
	20	72	4,51	5,39
	25	186	11,66	17,05
	30	453	28,40	45,45
	35	258	16,18	61,63
	40	414	25,96	87,59
	45	93	5,83	93,42
	50	53	3,32	96,74
	55	31	1,94	98,68
	60	6	0,38	99,06
	65	5	0,31	99,37
	70	6	0,38	99,75
	80	1	0,06	99,81
90	1	0,06	99,87	
120	1	0,06	99,93	
170	1	0,06	99,99	
W	10	270	16,93	16,93
	10	273	17,12	33,05
	15	303	19,00	53,05
	20	187	11,72	64,77
	25	190	11,91	76,68
	30	134	8,40	85,08
	35	88	5,52	90,60
	40	24	1,50	92,10
	45	51	3,20	95,30
	50	14	0,88	96,18
55	33	2,07	98,25	

Elemento	Intervalo (ppm)	Frecuencias absolutas	Frecuencias (%)	Frecuencias acumuladas (%)
W (contin.)	60	7	0,44	96,69
	65	7	0,44	99,13
	70	6	0,38	99,51
	75	1	0,06	99,57
	80	5	0,31	99,88
	90	1	0,06	99,94
100	1	0,06	100,00	
Pb	3.5-5.1	2	0,13	0,13
	5.2-7.1	—	—	0,13
	7.2-9.6	—	—	0,13
	9.7-13.0	15	0,94	1,07
	13.1-17.5	65	4,08	5,15
	17.6-24.0	204	12,79	17,94
	24.1-32.0	625	39,18	57,12
	32.1-45.0	528	33,10	90,22
	45.1-61.0	69	4,33	94,55
	61.1-84.0	55	3,45	98,00
	84.1-110.0	28	1,76	99,76
110.1-150.0	2	0,13	99,89	
150.1-205.0	—	—	99,89	
205.1-280.0	—	—	99,89	
205.1-280.0	2	0,13	100,02	
Zn	24.0-32.0	4	0,25	0,25
	32.1-45.0	55	3,45	3,70
	45.1-61.0	369	23,13	26,83
	61.1-84.0	868	54,42	81,25
	84.1-110.0	193	12,10	93,35
	110.1-150.0	84	5,27	98,62
	150.1-205.0	13	0,82	99,44
	205.1-280.0	6	0,38	99,82
	280.1-380.0	3	0,19	100,01
	Cu	13.0-17.5	2	0,13
17.6-24.0		6	0,38	0,51
24.1-32.0		128	8,03	8,54
32.1-45.0		258	16,18	24,72
45.1-61.0		382	23,95	48,67
61.1-84.0		546	34,23	82,90
84.1-110.0	252	15,80	98,70	
110.1-150.0	17	1,07	99,77	
150.1-205.0	4	0,25	100,02	

9. DESCRIPCION DE ANOMALIAS

Como consecuencia de los resultados obtenidos, se pueden distinguir tres áreas de mayor intensidad de anomalías geoquímicas para antimonio (figs. 7 y 8).

A) Zona sur de Benavente

Entre los perfiles 41 y 42, de la malla, existe una clara anomalía de Sb, asociada con un pequeño enriquecimiento de W (60-80 ppm). Las características de su disposición y su clara relación con la geología y morfología de la zona hacen que sea una anomalía importante.

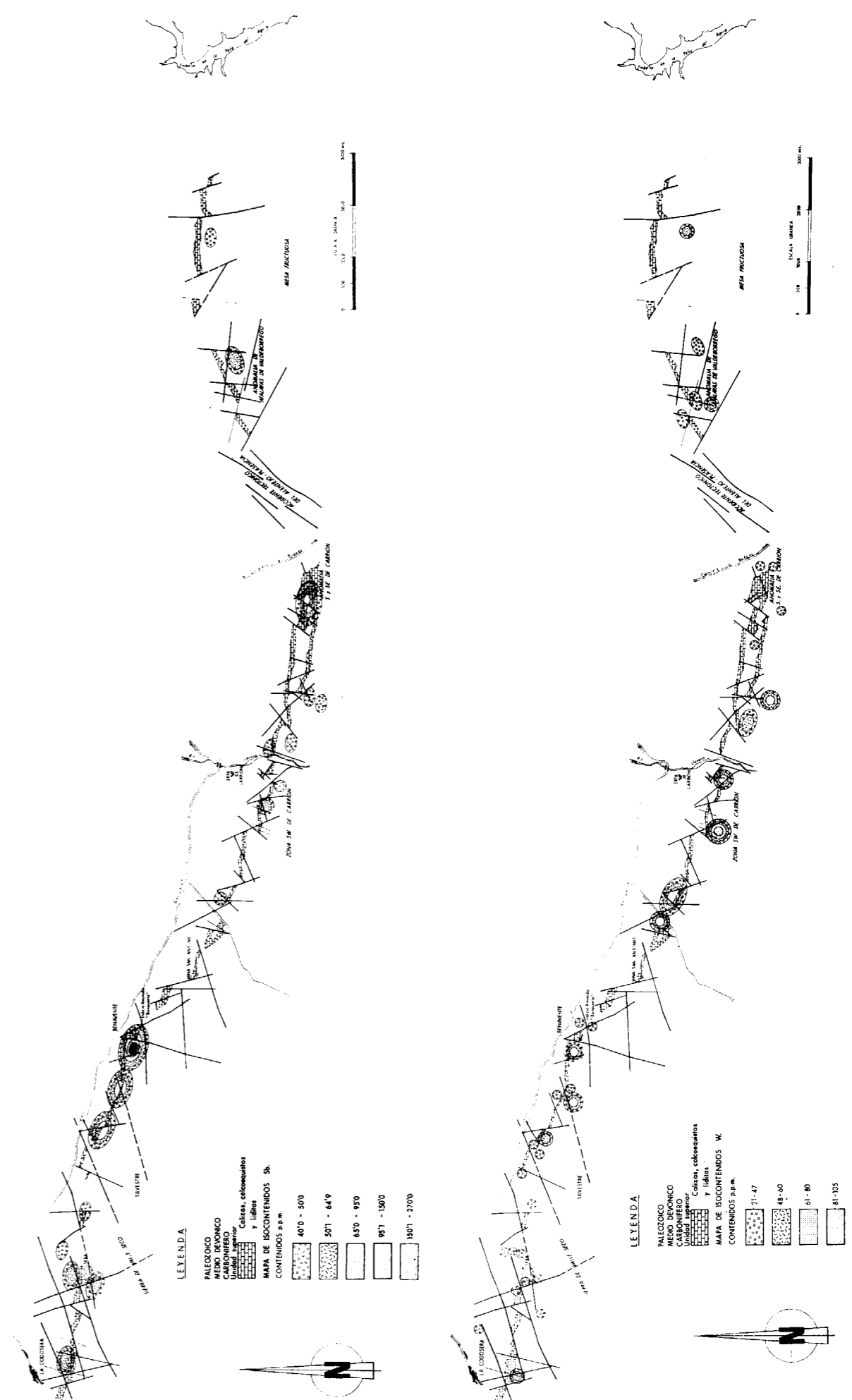


Figura 7.

(*) Base Geológica idem "Litostratigrafía y control estructural de la mineralización antimonífera de la zona calcácea Deridice (Alburquerque)" GUMIEL et al [1978] Bol. Geol. Min. 1 89-1

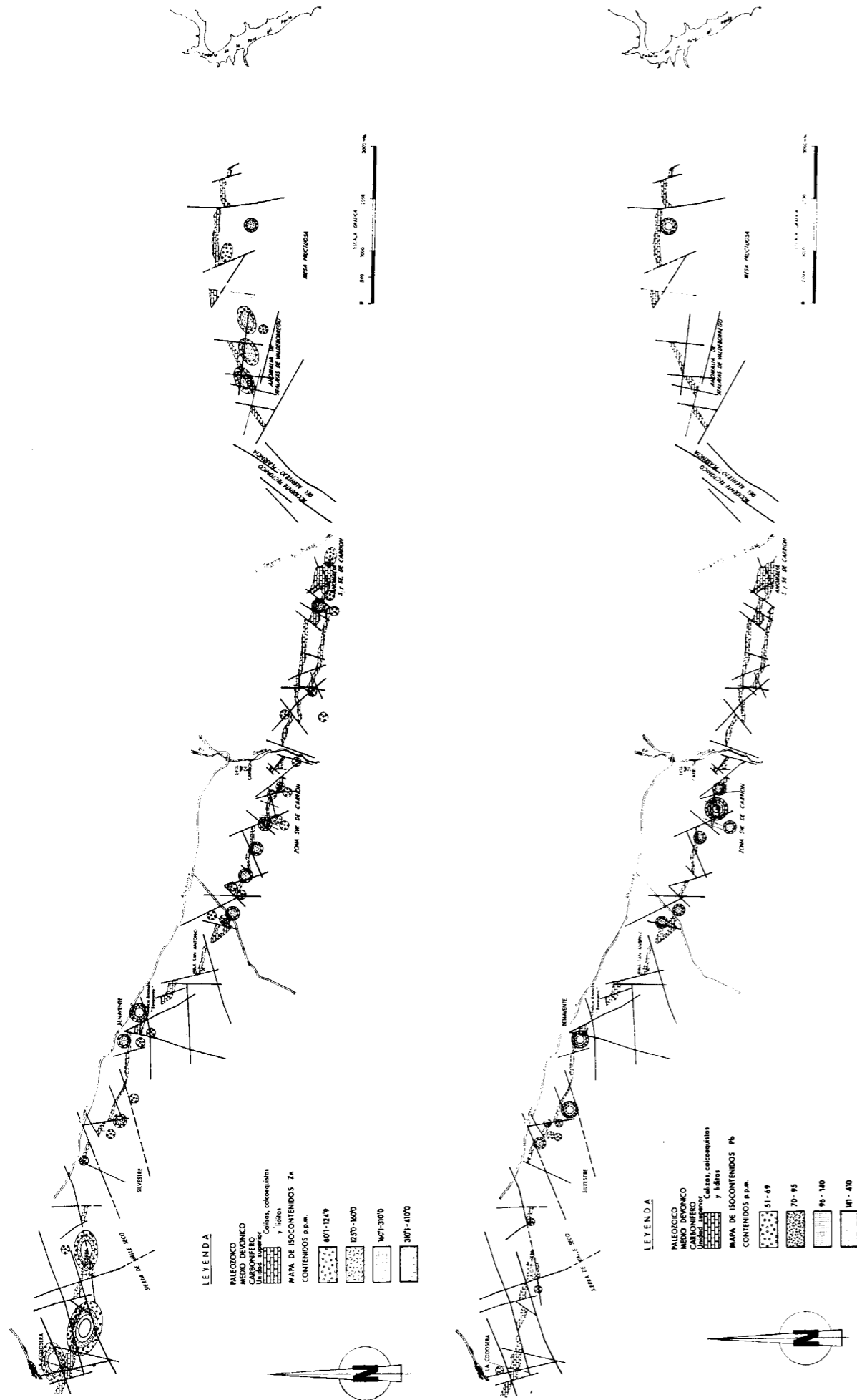


Figura 8.

[1] Base Geológica idéntica a la utilizada en el estudio de la mineralización antimonífera de la zona de Carrión, en el informe "Geología y Geología Económica de la zona de Carrión (Alberquerque)", GUMIEL et al. (1978) Bol. Geol. Min. 1, 89-1.

Se alcanzan valores entre 95 y 150 ppm de Sb, que son valores claramente anómalos.

El emplazamiento geológico de la anomalía se realiza en condiciones semejantes a las de la mina San Antonio, entre las calizas y los calcosquistos.

En esta misma zona, entre los perfiles 37, 38 y 39, existen anomalías de Pb, y más dudosas de Cu y Zn, pero la irregularidad espacial de las mismas y la escasa relación entre las distribuciones de los diversos elementos hacen que estas anomalías sean de escaso interés.

B) Zona del Indicio situado al SE de La Codosera

En esta zona aparecen valores anómalos en Sb (65-95 ppm) en los perfiles 111, 112, 11 y 113. Dada la ausencia total de dispersión siendo valores puntuales, así como la poca intensidad absoluta alcanzada por las muestras anómalas, sitúan dicha anomalía como de segundo orden desde el punto de vista minero.

Desde el punto de vista geológico la anomalía se sitúa en el entorno del contacto de los calcosquistos, liditas y pizarras negras con las calizas y dolomías. Igualmente aparecen brechas ferruginosas y filones de cuarzo con óxidos.

En definitiva, puede decirse que se trata de una anomalía discreta de Sb.

C) Zona SO de Carrión

Discretas anomalías de Cu, Pb, Zn y W aparecen al SO de Carrión. Corresponden con los perfiles 63 a 69, ambos inclusive.

Las anomalías comprendidas en dichos perfiles pueden agruparse en dos áreas:

- En la zona septentrional aparecen anomalías de Pb (96-140 ppm) acompañadas de ciertos enriquecimientos en Cu, Zn, W y Sb. Estas anomalías parecen de escaso interés minero.
- En la zona meridional aparecen anomalías de Pb y W. La anomalía de W (81-105 ppm) presenta un notable interés metalogénico, puesto que se manifiesta en diabasas, mientras que la de Pb se desarrolla en pizarras

con aureolas ferruginosas. No obstante, el interés minero parece escaso.

D) Zonas S y SE de Carrión, Atalayas de Valdeborrego

En las zonas S y SE de Carrión, así como en el paraje denominado Atalayas de Valdeborrego, situado al este de la falla de Plasencia, existe un fondo geoquímico de Sb algo más elevado que en el resto del área.

Presenta valores comprendidos entre 40 y 50 ppm, llegando a veces a intervalos entre 50 y 65 ppm. Estos valores se sitúan en el umbral de las anomalías de Sb, en relación con los valores regionales obtenidos (cuadro I).

Si bien estas anomalías no presentan valores absolutos elevados, constituyendo anomalías de tercer orden desde el punto de vista minero, presentan interés en cuanto que ocupan un área más extensa y se constituyen de forma más generalizada.

10. CONCLUSIONES E INTERPRETACION DE ANOMALIAS (figs. 7 y 8)

- La anomalía geoquímica para Sb que presenta mayor interés desde el punto de vista geológico y minero es la situada al sur de Benavente, con valores comprendidos entre 95 y 150 ppm de Sb.
- Existe también un enriquecimiento más discreto en W, con valores comprendidos entre 60 y 80 ppm.
- En la zona situada al SE de La Codosera se alcanzan valores anómalos de Sb comprendidos entre 65 y 95 ppm. No obstante, el valor puntual de la anomalía, así como el orden de magnitud, la sitúan como de segundo orden desde el punto de vista minero.
- En la zona S y SE de Carrión, así como en el paraje denominado Atalayas de Valdeborrego, existe un fondo geoquímico de Sb, algo más elevado que en el resto del área, alcanzando valores entre 50 y 65 ppm. Si bien estos valores son discretos (anomalía

de tercer orden), el interés se pone de manifiesto, puesto que probablemente se trata de una anomalía más generalizada, extensible quizá a una zona más amplia, perdiendo el carácter de valor puntual.

— La zona no presenta interés en cuanto a anomalías de los elementos Pb, Zn y Cu. Únicamente se alcanzan valores más elevados en estos elementos al SO de Carrión.

Únicamente el W a veces aumenta ligeramente sus contenidos en áreas con anomalías de Sb. Esto no siempre sucede de esta forma, pero al menos para el área de estudio, el W puede ser utilizado como elemento marcador, acompañante del Sb.

En numerosas ocasiones hacia la base de las diabasas, cerca del contacto con las pizarras, aparecen anomalías de W acompañadas ocasionalmente de Sb. La interpretación de esta realidad es difícil y por el momento sólo puede indicarse que quizá las vías de acceso de las mineralizaciones con scheelita y las diabasas hayan sido las mismas en muchas ocasiones, aunque no tienen por qué haber sido simultáneas.

Finalmente y con los datos que se poseen hasta el momento, la zona, aunque en líneas generales presenta anomalías discretas en Sb, merece especial interés para dichas mineralizaciones.

El hecho de que la mayoría de las anomalías tengan carácter puntual es consecuencia quizá de una metalogenia hidrotermal del antimonio.

Por otra parte, hay que considerar que en la malla de muestreo la separación de perfiles en ocasiones es muy grande, recomendándose como primera medida ajustar malla mediante la intercalación de nuevos perfiles, así como comprobación de anomalías mediante sondeos mecánicos con recuperación de testigo.

BIBLIOGRAFIA

- FEBREL, T., y SAENZ, J.: *El Devoniano del Sur del Batolito de los Pedroches en las provincias de Córdoba y Badajoz*. Notas y Comunicaciones del IGME (73), 51, 61 (1964).
- GUMIEL, P.; ARRIBAS, A., y SAAVEDRA, J.: *Geología y Metalogenia del yacimiento de estibina-scheelita de San Antonio*. Alburquerque (Badajoz). *Studia Geologia*, X, 7-16 (1976).
- GUMIEL, P.; MEDINA, E., y SANTOS, J. A.: *Litoestratigrafía y control estructural de la mineralización antimonífera de la franja calcárea-devónica de Alburquerque (Badajoz)*. Bol. Geol. Min., t. LXXXIX-1, 32-59 (1978).
- I.G.M.E.: *Estudio geológico-minero de la formación calcárea devónica de la Reserva de Alburquerque* (1976).
- I.G.M.E.: *Investigación geoquímica del tramo calcáreo-devónico del Area I, Subsector XII (Alburquerque), Zn, W, Sb, Pb, Cu* (1976).
- LEVINSON, A. A.: *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Publishing, Maywood, Illinois (1974).
- LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta*. Geotek, Forsch (Berlín), 6, 78-92 (1945).
- ONISHI, H., y SANDELL, E. B.: *Notes on the geochemistry of antimony*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 8, 213-221 (1955).
- PORTUGAL FERREIRA, M.; SANTOS OLIVEIRA, J. M., y SANTAREN ANDRADE, R.: *Ocorrencias de antimonio do norte de Portugal*. I.C.H.L.A.G.E., t. 1, 597-617 (1971).
- RAMÍREZ, E.: *El límite Cámbrico-Silúrico en la región sur-occidental española*. *Breviora Geológica Astúrica* (14), 47-62 (1963).
- SAINSBURY, C. L.: *A Geochemical Exploration for Antimony in Southeastern Alaska*. *Geol. Survey Bull.*, 1024-H, 163-178 (1957).
- SANTOS GARCÍA, J. A., y CASAS RUIZ, J.: *Geología del sinclinal de Sao Mamede-La Codosera, zona española (provincias de Cáceres y Badajoz)*. Bol. Geol. y Min., t. XC-V, 420-431 (1979).

Recibido: abril, 1981

Evolución hidrogeoquímica en un acuífero detrítico costero (Delta del río Guadalfeo, Granada)

Por BENAVENTE HERRERA, J.; CALVACHE QUESADA, A., y FERNANDEZ-GUTIERREZ, R. (*)

RESUMEN

Se estudia la evolución, según el flujo subterráneo, de las principales características físico-químicas de las aguas del acuífero detrítico de Motril-Salobreña (Granada). Se pone de manifiesto la influencia de las aguas de escorrentía superficial utilizadas para regadío, así como el efecto de algunos fenómenos modificadores del quimismo original (concentración por evaporación directa, reducción de sulfatos, cambio de bases, precipitación y disolución de ciertas sales, procesos de contaminación, etc.).

RESUME

On étudie l'évolution suivant le flux souterrain des principales caractéristiques des eaux de l'aquifère detritique de Motril-Salobreña (Grenade). On met en évidence l'influence des eaux du cours de surface utilisées pour l'irrigation, ainsi que l'effet de quelques phénomènes modificateurs du chimisme original (concentration par évaporation directe, réduction de sulfates, échange de bases, précipitation et dissolution de certaines sels, processus de contamination, etc.).

ABSTRACT

The underground evolution of the main physico-chemical characteristics of waters from the Motril-Salobreña aquifer (Granada) is studied. The influence of surface waters is shown, as well as the effect of some phenomena capable of modifying water chemistry (concentration by direct evaporation, sulphate reduction, cation exchange, precipitation and dissolution of salts, contamination processes...).

INTRODUCCION. ANTECEDENTES

El acuífero detrítico de Motril-Salobreña, cuya superficie es del orden de 35 km², es el más importante, en cuanto a potencialidad hidrogeológica se refiere, de todos los que se sitúan en la franja litoral de la provincia de Granada. Corresponde a los depósitos aluviales y deltaicos del río Guadalfeo y, en menor grado, a los de una serie de ramblas, de las cuales hay que destacar las de Molvízar y El Puntalón.

En los trabajos de AVIDAD y GARCÍA DUEÑAS (1981) y ALDAYA (1981), pueden encontrarse descritos los principales rasgos geológicos del acuífero y sus bordes.

Las principales características hidrodinámicas del acuífero y de los materiales que lo limitan han sido objeto de algunas investigaciones (CASTILLO, 1975; CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO, 1978; BENAVENTE, 1981), a partir de las cuales ha podido establecerse el funcionamiento general del acuífero. En lo que se refiere a características físico-químicas de las aguas, hay que señalar los trabajos de CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO (1976) y BENAVENTE y CALVACHE (1981 a). Otros aspectos hidroquímicos más específicos han sido tratados por PULIDO et al (1980) y BENAVENTE y CALVACHE (1981 b). En el trabajo de GEIRNAERT et al (1981) se aborda el análisis de los resultados de una serie de Sondeos Eléctricos Verticales en un sector del acuífero, de indudable interés como complemento a los estudios hidrodinámicos e hidroquímicos.

(*) Cátedra de Hidrogeología. Universidad de Granada.

OBJETIVOS, ORIGEN Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

El objetivo del presente trabajo es analizar la variación de las principales características químicas de las aguas, a lo largo del flujo subterráneo, en el acuífero detrítico. Para ello, y basándonos

en el mapa de isopiezas ofrecido por CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO (1978), hemos realizado una serie de perfiles hidrogeoquímicos que recogen la evolución de tales características desde las áreas de cabecera hasta la línea de costas, en diferentes sectores del acuífero.

CUADRO I

Núm.	Cond. (25 °C) $\mu\text{mhos/cm}$	Iones mayoritarios en meq/l.					Relaciones iónicas				
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺ +K ⁺	CO ₃ H ⁻ CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	ICB	Kr	rMg ⁺⁺ / rCa ⁺⁺	rSO ₄ ⁼ / rCl ⁻
A-1	570	2,9	2,3	1,4	3,7	1,6	1,2	0,15	3,4	0,8	0,75
A-2	1.550	10,6	5,8	4,8	3,4	5,9	11,7	0,19	5,0	0,5	1,98
A-3	700	3,6	3,4	1,8	4,9	2,3	2,1	0,22	4,4	0,9	0,91
A-4	625	3,1	3,9	1,8	4,9	1,9	1,9	0,05	4,2	1,3	1,00
A-5	570	2,0	3,0	1,7	2,9	2,0	2,1	0,15	2,5	1,5	1,05
A-6	725	2,5	6,9	2,3	6,3	2,3	3,0	0,00	4,6	2,8	1,30
A-7	825	6,6	2,7	2,2	5,2	2,2	3,5	-0,02	5,6	0,4	1,60
A-8	900	4,2	5,0	2,7	5,6	2,6	3,2	-0,03	5,1	1,2	1,23
B-1	1.100	2,9	6,4	3,7	6,1	3,3	3,8	-0,13	4,8	2,2	1,14
B-2	860	4,7	4,1	2,1	4,8	2,4	3,1	0,11	4,7	0,9	1,31
B-3	1.010	3,8	5,6	3,2	5,4	3,6	3,4	0,11	4,8	1,50	0,94
C-1	1.500	4,3	11,9	4,6	6,2	7,5	7,2	0,39	4,8	2,8	0,96
C-2	950	2,9	5,4	3,2	5,2	4,0	1,7	0,20	4,2	1,9	0,42
C-3	1.000	2,4	5,0	3,4	4,0	4,8	2,4	0,29	3,4	2,1	0,50
C-4	850	4,4	4,5	2,1	6,2	2,6	2,0	0,10	5,2	1,0	0,77
E-S	570	3,3	2,3	1,6	3,9	2,1	1,6	0,24	3,7	0,7	0,76

Una particularidad del estudio estriba en que, de manera general, no hemos operado con datos analíticos puntuales, sino con valores medios de una serie de puntos, cercanos entre sí, y situados en sectores del acuífero con características hidrogeológicas similares. Con ello hemos pretendido eliminar ciertos valores excesivamente puntuales, consecuencia de factores relacionados con posibles errores de muestreo y/o analíticos, junto con otras anomalías de ámbito muy local, derivadas del estado de funcionamiento y utilización del punto de agua considerado.

En el plano hidrogeológico (fig. 1) hemos representado la situación aproximada de dichos sectores, su notación y los puntos empleados para obtener el valor medio. Los correspondientes valores analíticos originales han sido obtenidos de CASTILLO (1975). En el cuadro I exponemos los valores resultantes, así como el valor medio de una serie de análisis (CALVACHE, en prep.) del agua de escorrentía superficial (E. S.), procedente del río Guadalfeo, empleada en los regadíos tradicionales del área.

CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DE LOS MATERIALES DE BORDE

De acuerdo con CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO (1976), las aguas ligadas a los materiales metapelíticos alpujárrides, de baja permeabilidad, presentan facies y concentraciones muy variadas según el sector que se considere (*bicarbonatadas magnésicas, bicarbonatadas sódicas, cloro-sulfatadas magnésicas*). En el sector NO del área existe un afloramiento de materiales calizodolomíticos alpujárrides que alimenta al acuífero detrítico (CASTILLO, 1975), cuyas aguas presentan facies *bicarbonatada cálcica* y valores bajos de concentración, similar a la registrada por el río Guadalfeo (E. S.). Relacionado con este mismo acuífero carbonatado, existe una descarga, cuyo porcentaje respecto al total permanece aún por evaluar, de aguas termales, *sulfatadas cálcicas* y de concentración relativamente elevada, que han sido objeto de investigaciones detalladas (BENAVENTE y CALVACHE, 1981 b).

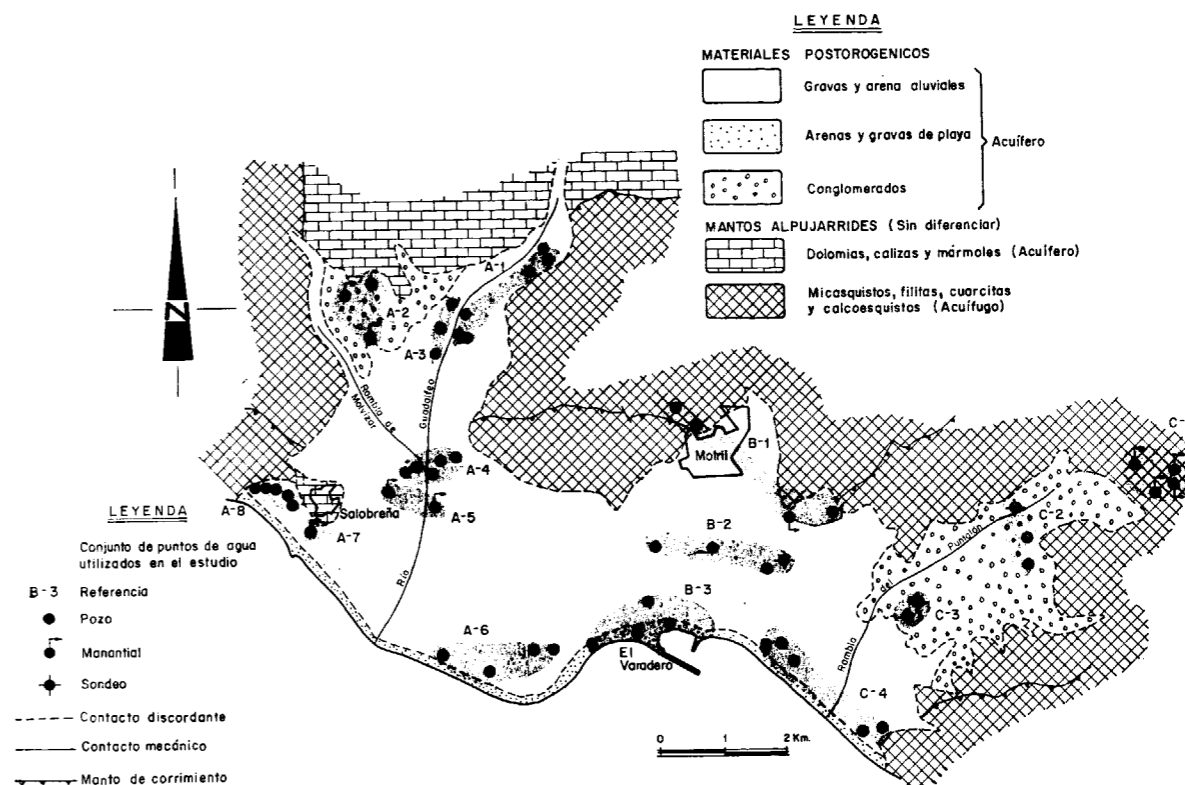


Figura 1.—Esquema hidrogeológico.

DESCRIPCION DE LOS PERFILES DE EVOLUCION HIDROQUIMICA

En la figura 2 hemos representado gráficamente, mediante diagramas logarítmicos verticales y triangulares, los valores correspondientes al cuadro I.

Perfil A

El perfil A se localiza, de manera aproximada, en el sector del cauce actual del río Guadalfeo y sus inmediaciones (fig. 1). Hemos considerado separadamente las aguas de cabecera correspondientes a la margen izquierda (A-1) y derecha (A-2 y A-3), con objeto de intentar detectar la posible influencia de la descarga de las aguas termales ya mencionadas. En el sector central no se hace tal distinción y se consideran ambas márgenes conjuntamente (A-4). El A-5 corresponde a muestras obtenidas en las principales surgencias del acuífero detrítico, inmediatamente al sur del A-4. El A-6 representa la media de una serie de pozos

cercanos a la línea de costa. El pequeño afloramiento carbonatado alpujárride sobre el que se ubica el pueblo de Salobreña actúa (según CASTILLO, 1975) como «colector» de las aguas del acuífero detrítico. Hemos considerado de interés extender el perfil, de manera que incluya las aguas de las surgencias ligadas a dicho afloramiento (A-7), así como las correspondientes al pequeño sector de acuífero detrítico existente al oeste de Salobreña, en la proximidad de la franja costera (A-8).

En el sector de cabecera (margen izquierda) existe gran semejanza, en concentración, facies y proporciones iónicas, entre los valores de A-1 y E. S., estas últimas ligeramente más concentradas en Cl⁻ y SO₄⁼.

En la margen derecha, las aguas de cabecera (A-2) tienen originalmente características (facies y concentración) muy diferentes del A-1, que se amortiguan a medida que se consideran sectores de muestreo (A-3) más próximos al área central del acuífero detrítico. En efecto, las aguas repre-

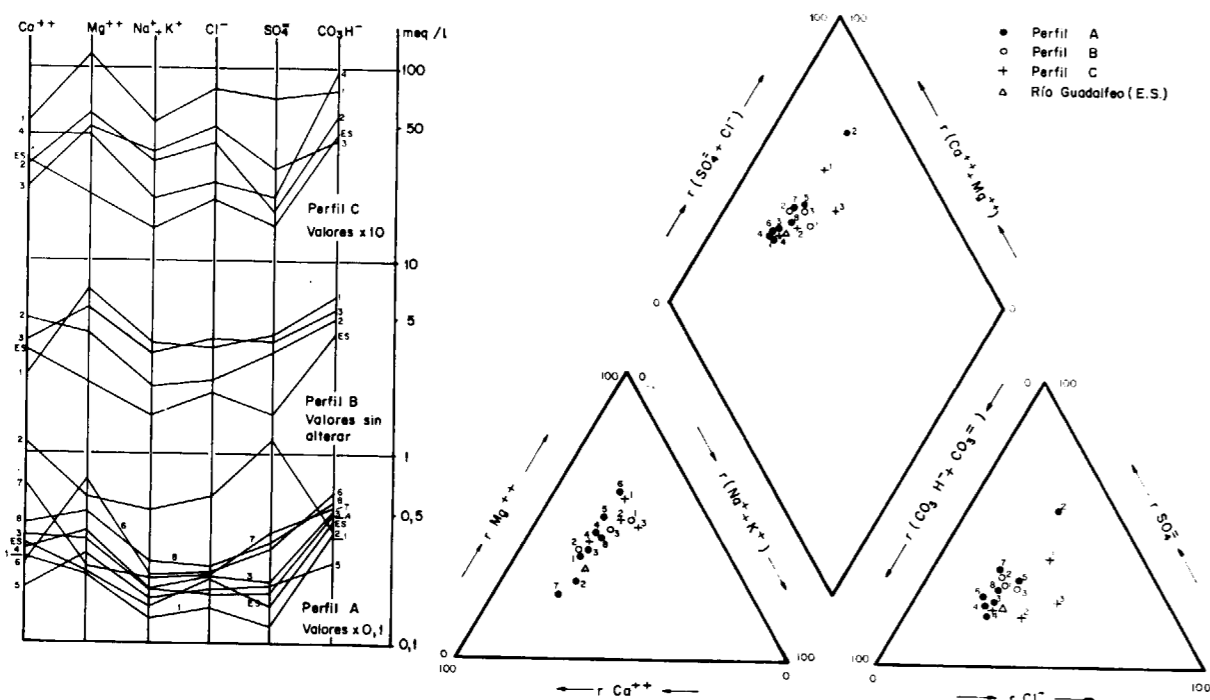


Figura 2.—Diagramas de representación.

sentadas por A-3 tienen proporciones iónicas muy semejantes al A-1, y denotan un incremento sistemático en la concentración de los principales iones disueltos, que señala una cierta influencia de las aguas del tipo A-2. Así el paso de A-2 a A-3 podría representar, en una primera aproximación, un fenómeno de mezcla de los tipos de aguas A-1 y A-2, como se desprende de su situación en el campo de aniones del diagrama triangular. En el campo de cationes aparece ligeramente desplazado de la posición teórica de mezcla, en el sentido de un incremento en la relación rMg^{++}/rCa^{++} que, como más adelante insistirá, constituye la tónica general de la evolución según el flujo subterráneo en este perfil. La proporción mayoritaria en tal mezcla de aguas correspondería al tipo A-1. Según esto, y a falta de datos hidrodinámicos más precisos, la influencia de las aguas termales en el resto del acuífero sería más cualitativa que cuantitativa, lo que de alguna manera confirma lo esbozado en el modelo hidrogeológico conceptual del sector, invocado para explicar la tipología de tales surgencias en anteriores investigaciones (BENAVENTE y CALVACHE, 1981 b).

Las aguas de los pozos del sector central (A-4)

presentan facies muy semejante al A-3. Al igual que en el caso anterior, el paso de A-3 a A-4 se caracteriza por una disminución en la concentración de $SO_4=$ y un incremento en la relación rMg^{++}/rCa^{++} , lo que respondería a los mismos procesos invocados anteriormente.

El paso de A-4 a A-5 recogería las posibles diferencias entre el agua de los pozos y la de los manantiales, dentro del mismo sector central. Se detecta, de acuerdo con la posición de los puntos en el diagrama triangular, un fenómeno de precipitación de carbonatos calcoalcalinos, que se confirma por la disminución en la concentración de CO_3H^- , Ca^{++} y Mg^{++} disueltos, así como por la neta reducción ofrecida por el valor K_r (cuadro I), proporcional a la presión parcial de CO_2 del sistema (CUSTODIO y LLAMAS, 1976).

Respecto al A-4, el análisis A-6 denota ligeros incrementos en la concentración de Cl^- , $SO_4=$ y Na^++K^+ , así como una reducción relativamente importante en la de Ca^{++} . El Mg^{++} y el CO_3H^- se incrementan de forma notable; en lo que se refiere a este último ión el aumento en su concentración indicaría una mayor agresividad del

agua, como se pone de manifiesto por el incremento en el valor K_r . Este fenómeno podría estar relacionado con el hecho de que la superficie freática se encuentra a poca profundidad (inferior a 2 m., en general), lo que justificaría aportes adicionales de CO_2 a partir de la densa cobertura vegetal desarrollada, habida cuenta de la importancia que en dicho sector adquiere el laboreo agrícola, sin olvidar la posible influencia de procesos de concentración en sales mediante evaporación directa (CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO, 1976). El notable incremento en la relación rMg^{++}/rCa^{++} pudiera deberse al hecho de que en esta franja litoral los sedimentos recientes (aluviales o de playas) acusan un grado de lixiviación inferior a los que componen el resto del acuífero y, por tanto, mantendrían valores originalmente elevados en dicha relación, lo que está de acuerdo con las consideraciones que, para dicha franja, hacen GEIRNAERT et al. (1981).

El agua correspondiente a la descarga por manantiales bajo el afloramiento carbonatado de Salobreña (A-7) muestra, respecto al A-4, un incremento en la concentración de todos los iones, excepto el Mg^{++} , particularmente importante en el caso del Ca^{++} y, en menor proporción aunque también considerable, en CO_3H^- y $SO_4=$. Del diagrama triangular parece deducirse, a grandes rasgos, un fenómeno de disolución de SO_4Ca , cuya consecuencia sería una neta disminución en la relación rMg^{++}/rCa^{++} . El incremento relativo detectado en la presión parcial de CO_2 según el valor de K_r podría deberse, de acuerdo con PULIDO et al. (1980), a fenómenos de descomposición de materia orgánica, relacionados con procesos de contaminación por vertidos líquidos urbanos. Hay que tener en cuenta el hecho de que los afloramientos carbonatados alpujárrides suelen presentar, fundamentalmente en sus tramos basales, intercalaciones de yeso, lo que contribuiría a explicar el posible origen de dicha sal.

El análisis A-8 muestra una composición muy semejante al anterior, con un ligero incremento en la concentración de Cl^- y Na^++K^+ y, especialmente, en la de Mg^{++} , lo cual conduce a valores de la relación rMg^{++}/rCa^{++} más acordes con los sedimentos cercanos a la costa, como ya apuntamos al comentar el análisis A-6.

En la figura 3 representamos la evolución «espacial» de los principales iones analizados a lo

largo del perfil A, en la cual se ponen de manifiesto las principales características reseñadas anteriormente.

Perfil B

El perfil B se localiza (fig. 1) en el sector central del acuífero detrítico (transversal Motril-Varadero), donde existe una distancia menor entre los materiales metapelíticos de borde y la línea de costas. El análisis B-1 responde a la composición media de las aguas correspondientes a los materiales de borde. La facies es *bicarbonatada magnésica*, con un valor original elevado en la relación rMg^{++}/rCa^{++} (2,2) y conductividad del orden de 1.100 micromhos/cm. El análisis B-2 representa la evolución sufrida por dichas aguas una vez dentro del acuífero detrítico, y bajo la influencia de los regadíos a partir de las acequias que derivan el agua del río Guadalfeo (análisis E. S.: facies *bicarbonatada cálcica*, con una relación rMg^{++}/rCa^{++} de 0,7 y conductividad cercana a 600 micromhos/cm.). El paso de B-1 a B-2 se caracteriza por una disminución generalizada de todos los iones, excepto el Ca^{++} que aumenta. En el campo de aniones del diagrama triangular ambos análisis son casi coincidentes; en el de cationes se refleja un aumento en la proporción de Ca^{++} y una disminución en la de Mg^{++} y Na^++K^+ . El I. C. B. aumenta de forma significativa, lo que podría obedecer a un proceso de endurecimiento por intercambio catiónico, al encontrar las aguas de cabecera sedimentos en equilibrio con las aguas de regadío. El análisis B-3 (pozos cercanos a la costa) presenta, respecto del anterior, una mayor concentración en todos los iones disueltos, principalmente Cl^- y Na^++K^+ , excepto el Ca^{++} que disminuye ligeramente. El hecho de que en gran parte de este sector la superficie piezométrica se encuentre a profundidad inferior al metro favorecería la existencia de procesos de concentración en ciertas sales mediante evaporación directa, sin olvidar el incremento natural en los iones disueltos debido al propio flujo subterráneo.

Perfil C

El perfil C se sitúa, de manera aproximada, a lo largo de la rambla del Puntalón (fig. 1). El análisis C-1 representa la composición media de

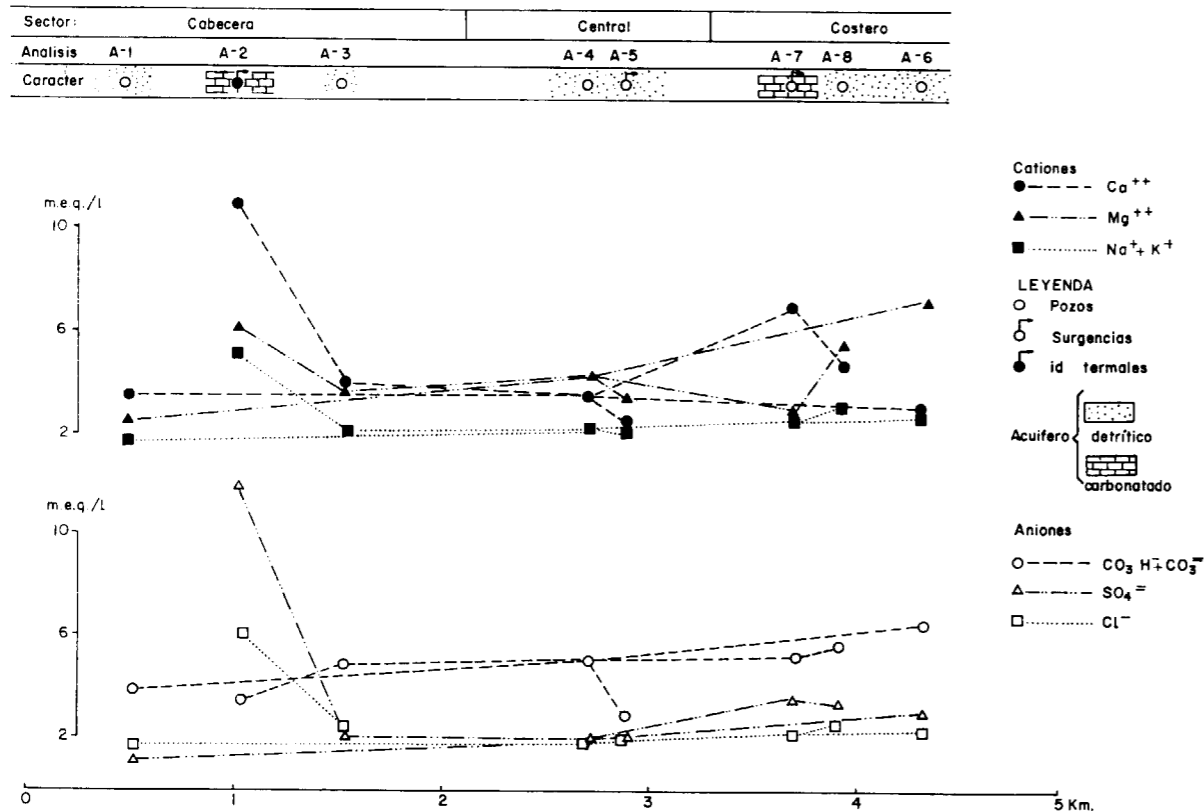


Figura 3.—Evolución hidroquímica según el flujo subterráneo en las inmediaciones del río Guadalfeo (perfil A).

una serie de pequeños manantiales en materiales metapelíticos (filitas, cuarcitas y calcoesquistos) de cabecera; la facies es *clorosulfatada magnésica*, y conductividad del orden de 1.500 micromhos/cm. El análisis C-2 corresponde a una serie de pozos localizados en materiales conglomeráticos de espesor reducido, que se sitúan directamente sobre los materiales metapelíticos antes citados (FERNÁNDEZ-RUBIO y ORELLANA, 1962). Las aguas presentan facies *bicarbonatada-clorurada magnésica*, con valores de conductividad cercanos a los 950 micromhos/cm. Esta diferencia podría deberse a un cambio de composición inherente a la propia naturaleza de los materiales metapelíticos basales. Si, por el contrario, se considera una evolución a partir del valor ofrecido por C-1, se observa una reducción general en la concentración de los diferentes iones, mucho más acentuada en el caso de $SO_4^{=}$. El elevado valor inicial de la relación rMg^{++}/rCa^{++} tiende a disminuir (de 2,8 a 1,9). En el campo de cationes del diagrama triangular ambos puntos aparecen

cercanos. La posición en el campo de aniones parece obedecer a un fenómeno de reducción de sulfatos. No se detecta, sin embargo, ningún incremento en la concentración de CO_3H^- (CUSTODIO y LLAMAS, 1976), lo que podría deberse a un proceso de precipitación de carbonatos, como parece sugerir la disminución en el valor K_r . Dicha precipitación implicaría en mayor proporción al Mg^{++} que al Ca^{++} , como reacción frente al elevado valor rMg^{++}/rCa^{++} inicial. En cualquier caso, y a falta de más argumentos al respecto, podría ocurrir que ambos fenómenos concurrieran (composición bicarbonatada magnésica original y evolución, fundamentalmente por reducción de sulfatos, de las aguas clorosulfatadas magnésicas de cabecera).

El análisis C-3 corresponde al sector central del perfil; presenta facies *cloro-bicarbonatada magnésica* y conductividad del orden de 1.000 micromhos/cm., semejante a grandes rasgos al anterior.

El análisis C-4 representa el extremo final de

la Rambla del Puntalón, junto a la línea de costas. Corresponde a un área de intenso desarrollo de las labores agrícolas. A este respecto hay que señalar que en la Vega de Motril-Salobreña, y fundamentalmente en las áreas de «antiguos regadíos», como es el caso de este sector del perfil, existe un monocultivo típico (caña de azúcar), cuya modalidad de riego (por inundación) y dotación de agua para el mismo (del orden de 15.000 metros cúbicos/Ha/año, según PULIDO et al., 1980) es muy favorable para la recarga del acuífero. Como ya se apuntó en el perfil B, esta influencia de las aguas de regadío será más patente en aquellos casos, como este de la Rambla del Puntalón, en que debido a la menor potencialidad hidrogeológica del acuífero (CASTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO, 1978), dicha alimentación representa un porcentaje elevado de la recarga total.

La facies detectada en el análisis C-4 es *bicarbonatada magnésico-cálcica*, y conductividad del orden de 850 micromhos/cm. En el diagrama logarítmico vertical puede comprobarse su semejanza con el correspondiente al agua empleada para el regadío (E. S.). La influencia de este tipo de aguas, fuertemente bicarbonatadas cálcicas, se traduce en una neta disminución de la relación rMg^{++}/rCa^{++} (de 2,1 a 1). El I. C. B. también disminuye, y se detecta un incremento en la relación $rSO_4^{=}/rCl^-$ hasta adquirir valores semejantes a los de E. S. En general, y respecto al análisis C-3, hay una disminución manifiesta en la concentración de todos los iones, salvo el Ca^{++} y el CO_3H^- que aumentan de forma apreciable. En el campo de los cationes del diagrama triangular se observa cómo el punto C-4 parece responder a una mezcla entre E. S. y C-3, con un ligero desplazamiento atribuible a la posible influencia de fenómenos de intercambio catiónico. En el campo de los aniones ambos puntos son prácticamente coincidentes, y el punto teórico de mezcla estaría desplazado en el sentido de un incremento en la proporción de CO_3H^- . Este aspecto se apoya con el notable aumento del valor K_r respecto al análisis C-3 (de 3,4 a 5,2) que, de acuerdo con los datos referentes a los cationes, podría responder a un proceso de disolución de CO_3Ca . Como ya señalamos en anteriores perfiles, este incremento en la agresividad de las aguas podría justificarse a partir de aportes de CO_2 , habida cuenta de la escasa distancia que separa en dicho sector al nivel freático de la super-

ficie del suelo, muy rico en materia vegetal, intensamente cultivado y con un lavado importante a partir de las aguas de riego.

CONCLUSIONES

- En el acuífero detrítico de Motril-Salobreña (Granada), y a partir de una serie de perfiles hidrogeoquímicos en el sentido del flujo subterráneo, se ha puesto de manifiesto la influencia de las aguas de escorrentía superficial del río Guadalfeo y sus derivaciones para regadío sobre el resto de las aguas procedentes de los materiales que constituyen los límites del acuífero, especialmente en aquellas áreas de menor potencialidad hidrogeológica en que dichos aportes son mayoritarios respecto al total de la alimentación, además de la posible ocurrencia de otros fenómenos modificadores del quimismo original de tales aguas (evaporación directa, cambio de bases, reducción de sulfatos, precipitación y disolución de ciertas sales, etc.).
- La relación rMg^{++}/rCa^{++} ha resultado ser un excelente indicador de la evolución hidrogeoquímica del acuífero, ya que además de mostrar un incremento progresivo en el sentido del flujo subterráneo, presenta, en general, valores elevados en las aguas ligadas a los materiales de borde, para más adelante disminuir debido a la influencia de las aguas de escorrentía superficial, y vuelve a incrementarse en los sectores cercanos a costas, al encontrar sedimentos relativamente más recientes, con menor grado de lixiviación por aguas continentales.
- Se han evidenciado ciertas variaciones en el quimismo de las aguas, ligadas fundamentalmente a cambios locales en la presión parcial de CO_2 . Así las surgencias relacionadas con el acuífero detrítico muestran una reducción en dicho factor respecto a los pozos de su entorno; el fenómeno contrario se manifiesta en los manantiales de Salobreña, verosíblemente inducido por procesos derivados de la descomposición de materia orgánica (contaminación por residuos líquidos urbanos); en sectores próximos a costas se detecta un incremento relativo de la agresividad de las aguas, que podría estar

en relación con la escasa distancia (inferior a 2 m.) que separa el nivel piezométrico de la superficie del suelo, con abundante materia vegetal y un intenso lavado por las aguas de riego.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores doctores FERNÁNDEZ-RUBIO y PULIDO BOSCH, de la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Granada, su atenta revisión del manuscrito original y sus continuas sugerencias al respecto.

BIBLIOGRAFIA

- ALDAYA, F.: *Memoria explicativa de la Hoja de Albuñol (núms. 20-44) del Mapa Geológico Nacional escala 1/50.000*. IGME, Madrid (1981).
- AVIDAD, J., y GARCÍA DUEÑAS, V.: *Memoria explicativa de la Hoja de Motril (núms. 19-44) del Mapa Geológico Nacional escala 1/50.000*. IGME, Madrid (1981).
- BENAVENTE, J.: *Nuevos datos hidrodinámicos en el acuífero de Motril-Salobreña (Granada)*. Simp. Agua Andalucía, vol. II, pp. 579-588, Granada (1981).
- BENAVENTE, J., y CALVACHE, A.: *Aspectos hidrogeoquímicos de algunos acuíferos detríticos costeros en la provincia de Granada*. Simp. Agua Andalucía, vol. II, pp. 731-753, Granada (1981a).

BENAVENTE, J., y CALVACHE, A.: *Los manantiales termales de Lobres (Granada) y su entorno hidrogeológico*. Simp. Agua Andalucía, vol. II, pp. 599-614, Granada (1981b).

CALVACHE, A.: *Variaciones hidroquímicas en el acuífero detrítico de Motril-Salobreña*, Tesis de Licenciatura, Univ. de Granada (en prep.).

CASTILLO, E.: *Hidrogeología de la vega de Motril-Salobreña y sus bordes*. Tesis de Licenciatura (inédita), 1.984 pp., Univ. de Granada (1975).

CASTILLO, E., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: *Hidroquímica de los acuíferos del delta del Guadalfeo y sectores adyacentes (Motril, Granada)*. I Simp. Nac. Hidrog., vol. II, pp. 951-964, Valencia (1976).

CASTILLO, E., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: *Hidrogeología del acuífero de la vega de Motril-Salobreña (Granada)*. Bol. Geol. Min., t. LXXXIX, pp. 571-580, Madrid (1978).

CUSTODIO, E., y LLAMAS, M.: *Hidrología Subterránea*, volumen I, Ed. Omega, 1.157 pp., Barcelona (1976).

FERNÁNDEZ-RUBIO, R., y ORELLANA, E.: *Prospección geológico-geofísica en la rambla del Puntalón (Motril) y en los llanos de Carchuna (Calahonda), para el I. N. C. Aero Service Limited*, 17 pp., Madrid (1962).

GEIRNAERT, W.; PULIDO BOSCH, A.; CASTILLO, E., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: *Estudio de la geometría del acuífero detrítico de la vega de Motril-Salobreña mediante SEV*. Simp. Agua Andalucía, vol. I, pp. 291-302, Granada (1981).

PULIDO BOSCH, A.; GARCÍA GÓMEZ, J., y BENAVENTE, J.: *Las fuentes potenciales de contaminación en los acuíferos de Salobreña (Granada)*. Rev. Tecniterrae, 33, pp. 31-38, Madrid (1980).

Recibido: Septiembre de 1981

El Complejo Básico de Barcarrota: Su petrología y estructura

Por A. CARNICERO (*) y A. CASTRO (*)

R E S U M E N

El Complejo Básico de Barcarrota (Badajoz), constituido esencialmente por rocas dioríticas y gabroicas, es intrusivo en los metasedimentos del Cámbrico Inferior-Precámbrico y en el plutón granítico de Higuera-Táliga (CARNICERO y CASTRO, in litt).

Se describe la petrología de cada tipo de roca y facies de variación que presentan; también se expone un estudio de su estructura con una cartografía que recoge nuevos datos de la geología de la zona.

Por último, se propone una posible posición estructural de «Complejo» en relación con la Orogenia Hercínica.

A B S T R A C T

The Barcarrota Basic Complex, consisting mainly of dioritic and gabbroic rocks, is intrusive into metasediments of the precambrian and lower cambrian age, as well as into the Higuera-Táliga Granitic Pluton (CARNICERO y CASTRO, in litt).

A petrologic description of the different rock types and their facial variation is given.

The present paper also features a structural study of the area investigated, together with a mapping that provides new data about the regional geology.

Finally, a proposal is made concerning the structural setting of the «Complex» with regard to the Hercynian Orogeny.

INTRODUCCION

El Complejo Básico de Barcarrota forma parte del «Plutón Central de Barcarrota» (APARICIO et al, 1977). Es uno más de los afloramientos de este tipo que se encuentran alineados en el núcleo del Anticlinorio Olivenza-Monesterio (ALIA, 1963), con los de Cabeço de Vide y Elvas en la parte portuguesa descritos por TÔRRE DE ASSUNÇÃO y GONÇALVES (1970), y más al SE, el de Burguillos del Cerro en la parte española, bien conocido por su interés económico.

Se trata de una zona en la que coalescen espacialmente rocas genéticamente diferentes; por una parte se encuentra el granito de Higuera-Táliga (CARNICERO y CASTRO in litt) e, intrusivo en él, el complejo básico objeto de este trabajo.

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica. Universidad de Salamanca.

EL COMPLEJO BASICO DE BARCARROTA

Lo forman rocas con diferencias en el quimismo y en los caracteres estructurales y texturales, pero íntimamente relacionadas entre sí.

Se trata de un complejo anular de aproximadamente 10 Km. de diámetro, en el que las rocas básicas se sitúan en el centro rodeadas por una estrecha banda de granitos y sienitas, excepto en el borde SE, donde se encuentran en contacto con los metasedimentos calcosilicatados y pelíticos del núcleo del anticlinorio Olivenza-Monesterio.

1. LAS ROCAS BASICAS

Presentan fuertes variaciones en textura, tamaño de grano y composición; van desde gabros

olivínicos de grano fino a gabros piroxénicos, melanodioritas anfibólicas, gabros anfibólicos de grano grueso, granodioritas y cuarzodioritas. La mayor parte de estas rocas presentan pasos graduales de unas a otras; los gabros olivínicos se disponen en pequeños apuntamientos (ortoacumulados). La facies predominante es la de melanodioritas anfibólicas de grano medio, que además presentan un curioso bandeado subhorizontal que será tratado más adelante.

Su petrografía es bastante compleja y permite distinguir tres grupos petrográficos importantes: melanodioritas anfibólicas, gabros piroxénicos y melanodioritas olivínicas.

1.1. Melanodioritas anfibólicas

Constituyen aproximadamente el 90 por 100 de las rocas básicas del «complejo»; presentan como minerales esenciales plagioclasa, hornblenda marrón y biotita, que frecuentemente es un componente accesorio.

La plagioclasa en ningún caso supera el 50 por 100 de An, normalmente tiene una composición entre 35 por 100 y 40 por 100 An; no es muy frecuente que esté zonada y cuando lo está el zonado es normal (núcleo más básico). La hornblenda se presenta en cristales subidiomorfos, a veces con inclusiones de piroxenos; los accesorios más comunes son: cuarzo, apatito, clinopiroxeno, biotita, esfena, circón, allanita y, en gran abundancia, la ilmenita y la magnetita.

1.2. Gabros piroxénicos

Entre estas rocas y las melanodioritas, descritas anteriormente, existen todos los pasos intermedios a medida que la plagioclasa se hace algo más básica y el clinopiroxeno más abundante, de todas formas la plagioclasa raramente supera el 55 por 100 de An.

El clinopiroxeno es pigeonita (2V pequeño), que por lo general está uralitizada, lo que dificulta su determinación en muchos casos. Los accesorios son prácticamente los mismos que para el grupo anterior, con la salvedad de que pueden tener olivino y los óxidos metálicos son menos abundantes.

1.3. Melanodioritas olivínicas

Son bastante escasas, se suelen presentar en ortoacumulados. Como minerales esenciales tienen plagioclasas, olivino y anfíbol.

La plagioclasa tiene un contenido medio en An del 38 por 100; el olivino, que es bastante férrico, se presenta en cristales de idiomorfos a subidiomorfos poco o nada alterados; el anfíbol es hornblenda marrón, y aparece rodeando al olivino (fig. 1) en una textura curiosa que no puede ser interpretada por desestabilización del olivino con el fundido, sino, más bien, por cristalización precoz de anfíbol nucleado por los cristales de olivino que se estaban formando.

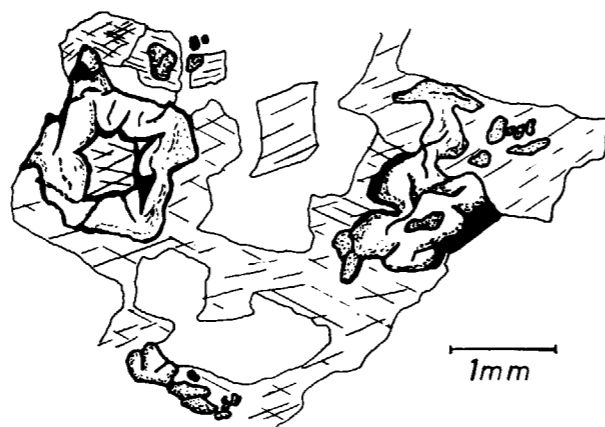


Figura 1.—Cristales de olivino rodeados de hornblenda, ambos de cristalización magmática.

1.4. Estructuras bandeadas (LAYERING)

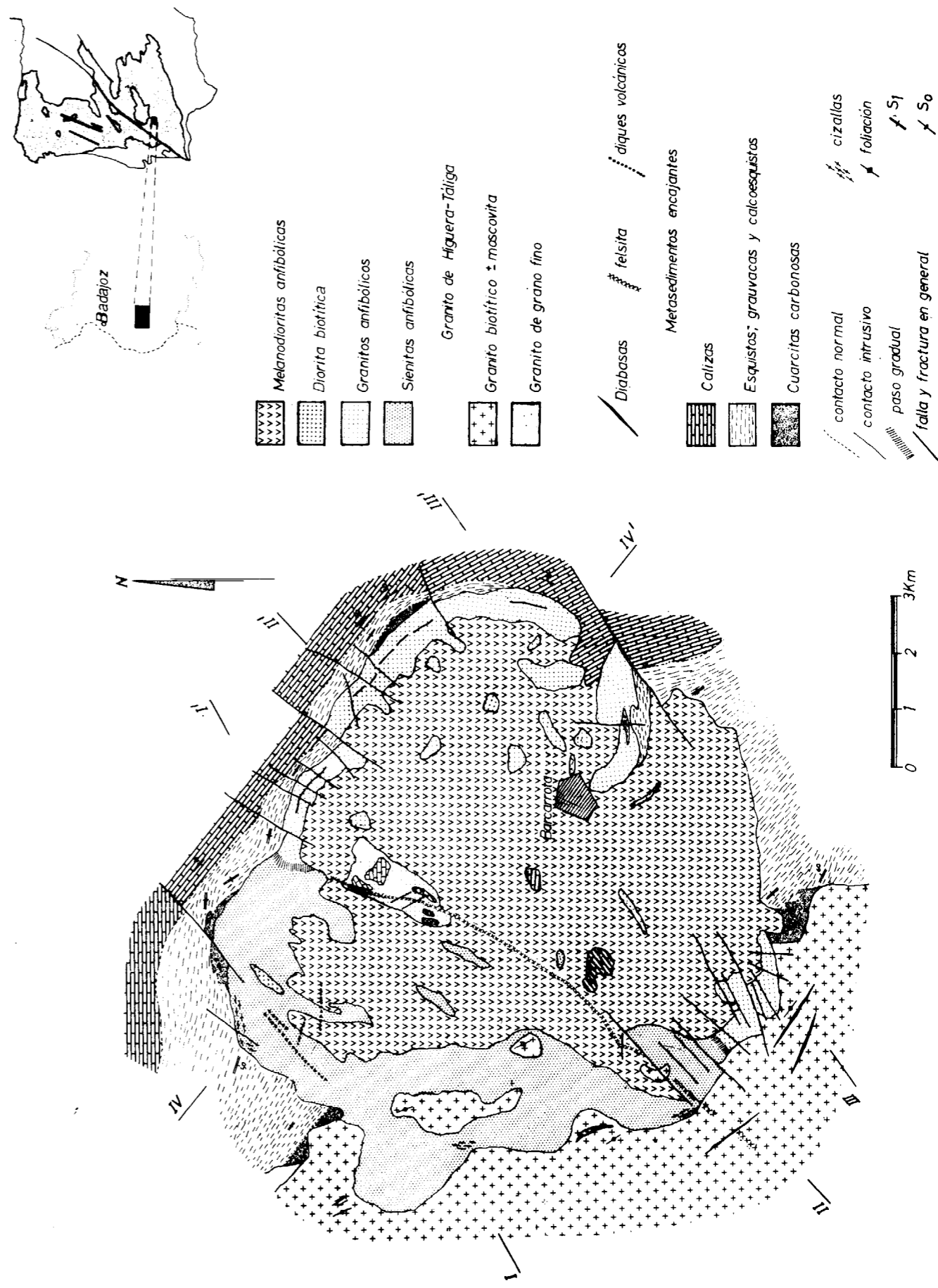
Lo más llamativo de estas rocas básicas es, sin duda, la presencia de estructuras bandeadas; las bandas son de 5 a 10 cm. de potencia y algunos metros de longitud. Se trata de lechos alternantes en los que sólo varía la proporción relativa de féficos a plagioclasas, los lechos claros tienen una composición leucotonalítica, y los oscuros, diorítica o melanodiorítica, el contacto entre ellos es siempre gradual. Este bandeado no es general en toda la zona y se presenta localmente subhorizontal o buzando de 10° a 30° al NO (fig. 2).

Se carece de datos suficientes para explicar su origen, por el momento se piensa que fuera debido a un proceso de deposición, sin que sea posible determinar cuál ha sido el mecanismo de control.

MAPA GEOLOGICO DEL COMPLEJO BASICO DE BARCARROTA (BADAJOZ) SIERRA MORENA OCCIDENTAL



MAPA GEOLOGICO DEL COMPLEJO BASICO DE BARCARROTA (BADAJOZ) SIERRA MORENA OCCIDENTAL



Por último, son frecuentes los fenómenos autometasmáticos, lo que se refleja en una blastesis de Albita, en ocasiones con gran desarrollo, y de biotita poiquilítica, esta última asociada a unas facies «pegmatoides».

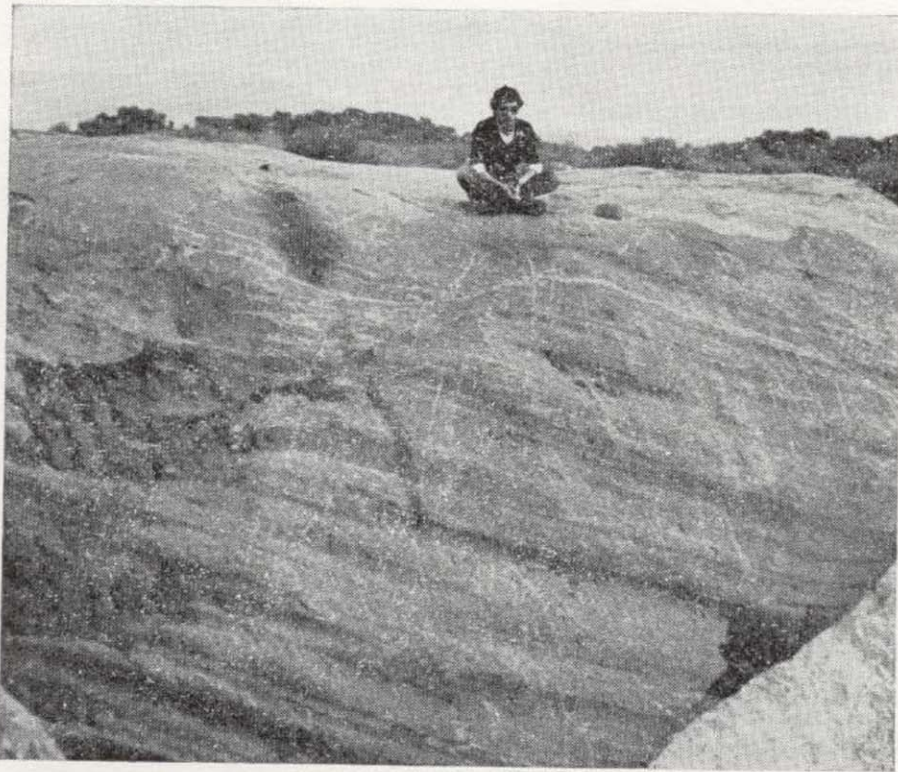


Figura 2.—Estructura bandeada en la melanodiorita anfibólica. Carretera al S de Barcarrota.

1.5. Rocas asociadas

Estas rocas básicas (melanodioritas) llevan asociadas otras, tales como «pegmatoides» (1) difusos, a veces movilizados en pequeños diques, que son cortados por otros de composición básica, grano muy fino y color oscuro debido a la gran abundancia de ilmenita y biotita. Al microscopio estos diques tienen una textura fluidal (traquítica) definida por los microlitos de plagioclasa. Los «pegmatoides» se presentan normalmente difusos dentro de la melanodiorita (fig. 3). Esencialmente están constituidos por plagioclasas zonadas con grandes cristales idiomorfos, pirita e ilmenita, esta última, a veces, muy concentrada.

Estos «pegmatoides» se consideran diferenciados «in situ» de la propia melanodiorita, de igual modo que muchas de las clásicas pegmatitas de las rocas graníticas.

(1) Entendemos como «pegmatoides» rocas que han desarrollado cristales de gran tamaño y que por su estructura y relación con la melanodiorita serían equiparables a las pegmatitas graníticas.

2. GRANITOS Y SIENITAS

Se encuentran rodeando a las rocas básicas en una estructura anular perfecta, también se disponen en pequeños apuntamientos no enraizados, «colgados» encima de las melanodioritas (fig. 4) y en pequeños filones anastomosados dentro de estas últimas.

El contacto con las melanodioritas es siempre neto; localmente se observan pequeñas zonas de mezcla mecánica que serán tratadas más adelante, y no existe zonación radial alguna. Entre granitos y sienitas existen siempre términos intermedios con paso gradual insensible, aunque espacialmente forman dominios diferentes.

2.1. Granitos anfibólicos

Aspecto macroscópico

Lo más característico de estos granitos es su homogeneidad a escala mesoscópica a lo largo de toda su extensión, son siempre equigranulares de grano medio (4 a 6 mm.), los feldspatos presentan un hábito equidimensional característico. Cuando están alterados presentan un color rosáceo por la oxidación meteórica del Fe de los anfíboles; frescos son de color gris oscuro debido no a los fémcicos, que son muy escasos, sino al

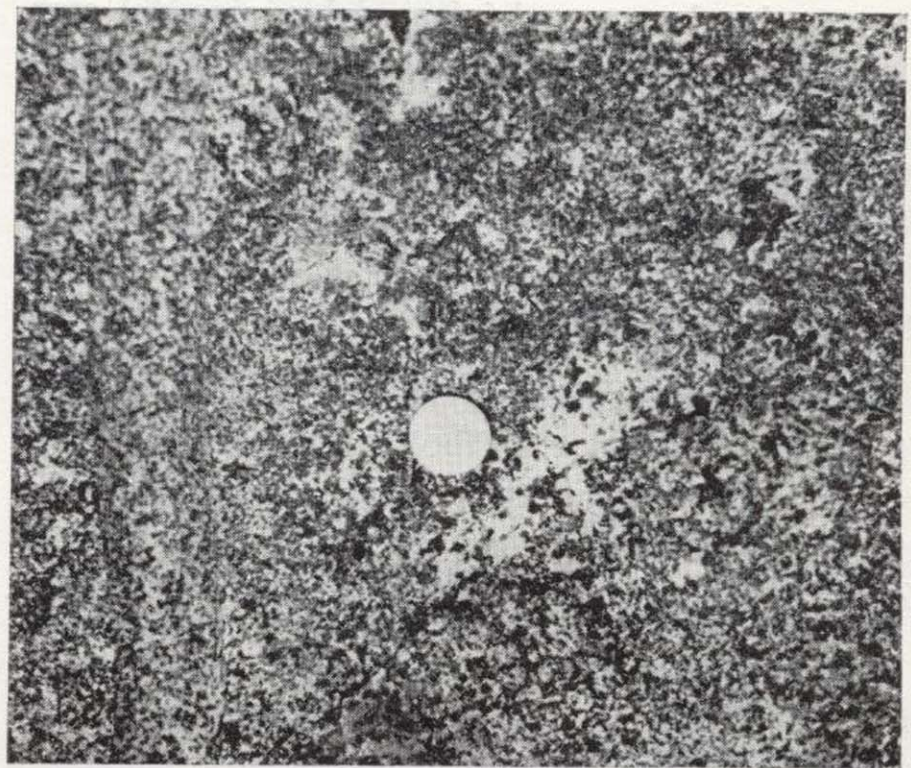


Figura 3.—«Pegmatoides» de plagioclasa y biotita difusos en la melanodiorita anfibólica. Cantera al S de Barcarrota.

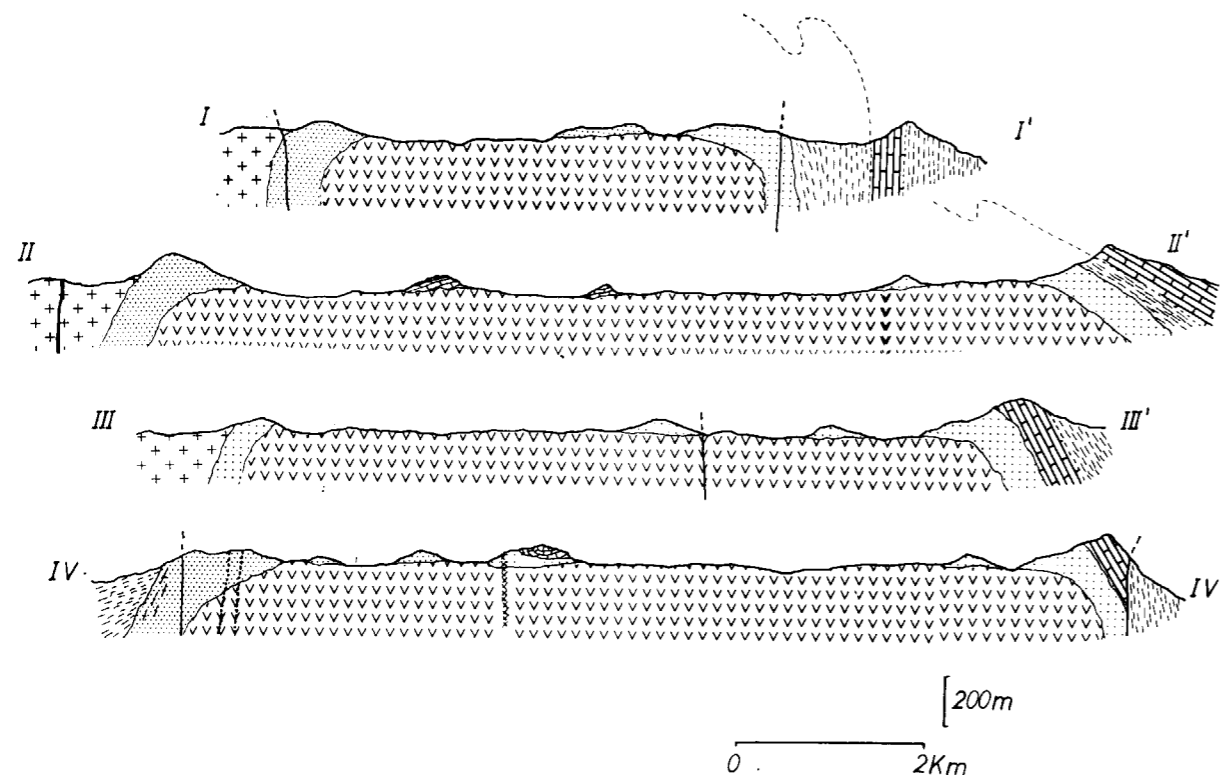


Figura 4.—Cortes interpretativos del «Complejo básico» de Barcarrota.

cuarzo ahumado y al gris verdoso de los feldespatos.

Estos granitos suelen dar pequeños berrocales que resaltan en la topografía sobre las lomas suaves que dan las rocas básicas del núcleo del complejo. Presentan pequeños enclaves tonalíticos de 2 a 4 cm., sobre todo cerca del contacto con las rocas básicas.

Aspecto microscópico

Presentan una mineralogía muy sencilla: cuarzo, feldespato alcalino y anfíbol —no tienen micas ni plagioclasas—, por tanto, la característica petrográfica esencial es la presencia de anfíbol como único ferromagnesiano y de feldespato pertítico.

El feldespato es microclina pertítica; originariamente estaría en condiciones «hipersolvus», que al descender la temperatura sufre una desmezcla en estado sólido (pertitas) y una microclinización posterior o simultánea a la pertitización. Estas

pertitas son tan abundantes que es mejor hablar de *mesopertitas* (fig. 5), es decir, la proporción de feldespato sódico a potásico sería de 1:1; es frecuente reconocer por lo menos dos sistemas de pertitas; el primer sistema se produce en forma de cordones o hilos, es decir, del tipo «string-albite» de ANDERSEN (in SMITH, 1974), según los planos (010), este primer sistema es cortado por otro posterior del tipo «vein-albite» de ANDERSEN, poco generalizado. En ocasiones también pueden observarse texturas de albitización tardía en «patches» que sería debida a un autometasomatismo claramente postmagmático, superponiéndose a las pertitas o borrándolas; es siempre local y poco significativa.

El anfíbol es una hornblenda sódica de la serie pargasita-ferrohastingsita; las determinaciones ópticas indican que se trata de ferrohastingsita; presenta un hábito subidiomorfo, a veces en cúmulos de varios cristales con inclusiones de circón, allanita, xenotima, etc.; se alteran a uralitas, biotita, y menos frecuentemente a estilpnomelana.

El cuarzo es de color oscuro, «cuarzo ahumado»,



probablemente relacionado con la presencia de minerales radiactivos, y está poco o nada deformado.

Estos granitos presentan una gran variedad de accesorios, siendo relativamente abundantes los radiactivos: circón, xenotima, allanita, y también frecuentes apatito, esfena y rutilo.

2.2. Sienitas anfibólicas

Constituyen la parte O del «anillo», pasando a través de cuarzo-sienitas a los granitos anteriormente descritos.

El aspecto macroscópico es muy similar al de los granitos. Por alteración dan lugar a una tierra roja característica; frescas son de color casi negro. El tamaño de grano varía de medio a grueso.

Al microscopio presentan también grandes afinidades texturales con los granitos anfibólicos: equigranulares, feldespatos equidimensionales. Tienen también un solo feldespato, que es microclina pertítica (mesopertitas); el anfíbol es ferrohastingsita, el cuarzo puede no existir y los accesorios son como antes: circón, xenotima, allanita, apatito, etc.

A diferencia de los granitos anfibólicos, estas sienitas presentan facies ricas en félicos (melanocuarzo-sienitas anfibólicas), incluso facies con oli-

vino. En zonas en que la roca ha sufrido tectonización local, se desarrolla riebeckita crecida probablemente a partir de biotita (fig. 6) en haces sobrepuestos a la deformación de la roca. La formación de riebeckita postcinemática puede estar relacionada con la removilización del Na de los feldespatos durante la deformación (TEXEIRA y TÔRRE DE ASSUNÇÃO, 1957; FLOOR, 1966); no obstante, estas facies son muy escasas y se encuentran en zonas restringidas del borde del complejo.

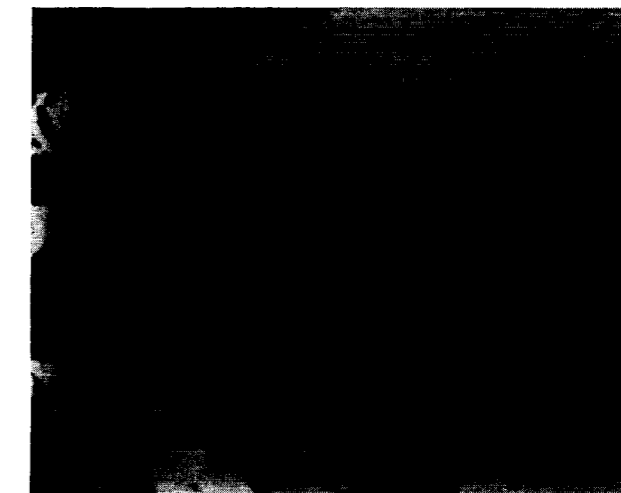


Figura 6.—Cristales de riebeckita prismática y acicular sobrepuestos a los planos de tectonización. Cizallas de emplazamiento en el borde NO de la sienita anfibólica. L.N.

2.3. Rocas asociadas

Los granitos y sienitas del anillo están atravesados por diques aplíticos, diferenciados del propio granito; estos diques presentan idéntica composición mineralógica de la roca de la que derivan y sólo se diferencian en su textura. También existen diques del mismo granito que atraviesan a las rocas básicas.

2.4. Zona de mezcla

Se localizan en algunos puntos del contacto roca básica-granito o roca básica-sienita, presentan gran complejidad estructural, existiendo enclaves de melanodiorita en el granito y, al revés, de granito en las melanodioritas, todo dispuesto caóticamente. Se interpretan como mezclas mecánicas rela-

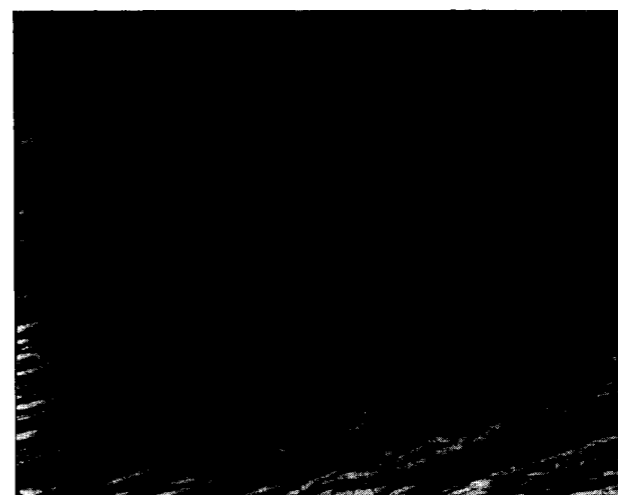


Figura 5.—Feldespato alcalino mesopertítico tipo «string-albite» cortado por otro sistema, «vein-albite» Andersen; en los granitos anfibólicos. L.P.



probablemente relacionado con la presencia de minerales radiactivos, y está poco o nada deformado.

Estos granitos presentan una gran variedad de accesorios, siendo relativamente abundantes los radiactivos: circón, xenotima, allanita, y también frecuentes apatito, esfena y rutilo.

2.2. Sienitas anfibólicas

Constituyen la parte O del «anillo», pasando a través de cuarzo-sienitas a los granitos anteriormente descritos.

El aspecto macroscópico es muy similar al de los granitos. Por alteración dan lugar a una tierra roja característica; frescas son de color oscuro casi negro. El tamaño de grano varía de medio a grueso.

Al microscopio presentan también grandes afinidades texturales con los granitos anfibólicos: equigranulares, feldespatos equidimensionales. Tienen también un solo feldespato, que es microclina pertítica (mesopertitas); el anfíbol es ferrohastingsita, el cuarzo puede no existir y los accesorios son como antes: circón, xenotima, allanita, apatito, etc.

A diferencia de los granitos anfibólicos, estas sienitas presentan facies ricas en fémcicos (melanocuarzo-sienitas anfibólicas), incluso facies con oli-



Figura 5.—Feldespato alcalino mesopertítico tipo «stringalbite» cortado por otro sistema, «vein-albite» Andersen; en los granitos anfibólicos. L.P.

vino. En zonas en que la roca ha sufrido tectonización local, se desarrolla riebeckita crecida probablemente a partir de biotita (fig. 6) en haces sobrepuestos a la deformación de la roca. La formación de riebeckita postcinemática puede estar relacionada con la removilización del Na de los feldespatos durante la deformación (TEXEIRA y TÔRRE DE ASSUNÇÃO, 1957; FLOOR, 1966); no obstante, estas facies son muy escasas y se encuentran en zonas restringidas del borde del complejo.

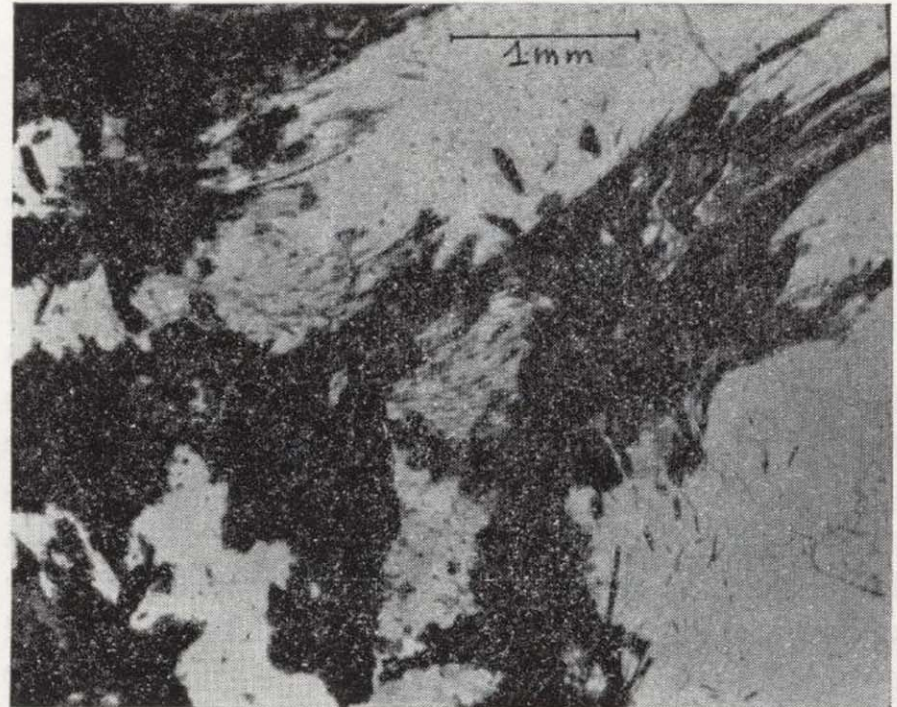


Figura 6.—Cristales de riebeckita prismática y acicular sobrepuestos a los planos de tectonización. Cizallas de emplazamiento en el borde NO de la sienita anfibólica. L.N.

2.3. Rocas asociadas

Los granitos y sienitas del anillo están atravesados por diques aplíticos, diferenciados del propio granito; estos diques presentan idéntica composición mineralógica de la roca de la que derivan y sólo se diferencian en su textura. También existen diques del mismo granito que atraviesan a las rocas básicas.

2.4. Zona de mezcla

Se localizan en algunos puntos del contacto roca básica-granito o roca básica-sienita, presentan gran complejidad estructural, existiendo enclaves de melanodiorita en el granito y, al revés, de granito en las melanodioritas, todo dispuesto caóticamente. Se interpretan como mezclas mecánicas rela-

cionadas con la intrusión del anillo (granitos y sienitas).

2.5. Brechas intrusivas

Constituidas por bloques angulosos, de una composición diorítica, de grano fino «cementados» por una roca leucocrática de composición granítica a Q-sienítica y textura similar a la de los granitos anfibólicos (fig. 7).

3. CLASIFICACION

Se han analizado químicamente once muestras, con cuyos resultados se han calculado las normas de Rittmann y C. I. P. W.

Al proyectar los datos obtenidos de la norma de Rittmann (RITTMANN, 1974), se puede ver cómo las rocas básicas abarcan un gran campo desde granodioritas a gabros en el triángulo de Streckeisen (fig. 8). Las rocas del «anillo» siguen una línea que va de granitos s.s. a cuarzdioritas y cuarzomonzo-dioritas; esta disposición es irreal debido a que se considera como plagioclasas (P) cuando el contenido en An es mayor del 5 por 100, y estas rocas superan ligeramente este límite (como media An 12).

Sin embargo, al hacer la proyección de los contenidos normativos (norma C. I. P. W.) en el triángulo de clasificación de HIETANEN (1963) (fig. 9)

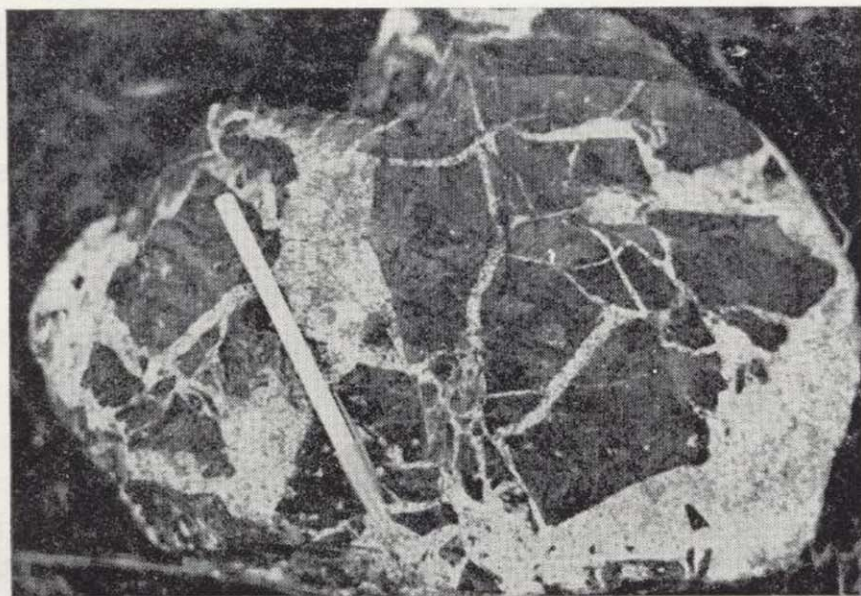


Figura 7.—Diorita brechificada por efecto de la intrusión del granito anfibólico. Arroyo de las Cañas. SE de Barcarrota.

de Ab-Or-An, las rocas del «anillo» se proyectan en el campo de «granito». Por otro lado, las rocas básicas proyectadas en este diagrama no sufren grandes cambios de nomenclatura respecto al anterior, abarcando los campos 8, 9, 13 y 14, que corresponden, en este orden, a tonalitas monzoníticas, granodioritas, dioritas cuarcíferas y gabros.

Rocas encajantes

En el borde O el Complejo de Barcarrota se propone en contacto con el granito de Higuera-Táliga (*op. cit.*), éste es un granito de grano grueso, porfídico, generalmente biotítico con facies moscovíticas, atravesado por un denso haz de diabasas. En el borde E, los materiales encajantes son metasedimentos constituidos por una serie calcárea del Cámbrico Inferior (RICHTER, 1940-1941), debajo de la cual se dispone un nivel de calcoesquistos y cuarcitas carbonosas, y una serie constituida por alternancias de pizarras, grauvacas y cuarcitas (Serie Negra). En este contacto E el metamorfismo de contacto desarrollado es muy intenso, dando lugar a una recrystalización total de la roca con formación de diópsido y plagioclasas en los niveles calcosilicatados.

Relaciones estructurales y de emplazamiento

El Complejo Básico de Barcarrota es intrusivo en el granito de Higuera-Táliga, el cual se inter-

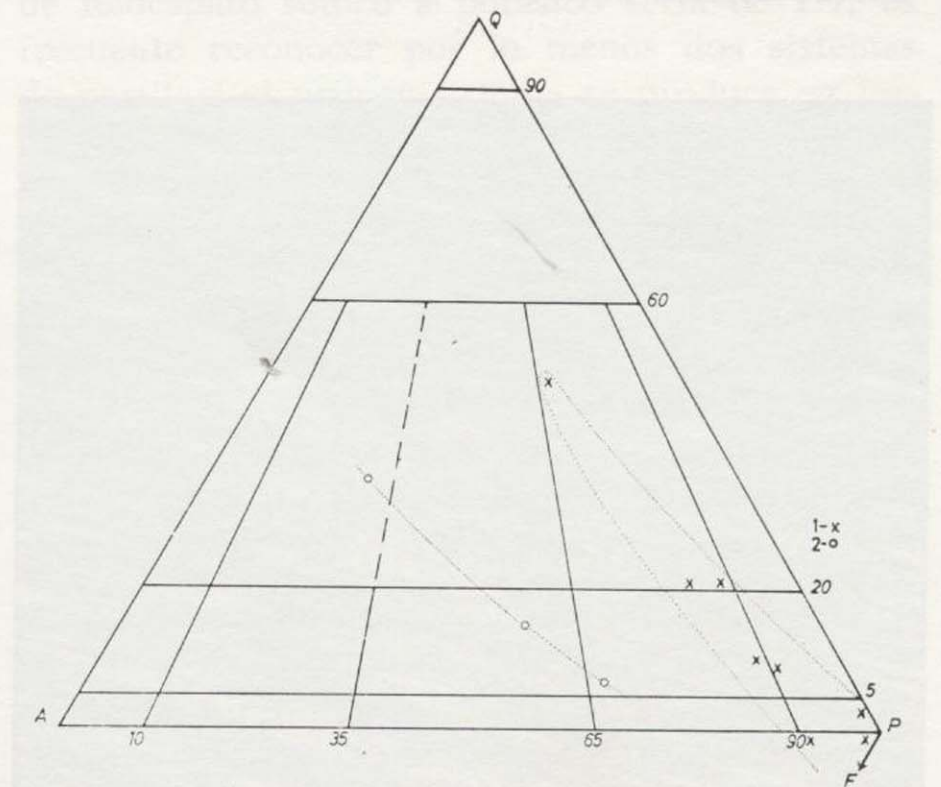


Figura 8.—Triángulo de clasificación de Streckeisen. Proyección de datos obtenidos a partir de la composición normativa de Rittmann (RITTMANN, 1974). 1. Rocas básicas del «Complejo» de Barcarrota. 2. Granitos y sienitas anfibólicas.

cionadas con la intrusión del anillo (granitos y sienitas).

2.5. Brechas intrusivas

Constituidas por bloques angulosos, de una composición diorítica, de grano fino «cementados» por una roca leucocrática de composición granítica a Q-sienítica y textura similar a la de los granitos anfibólicos (fig. 7).

3. CLASIFICACION

Se han analizado químicamente once muestras, con cuyos resultados se han calculado las normas de Rittmann y C. I. P. W.

Al proyectar los datos obtenidos de la norma de Rittmann (RITTMANN, 1974), se puede ver cómo las rocas básicas abarcan un gran campo desde granodioritas a gabros en el triángulo de Streckeisen (fig. 8). Las rocas del «anillo» siguen una línea que va de granitos s.s. a cuarzdioritas y cuarzomono-dioritas; esta disposición es irreal debido a que se considera como plagioclasas (P) cuando el contenido en An es mayor del 5 por 100, y estas rocas superan ligeramente este límite (como media An 12).

Sin embargo, al hacer la proyección de los contenidos normativos (norma C. I. P. W.) en el triángulo de clasificación de HIETANEN (1963) (fig. 9)

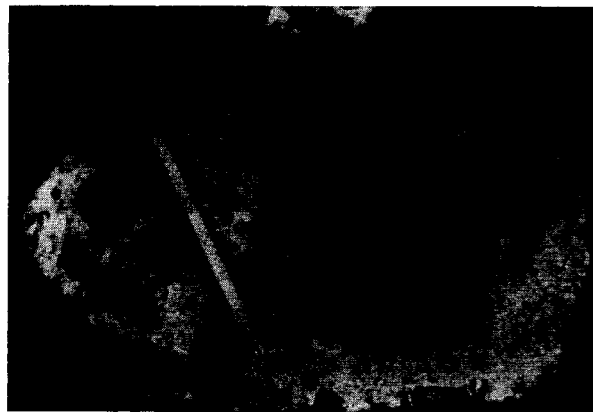


Figura 7.—Diorita brechificada por efecto de la intrusión del granito anfibólico. Arroyo de las Cañas. SE de Barcarrota.

de Ab-Or-An, las rocas del «anillo» se proyectan en el campo de «granito». Por otro lado, las rocas básicas proyectadas en este diagrama no sufren grandes cambios de nomenclatura respecto al anterior, abarcando los campos 8, 9, 13 y 14, que corresponden, en este orden, a tonalitas monzoníticas, granodioritas, dioritas cuarcíferas y gabros.

Rocas encajantes

En el borde O el Complejo de Barcarrota se propone en contacto con el granito de Higuera-Táliga (op. cit.), éste es un granito de grano grueso, porfídico, generalmente biotítico con facies moscovíticas, atravesado por un denso haz de diabasas. En el borde E, los materiales encajantes son metasedimentos constituidos por una serie calcárea del Cámbrico Inferior (RICHTER, 1940-1941), debajo de la cual se dispone un nivel de calcoesquistos y cuarcitas carbonosas, y una serie constituida por alternancias de pizarras, grauvacas y cuarcitas (Serie Negra). En este contacto E el metamorfismo de contacto desarrollado es muy intenso, dando lugar a una recrystalización total de la roca con formación de diópsido y plagioclasas en los niveles calcosilicatados.

Relaciones estructurales y de emplazamiento

El Complejo Básico de Barcarrota es intrusivo en el granito de Higuera-Táliga, el cual se inter-

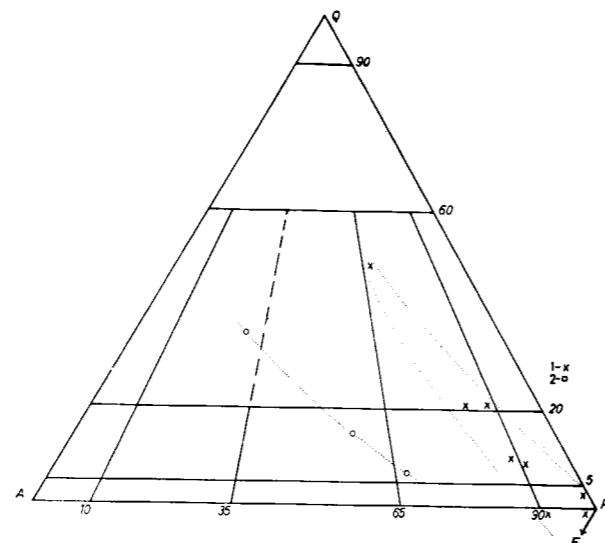


Figura 8.—Triángulo de clasificación de Streckeisen. Proyección de datos obtenidos a partir de la composición normativa de Rittmann (RITTMANN, 1974). 1. Rocas básicas del «Complejo» de Barcarrota. 2. Granitos y sienitas anfibólicas.

preta como sincinemático con la F-II hercínica (CARNICERO y CASTRO in litt); por otra parte, el metamorfismo de contacto que origina este Complejo Básico no está deformado, así como tampoco lo están los granitos y sienitas del «anillo», con lo que su emplazamiento tuvo que ocurrir con posterioridad a la segunda fase de plegamiento hercínico y anterior a la fracturación tardi-hercínica (S. L.), ya que está afectado por ella; una de estas fallas tardías tiene un dique de felsita asociado. Las sienitas tectonizadas con riebeckita tardía, de que se hablaba anteriormente, corresponden a pequeñas cizallas localizadas en los bordes que pueden ser debidas al propio emplazamiento del «Complejo».

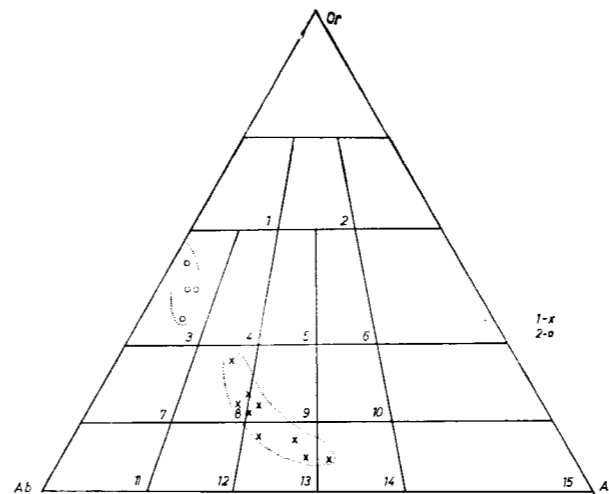


Figura 9.—Triángulo de clasificación de Hietanen según datos obtenidos en la norma C.I.P.W. (HIETANEN, 1963). Misma simbología que en la figura anterior.

BIBLIOGRAFIA

ALTA, M.: *Rasgos geológicos de la baja Extremadura*. Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat. (G). vol. 61, pp. 247-262 (1963).

APARCIO, A.; BARRERA, J. L.; CASQUET, C.; PEINADO, M.; TINAO, J. M.: *Caracterización geoquímica del plutonismo postmetamórfico en el SO del macizo Hespérico*. Estudios Geológicos, XII, pp. 9-39 (1977).

CARNICERO, A., y CASTRO, A.: *El granito de Higuera-Táliga (Badajoz) y su haz de diques básicos* (in litt).

FLOOR, P.: *Petrology of an aegirine-riebeckite gneiss-bearing part of the Hesperian Massif: The Galineiro and surrounding areas, Vigo, Spain*. Leidse Geol. Med., vol. 36, pp. 1-203 (1966).

HIETANEN, A.: *Idaho Batholith near Pierce and Bungalow Clearwater County, Idaho*. U. S. Geol. Surv. Prof., vol. 344-D, p. 42 (1963).

RITTMANN, A.: *Stable Minerals Assemblages of Igneous Rocks*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-N. York, 247 pp. (1973).

SMITH, J. V.: *Feldspar Minerals*, vol. 2, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-N. York, pp. 401-440 (1974).

TEIXEIRA, C., e TÔRRE DE ASSUNÇÃO, C. F.: *Novos elementos para o conhecimento das rochas hiperalcalinas sódicas do Alto Alentejo*. Rev. Fac. Ci. Univ. de Lisboa, 9.ª serie, c. 5, pp. 173-208 (1957).

TÔRRE DE ASSUNÇÃO, C. F., e GONÇALVES, F. A.: *Contribuição para o conhecimento das rochas hiperalcalinas e alcalinas (gnaises hastingsíticos) do Alto Alentejo (Portugal)*. Bol. Soc. Geol., Portugal, 17, pp. 187-228 (1970).

Recibido: mayo, 1981

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Datos mineralógicos relativos a las «ofitas» triásicas del sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban

Por M. D. RUIZ CRUZ (*) y R. LUNAR (**)

RESUMEN

Se recogen en este trabajo los datos mineralógicos relativos a 13 afloramientos de «ofitas» triásicas situadas en el sector central de la Cordillera Subbética.

La mineralogía de los materiales ígneos y de las arcillas sedimentarias se ha determinado fundamentalmente por microscopía y difracción de rayos X.

Hemos tratado de poner de manifiesto la influencia que sobre la fracción fina de las rocas arcillosas triásicas han podido tener los episodios ígneos y las manifestaciones hidrotermales asociadas a los mismos, estableciéndose tal influencia en el sentido de un aumento en la proporción de clorita, así como de la cristalinidad de la misma en los niveles próximos al contacto con la roca ígnea o intercalados en la misma, debido probablemente al aumento local de la temperatura y a los aportes de Mg sobre las rocas próximas a los afloramientos básicos durante la intrusión de los mismos y en etapas hidrotermales más o menos tardías.

RESUME

Les données minéralogiques de 13 affleurements d'«Ophites» triasiques, situées dans le secteur central de la Cordillera Subbétique, sont étudiées dans ce travail.

La minéralogie des matériaux ignés et des argiles sédimentaires a été déterminée, fondamentalement, par microscopie et par diffraction des rayons X.

Nous avons essayé de mettre en évidence l'influence qu'ont pu avoir les épisodes ignés et les manifestations hydrothermales associées à ceux-ci, sur la fraction fine des rochers argileuses triasiques, et nous avons établi cette influence dans le sens d'une augmentation dans la proportion de clorite, autant que la cristallinité de celle-ci dans les niveaux proches au contact avec la roche ignée ou intercalés dans celle-ci. C'est dû, probablement, à une augmentation locale de la température et aux apports de Magnésium sur les rochers proches aux affleurements basiques pendant l'intrusion de ceux-ci et en étapes plus ou moins tardives.

INTRODUCCION

Las manifestaciones ígneas de la Cordillera Subbética están siendo objeto actualmente de un estudio detallado por parte de los miembros del Departamento de Petrología de la Universidad de Granada, estudio en el que participa una de las firmantes (RUIZ CRUZ). Recientemente ha sido publicado un avance de los datos petroquímicos recopilados hasta el momento para las «ofitas» triásicas y las rocas volcánicas y subvolcánicas jurásicas (PUGA y RUIZ CRUZ, 1980).

Con esta nota tratamos de completar el estudio mineralógico de una parte de las muestras estudiadas en el trabajo anterior, concretamente de las denominadas «ofitas» del Triás. Recogemos los datos relativos a 13 afloramientos de «ofitas» que abarcan una gran extensión de la zona subbética. El más occidental está situado junto a Osuna y el más oriental en las proximidades de Pozo Alcón.

METODOS

En el muestreo sistemático realizado en los diferentes afloramientos y siempre que ha sido posible, se ha seguido como criterio el recoger ejemplares de rocas frescas, tantos como variaciones

petrológicas fueran observables en el campo, de rocas alteradas, mineralizaciones y rocas encajantes, frecuentemente a diferentes distancias de la roca magmática.

Mediante el estudio de lámina delgada se han elegido las rocas más representativas de cada afloramiento, a las que se les ha realizado el correspondiente análisis químico (los resultados del estudio químico se recogen en el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ, citado antes) y un diagrama de difracción de rayos X.

Los minerales opacos se han estudiado mediante el examen de probetas pulidas y por difracción de rayos X. Algunas muestras han sido analizadas mediante microsonda.

Las muestras de roca encajante (en la mayoría de los casos arcillas triásicas) se han estudiado por difracción de rayos X, siguiendo los métodos usuales en este tipo de rocas; obtención de un diagrama de polvo de la muestra total y diagramas de agregados orientados de la fracción fina, realizándose sobre estos agregados orientados los tratamientos usuales en la identificación de los diferentes minerales de la arcilla.

Se han realizado los análisis modales de las rocas más representativas de cada afloramiento, clasificándolas (siempre que ha sido posible) de acuerdo con su composición modal.

Se han medido las cristalinidades de diferentes minerales arcillosos de las rocas encajantes (a partir de los diagramas de difracción de rayos X) y se ha realizado una clasificación de las cloritas, de acuerdo con los métodos que se describirán más adelante.

ANTECEDENTES

Desde el siglo pasado diferentes autores han venido citando las «ofitas» triásicas de la Cordillera Subbética, así como el magmatismo asociado a series mesozoicas no triásicas, más localizado en el sector central de esta Cordillera.

Es sobre todo a partir de 1960 cuando el número de datos acerca de este tipo de rocas aumenta considerablemente. Entre los trabajos de esta época destacan el de FONTBOTÉ y QUINTERO (1960), quienes por primera vez citan la existencia de pillow-lavas en la zona de Iznalloz. BUSNARDO y

CHENEVOY (1964) estudian tres afloramientos de doleritas jurásicas y comparan sus resultados con los obtenidos por otros autores en estudios realizados sobre «ofitas» triásicas.

Nuevos datos se han ido obteniendo con la publicación de una serie de Tesis Doctorales que abarcan amplias zonas de esta Cordillera. Entre otros se pueden citar los datos aportados por VERA (1969), quien expone el posible origen de estas «ofitas», comparándolas con las rocas volcánicas que arman en terrenos más modernos. SANZ DE GALDEANO (1973) recoge la localización de una serie de afloramientos de «ofitas», incluyendo una serie de datos petrológicos de las mismas, localizadas en una amplia zona al sur de Jaén. Del mismo tipo son los datos aportados por PEYRE (1974) y CRUZ SANJULIÁN (1975) sobre los afloramientos ofíticos situados en las zonas por ellos estudiadas.

GARCÍA CERVIGÓN, en su Tesis Doctoral, realiza un estudio mineralógico y geoquímico sobre rocas de este tipo localizadas en la zona este de la Cordillera Subbética, al NO de la provincia de Murcia. GARCÍA CERVIGÓN y col. (1977) estudian unos filones hidrotermales encajados en este tipo de rocas, en uno de los afloramientos incluidos por nosotros en este trabajo.

Un estudio petroquímico de las «ofitas» triásicas y de las rocas magmáticas jurásicas de la zona Subbética se ha realizado en el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ (1980), llegándose a una serie de conclusiones acerca del origen claramente independiente de ambos conjuntos magmáticos.

LOCALIZACION DE LOS AFLORAMIENTOS

En la figura 1 se representa la localización de los afloramientos de «ofitas» estudiados sobre un mapa geológico de la zona Subbética publicado por LÓPEZ GARRIDO y VERA (1979).

En la tabla I se recoge la situación geográfica exacta, así como la situación geológica de los afloramientos estudiados, datos obtenidos en gran parte de los trabajos citados en el apartado de Antecedentes y de las Hojas del Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 (IGME), números 76, 77, 78, 82 y 83. En esta tabla se utilizan unas siglas para nombrar a cada uno de los afloramientos que coinciden con las del mapa y con las

(*) I.N.B. núm. 4 de Málaga (España).

(**) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica de la Universidad Complutense de Madrid (España).



CORDILLERAS BÉTICAS

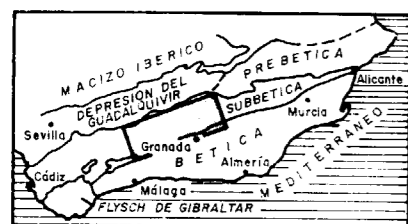


Figura 1.

empleadas en las diferentes ilustraciones del trabajo. En la tabla I se citan asimismo las siglas de todas las muestras correspondientes a cada uno de los afloramientos, aunque en las restantes tablas no se recogerán los datos correspondientes a todas las muestras, sino únicamente los de las más representativas de cada afloramiento. Asimismo se refieren los datos relativos a la estructura del afloramiento y a las características megascópicas de las rocas que lo constituyen. Estas características son bastante homogéneas para la mayor parte de los afloramientos estudiados. Así, la roca encajante más frecuente son arcillas abigarradas, yesíferas de facies Keuper, carniolas y, en menor proporción, calizas atribuidas al Muschelkalk. Del mismo modo, las estructuras más características son los bolos incluidos en una masa de roca ígnea alterada, siendo también frecuentes las brechas. En uno de los afloramientos estudiados se ha observado la existencia, en la parte superior de la roca ígnea, de posibles pillow-lavas de pequeño diámetro. Son también muy frecuentes en la roca ígnea las inter-

calaciones sedimentarias, que aparecen actualmente más o menos transformadas.

Por último, el orden de magnitud de este tipo de afloramientos es muy variable, desde diques de 0,5 a 1 m. de potencia a masas más o menos lenticulares de 1 o más kilómetros de diámetro.

RESULTADOS

En este apartado realizamos la descripción mineralógica y petrológica de los diferentes tipos de rocas ígneas, la clasificación modal de las mismas y un estudio de las rocas encajantes mediante el cual se ha tratado de poner de manifiesto el posible efecto sobre las mismas de las intrusiones.

Características mineralógicas

Recogemos las características mineralógicas de los constituyentes de las «ofitas», así como de las

TABLA I

Número	Localización	Situación geológica	Materiales encajantes	Estructura de la roca ígnea	Muestras
0-1	Km. 544,5 de la C.ª de V. de Cauche a Colmenar	Triás subbético ultrainterno y/o Dorsal Bética	Arcillas y margas del Triás	Roca ígnea muy alterada, sobre todo en las fracturas	OF-1 a OF-13
0-2	Km. 2 de la C.ª de Archidona a V. del Trabuco. Cruce con el Arroyo Marín	Triás de Antequera	Arcillas y calizas del Triás	Roca ígnea compacta. Alteración en bolos	OF-21 a OF-29 OF-201 a OF-228
0-3	Km. 396,6 de la C.ª Granada-Córdoba	Triás del Subbético Medio	Arcillas, margas y carniolas del Triás	Roca ígnea brechificada en la parte superior	OF-31 a OF-36
0-4	Km. 378,5 de la C.ª Granada-Córdoba. Borde E de la Sierra de San Pedro	Triás del Subbético Medio	Arcillas del Triás	Alteración en bolos y brechificación	OF-41 a OF-46
0-5	Km. 18 de la C.ª de Alcaudete a Las Casillas de Martos	Triás del Manto de Cambil	Arcillas del Triás	Alteración en bolos	OF-51 a OF-59
0-6	C.ª de Carchel a Jaén, junto a Carchel	Triás del Manto de Cambil	Yesos y arcillas del Triás	Alteración en bolos y brechas volcánicas	OF-61 a OF-73
0-7	C.ª de Cambil a Albuñiel, junto a Cambil	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar y posibles pillow-lavas	OF-81 a OF-90
0-8	C.ª de la Fuensanta de Martos a La Mina, junto a La Mina	Triás del Manto de Cambil	Calizas y margas del Triás	Roca ígnea compacta, estructura bolar	OF-91 a OF-94
0-9	Camino de la Rivera, a 3,5 Km. de la Fuensanta de Martos	Triás del Manto de Cambil	Arcillas del Triás	Roca ígnea muy fracturada y alterada	OF-101 a OF-104
0-10	C.ª de Osuna al Puerto de la Encina. Km. 12	Triás del Manto Antequera-Osuna	Arcillas del Triás	Estructura bolar	OF-111
0-11	C.ª de Huesa a Pozo Alcón, a unos 8 Km. de Huesa	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar	OF-121 a OF-122
0-12	C.ª de Huesa a Pozo Alcón, sobre un camino a 8,3 Km. de Huesa	Triás del Manto de Cambil	Arcillas y margas del Triás	Roca compacta, estructura bolar	OF-131 a OF-139
0-13	C.ª de Algarinejo a Montefrío. Unos 7 Km. al E de Algarinejo	Triás del Subbético Medio	Arcillas del Triás	Roca muy alterada, estructura bolar	ALG-7 II SPA-8

manifestaciones hidrotermales que las afectan. La descripción se hará en el orden siguiente: minerales primarios, minerales secundarios y minerales que ocupan vesículas o filones. La mayor parte de los resultados obtenidos de los estudios microscópicos y de difracción de rayos X se han recogido en tablas, siempre que ha sido posible.

El *olivino* aparece en todas las muestras que lo contienen transformado en otros minerales. Sólo en un caso (OF-32, afloramiento núm. 3) ha sido posible identificar este mineral en el diagrama de difracción de rayos X, observándose las líneas más intensas a 2,45-2,53-2,27 Å.

Los cristales, de idiomorfos a xenomorfos, de tamaños próximos a 1 mm., aparecen frecuentemente bordeados por menas metálicas. Las alteraciones identificables en estas rocas han sido las siguientes:

— A montmorillonita, de color amarillento y alta birrefringencia (primera reflexión en rayos X de 14,79 a 15 Å, pasando a 17 Å al tratar la muestra con etilén-glicol).

— A clorita y/o clorita-montmorillonita. Es un caso frecuente que el núcleo del cristal esté transformado en el interestratificado irregular (14_c-14_m) y el borde en clorita, de colores verdes o verde-amarillento y birrefringencia variable (la primera reflexión de 14,1 a 14,3 Å se abre ampliamente hasta 15,6 Å tras el tratamiento con etilén-glicol y se contrae hacia grandes ángulos tras el tratamiento térmico).

— A iddingsita, siendo frecuente que las menas metálicas ocupen el centro del cristal de olivino o bien que lo bordeen.

La proporción de olivino en las diferentes rocas es en general muy baja, alcanzando un 8 por 100 en un solo afloramiento (núm. 3).

Los *piroxenos* constituyen del 25 al 40 por 100 de estas rocas (estos valores se refieren a rocas con pequeña proporción de matriz).

En la tabla II se recogen las características ópticas y de difracción de rayos X más significativas de estos minerales en algunas de las muestras estudiadas. Como características generales se pueden indicar las siguientes:

— Las augitas (s.l.) son los piroxenos más frecuentes en este tipo de rocas: augita s.e., ferro-

augita, augita titanífera y augita aegirínica. También son frecuentes las pigeonitas. De forma mucho más esporádica se han identificado piroxenos rómbicos.

— Por lo general, en los afloramientos de dimensiones pequeñas aparece un solo tipo de piroxeno, en tanto que en los de dimensiones mayores se han identificado hasta tres piroxenos diferentes.

— El tamaño de los cristales es muy variable, desde décimas de mm. hasta 1 o más.

— Frecuentemente se trata de cristales equidimensionales con textura pecilítica, incluyendo abundantes cristales de plagioclasa. En otros casos se trata de prismas de hábito muy alargado, generalmente de dimensiones menores que los primeros. Es frecuente que los cristales se presenten maclados.

— Son generalmente incoloros o ligeramente verdosos. La augita titanífera presenta, en cambio, una gran variación en la intensidad del color de unas muestras a otras: En cristales grandes de textura pecilítica suele presentar tonalidades claras y pleocroísmo débil, siendo mucho más coloreados los cristales de hábito muy alargado. La augita aegirínica aparece fuertemente coloreada y pleocroica en algunas muestras, en tanto que en otras presenta sólo un ligero pleocroísmo.

— Las medidas del ángulo $2V$ y del ángulo de extinción $Z \wedge c$ han permitido identificar los siguientes tipos de piroxeno: Un grupo presenta $2V_x=80^\circ$ a 90° y $Z \wedge c$ próximos a 30° . Se trata de augitas aegirínicas. Otro grupo presenta ángulos $2V_z$ comprendidos entre 44° y 56° y ángulos $Z \wedge c$ de 44° a 54° ; son las augitas titaníferas. En el resto de las augitas el ángulo $2V_z$ es muy variable, siempre menor de 58° . Según las gráficas de HESS (1949) y MUIR (1951) (en DEER, HOWIE and ZUSMAN, 1978) estaríamos en el campo de las augitas y ferroaugitas, descendiendo en algunas muestras el ángulo medido hasta 20° o 22° , que corresponderían al campo de las augitas subcálcicas e incluso de las pigeonitas. Otro grupo de piroxenos presenta un ángulo $Z \wedge c=0^\circ$ y ángulo $2V_z$ muy variable, con frecuencia próxima a 0° . Serían términos variables de enstatita a bronzita.

— Los diagramas de difracción de rayos X que han sido muy útiles para poner de manifiesto la existencia de estos minerales, sobre todo en las rocas de tamaño de grano muy pequeño, en las

TABLA II
Características de los piroxenos.

Afloramiento	Tamaño	Color	$2V$ y $Z \wedge c$	Alteración	Líneas más intensas	Nombre	
0-1. OF-9	0,1-0,3 mm.	Incoloro a verdoso claro	$2V_x=76^\circ$ $Z \wedge c=30^\circ$	Talco	2,99-2,95-6,5	Augita aegirínica	
0-2. {	OF-22	0,5 mm.	$2V_z=52^\circ$ $Z \wedge c=52^\circ$	Anfíbol Calcita y clorita	2,92-2,99-6,41 6,36	Augita titanífera Augita Augita aegirínica	
	OF-213		$2V_z=58^\circ$ $Z \wedge c=34^\circ$				
	OF-28		$2V_z=80^\circ$ $Z \wedge c=20^\circ$ $2V_z=90^\circ$				
0-3. OF-34	En la matriz				2,89-6,50		
0-4 {	OF-42	En la matriz	Rosáceo. Pleocroísmo débil		2,92-6,39	Augita titanífera	
	OF-45	En la matriz	Rosáceo. Pleocroísmo débil				
0-5. {	OF-54		$2V_z=58^\circ$ $Z \wedge c=40^\circ$ $Z \wedge c=0^\circ$	Bastita Bastita y anfíbol	2,94-2,99-6,4 2,94-2,99-6,32	Augita Enstatita Augita	
	OF-51	4-5 mm.	Incoloro a verdoso				$2V_z=56^\circ$ $Z \wedge c=42^\circ$
0-6. OF-69	Hasta 2 mm.	Rosáceo	$2V_z=44^\circ$ $Z \wedge c=54^\circ$	Anfíbol	2,92-2,98	Augita titanífera	
0-7. {	OF-90	Hasta 2 mm.	Incoloro	Bastita, anfíbol y biotita	2,99-2,94-6,39	Pigeonita	
	EOF-50	Hasta 2 mm.	Incoloro				$2V_z=36^\circ$ $Z \wedge c=33^\circ$
	EOF-53	<5 mm.	Incoloro				Bastita, anfíbol y biotita Clorita
0-8. OF-91	Hasta 2 mm.	Incoloro	$2V_z=40^\circ$ $Z \wedge c=43^\circ$		2,99-2,93-6,36	Augita	
0-9. OF-101	1 mm.	Incoloro	$2V_z=45^\circ$ $Z \wedge c=35^\circ$ $Z \wedge c=0^\circ$	Anfíbol, biotita, clorita, bastita Bastita	2,99-2,93-6,36	Augita Enstatita	
0-10. OF-111	1 mm.	Incoloro	$2V_z=22^\circ$ $Z \wedge c=35^\circ$	Anfíbol	2,99-2,90-6,39	Pigeonita	
0-11. OF-122	>1 mm.	Incoloro	$2V_z=56^\circ$ $Z \wedge c=34^\circ$	Clorita, anfíbol y bastita	2,92-2,99-6,41	Bronzita?	
0-12. {	OF-132	2 mm.	Incoloro	Clorita, bastita y anfíbol Clorita y anfíbol (14_c-14_m)	2,99-2,90-6,36 2,99-2,90-6,36	Augita Augita	
	OF-134		$2V_z=54^\circ$ $Z \wedge c=39^\circ$				
	OF-138	0,5 mm.	Incoloro				$2V_z=52^\circ$ $Z \wedge c=41^\circ$
0-13. SPA-8	~1 mm.	Rosáceo				Augita titanífera	

que no es posible la identificación microscópica, no ayudan, en cambio, en la determinación de las especies, pues las líneas más intensas son comunes para la mayor parte de los piroxenos.

— El grado de alteración de estos minerales es muy variable (de cristales limpios a completamente alterados), siendo los productos de alteración más frecuentes, anfíbol, biotita y titanita en

el caso de las augitas s.e. y de las augitas titaníferas, clorita y calcita en el caso de las augitas aegirínicas y bastita, clorita (14_c-14_m) y anfíbol en el caso de las augitas subcálcicas y pigeonitas. En ciertos casos la alteración dominante es el talco.

Los *anfíboles* son constituyentes minoritarios en este tipo de rocas, al menos aparentemente y en

muchos análisis modales ni siquiera se recogen, pero es posible que en muchos casos sean más abundantes formando parte de la matriz, como se pone claramente de manifiesto en los diagramas de difracción de rayos X. Como características generales presentan:

— Siempre aparecen en cristales de pequeño tamaño, por lo cual es a veces muy difícil decidir si se trata de un mineral primario o bien de un producto de alteración de otros melanocratos. En ciertas muestras, no obstante, su situación es clara, apareciendo como un mineral muy tardío, en relación con cuarzo y prhenita.

— Suelen presentar tonos verdosos y pleocroísmo variable, generalmente poco intenso. A veces es de color marrón.

— Los valores medidos para $2V_x$ son bastante constantes, oscilando de 70° a 76° , y los ángulos $Z \wedge c$ de 11° a 16° , correspondiendo a hornblenda o a términos de la serie tremolita-actinolita, según TROGER (1971). En muy pocos casos el valor de $2V$ es próximo a 90° y el ángulo de extinción próximo a 0° , valores que corresponden a una cummingtonita. Por último, en muy pocas muestras se han determinado valores de $2V_x$ de 50° a 54° y un ángulo de extinción de 5° a 15° . Este anfíbol ha quedado, por el momento, sin identificar.

— La primera reflexión en los diagramas de difracción de rayos X varía entre 8,33 y 8,49 y la reflexión 210 de 3,05 a 3,15. Sólo en una de las muestras (OF-70) el diagrama corresponde con bastante exactitud al de una cummingtonita (ficha núm. 7.382, ASTM).

— Se alteran con frecuencia a clorita y, en menor proporción, a biotita.

Las principales características de las *plagioclasas* se reúnen en la tabla III. Como en el resto de las tablas, se han recogido únicamente los valores correspondientes a los tipos de rocas más representativos de cada afloramiento, aunque las medidas realizadas hayan sido muchas más.

Como resumen de las características más importantes podemos señalar:

— Se trata del mineral más abundante en este tipo de rocas, constituyendo siempre más de un 50 por 100 de las mismas.

— El tamaño de los cristales es muy variable de unas muestras a otras y sobre todo está en relación con la situación de la muestra dentro del afloramiento y con las dimensiones de los afloramientos. Se han medido cristales hasta de 5 mm.

— La composición presenta una amplia variación de unos afloramientos a otros, manteniéndose, en cambio, bastante constante dentro de cada uno de ellos. Los términos más frecuentes son andesina y oligoclasa; también abunda la labradorita y, en una proporción mucho menor, la albita.

— En la mayor parte de las muestras presentan una zonación directa, con núcleo ligeramente más cálcico. Son también frecuentes las zonaciones oscilantes.

— En uno de los afloramientos estudiados (0-2), los cristales de albita incluyen otros, de pequeño tamaño, parcialmente asimilados, de andesina.

— En los diagramas de difracción de rayos X las fuertes reflexiones del piroxeno, presente siempre en estas rocas, impiden en la mayor parte de los casos la determinación precisa de las plagioclasas utilizando los valores de 20 para las reflexiones 131, $\bar{1}\bar{3}1$ y $\bar{2}41$, $\bar{2}\bar{4}1$. No obstante, en la citada tabla se recogen los valores medidos para 131 y $\bar{1}\bar{3}1$. Estos valores son sólo fiables en los casos de bajos contenidos en An, pues sólo entonces es posible separar las reflexiones de la plagioclasa y del piroxeno. En plagioclasas cálcicas (labradoritas sobre todo) los valores obtenidos por este método son siempre inferiores a los deducidos de la medida exacta del ángulo de extinción.

— Por lo general aparecen alteradas a los siguientes productos: Sericita, prhenita, clorita, paragonita, moscovita y epidota. En algunos afloramientos la alteración es tan avanzada que la plagioclasa es prácticamente indeterminable.

Los *feldespatos potásicos* han sido identificados en algunas de las muestras estudiadas, aunque generalmente aparecen en pequeña proporción.

Es frecuente en este tipo de rocas que junto a las típicas «ofitas» aparezcan rocas mucho más diferenciadas que presentan en su composición crecimientos micropegmatíticos de cuarzo y feldespato potásico. En la mayor parte de los casos este feldespato ha podido identificarse como mi-

TABLA III

Afloramiento y muestras	Tamaño de grano	X' (010) $2V$	% An	Alteración	Otras características	Líneas en rayos X	20(131)-20($\bar{1}\bar{3}1$)	% An	
0-1. OF-9 ...	0,5 a 1 mm.	22°	An ₃₈	Poca a sericita	Muy zonadas	3,21-3,18-3,76-4,04	1,15 a 1,30	An ₄ a An ₁₀	
0-2. {	OF-22 ...	1 mm.	An ₈ An ₈	Sericita y paragonita Sericita Sericita	Incluye cristales de An	3,19-3,76-3,65-4,02	1,3	An ₁₆	
	OF-213 ...	2 a 3 mm.				$15^\circ 2V_z=80^\circ$ 17°	3,19-3,76-4,03	Indeterminable *	
	OF-28 ...								
0-3. OF-34 ...	0,5 a 1 mm.			Sericita y clorita	La mayor parte del feldespato es ortosa	3,22-3,79	No se observan estas líneas		
0-4. {	OF-42 ...	0,1 a 0,5 mm.	An ₂₀	Mucho a sericita	En OF-44 hay microclina	3,19-3,77-4,02	1,45	An ₁₈	
	OF-45 ...	0,3 mm.	An ₁₃ -An ₂₇	Mucho a sericita		3,19-3,65-3,76-4,03	1,4	An ₁₅	
0-5. {	OF-51 ...	1 a 3 mm.	An ₅₂	Poco alterada	Muy zonada	3,18-3,20-3,79-4,03	1,7 *	An ₃₃	
	OF-54 ...	0,5 a 1 mm.	An ₅₂	Sin alterar		3,18-3,20-3,75-4,03	>1,7 *	An ₃₃	
0-6. OF-69 ...	0,5 a 1 mm.	$15^\circ 2V_z=72-90^\circ$	An ₈	Sericita y prhenita		3,18-3,75-3,64-4,00	No hay suficiente		
0-7. {	OF-90 ...	1 mm.	An ₄₆	Prhenita	Muy zonada	3,19-3,21	>1,5 *	An _{>20}	
	EOF-50 ...	1 mm.	An ₅₂	Mucho a sericita					
	EOF-53 ...								
0-8. OF-91 ...	Hasta 2 mm.	34°	An ₆₀	Sericita		3,18-3,20-3,75	>1,5 *	An _{>20}	
0-9. OF-101 ...	1 mm.	31°	An ₅₀	Poco alterada	Muy zonada	3,18-3,20-3,75-4,03	>1,5 *	An _{>20}	
0-10. OF-111 ...	1 a 2 mm.	36°	An ₆₀	Prhenita		3,18-3,21-3,75-4,03	>1,5 *	An _{>20}	
0-11. OF-122 ...	1 a 2 mm.	0_z	An ₂₀	Prhenita		3,19-3,76-4,03	1,1	An ₄	
0-12. {	OF-132 ...	1 mm.	An ₃₀	Sericita y prhenita Mica blanca	Hay además microclina Hay además microclina	3,18-3,65-3,76-4,02	1,1 a 1,3	An ₄ a An ₁₀	
	OF-134 ...	1 a 2 mm.				$14^\circ 2V_x=80_z$	3,19-3,65-3,76-4,03	1,1 a 1,5	An ₄ a An ₂₀
	OF-138 ...	Hasta 1 mm.							
0-13. SPA-8 ...	1 a 2 mm.	8°	An ₁₃ -An ₂₇	Completa a sericita					

* Estas reflexiones de la plagioclasa interfieren con las del piroxeno, mucho más intensas.

croclima en los diagramas de difracción de rayos X, ya que la línea a 4,24 Å de este mineral es claramente diferenciable de las de las plagioclasas o el cuarzo. En otros casos (afloramiento 0-7), los crecimientos micropegmatíticos se han producido entre cuarzo y plagioclasa.

En uno de los afloramientos estudiados (0-2), donde no aparecen los crecimientos micropegmatíticos, se ha identificado también microclina en los diagramas de difracción de rayos X.

Por último, en el afloramiento 0-3, el único feldespato presente, totalmente alterado y no identificable al microscopio, es ortosa, puesta de manifiesto igualmente mediante los diagramas de difracción de rayos X.

Entre los *minerales opacos* determinados en las «ofitas», se encuentran ilmenita, hematites, magnetita, pirrotina y pirita.

La *ilmenita* es la mena metálica más abundante

en la mayoría de las muestras estudiadas; contiene Fe_2O_3 , que a altas temperaturas es completamente miscible, pero a baja temperatura su solubilidad es limitada, dando lugar a exoluciones de hematites.

Se han diferenciado dos tipos de ilmenita: *ilmenita I*, en cristales más o menos tabulares, sin maclar y sin exoluciones de hematites, e *ilmenita II*, maclada y con intercrecimientos laminares de hematites. La ilmenita II es posterior a la ilmenita I, a la que reemplaza. El tamaño de las exoluciones de hematites varía, pero en general está relacionado con el tamaño de los granos de ilmenita. Se ha observado también pirrotina, en forma de finas laminillas, incluidas en la ilmenita II. Es frecuente que la ilmenita sea reemplazada por rutilo.

La *magnetita* es menos abundante en general que la ilmenita y generalmente aparece asociada a ella. Es frecuente que se presente en forma de agregados con textura cataclástica, ya que es un mineral que se forma muy tempranamente. A veces, en estos granos de magnetita pueden observarse maclas laminares según (111). En ocasiones, la magnetita aparece reemplazada por pirita.

La *pirita* y la *pirrotina* son minerales poco abundantes. La pirita aparece en forma de granos dispersos, a veces reemplazados por goetita. La pirrotina únicamente se ha encontrado en algunas muestras, asociada a ilmenita.

Aunque los minerales secundarios se han ido citando al describir los minerales primarios, nos parece conveniente hacer algunas precisiones acerca de los mismos.

La *sericita* es la alteración más frecuente de las plagioclasas y también en ciertas muestras (OF-34) del feldespato potásico.

La *paragonita*, como producto de alteración de la plagioclasa sódica, ha podido identificarse mediante los diagramas de difracción de rayos X en algunas muestras correspondientes a los afloramientos 0-2 y 0-6.

La *prhenita* es también un mineral muy frecuente en estos afloramientos como producto de alteración de las plagioclasas y como mineral tardío, rellenando vesículas y filones. En el primer caso suele presentar hábito fibroso y elongación negativa. Su aspecto más frecuente en la matriz de

las rocas y en los filones es el de crecimientos fibroso-radiados de 1 ó 2 mm. de diámetro. En ambos casos los ángulos $2V_z$ medidos son bastante constantes, de 54° a 56° . Se ha identificado también un tipo de prhenita tabular, ya citada en este tipo de afloramientos por GARCÍA CERVIGÓN (1973). Siempre se trata de un mineral fácilmente identificable en rayos X por su reflexión 106 a 3,07 Å.

La *apofilita* ha sido identificada únicamente en los diagramas de difracción de rayos X de dos de las muestras estudiadas.

La *epidota*, también muy frecuente en estas muestras, aparece en condiciones similares a la prhenita, pero en muestras diferentes. Como alteración de las plagioclasas es muy abundante en el afloramiento 0-2. Como alteración de los melanocratos abunda en las muestras tomadas en el afloramiento 0-4, y, en general, aparece muy extendida rellenando filones, junto con clorita, calcita, etc. Generalmente forma cristales tabulares o prismáticos de tamaños muy variables, color amarillento y fuerte relieve y birrefringencia. El ángulo $2V_x=80^\circ$ corresponde a pistachita.

En rayos X suelen ser bien identificables sus reflexiones 113 y 300 a 2,90 y 2,67 Å, respectivamente.

La *calcita* es un mineral muy frecuente como producto de alteración de los melanocratos, fundamentalmente en el afloramiento 0-2, donde constituye la alteración más importante del piroxeno. En otros afloramientos es un producto de la alteración de plagioclasas.

La *clorita*, la *montmorillonita* y los *interestratificados* del tipo (14_c-14_m) y (14_c-14_v) son minerales secundarios frecuentísimos en este tipo de rocas. En la mayoría de los casos se han originado a partir de los melanocratos, aunque a veces se forman a partir de las plagioclasas. Todos ellos presentan la primera línea en los diagramas de difracción de rayos X de 14 a 15 Å. La identificación de las diferentes especies se ha realizado mediante diagramas de agregados orientados naturales, tratados con etilén-glicol y calentados a $500^\circ C$. Al microscopio es fácilmente identificable la clorita, por su bajo color y birrefringencia. La distinción entre (14_c-14_v), (14_c-14_m) y montmorillonita es mucho más difícil, pues sus características ópticas son muy parecidas, especialmente las de los dos últimos. Generalmente son pajillas de

pequeño tamaño, de color amarillento a marrón (especialmente 14_c-14_v) y birrefringencia mucho más elevada que la de la clorita. La clorita, por otra parte, es un mineral muy abundante, formando parte de la matriz de las rocas y rellenando vesículas y filones junto con cuarzo, carbonatos, menas metálicas, etc.

El *talco*, identificado en alguno de los afloramientos estudiados, es el producto de alteración más importante en el afloramiento 0-1, donde aparece en elevada proporción en todas las muestras estudiadas, pseudomorfizando los piroxenos y constituyendo la mayor parte de la matriz de estas rocas. En los diagramas de difracción de rayos X ha sido fácilmente identificado por su reflexión 100 a 9,33 ó 9,35 Å. En otras muestras, incluso dentro de este mismo afloramiento, la línea baja a 9,2 Å, por lo que es posible que se trate de pirofilita.

La *iddingsita* es otra alteración de los melanocratos de estas rocas, si bien mucho menos frecuente que los anteriores, difícilmente diferenciable de la montmorillonita.

La *bastita* es el producto de alteración dominante a partir de los piroxenos en algunos de los afloramientos estudiados, especialmente en el 0-5, donde en algunas muestras las características ópticas del piroxeno quedan totalmente enmascaradas por las de este mineral. En ciertos casos la alteración a bastita es selectiva dentro de un cristal de piroxeno, cuando éste no mantiene una composición constante del centro a los bordes, pasando a bastita únicamente las zonas más internas, menos coloreadas.

La *titanita*, mineral muy frecuente en este tipo de rocas, suele aparecer como producto de la alteración del piroxeno, junto con calcita en muchos casos, y en otros, sobre todo cuando el piroxeno es augita titanífera, junto con clorita.

Rellenando *vesículas o filones* que atraviesan la roca ígnea, se han identificado diferentes paragénisis minerales. En la mayor parte de los casos el mineral más abundante es la calcita, a veces como único constituyente, a veces asociado a otras especies minerales; son frecuentes las asociaciones calcita-epidota, calcita-cuarzo-prhenita, calcita-clorita-titanita, etc. También son frecuentes las asociaciones de clorita y epidota, clorita y prhenita, etc.

Clasificación de las rocas

En la tabla IV se recogen los análisis modales realizados sobre los tipos de rocas más representativos de cada uno de los afloramientos estudiados. A partir de estos análisis modales se ha realizado la clasificación de las rocas (excluyendo aquellas cuyo porcentaje de matriz más minerales secundarios es superior al 50 por 100). Se ha seguido el método propuesto por JOHANSEN (1969). Queremos señalar que, en la mayoría de los casos, esta clasificación es imprecisa dada la escasa cristalinidad de las rocas.

En esta tabla se recogen, asimismo, las texturas de cada una de las rocas analizadas. Los términos texturales utilizados corresponden también a los descritos por JOHANSEN (1969).

Estudio de la roca encajante

El muestreo de las rocas encajantes no ha sido, por el momento, lo suficientemente completo como para poder considerar como definitivos los resultados que se expondrán en este trabajo. En general, los sedimentos de facies Keuper no presentan condiciones en estas zonas para realizar un buen muestreo; en todo caso, el número de muestras tomadas debería ser enorme y tenderemos a ello a lo largo del estudio que estamos realizando. Es posible, además, que en muchos casos la relación entre la roca encajante y la roca magmática sea de naturaleza tectónica.

En la mayor parte de los casos las rocas encajantes son arcillas, por lo que se ha estudiado la fracción fina correspondiente a cada una de ellas. Las muestras estudiadas corresponden en unos casos a muestras tomadas en niveles intercalados en la roca ígnea y en otros casos a rocas del contacto o recogidas a diferentes distancias del mismo.

En la tabla V se recogen todos estos datos, junto con la composición cualitativa de la fracción fina.

Nuestra primera intención era realizar una serie de medidas de cristalinidades sobre ilitas y cloritas en muestras tomadas a diferentes distancias de la roca ígnea. No obstante, la composición de estas rocas no nos ha permitido, con el número de muestras estudiado, poder generalizar los resultados, ya que en muchas de ellas faltan la ilita o la clorita o las líneas de estos minerales son tan

poco intensas que no es posible utilizarlas. Los resultados correspondientes a las medidas de cristalinidades realizadas se recogen en las tablas VI y VII. En la tabla VIII se recogen las proporciones relativas de illita y clorita en las diferentes muestras.

TABLA IV
Análisis modales, textura y clasificación de las rocas.

Aflora- miento	Muestra	Menas me- tálicas (%)	Olivino (%)	Piroxeno (%)	Plagiocla- sa (%)	Cuarzo e in- tercresi- mientos (%)	Biotita (%)	Matriz y mi- nerales secun- darios (%)	Textura	Clasificación
0-1	0-9	8	2	27	61	1	—	1	Intersertal de grano fino	ANDESITA
0-2	OF-22	1	—	1	9	—	—	89	Pilotaxítica	MELA-ANDESITA
0-2	OF-213	—	—	35	45	1	—	17	De ofítica a intersertal de grano medio	—
0-3	OF-34	—	8	—	13	—	—	79	Intersertal de grano fino	—
0-4	OF-42	—	2	—	5	—	—	90	Intersertal de grano fino	—
0-4	OF-45	—	7	—	5	—	—	88	Intersertal de grano fino con vesículas	—
0-5	OF-54	7	—	34	48	1	2	—	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-5	OF-51	4	—	36	58	10	1	—	Diabásica de grano medio Micropegmatítica	CUARZO-BASALTO
0-6	OF-69	12	—	15	46	—	1	26	Intersertal de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	OF-90	1	—	36	55	4	—	4	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	EOF-50	2	—	34	55	1	—	8	Ofítica de grano fino a medio	ANDESITA
0-7	EOF-53	—	—	3	8	—	—	89	Pilotaxítica	—
0-8	OF-91	1	6	39	50	3	0,5	0,5	Ofítica de grano medio	BASALTO
0-9	OF-101	2	8	27	55	0,5	1,5	6	De ofítica a intersertal de grano medio	BASALTO
0-10	OF-111	2	—	36	61	1	—	7	Ofítica de grano fino	BASALTO
0-11	OF-122	5	—	35	53	—	—	7	Diabásica de grano medio	ANDESITA
0-12	OF-132	2,5	—	39	51	6	—	1,5	Ofítica de grano medio	ANDESITA CON CUARZO+ ANDESITA
0-12	OF-134	—	—	36	57	—	1	3	De intersertal a ofítica de grano medio	ANDESITA
0-13	SPA-8	—	1	4	5	—	—	90	De ofítica a intersertal de grano fino	—

TABLA V
Situación y composición de la roca encajante.

Muestra	Litología	Situación	Composición cualitativa
OF-1	Arcillas rojas	Contacto con la roca ígnea	(14 _c -14 _m) y montmorillonita
OF-2	Margas	Contacto con la roca ígnea	Clorita, Clorita _{Mo} e Illita
OF-5	Arcillas verdes	Intercaladas en la roca ígnea	Clorita y talco
OF-11	Arcillas rojas	Contacto con la roca ígnea	Illita
OF-13	Arcillas rojas	A 40 m. de la roca ígnea	Illita y clorita _{Mo}
OF-24	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Illita y clorita _{Ve}
OF-25	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Illita y clorita
OF-26	Arcillas	A 40 m. de la roca ígnea	Illita y clorita _{Ve}
OF-31	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Illita y clorita
OF-41	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Illita y clorita _{Mo}
OF-59	Arcillas	A 50 m. de la roca ígnea	Illita y clorita
OF-63	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Yeso y clorita _{Mo}
OF-66	Calizas	Contacto con la roca ígnea	Calcita y clorita
OF-67	Margas?	Contacto con la roca ígnea	Illita y clorita _{Mo}
OF-68	Margas?	Intercaladas en la roca ígnea	Illita y clorita
OF-81	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Talco, clorita y (14 _c -14 _m)
OF-89	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Clorita y (14 _c -14 _m)
OF-94	Mármol	Contacto con la roca ígnea	Calcita y clorita
OF-104	Arcillas	A 40 m. de la roca ígnea	Illita
OF-133	Arcillas	Contacto con la roca ígnea	Yeso e illita
OF-137	Arcillas	A 10 m. de la roca ígnea	Yeso, illita y clorita

La tabla VI muestra las cristalinidades de las cloritas medidas de acuerdo con el método de SHERRER (en KLUG y ALEXANDER, 1959). Este método consiste en medir la anchura de la reflexión 002 a la mitad de su altura y aplicar la ecuación $d_{002} = k \lambda / \beta \cos \theta$, donde k es el llamado «factor de forma» que, de acuerdo con los autores antes citados, vale 0,9 para cualquier reflexión 001; λ tie-

ne un valor de 1,54 Å (empleando radiación CuK α), y β es la anchura de la reflexión en la mitad de su altura, corregida de la anchura que introduce el propio difractor; en este caso se ha empleado la corrección de WARREN (recogida en KLUG y ALEXANDER, *op. cit.*), usando como referencia cuarzo bien cristalizado y de un tamaño de partícula comprendido entre 37 y 53 μ .

TABLA VI
Cristalinidad y tipo de cloritas.

Muestra	Cristalinidad (002) Å	Índice de Weber (para illitas)	Tipo de clorita
OF-26	1.100	2,33	Corundofilita
OF-25	1.000	2,25	Corundofilita
OF-24	950	1,77	Sheridanita
OF-5	900	2,5	Pennina-clinocloro
OF-67	850	3,64	Corundofilita
OF-2	800	2,7	—
OF-59	800	1,54	Corundofilita
OF-81	650	1,7	Pennina
OF-31	550	2,8	Sheridanita
OF-41	550	Muy abierta	—
OF-89	500	2	Clinocloro
OF-13	250	Muy abierta	—
OF-137	200	Muy abierta	Clinocloro

También se recogen en esta tabla las medidas de la cristalinidad de la clorita realizadas según el método propuesto por WEBER (en DUNOYER, 1969) para medir la cristalinidad de la illita.

TABLA VII
Cristalinidad de las illitas.

Muestra	Índice de Weber
OF-26	5,5
OF-25	4
OF-24	3,63
OF-31	3,2
OF-89	2,6
OF-104	2,35
OF-2	2,16
OF-59	1,57
OF-13	1,33
OF-41	<1
OF-68	<1

TABLA VIII
Proporciones relativas de ilita y clorita.

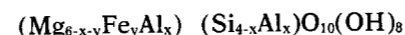
Muestra	% Iilita	% Clorita
OF-1	0	100
OF-2	35	65
OF-5	0	100
OF-11	100	0
OF-13	70	30
OF-24	50	50
OF-25	42	58
OF-26	51	49
OF-31	41	59
OF-41	10	90
OF-59	56	44
OF-63	0	100
OF-66	0	100
OF-67	17	83
OF-68	10	90
OF-81	0	100
OF-89	30	70
OF-94	0	100
OF-103	0	100
OF-104	100	0
OF-133	100	0
OF-137	47	53

En la tabla VII se recogen las medidas de cristalinidades de ilitas realizadas según el método de WEBER (*op. cit.*). Este método se basa en calcular la razón A/B en la reflexión 001 de la ilita, siendo A la altura total del pico y B la altura del punto en que el pico comienza a abrirse hacia ángulos pequeños. Este índice resulta ser poco exacto para grandes cristalinidades, donde A es muy grande y B muy pequeño, precisamente en rocas situadas al comienzo del metamorfismo, pero en las muestras estudiadas por nosotros pensamos que puede usarse con bastante garantía, pues las cristalinidades son, en general, bajas.

Las cristalinidades presentan valores de medios a bajos en las muestras estudiadas. Las mejores corresponden a las muestras tomadas en el afloramiento 0-2 (de dimensiones grandes) y a niveles arcillosos intercalados en la roca ígnea (OF-5). En niveles no arcillosos, aunque intercalados en la roca magmática, la cristalinidad es más baja (OF-2, OF-67). Los valores medios corresponden o bien a arcillas en contacto directo con la roca ígnea (OF-31, OF-81, OF-41), o bien a arcillas a poca distancia de la roca ígnea en afloramientos de grandes dimensiones (OF-89). Los valores menores corresponden, en general, a las muestras más alejadas de los contactos (OF-31, OF-137). En las muestras tomadas a mayor distancia de la roca

ígnea (tabla V) o no hay clorita o está en una proporción muy baja, por lo que estas muestras no figuran en la tabla VI.

Hemos realizado una clasificación de las cloritas siguiendo el método propuesto por BRINDLEY (1961). Se ha utilizado la correlación lineal existente entre el espaciado basal y la relación Al/Si en los tetraedros. Esta relación es la siguiente: $d_{001} = 14,55 - 0,29x$, donde x representa el número de aluminios en la fórmula general



Esta correlación puede utilizarse únicamente para cloritas con baja proporción de Fe^{3+} . El aluminio octaédrico se ha calculado a partir de la ecuación de ALBEE (1962) $d_{001} = 14,52 - 0,14x$, donde x corresponde a la suma ($Al^{IV} + Al^{VI} + Cr$). El número de átomos de Fe^{++} se ha calculado a partir de la ecuación de VON ENGLEHARDT (1942) $b = 9,22 + 0,028 Fe^{++}$. El parámetro b se ha calculado multiplicando por seis el valor de d_{000} . A partir de estos datos y empleando los diagramas de HEY (1954) y de FOSTER (1962) se ha realizado la clasificación de las cloritas, que se recoge también en la tabla VI.

En ciertos afloramientos, en que las rocas encajantes son calizas, el efecto del metamorfismo de contacto y de la acción hidrotermal posterior se pone de manifiesto con mucha más facilidad, ya que los carbonatos aparecen recristalizados y en ciertas zonas han crecido cristales de clorita y se ha formado magnetita, goetita y lepidocrocita.

DISCUSION

En la mayoría de los afloramientos la roca ígnea es intrusiva, originando cuerpos redondeados o lenticulares. No obstante, no puede descartarse, por la ausencia de estructuras típicamente volcánicas, la posibilidad de que algunas de estas rocas sean extrusivas. En otros casos, no descritos en este trabajo, se trata de diques de potencias muy variables. Estas rocas encajan en sedimentos de edad triásica, a veces bajo las calizas del Muschelkalk, que pueden haber actuado como techo, frenando el avance del material ígneo, tal como sugiere SANZ DE GALDEANO (1973), a veces, en Trías indeterminado.

Hasta ahora, y a falta de dataciones de edad absoluta, diferentes autores habían apuntado la idea de que se tratara de rocas de edad jurásica, correspondiendo su intrusión al magmatismo que afecta, con posterioridad al Trías, a la zona Subbética. Actualmente existen numerosas dudas sobre la edad de estas intrusiones; la opinión más general es que se trata, al menos para algunas de ellas, de rocas de edad triásica. Sin embargo, las dataciones de edad absoluta realizadas recientemente sobre algunas de estas rocas (VAN DE FLIERT et al, 1980), así como las realizadas sobre «ofitas» triásicas del Pirineo (CASTELLARÍN y col., 1978), suelen dar edades mucho más recientes. En los trabajos citados, así como en el de PUGA y RUIZ CRUZ (1980), se discuten las posibles causas de las discrepancias de edad deducidas para el magmatismo ofítico.

Los análisis modales realizados han permitido clasificar estas rocas como andesitas o basaltos, en la mayoría de los casos. Sin embargo, en ciertos afloramientos en que es observable una diferenciación magmática más avanzada, aparecen cuarzo-basaltos y cuarzo-andesitas. En otros casos la roca es mucho más alcalina, clasificándose como andesitas sódicas e incluso como traquitas (1).

En el trabajo de PUGA y RUIZ CRUZ (1980) se recogen los datos químicos y la clasificación normativa de estas rocas. Asimismo, se pone de manifiesto su origen diferente del de las rocas ígneas más recientes de la zona Subbética. Ya BUSNARDO (1964) había apuntado la posibilidad de que se tratara de magmas diferentes basándose en datos petrológicos; este autor encontraba diferencias petrográficas claras entre ambos tipos de rocas, que si bien son ciertas para los afloramientos por él estudiados, no pueden generalizarse a todos los casos.

La alteración hidrotermal ha sido, en la mayoría de los casos, muy avanzada; en ciertos afloramientos, al menos, las muestras se han tomado en canteras recientes y muy profundas, poco afectadas evidentemente por la meteorización.

En ciertos casos parece evidente la acción de un metasomatismo sódico que conduce a la albitización de la plagioclasa y al desarrollo de piro-

(1) En la muestra OF-34 (traquita) la clasificación se ha realizado a partir del análisis mineralógico efectuado sobre el diagrama de difracción de rayos X.

xenos alcalinos, fundamentalmente augita aegirínica.

Los feldespatos aparecen transformados frecuentemente en sericita, epidota y prhenita. La transformación en sericita, según MILLOT (1964), tiene lugar preferentemente en medios ricos en álcalis y sobre todo en calcio. Por otra parte, la formación de prhenita, epidota y titanita lleva a GARCÍA CERVIGÓN (1977) a admitir la presencia de soluciones hidrotermales ricas en calcio y con pH ligeramente alcalino.

En otros casos, la plagioclasa (albita) aparece alterada a paragonita. Según HEMLEY (1961), la alteración de albita a paragonita se produciría a altas temperaturas (400°) y en medio ácido. A temperaturas menores la albita tendería a transformarse en montmorillonita.

Paralelamente a la sericitación de los feldespatos, los ferromagnesianos tienden a originar clorita, en el medio alcalino producido por la hidrólisis de estos silicatos. Las cloritas originadas son ricas en Mg.

La alteración a clorita, montmorillonita e interestratificados del tipo (14-14_m) es a veces dominante sobre los feldespatos, comportando un claro enriquecimiento en Mg y H₂O y un medio ligeramente alcalino.

Cuando la composición mineralógica primitiva lo ha permitido (minerales ricos en Mg, enstatita y olivino, fundamentalmente), los productos de la alteración hidrotermal han sido serpentina, bronzita y talco.

Por último, unas condiciones de lavado más intensas y un medio ácido, son los responsables de la formación de pequeñas masas de caolinita en el afloramiento 0-1.

La acción de la roca ígnea sobre la roca encajante es en ciertos casos evidente, sobre todo cuando ésta no es arcillosa (afloramientos 0-2 y 0-8, por ejemplo), donde las rocas carbonatadas aparecen recristalizadas y frecuentemente mineralizadas por efecto del hidrotermalismo posterior.

Sobre las rocas arcillosas los efectos son menos vistosos y en líneas generales podemos resumirlos así:

Se observa un aumento del porcentaje de clorita en la proximidad de la roca ígnea, debido a los aportes de Mg procedentes de la roca ígnea o de los fluidos hidrotermales asociados. Esta influencia es mucho más clara que el aumento de cristalinidad que habría podido esperarse.

Las mayores cristalinidades medidas en las cloritas corresponden al afloramiento 0-2, de grandes dimensiones, y a niveles arcillosos intercalados en la roca ígnea.

No se ha podido, por el momento, establecer ninguna relación entre la composición química de las cloritas y la proximidad con la roca magmática, pues la única constante en todas ellas es un elevado contenido en Mg, siendo la relación Si-Al muy variable, hecho atribuible a la composición inicial de la roca.

Las mayores cristalinidades medidas sobre las ilitas corresponden igualmente al afloramiento 0-2, pudiendo situarse estas ilitas en el diagrama de WEBER (1960) casi en el límite entre la anquizona y la epizona.

BIBLIOGRAFIA

- BRINDLEY, G. W.: *Chlorite minerals* (En *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*). Brown Ed. London (1962).
- BUSNARDO, R., y CHENEVOY, M.: *Dolérites intrusives dans le Lias et le Dogger d'Andalousie; leurs différenciations pegmatitiques alcalines et aureoles de métamorphisme*. Bull. Soc. Geol. Fr., 7, IV (1962).
- CASTELLARIN, A.; LUCCHINI, F.; ROSSELL, J.; ROSSI, P.; SARTOR, R., y SAVELLI, C.: *Preliminary data on mesozoic «ophites» from the Southern Pyrenees*. Miner. Petrogr. Acta, vol. 22 (1978).
- CRUZ SANJULIÁN, J.: *Estudio geológico del sector Cañete La Real-Teba-Osuna*. Tesis doctoral, Univ. de Granada (1974).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J.: *Rock Forming Minerals*. Vol. 2-A, Ed. Longman, London (1978).
- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: *Les minéraux argileux dans la diagénese passage au métamorphisme*. Mém. Serv. Carte Geol. Als. Lor., 29, Strasbourg (1969).
- FONTBOTÉ, J. M., y QUINTERO, I.: *Lavas almohadilladas (pillow-lavas) en los afloramientos volcánicos de la transversal Iznalloz-Jaén (Cordillera Subbética)*. Notas y Com. Inst. Geol. Min. España, 60 (1960).
- FOSTER, M. D.: *Interpretation of the composition and classification of chlorites*. Geol. Surv. Prof. Paper, 414-A (1962).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.: *Estudio mineralógico y geoquímico de los productos de alteración de las rocas ígneas al NW de la provincia de Murcia*. Tesis Univ. de Granada (1973).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.; ESTÉVEZ, A., y FENOLL HACH-ALÍ, P.: *Los yacimientos de magnetita del coto minero de Cehegin (Zona Subbética, provincia de Murcia)*. Cuadernos de Geología, 7 (1976).
- GARCÍA CERVIGÓN, A.; TORRES RUIZ, J., y SANZ DE GALDEANO, C.: *Nota sobre los filones hidrotermales asociados a un afloramiento de doleritas en Valdohornillo (Fuensanta de Martos, Jaén)*. Estudios Geológicos, 33 (1977).
- HEMLEY, J. J.; MEYER, C., and RICHTER, D. H.: *Some alteration reactions in the system Na₂O—Al₂O₃—SiO₂—H₂O*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 424-D (1961).
- HESS, H. H.: *Chemical composition and optical properties of common clinopyroxenes*. Amer. Min., 34 (1949).
- HEY, M. H.: *A new review of the chlorites*. Min. Mag., 30 (1954).
- JOHANSEN, A.: *A descriptive petrographie of the igneous rocks*. Chicago (1969).
- KLUG, M. P., y ALEXANDER, L. E.: *X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials*. Wiley Ed. New York (1969).
- LÓPEZ GARRIDO, A. C., y VERA, J. A.: *Recopilación Cartográfica de las zonas externas de las Cordilleras Béticas a escala 1:1.000.000* (1979).
- MILLOT, G.: *Géologie des argiles*. Ed. Mason, París (1964).
- MUIR, I. D.: *The clinopyroxenes of the Skaergaard intrusion, eastern Greenland*. Min. Mag., 29 (1951).
- PUGA, E., y RUIZ CRUZ, M. D.: *Observaciones petrológicas y geoquímicas sobre el magmatismo básico mesozoico del Sector Central de la Cordillera Subbética*. Cuadernos de Geología, en prensa (1980).
- PEYRE, Y.: *Géologie d'Antequera et de sa region (Cordillères Bétiques, Espagne)*. Thesis. Univ. de Paris (1974).
- SANZ DE GALDEANO, C.: *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis Univ. de Granada (1973).
- TRÖGER, W. E.: *Optische Bestimmung der Gesteinsbildendem Mineral*. Ed. Schweizerbart, Stuttgart (1971).
- VAN DE FLIERT, J. R.; HEBEDA, E. H.; PRIEM, H. N. A.; DE SMET, M. E. M., y VERDURMEM, E. A. Th.: *Pillow-lavas and basic intrusives of early Cretaceous age in the Contar area (provincia de Murcia)*. Betic Cordilleras, Spain. Bol. Inst. Geol. Min. España (1980).
- VERA, J. A.: *Estudio geológico de la zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes*. Tesis. Univ. de Granada (1969).

Recibido: junio, 1981

INFORMACION

Noticias

EL DIRECTOR DEL IGME, MARIANO RICARDO ECHEVARRIA, ANTE EL CLUB ESPAÑOL DE LA MINERIA

El pasado 25 de febrero, Mariano Ricardo Echevarría, Director del Instituto Geológico y Minero, pronunció una conferencia ante el Club Español de la Minería. Disertó sobre las actividades del IGME y solicitó colaboración de los empresarios mineros.

Empezó exponiendo brevemente el marco administrativo en el que el IGME desarrolla sus trabajos y actividades, antes de entrar en la exposición de los mismos.

En la actualidad —dijo— el IGME desarrolla sus funciones, de acuerdo con la legislación vigente, en el marco de unos planes y programas que a nivel superior al Instituto, como es el caso del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales y del Plan Energético Nacional, o simplemente a nivel de nuestro Centro, como es el Programa de Abastecimiento de Aguas Subterráneas a Núcleos Urbanos o el Programa de Investigación de los Fondos Marinos, han sido confeccionados con vistas a lograr un máximo rendimiento de las inversiones, coordinando la acción del sector público y privado y jerarquizando dichas inversiones, en base a las necesidades económicas del país.

Para el logro de los objetivos propuestos por estos Planes, las actividades que el IGME lleva a cabo se agrupan en tres sectores claramente definidos:

- Infraestructura Geológico-Minera.
- Recursos Minerales.
- Ordenación y protección del medio natural.

Dentro del primer grupo pasó revista a los trabajos de cartografía básica, los estudios generales geológico-mineros o las labores sobre documentación e información.

Así citó que en el campo de la cartografía geológica ya estaba cubierto más del 50 por 100 del territorio nacional, a escala 1:50.000, y cerca del 12 por 100 de la nueva síntesis geológica a escala 1:200.000, basada en el propio mapa 1:50.000, y recientemente se había editado el nuevo mapa geológico de España a escala 1:1.000.000. También, como de todos es sabido, existen mapas temáticos a diversas escalas, como el minero 1:1.000.000, de reciente realización, o los mapas Metalogenéticos y de

Rocas Industriales, a escalas 1:200.000, ya terminados hace varios años, cuya actualización se había iniciado, geofísicos, geoquímicos, etc.

A la labor cartográfica se añaden estudios específicos geológico-mineros, para profundizar en el conocimiento de formaciones geológicas típicas de nuestro país, como es el caso de la faja pirítica del SO, el Carbonífero Asturiano, y el Sistema Ibérico o las Cordilleras Béticas...

Así como los estudios geofísicos y la aplicación de técnicas analíticas y de sondeos como apoyo a los distintos proyectos de investigación que ejecuta el Instituto.

Formando parte, también, del conjunto de actividades de carácter infraestructural, se debía considerar a la base informativa y documental. La importancia que suponía el almacenamiento y tratamiento de la cada vez más abundante información del variado tipo que generan los múltiples trabajos y estudios efectuados en relación con el suelo y el subsuelo, se ponía claramente de manifiesto al permitir, por un lado, ofrecer a los diversos estamentos de la nación unos datos válidos y completos sobre los conocimientos que en cada momento se poseen, y, por otro, facilitar la realización de acciones posteriores en el campo de la Geología y Minería, evitando con ello caer en inútiles duplicidades.

Durante los últimos años el Instituto ha venido organizando un Centro de Información y Documentación sobre Ciencias de la Tierra, cuya explotación se está mostrando para todos de especial utilidad, y que en el futuro se ha de seguir desarrollando para garantizar al máximo la calidad de servicio que se debe prestar.

Dentro del grupo de los trabajos relacionados con la ordenación y protección del medio natural el Instituto realiza una importantísima labor, especialmente en el campo de las aguas subterráneas.

Según palabras del Director del IGME, al comienzo de los años 70, el IGME decidió establecer una sistemática que permitiera llegar al conocimiento de los recursos en aguas subterráneas, y en esa línea se elaboraron tres grandes programas de actuación:

- Programa de Investigación de Aguas Subterráneas.
- Programa de Estudios para la planificación, control y conservación de los acuíferos.
- Programa de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas.

Como resumen de la labor realizada entre los años 1975-1981 el Director del IGME dio los siguientes datos: se han llevado a cabo obras de alumbramiento para abastecimiento público en 320 municipios de 32 provincias, habiéndose aforado 8.105 litros por segundo para abastecer a una población de 2.640.000 habitantes, siendo la inversión correspondiente de 747 MP. Las cantidades mencionadas llevadas a valores medios representan una disponibilidad de 260 litros por habitante y día, superior a lo indicado por la Organización Mundial de la Salud como necesario, y apenas con un coste de 400 pesetas por habitante. Se han tenido actuaciones importantes con resultados positivos en provincias, que han sufrido especialmente los efectos de la sequía, entre ellas, a título de ejemplo, se encuentran: Ciudad Real, Sevilla, Jaén, Tarragona, Alicante, Huelva, Málaga, Salamanca y Cáceres.

El otro grupo de estudios, que también tiene relación con la Ordenación del Medio Natural, y que se incluyen dentro de este segundo sector, lo constituyen los trabajos de Geología Territorial y Ambiental, y cuyos objetivos se centran en las aportaciones de la información infraestructural geológica, hidrogeológica, geotécnica y minera, derivadas de las actividades que ya venimos desarrollando y, en los casos en que es necesario, con realización de trabajos adicionales de la misma índole, específicamente útil para la planificación territorial y la protección del medio ambiente.

Citó igualmente los trabajos realizados en los últimos años en el campo de la orientación del vertido de residuos sólidos y ubicación de depósitos de estériles, así como la protección a la contaminación de los acuíferos subterráneos producida por éstos. Igualmente se ha desarrollado una importante cartografía geotécnica de diversas escalas que contribuye a resolver diversos problemas.

Intencionadamente, según sus palabras, dejó para el último lugar el exponer los trabajos que el Instituto desarrollaba en el campo de los recursos minerales, con el fin de analizar los planes y programas que se llevan a cabo para deducir los servicios que el IGME trata de prestar a la minería y extrapolar, en la medida que sea posible, conclusiones de futuro que contribuyan a mejorar dichos servicios.

El Instituto, que viene trabajando desde su fundación en la investigación de los recursos minerales del país, no había podido hacerlo siempre con una sistemática deseable, por falta de medios en el pasado. Es, principalmente, a partir de 1970, con el desarrollo del Plan de la Minería y la elaboración del Programa Nacional de Investigación Minera, cuando se hace una primera ordenación de la labor de exploración e investigación geológico-minera, así como del papel que el IGME debía desempeñar en dicha investigación. Esta primera ordenación se fue ajustando paulatinamente a lo largo del desarrollo del mencionado Programa y, sobre todo, de la confección de los dos primeros Planes Nacionales de Abastecimiento de Materias Primas Minerales NO Energéticas.

De esta forma se dispuso ya en 1977 de una sistemática de investigación minera suficientemente escalonada, siendo entonces cuando se asignaron al IGME cometidos concretos, que debe desarrollar dentro de los trabajos

conducentes al conocimiento de los recursos minerales de España.

La concepción de esta metodología se ha visto reforzada por la crisis, provocada en el sector energético por la política petrolera mundial, que llevó al país a la necesidad de elaborar el Plan Energético Nacional, dentro del cual se establecen, al igual que en el Plan de Abastecimiento de Materias Primas Minerales, los criterios para conocer los recursos energéticos de España, y en el que se asignan, igualmente, misiones concretas a este centro.

Así, dijo, llegamos al momento actual, en el que el Instituto tiene establecidas tres etapas o niveles para el desarrollo de la investigación minera.

— La primera etapa consiste en disponer de la infraestructura minera conducente a un conocimiento básico de los recursos minerales.

— La segunda se ocupa de la exploración e investigación propiamente dichas, dentro de las áreas seleccionadas como de interés por su posible potencial minero.

— El tercer nivel, finalmente, se dirige a trabajos o estudios que contemplan la propia explotación minera.

Referente al primer capítulo, el Director del IGME afirmó que se disponía ya de una importante documentación, como el Mapa Metalogenético Nacional, y el Mapa de Rocas Industriales, ambos realizados a escala 1:200.000, así como el Mapa Previsor de Mineralizaciones, a escala de 1:1.500.000 por sustancias.

Formando parte del conjunto de actividades de infraestructura minera, en los últimos años se ha puesto en marcha la exploración minera sistemática de todo el territorio nacional, mediante una moderna tecnología que pretende el descubrimiento de nuevas anomalías e indicios minerales.

Así, siguiendo las pautas del Plan Energético Nacional, la investigación minera de yacimientos de carbón se realiza en dos grupos: exploración de hullas y antracitas y exploración de lignitos.

La exploración de hullas y antracitas se llevan a cabo sobre zonas ya puestas de manifiesto, como cuencas potenciales en carbón. Los trabajos se realizan conjuntamente con la Empresa Nacional ADARO, y consisten, principalmente, en una mejor evaluación de los recursos disponibles, ya que no parece probable encontrar nuevos yacimientos en estos tipos de carbones.

En la investigación de lignitos, menos desarrollada, anteriormente los trabajos han partido de una exploración general, que ha permitido seleccionar zonas presumiblemente lignitíferas. Se ha estudiado una sistemática de investigación de cuencas terciarias, que aplicada en Galicia ha permitido detectar áreas concretas de investigación. Entre éstas se encuentra la cuenca terciaria de Ganzo de Limia, cuyo yacimiento se está definiendo actualmente, habiéndose estimado, cuando llevamos reconocida la quinta parte de dicha cuenca, unos recursos del orden de unos 120 millones de toneladas. Igualmente se han seleccionado áreas de interés en Teruel, Cuenca y otras provincias de Levante y sur de España, que se irán investigando paulatinamente.

Se está llevando a cabo un programa de exploración de rocas bituminosas, iniciando el mismo mediante un examen de carácter general de los principales indicios existentes, limitándose los resultados, hasta el momento, a la localización de casos aislados de poca entidad.

Finalmente, en el campo de los recursos geotérmicos como fuente complementaria de energía, el IGME realiza una labor investigadora de verdadero interés.

Por lo que respecta a la exploración de recursos no energéticos, dentro del Plan Nacional de Abastecimientos de Materias Primas Minerales, el Instituto está realizando una importante labor: en minerales metálicos, investigando plomo, cinc, estaño, wolframio, hierro y sulfuros complejos, principalmente; en minerales no metálicos, estudiando sales, baritas y fluoritas, y, finalmente, en rocas industriales, donde se evalúan las posibilidades de granitos ornamentales, pizarras para techar, caolines, arcillas y otros materiales.

Finalmente, el último nivel de la actividad del IGME dentro del campo de los recursos minerales lo constituyen los trabajos que contemplan la propia explotación minera y que, por la trayectoria histórica del Organismo que ahora represento, son las de más moderno desarrollo dentro del mismo.

En este sentido se trabaja: sobre aplicaciones de la geomecánica al laboreo de las minas, en mineralurgia, en desarrollo de normas mineras y en estudios de explotabilidad y trabajos aplicables a la ordenación de subsectores.

En resumen, Mariano Ricardo Echevarría manifestó que el Instituto, en su nueva etapa como Organismo autónomo, ha realizado en los últimos años inversiones por valores de 1.301,9 MP en 1980, de 2.762,8 MP en 1981, teniendo previsto para 1982 una inversión de 3.456,9 MP.

Estas cantidades, de las que aproximadamente la mitad se destina a los trabajos realizados para el conocimiento de los recursos minerales, dan una idea muy clara del interés que el IGME pone en el servicio de este sector, al que iba dedicada su charla.

Por último, el Director del IGME manifestó que, además de continuar el desarrollo de las actividades a las que acaba de pasar revista, dentro de las directrices que dicta el Ministerio de Industria y Energía, se pretendía desarrollar al máximo las posibilidades que la legislación les concede. Así como los medios de que disponían, para estrechar la colaboración con el sector minero, en todos los campos de su competencia, y que si se actuaba debidamente esperaría lograr la necesaria colaboración entre ambos sectores de la minería pública y privada que permita afrontar el futuro con el necesario optimismo, en la seguridad de que, entre todos, solucionaríamos los difíciles problemas de abastecimiento de minerales a nuestra industria, potenciando la minería de forma compatible con la protección del medio ambiente, y utilizando sabiamente nuestros recursos naturales, que constituyen un importante patrimonio.

ESTE AÑO SE HARA UN ESTUDIO DE LA DEGRADACION DE LA CALIDAD DE LA PLANA DE VALENCIA:

CIENT MILLONES DE PESETAS PARA ESTUDIOS ACUIFEROS DEL LITORAL VALENCIANO

Desde 1972 el Instituto Geológico y Minero de España viene realizando una serie de estudios de investi-

gación de las aguas subterráneas de las provincias valencianas, especialmente de la cuenca media y baja del Júcar. Estos estudios, cerca de 500, han sido realizados por el equipo de la oficina técnica de Valencia y por los equipos destinados por el IGME.

Estos estudios han tenido como objetivo investigar y definir los diferentes acuíferos subterráneos que existen en la cuenca del Júcar y su relación con las aguas superficiales. Por otra parte, se elaboró un plan de gestión y conservación acuíferos, cuyo objetivo es controlar la evolución, tanto en calidad como en cantidad, de las aguas subterráneas. Para este control se establecieron en las tres provincias de Valencia tres redes básicas: la primera vigila la evolución de la cantidad. En esta primera red se han instalado 520 puntos de control, que son medidos trimestralmente y permiten definir cuáles son las zonas que presentan una explotación excesiva. La segunda red, que vigila la calidad general de las aguas subterráneas del país valenciano. Consta de 214 puntos de control, en donde se analizan los principales elementos del agua y permiten detectar los puntos en donde se presenta un mayor índice de contaminación. Por último, la tercera red, la de control de impulsión del agua del mar consta de 310 puntos y muestra los índices de salinización de los acuíferos costeros.

ESTUDIOS DEL IGME EN 1981

Durante 1981, y según ha manifestado Juan Antonio López Geta, de la División de Aguas del Instituto Geológico y Minero de España, se han llevado a cabo diversos estudios en la zona levantina por parte de su departamento. En este sentido cabe destacar el estudio realizado respecto al análisis de posibilidades de mejorar la regulación del río Mijares. Asimismo se ha elaborado un completo informe sobre proposiciones de un plan de actuación para incrementar la regulación actual del río Turia mediante la explotación programada de los acuíferos de la unidad hidrogeológica de Alpuente. Asimismo, su departamento ha elaborado un estudio referente al plan de aprovechamiento integral de los recursos subterráneos de la unidad septentrional del macizo del Carre y un análisis detallado del estado actual de los acuíferos costeros del litoral levantino.

Este último informe ha sido elaborado con los datos procedentes de las redes de control situadas en las zonas de la Plana de Vinaroz-Peñíscola, Oropesa-Torreblanca, Castellón, Valencia y Gandía-Denia.

ESTE AÑO SE HARAN LOS MODELOS DE GESTION PARA EL RIO JUCAR Y EL MIJARES

Entre los planes que el IGME piensa acometer este año en la zona valenciana, a través de su departamento de aguas, se prevee realizar los modelos de gestión de los ríos Júcar y Mijares, así como un estudio de la degradación de la calidad de la Plana de Valencia, estudiar su origen y su evolución. Para estos planes el IGME prevé invertir una cantidad similar a la que se invirtió el pasado año, aproximadamente 100 millones de pesetas en las tres provincias.

LOS ACUIFEROS VALENCIANOS ESTAN AL LIMITE DE SU EXPLOTACION

Los estudios llevados a cabo han permitido sacar importantes conclusiones por efecto de la sequía, son claramente excedentarios y están casi al límite de su explotación. Las extracciones de agua incorrectas que han sufrido han agravado su situación. Pero, además, el agua subterránea está siendo degradada por la actividad de elementos contaminantes que proceden de la superficie. La solución a los problemas planteados debe basarse en los objetivos siguientes: proporcionar para cada uso el agua de la calidad más adecuada y satisfacer las necesidades urbanas, agrícolas e industriales. A medio plazo, los acuíferos detríticos de la Planta tendrán que destinarse casi exclusivamente a satisfacer la demanda agrícola, debido al creciente contenido de nitratos de sus aguas. Por ese motivo habrá que recurrir a otros sistemas acuíferos del interior para el abastecimiento urbano e industrial.

DESCUBIERTO UN YACIMIENTO DE AGUA CALIENTE EN EL POLIGONO DE CANTOBLANCO

A menos de treinta kilómetros de Madrid, concretamente en el polígono de Cantoblanco, ha sido descubierto un yacimiento de agua caliente que sale a la superficie a una temperatura superior a los setenta grados.

El aprovechamiento de este yacimiento puede surtir de calefacción y agua caliente a un colectivo de cerca de 20.000 personas durante treinta años, lo que supondrá un ahorro de gasóleo de 11.800 metros cúbicos anuales.

El descubrimiento forma parte de los trabajos que está desarrollando en toda España el Instituto Geológico y Minero de España, en una búsqueda constante de fuentes alternativas de energía.

Como consecuencia de los trabajos de geología llevados a cabo en la zona de Cantoblanco —a unos 25 kilómetros de Madrid, por la carretera de Colmenar, junto a la Universidad Autónoma— el IGME detectó la posible presencia de agua a temperaturas que pudieran ser utilizables como fuentes de energía alternativa.

Los trabajos de prospección realizados como consecuencia de esos estudios descubrieron a 2.400 metros de profundidad la existencia de un acuífero con agua caliente a 80° de temperatura. Aunque por el momento se está estudiando el aforo y el volumen de caudal de agua que podría aportar, se estima que se trata de un acuífero de grandes dimensiones, que podría aportar calorías suficientes como para surtir de calefacción y agua caliente a una población de cerca de 20.000 habitantes.

El agua contenida en este acuífero tiene una antigüedad de unos ochenta mil años, y su origen data de filtraciones producidas en un terreno formado por arenas y gravas, y se encuentran bastante contaminadas por la presencia de sales y otros productos.

Se calcula que con ello se podrá utilizar la fuente calorífica de este acuífero por lo menos durante una treintena de años. De este tiempo en adelante las condiciones económicas del momento determinarán si continúa sien-

do rentable su explotación, ya que se calcula que la temperatura del agua descenderá en unos veinte grados.

Universalmente está admitido que la temperatura del terreno aumenta en una proporción aproximada de 3,3 grados centígrados cada 100 metros de profundidad. De ahí el origen de este agua caliente en el subsuelo de Madrid.

En otros puntos de la península también se han producido hallazgos de acuíferos a temperaturas apreciables, como por ejemplo el yacimiento de agua caliente descubierto en el polígono industrial de Burgos, u otros en las cuencas de los ríos Duero, Tajo, Ebro o Guadalquivir.

Internacionalmente este tipo de yacimientos de agua caliente están siendo utilizados como fuente alternativa de energía en algunos países europeos, como Francia o Hungría.

Existen zonas en el mundo que la proporción de aumento de la temperatura por profundidad es mayor que la apuntada. Tal vez la zona más destacable del mundo en este aspecto es Lanzarote, donde ya se han llevado a cabo trabajos de este tipo, que no han dado resultado positivo. Sin embargo, se sabe que hay en las comunidades europeas una importante partida económica para la investigación geotérmica en Lanzarote, que se invertirá cuando nuestro país ingrese en el Mercado Común.

También hay posibilidades de encontrar zonas de alta entalpía en las cercanías de Olot, en Cataluña, que es una zona volcánica relativamente joven, alrededor de seiscientos mil años de antigüedad.

Aparte de este proyecto, el Instituto Geológico y Minero de España está desarrollando otros trabajos en distintas zonas de España. Destaca en este mismo aspecto la posible explotación de las llamadas rocas calientes secas, en Galicia.

La temperatura de estas rocas se produce por la mayor desintegración de isótopos radiactivos, que producen un aumento de temperatura. La explotación de esta fuente de calor se llevaría a cabo produciendo una explosión interna que creará una bolsa, en la cual se introduciría agua, que adquiriría rápidamente una temperatura apreciable.

REVISION DEL PEN:

IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION DE NUEVAS CUENCAS CARBONIFERAS

A cerca de 41 millones de toneladas ascenderá la producción nacional de carbón para 1990, según el texto revisado del PEN. Dicha revisión, en lo referente al carbón, viene justificada por los importantes avances experimentados durante el período 1979-81.

Importantes factores de cara a esta revisión han sido la aceleración del programa de centrales térmicas de carbón, el inferior coste de explotación con relación al precio del petróleo, la posibilidad de complementarlo con mineral de importación y el apoyo financiero recibido para la constitución de stocks.

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DEL CARBON

Pero, dentro del texto revisado, y en lo referente al sector carbón, se concede especial importancia al Plan Nacional de Investigación del Carbón.

Iniciada la ejecución de este plan en 1979, su desarrollo comprende hasta 1990, con un programa concreto de actuación para el período que concluye en 1984.

En lo referente a infraestructura de base, merece destacarse que en 1979 quedó finalizado el Inventario de Recursos de Carbón. El paso del tiempo y el perfeccionamiento derivado de la investigación tecnológica específica requerirá adecuar las cifras a la realidad de cada momento.

Los trabajos realizados en el período 1979-80 han llevado a ubicar nuevos recursos de hulla y antracita, principalmente en Asturias, Córdoba y León, y a efectuar una selección de áreas de interés lignitífero en Galicia, así como a poner de manifiesto recursos de este tipo de carbón no considerados anteriormente en Mallorca, Teruel, Granada, La Coruña y Castellón. En conjunto, este esfuerzo investigador se ha traducido en la determinación de más de 140 millones de toneladas de carbón adicionales.

Los proyectos de investigación de recursos a plazo más inmediato se localizan en cuencas de Asturias, León, Palencia, Córdoba y Ciudad Real, por lo que se refiere a hullas y antracitas, y de Teruel, Cataluña y Galicia, por lo que respecta a los lignitos.

En la parte del Plan Energético dedicada específicamente al subsector del carbón se indica que los aumentos de extracción, que se cifran en un 60 por 100 en el período 1977-80, han sido consecuencia de unas mejores expectativas fundadas en la apertura del mercado para centrales termoelectricas, en la evolución hacia precios más remuneradores y en los estímulos dirigidos a financiar las inversiones y la formación de «stocks» coyunturales y estratégicos. El aumento de la demanda en centrales térmicas y la reconversión de la industria cementera explican el mayor consumo de carbón, que fue atendido complementando los suministros nacionales con importaciones.

La capacidad de producción nacional se encuentra condicionada por las posibilidades que ofrecen el grado de conocimiento actual de las reservas, la tecnología aplicable a su beneficio y los previsibles resultados económicos de su explotación. Si bien, dadas las características de los yacimientos españoles, ha de aceptarse un cierto sobrecoste para nuestros carbones, se espera una evolución positiva de las circunstancias que inciden en la situación económica del subsector, en base a la tendencia de los precios de las materias primas energéticas y la evolución de la demanda por la sustitución de productos petrolíferos.

BALANCE ENERGETICO PARA EL CARBON

Tipo de carbón	1981	1985	1990
<i>Producción nacional:</i>			
Hulla y antracita (Mt)	13,80	16,40	19,00
Lignito negro (Mt)	5,40	6,00	6,10
Lignito pardo (Mt)	14,30	15,50	15,90
Total producción (Mt) ...	33,50	37,90	41,00
Equivalencia en Mtec. ...	17,80	19,30	21,40
<i>Demanda nacional:</i>			
Hulla y antracita (Mt)	18,50	27,70	33,00
Lignito negro (Mt)	5,40	5,20	5,10
Lignito pardo (Mt)	14,30	16,00	16,00
Total producción (Mt) ...	38,19	48,97	54,16
Equivalencia en Mtec. ...	22,40	30,13	34,66
<i>Importaciones:</i>			
Hulla y antracita (Mt)	6,80	11,10	15,30
Equivalencia en Mtec. ...	6,40	10,60	14,40
<i>Variación de «stocks»:</i>			
Hulla y antracita (Mt)	+2,1	-0,2	+1,3
Lignito pardo (Mt)	—	-0,5	-0,1
Lignito negro (Mt)	—	+0,8	+1,0

El logro de los volúmenes de producción necesarios exige de las empresas el continuado estudio de sus reservas y la optimización de sus estructuras productivas, rendimientos y costes, así como la apertura de nuevos mercados y la formalización de contratos de venta a largo plazo con los consumidores. La aplicación de una adecuada política de precios, la concesión de estímulos y ayudas y la prioridad en el mercado de la producción nacional de carbones constituyen, en esencia, las acciones administrativas que se consideran necesarias para conseguir los objetivos deseados.

ESTUDIOS SOBRE EL MANANTIAL MINEROMEDICINAL DE CARABAÑA

Un grupo de Doctores en Medicina, Farmacia, Ciencias e Ingeniería, constituyentes de la «Comisión para el estudio de las aguas mineromedicinales», presidida por el Dr. Ingeniero de Minas López de Azcona, ha publicado su octava monografía, la de Carabaña (Madrid, 1981, 74 pp.).

En la amplia y completa monografía, se consideran los aspectos históricos, geológicos, climatológicos, edafológicos, vegetales, físicos, químicos, microbiológicos, farmacológicos y terapéuticos.

Actualmente, tienen en prensa la monografía de Alhama de Aragón, terminada, la de Caldas de Montbuy y en preparación la de Chiclana de la Frontera. Con esta serie se pretende contribuir a un conocimiento actual, lo más completo posible, de la riqueza e industria de las aguas mineromedicinales de España.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

11691. **El poblado paleolítico de la Font de la Carrasca; Culla, Castellón.** GONZALEZ PRATS, A.
Archivo de Prehistoria Levantina (1981), 16, pp. 141-158, esp., ref. (2), bibl. IGME.
* Arqueología, Artefacto, Datación, 2.000 a. de C., Culla, Font de la Carrasca, Provincia Castellón.

11696. **La Geología en el mundo Hispano hasta la muerte de Georges Cuvier; 1762-1832.** LOPEZ DE AZCONA, J. M.
Bol. Geol. Min. (1981), 92, núm. 3, pp. 70-74, esp., res. fra., bibl. IGME.
* Histórico, Origen, Geología, Mineralogía, España, América del Sur.

11860. **Trabajos fin de carrera defendidos en 1980.** INSTITUTO QUÍMICO DE SARRIA.
I. Q. S. Inst. Quím. Sarria (1981), núm. 12, pp. 1-58, bibl. IGME.
* Tesis, Inventario, 1980, Instituto Químico Sarriá.

11879. **Memoria 1979.** CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.
Mem. Cons. Sup. Inv. Científic. (1979), pp. 221-227, esp., bibl. IGME.
* Institución, Informe actividad, Bibliografía, Geología, Geofísica, C.S.I.C. 1979, España.

11880. **Memoria 1979.** CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.
Mem. Cons. Sup. Inv. Científic. (1979), pp. 61-62, esp., bibl. IGME.
* Institución, Informe actividad, Geología, C.S.I.C. 1979, España.

GEOLOGIA REGIONAL

11726. **El entorno de Madrid: Geología.** ALIA MEDINA, M.
Bol. R. Soc. Geogr. (1979), 115, núms. 1-12, pp. 35-43, esp., bibl. IGME.
* Depresión, Fosa tectónica, Terciario, Terciario sup., Estructura sedimentaria, Erosión, Basamento, Tectónica covertera, Estructura direccional, Provincia Madrid.

11904. **El IGME sobrepasa la mitad del proyecto MAGNA.** *Minerpress* (1980), núm. 28, esp., bibl. IGME.
* Informe actividad, IGME, Proyecto, Mapa geológico, Investigación, Proyecto MAGNA, 1:50.000, España.

12001. **Comunicaciones anunciadas a la VII reunión sobre Geología del oeste peninsular.** UNIV. COMPLUTENSE. DEP. PETROLOG. MADRID.
6 Reunión sobre geología del oeste peninsular (1981), esp., bibl. IGME.
* Reunión, Geología, Orogenia hercínica, España, Portugal.

CUATERNARIO

11418. **Les moraines frontales quaternaires. Divers aspects et signification quant a l'extension glaciaire. Exemples pris dans les Pyrenees françaises et espagnoles.** HAZERA, J.
Munibe (1980), pp. 195-205, fra., res. esp., ing., ref. (14), bibl. IGME.
* Morrena, Morfología glaciar, Cuaternario, Piedemonte, Pirineos, Pirineos Españoles.

11439. **El clima y la vegetació postglacial als paisos catalans.** BOLOS, O de.
Treb. Inst. Cat. Hist. Nat. (1981), 9, pp. 83-92, cat., res. fra., ref. (29), bibl. IGME.
* Climatología, Temperatura, Flora, Polen, Distribución espacial, Cuaternario, Würm, Catálogo, Región Valencia, Baleares.

GEOCRONOLOGIA

11565. **Datación mediante cloro 36 de aguas subterráneas en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid. (Nota preliminar).** LOPEZ VERA, F.
Bol. Geol. Min. (1980), 91, núm. 4, pp. 549-557, esp., res. ing., ref. (16), bibl. IGME.
* Agua subterránea, Datación, Cloro, Isótopo, Metodología, Ecuación matemática, Cl-36, Provincia Madrid.

GEOLOGIA EXTRATERRESTRE

11421. **Ionospheric electron production rate for grasing incidence at the Ebro Observatory.** ALBERCA, L. F.
Publicaciones del Observatorio del Ebro (1979), núm. 35, pp. 1-9, ing. res., esp., ref. (32), bibl. IGME.
* Electrón, Inosfera, Valor producto, Satélite artificial, Metodología análisis, INTELSAT II-F3, Método de rotaciones de Faraday.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

11279. **Posibilidades de la cuenca terciaria de Madrid como almacén subterráneo.** ORDÓÑEZ, S.; GARRIDO, A.; GARCIA DEL CURA, A., y CALVO, J. P.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 8, esp., res. ing., ref. (2), bibl. IGME.
* Elección del lugar, Almacenamiento subterráneo, Hidrocarburo, Disolución, Evaporización, Terciario, Provincia Madrid, Provincia Guadalajara.

11280. **Reconocimiento geotécnico para un tanque criogénico excavado en roca en Cartagena.** ROMANA, M.; CASERO, L., y PORTILLO, E.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 7, esp., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.
* Estudio fiabilidad, Almacenamiento subterráneo, Almacenamiento gas, Gas natural, Propiedad geotécnica, Dolomía, Trías, Estabilización, Licuado. Cartagena, Provincia Murcia.

11281. **Almacenamientos subterráneos de gas natural.** VELASCO SAN PEDRO, J. A.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 7, esp., res. ing., bibl. IGME.
* Almacenamiento subterráneo, Almacenamiento gas, Estudio fiabilidad, Energía, Acuífero, Evaporación, Protección medio ambiente, Gas natural.

11282. **Comunicaciones sesión técnica núm. 4. Excavaciones subterráneas para minería.** SOCIEDAD ESPAÑOLA MECANICA DE SUELOS.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 68, esp., res. ing., ref. (26), bibl. IGME.
* Reunión, Excavación, Estabilidad, Túnel, Mina.

11283. **Plano inclinado de Sotiel.** BARBERO ROMO, P., y GOMEZ GOMEZ, A.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 11, esp., res. ing., bibl. IGME.
* Excavación, Túnel, Mina, Pirita sustancia, Devónico, Carbonífero, Pizarra, Roca volcánica, Evaluación yacimiento, Tecnología minera, Subterráneo, Sulfuros complejos, Sotiel, Provincia Huelva.

11284. **Realizaciones de obras subterráneas de infraestructura para la construcción de servicerías generales en minas de hulla.** FUENTE MARTIN, A. M.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 8, esp., res. ing., bibl. IGME.
* Tecnología minera, Túnel, Estabilidad, Mina, Carbón, Asturias.

11285. **Nueva infraestructura minera.** RICO MANRESA, R.; AZNAR SALINERO, J., y OREJA TRIGO, J.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 12, esp., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.
* Túnel, Mina, Carbón, Estabilidad, Transporte, Devónico, Carbonífero, Pizarra, Subterráneo, La Robla, Provincia León.

11286. **Puesta a punto de un equipo de registro y análisis de voladuras. Resultados obtenidos en rocas ígneas.** ABAD FERNANDEZ, M.; CELADA TAMAMES, B., e HIDALGO BAYO, E.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 9, esp., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.
* Acción preventiva, Explosión, Vibración, Roca ígnea.

11287. **Sostenimiento de galerías: control de bulonado.** CELADA TAMAMES, B.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 9, esp., res. ing., ref. (5), bibl. IGME.
* Estabilización, Túnel, Mina, Potasio, Dilatación, Roca, Tensión, Bulonado.

11288. **Recursos de carbón en España. Prospectivas de la mecanización de las capas inclinadas.** CELADA TAMAMES, B.; LUQUE CABAL, V., y RAMBAUD PEREZ, C.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 9, esp., res. ing., ref. (5), bibl. IGME.
* Tecnología minera, Explotación, Capa carbón, Inclinación, Optimización, Recursos naturales, Carbón, Estabilización, Mundo.

11289. **¿Anclaje puntual o anclaje repartido?** DEL OLMO ALONSO, C., y VALCARCE GARCIA, A.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 10, esp., res. ing., ref. (3), bibl. IGME.
* Anclaje, Túnel, Mina, Potasio, Propiedad geotécnica, Roca.

11290. **Comunicaciones sesión técnica núm. 5. Excavaciones para centrales de energía.** SOCIEDAD ESPAÑOLA MECANICA DE ROCAS.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 93, esp., res. ing., ref. (28), bibl. IGME.
* Reunión, Excavación, Estabilización, Explosión, Vibración, Acción preventiva, Subterráneo.

11291. **Las excavaciones a cielo abierto en las ampliaciones de los centros de producción de energía.** AZNAR SALINERO, J.
Simposio sobre uso industrial del subsuelo (1981), 9, esp., res. ing., ref. (10), bibl. IGME.
* Excavación, Cielo abierto, Explosión, Vibración, Estructura velocidad, Resistencia mecánica, Roca, Acción preventiva.

Sedimentación detrítica, Conductividad hidráulica, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia, Provincia León.

11587. **Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas núms. 8 y 12: Aspectos hidroeconómicos de las aguas subterráneas.** IGME.

Colecc. Inf. (1980), pp. 63-67, esp., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Captación, Investigación, Precio, Coste, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia León, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia.

11588. **Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas núms. 8 y 12: Recomendaciones sobre la explotación de los recursos hidráulicos subterráneos de la Cuenca del Duero.** IGME.

Colecc. Inf. (1980), pp. 69-75, esp., bibl. IGME.

Agua subterránea, Gestión recursos agua, Captación, Demanda, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia León, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia.

11604. **Ciclo hidrológico de la Cuenca Baja del río Henares.** VILLARROYA GIL, F. I.

Estud. Geol. Esp. (1980), 36, núms. 1-2, pp. 181-191, esp., res. ing., ref. (20), bibl. IGME.

* Ciclo agua, Hidrología superficie, Caudal agua, Evaporación, Caudal, Infiltración, Evapotranspiración, Río Henares, Provincia Madrid.

11606. **La Empresa Municipal de Aguas de Gijón.** ADARO RUIZ, L.

La Empresa Municipal de Aguas de Gijón (1979), pp. 1-262, esp., bibl. IGME.

* Informe actividad, Sociedad del estado, Gestión recursos agua, Captación, Aducción agua, Depuración, Obra pública, Política estado, Empresa Municipal de Aguas de Gijón, Gijón, Asturias.

11622. **El plan general de la confederación del Guadalquivir.** PALANCAR PENELLA, M., y RUS VELAZQUEZ, M.

Rev. Obras Públicas, 1981, núm. 3.193, pp. 397-418, esp., bibl. IGME.

* Planificación, Cuenca drenaje, Rivera, Recursos agua, Balance agua superficie, Caudal rivera, Política estado, Río Guadalquivir, Andalucía.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

11419. **Estudio de las zonas kársticas de Guipúzcoa: El Urgoniano Sur de la Sierra de Aralar.** ETXEBERRIA, F., y ASTIGARRAGA, J. J.

Munibe (1980), 32, núms. 3-4, pp. 207-256, esp., res. ing., baq., ref. (24), bibl. IGME.

* Karst, Secundario, Urgoniano, Plicgue, Anticlinal, Ca-

balgamiento, Escala, Caliza, Caverna, Inventario, Sierra de Aralar, Provincia Basque, Navarra.

11555. **Towards an evolutionary stratigraphy.** SEILACHER, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), 16, núms. 1-2, pp. 39-44, ing. res., esp., cat., ref. (25), bibl. IGME.

* Estratigrafía, Biofacies, Sedimentación marina, Medio marino, Medio bentónico, Corriente de turbidez, Fauna, Ichnites, Evolución.

11593. **Las características del metamorfismo hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central (Provincia de Guadalajara).** APARICIO, A., y GALAN, E.

Estud. Geol. (1980), 36, núms. 1-2, pp. 75-84, esp., res. ing., ref. (39), bibl. IGME.

* Pelita, Composición mineralógica, Paragénesis, Difracción RX, Metamorfismo epizonal, Presión, Temperatura, Orogenia hercínica, Primario, Corte geológico, Provincia Guadalajara.

YACIMIENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

11374. **Nota sobre la pirofillita de Aguilas, Murcia, SE de España.** ACOSTA ECHEVARRIA, A.; GARCIA-CERVIGON BELLON, A., y RODRIGUEZ GALLEGU, M.

Acta Geol. Hisp. (1980), 15, núm. 5, pp. 131-134, esp., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.

* Pirofillita, Génesis yacimiento, Filón, Roca encajante, Filita, Esquistosidad, Esquistosidad flujo, Análisis químico, Aguilas, Provincia Murcia.

11382. **Descripción geológica del distrito minero Caravia-Barbes, Asturias.** TEJERINA LOBO, L., y ZORRILLA BRINGAS, J.

Bol. Geol. Min. (1980), 91, núm. 6, pp. 716-731, esp., res. ing., ref. (19), bibl. IGME.

* Fluorita sustancia, Distrito, Filón, Control tectónico, Alineación, Yacimiento estratiforme, Yacimiento estratiforme, Control sedimentario yacimiento, Control estratigráfico, Génesis yacimiento, Control litológico, Paragénesis, Epigénesis, Migración, Concentración, Keuper, Jurásico, Dogger, Tectónica, Caravia-Barbes, Asturias.

11462. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 4. Planteamiento de la labor a desarrollar.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10632 (1980), pp. 61-77, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Programa, Política estado, Planificación, Mármol, Amianto, Magnesita, Caolín, Yeso, Roca ígnea, Arcilla, Sílice, España.

ENERGIA

11404. **Minería del Carbón: Resolución de reserva para investigación del carbón, área en Lérida y Barcelona.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2430-2431, esp., bibl., IGME.

* Carbón sustancia, Concesión minera, Sierra de Cadi, San Lorenzo de Morunys, Provincia Lérida, Provincia Barcelona.

11405. **Legislación minera especial por razón de territorios: Resolución que reserva para investigación de minerales radioactivos, área de Sevilla, Córdoba, Badajoz y Huelva.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), p. 2463, esp., bibl. IGME.

* Uranio sustancia, Concesión minera, Prospección, Sociedad del estado, Provincia Sevilla, Provincia Córdoba, Provincia Badajoz, Provincia Huelva.

11407. **Minería del carbón: Reserva para explotación en Córdoba a ENCASUR.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2499-2501, esp., bibl. IGME.

* Carbón sustancia, Concesión minera, Explotación, Sociedad del estado, Peñarroya, Bélmez, Espiel, Provincia Córdoba.

11408. **Legislación minera general. Modificación Ley de Minas con preferencia respecto minerales energéticos.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2623-2628, esp., bibl. IGME.

* Legislación minera, Energía, España.

11414. **Ayudas del Estado a la minería del carbón en los países de la CEE y en España (Tercera parte).**

Minerpress (1981), núm. 52, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Política estado, Financiación, Fiscalía, Legislación, CEE, España.

11415. **Carbón, petróleo y gas como fuentes energéticas y como recursos minerales.** EXXON.

Minerpress (1981), núm. 53, esp., bibl. IGME.

* Energía, Carbón, Petróleo, Gas natural, Previsión, Demanda, Producción, Mundo.

11563. **Boletín estadístico Año 1980.**

Bol. estad. Carbuñón (1981), núm. 38, pp. 1-44, esp., bibl. IGME.

* Estadística, Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Valor producción, Importación, Productividad, Mano de obra, 1980, Tabla de datos, España, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia La Coruña, Asturias, Provincia Palencia.

11572. **Carbunión 80: La energía en el mundo.**

Carbunión (1981), pp. 15-95, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Petróleo, Gas natural, Uranio sustancia, Reserva, Mercado, Previsión, Mundo.

11573. **Carbunión 80: El carbón en la Europa Occidental.**

Carbunión (1981), pp. 95-111, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Antracita, Lignito, Reserva, Mercado, Alma-

cenamiento, Productividad, Mano de obra, Europa Occidental, Europa.

11574. **Carbunión 80: El carbón en España.**

Carbunión (1981), pp. 111-169, esp., bibl. IGME.

* Antracita, Lignito, Carbón vapor, Electricidad, Carbón coque, Reserva, Mercado, Productividad, Mano de obra, España.

11575. **Carbunión 80: Precios del carbón térmico.**

Carbunión (1981), pp. 175-176, esp., bibl. IGME.

* Política estado, Precio, Carbón vapor, España.

11576. **Carbunión 80: Subvenciones a la hulla coquizable.**

Carbunión (1981), pp. 176-177, esp., bibl. IGME.

* Política estado, Subvención, Carbón coque, España.

11577. **Carbunión 80: Fórmula paramétrica de revisión de precios del carbón térmico.**

Carbunión (1981), pp. 183-184, esp., bibl. IGME.

* Carbón vapor, Precio, Ecuación matemática, España.

11578. **Datos comparativos de la minería del carbón. Años 1979 y 1980.**

Carbunión. Datos comparativos de la minería del carbón (1980), pp. 1-5, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Consumo, Productividad, 1979, 1980, Tabla de datos, España, Asturias, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia Palencia, Provincia La Coruña.

11579. **Datos comparativos de la minería del carbón. Enero 1981.**

Carbunión. Datos comparativos de la minería del carbón (1981), núm. 1, pp. 1-5, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Consumo, Productividad, Enero 1981, Tabla de datos, España, Asturias, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia Palencia, Provincia La Coruña.

11624. **Política energética del carbón en un contexto europeo.** EZRA, D.

Rocas y Miner. (1981), núm. 113, pp. 8-11, esp., bibl. IGME.

* Estudio crítico, Política estado, Energía, Carbón, CEE, Mercado, España, Reino Unido.

ECONOMIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

11449. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Anexo I. Clasificación de minerales.** el BROM, IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10632 (1980), esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Clasificación, Minería.

11450. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Resultados del ajuste de distintos modelos a la**

Sedimentación detrítica, Conductividad hidráulica, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia, Provincia León.

11587. **Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas núms. 8 y 12: Aspectos hidroeconómicos de las aguas subterráneas.** IGME.

Colecc. Inf. (1980), pp. 63-67, esp., bibl. IGME.
* Agua subterránea, Captación, Investigación, Precio, Coste, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia León, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia.

11588. **Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas núms. 8 y 12: Recomendaciones sobre la explotación de los recursos hidráulicos subterráneos de la Cuenca del Duero.** IGME.

Colecc. Inf. (1980), pp. 69-75, esp., bibl. IGME.
Agua subterránea, Gestión recursos agua, Captación, Demanda, Cuenca Duero, Provincia Burgos, Provincia León, Provincia Zamora, Provincia Salamanca, Provincia Valladolid, Provincia Palencia.

11604. **Ciclo hidrológico de la Cuenca Baja del río Henares.** VILLARROYA GIL, F. I.

Estud. Geol. Esp. (1980), 36, núms. 1-2, pp. 181-191, esp., res. ing., ref. (20), bibl. IGME.
* Ciclo agua, Hidrología superficie, Caudal agua, Evaporación, Caudal, Infiltración, Evapotranspiración, Río Henares, Provincia Madrid.

11606. **La Empresa Municipal de Aguas de Gijón.** ADARO RUIZ, L.

La Empresa Municipal de Aguas de Gijón (1979), pp. 1-262, esp., bibl. IGME.
* Informe actividad, Sociedad del estado, Gestión recursos agua, Captación, Aducción agua, Depuración, Obra pública, Política estado, Empresa Municipal de Aguas de Gijón, Gijón, Asturias.

11622. **El plan general de la confederación del Guadalquivir.** PALANCAR PENELLA, M., y RUS VELAZQUEZ, M.

Rev. Obras Públicas, 1981, núm. 3.193, pp. 397-418, esp., bibl. IGME.
* Planificación, Cuenca drenaje, Rivera, Recursos agua, Balance agua superficie, Caudal rivera, Política estado, Río Guadalquivir, Andalucía.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

11419. **Estudio de las zonas kársticas de Guipúzcoa: El Urgoniano Sur de la Sierra de Aralar.** ETXEBERRIA, F., y ASTIGARRAGA, J. J.

Munibe (1980), 32, núms. 3-4, pp. 207-256, esp., res. ing., baq., ref. (24), bibl. IGME.
* Karst, Secundario, Urgoniano, Pliegue, Anticlinal, Ca-

balgamiento, Escala, Caliza, Caverna, Inventario, Sierra de Aralar, Provincia Basque, Navarra.

11555. **Towards an evolutionary stratigraphy.** SEILACHER, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), 16, núms. 1-2, pp. 39-44, ing. res., esp., cat., ref. (25), bibl. IGME.
* Estratigrafía, Biofacies, Sedimentación marina, Medio marino, Medio bentónico, Corriente de turbidez, Fauna, Ichnites, Evolución.

11593. **Las características del metamorfismo hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central (Provincia de Guadalajara).** APARICIO, A., y GALAN, E.

Estud. Geol. (1980), 36, núms. 1-2, pp. 75-84, esp., res. ing., ref. (39), bibl. IGME.
* Pelita, Composición mineralógica, Paragénesis, Difracción RX, Metamorfismo epizonal, Presión, Temperatura, Orogenia hercínica, Primario, Corte geológico, Provincia Guadalajara.

YACIMIENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

11374. **Nota sobre la pirofilita de Aguilas, Murcia, SE de España.** ACOSTA ECHEVARRIA, A.; GARCIA-CERVIGON BELLON, A., y RODRIGUEZ GALLEGO, M.

Acta Geol. Hisp. (1980), 15, núm. 5, pp. 131-134, esp., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.
* Pirofilita, Génesis yacimiento, Filón, Roca encajante, Filita, Esquistosidad, Esquistosidad flujo, Análisis químico, Aguilas, Provincia Murcia.

11382. **Descripción geológica del distrito minero Caravia-Barbes, Asturias.** TEJERINA LOBO, L., y ZORRILLA BRINGAS, J.

Bol. Geol. Min. (1980), 91, núm. 6, pp. 716-731, esp., res. ing., ref. (19), bibl. IGME.
* Fluorita sustancia, Distrito, Filón, Control tectónico, Alineación, Yacimiento estratiforme, Yacimiento estratiforme, Control sedimentario yacimiento, Control estratigráfico, Génesis yacimiento, Control litológico, Paragénesis, Epigénesis, Migración, Concentración, Keuper, Jurásico, Dogger, Tectónica, Caravia-Barbes, Asturias.

11462. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 4. Planteamiento de la labor a desarrollar.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10632 (1980), pp. 61-77, esp., cent. doc. IGME.
* Sustancia útil, Programa, Política estado, Planificación, Mármol, Amianto, Magnesita, Caolín, Yeso, Roca ígnea, Arcilla, Sílice, España.

ENERGIA

11404. **Minería del Carbón: Resolución de reserva para investigación del carbón, área en Lérida y Barcelona.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2430-2431, esp., bibl., IGME.
* Carbón sustancia, Concesión minera, Sierra de Cadí, San Lorenzo de Morunys, Provincia Lérida, Provincia Barcelona.

11405. **Legislación minera especial por razón de territorios: Resolución que reserva para investigación de minerales radioactivos, área de Sevilla, Córdoba, Badajoz y Huelva.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), p. 2463, esp., bibl. IGME.
* Uranio sustancia, Concesión minera, Prospección, Sociedad del estado, Provincia Sevilla, Provincia Córdoba, Provincia Badajoz, Provincia Huelva.

11407. **Minería del carbón: Reserva para explotación en Córdoba a ENCASUR.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2499-2501, esp., bibl. IGME.
* Carbón sustancia, Concesión minera, Explotación, Sociedad del estado, Peñarroya, Bélmez, Espiel, Provincia Córdoba.

11408. **Legislación minera general. Modificación Ley de Minas con preferencia respecto minerales energéticos.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. Ind. (1980), pp. 2623-2628, esp., bibl. IGME.
* Legislación minera, Energía, España.

11414. **Ayudas del Estado a la minería del carbón en los países de la CEE y en España (Tercera parte).**

Minerpress (1981), núm. 52, esp., bibl. IGME.
* Carbón, Política estado, Financiación, Fiscalía, Legislación, CEE, España.

11415. **Carbón, petróleo y gas como fuentes energéticas y como recursos minerales.** EXXON.

Minerpress (1981), núm. 53, esp., bibl. IGME.
* Energía, Carbón, Petróleo, Gas natural, Previsión, Demanda, Producción, Mundo.

11563. **Boletín estadístico Año 1980.**

Bol. estad. Carbunión (1981), núm. 38, pp. 1-44, esp., bibl. IGME.

* Estadística, Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Valor producción, Importación, Productividad, Mano de obra, 1980, Tabla de datos, España, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia La Coruña, Asturias, Provincia Palencia.

11572. **Carbunión 80: La energía en el mundo.**

Carbunión (1981), pp. 15-95, esp., bibl. IGME.
* Carbón, Petróleo, Gas natural, Uranio sustancia, Reserva, Mercado, Previsión, Mundo.

11573. **Carbunión 80: El carbón en la Europa Occidental.**

Carbunión (1981), pp. 95-111, esp., bibl. IGME.
* Carbón, Antracita, Lignito, Reserva, Mercado, Alma-

cenamiento, Productividad, Mano de obra, Europa Occidental, Europa.

11574. **Carbunión 80: El carbón en España.**

Carbunión (1981), pp. 111-169, esp., bibl. IGME.
* Antracita, Lignito, Carbón vapor, Electricidad, Carbón coque, Reserva, Mercado, Productividad, Mano de obra, España.

11575. **Carbunión 80: Precios del carbón térmico.**

Carbunión (1981), pp. 175-176, esp., bibl. IGME.
* Política estado, Precio, Carbón vapor, España.

11576. **Carbunión 80: Subvenciones a la hulla coquizable.**

Carbunión (1981), pp. 176-177, esp., bibl. IGME.
* Política estado, Subvención, Carbón coque, España.

11577. **Carbunión 80: Fórmula paramétrica de revisión de precios del carbón térmico.**

Carbunión (1981), pp. 183-184, esp., bibl. IGME.
* Carbón vapor, Precio, Ecuación matemática, España.

11578. **Datos comparativos de la minería del carbón. Años 1979 y 1980.**

Carbunión. Datos comparativos de la minería del carbón (1980), pp. 1-5, esp., bibl. IGME.
* Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Consumo, Productividad, 1979, 1980, Tabla de datos, España, Asturias, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia Palencia, Provincia La Coruña.

11579. **Datos comparativos de la minería del carbón. Enero 1981.**

Carbunión. Datos comparativos de la minería del carbón (1981), núm. 1, pp. 1-5, esp., bibl. IGME.
* Carbón, Antracita, Lignito, Producción, Consumo, Productividad, Enero 1981, Tabla de datos, España, Asturias, Provincia León, Provincia Teruel, Provincia Palencia, Provincia La Coruña.

11624. **Política energética del carbón en un contexto europeo.** EZRA, D.

Rocas y Miner. (1981), núm. 113, pp. 8-11, esp., bibl. IGME.
* Estudio crítico, Política estado, Energía, Carbón, CEE, Mercado, España, Reino Unido.

ECONOMIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

11449. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Anexo I. Clasificación de sustancias útiles según el BRGM.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), esp., cent. doc. IGME.
* Sustancia útil, Clasificación, BRGM.

11450. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Resultados del ajuste de distintos modelos a la**

serie histórica de producción de rocas y minerales industriales. Anexo 3. IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Modelo matemático, Error.

11453. **Definición y selección de rocas industriales. 2. Importancia económica de las rocas y minerales industriales.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 5-22, esp., ref. (3), cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Clasificación, Reserva, Producción, España.

11454. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3. Situación en el extranjero.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 23-35, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Previsión, Producción, Consumo, Mundo.

11455. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.2. Italia.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 36-38, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Producción, Importación, Política estado, Italia.

11456. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.3. Grecia.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 38-42, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Bauxita, Amianto, Cemento industrial, Fosfato, Producción, Reserva, Exportación, Grecia.

11457. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.4. Turquía.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 42-46, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Política estado, Producción, Exportación, Boro sustancia, Fosfato, Turquía.

11458. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.5. Australia.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 47-51, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Bauxita, Sal gema, Manganeso sustancia, Exportación, Australia.

11459. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.6. Alemania.** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 51-53, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Importación, Fosfato, Arcilla, Sílice, Alemania RFA.

11460. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 3.7. Inglaterra (Reino Unido).** IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 53-57, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Producción, Importación, Caliza, Granito, Pizarra, Inglaterra.

11463. **Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. 7. Evolución previsible de la producción de rocas**

y minerales industriales. Principales sustancias a investigar. IGME.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales. Informe 10.632 (1980), pp. 101-115, esp., cent. doc. IGME.

* Sustancia útil, Clasificación, Tratamiento de datos, Metodología, Modelo matemático, Previsión.

11488. **La tasa parafiscal sobre los áridos. Motivos y circunstancias.** LASCAR, JEAN LOUIS.

Estudio prospectivo de minerales y rocas industriales (1980), esp., bibl. IGME.

* Sustancia útil, Fiscalía, Legislación, Política estado, Francia.

11613. **España produce 3.000 kg. de oro al año y se estudió la posible reapertura de Rodalquilar (Almería).**

Minerpress (1980), núm. 16, esp., bibl. IGME.

* Oro sustancia, Producción, Previsión, Mercado, España, Mundo.

11618. **La producción de carbón en Asturias durante 1980 ascendió a 6.442.940. Toneladas.**

Minerpress (1981), núm. 49, pp. 4-5, esp., bibl. IGME.

* Producción, Carbón, Antracita, Carbón coque, Flúor, Cuarzo sustancia, Dolomía sustancia, Caolín sustancia, 1980, Asturias.

11625. **Los USA, y el mundo occidental en general, deberán de reconsiderar su postura de sanciones.**

Rocas miner. (1981), núm. 113, pp. 28-33, esp., bibl. IGME.

* Política estado, Importación, Metal sustancia, Estados Unidos, Reserva, Sociedad, Africa del Sur.

11626. **En Sudáfrica, con casi 4.000 m., se encuentra la mina más profunda del mundo.**

Rocas miner. (1981), núm. 113, pp. 49-50, esp., bibl. IGME.

* Mina, Oro sustancia, Filón, Producción, Tecnología minera, Profundidad, Africa del Sur.

11629. **Sobre los recursos minerales de la provincia de Salamanca. Métodos de investigación: Aspectos económicos y técnicos en la investigación minera.** GARCIA SANCHEZ, A.; SAAVEDRA ALONSO, J., y GARCIA PLAZA, A. S.

Temas de divulgación (1980), núm. 2, pp. 32-39, esp., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Calidad minera, Reserva, Producción, Consumo, Precio, Mundo.

ECONOMIA METALES

11619. **Argentina: Nuevo yacimiento de uranio abre nuevas perspectivas.**

Minerpress (1981), núm. 49, pp. 9-10, esp., bibl. IGME.

* Uranio sustancia, Reserva, Calidad minera, Producción, Previsión, Tigre-Sierra Pintada, Argentina, Mendoza.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará 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 será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

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.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. 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 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.

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 quince 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 BOLETÍN 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. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

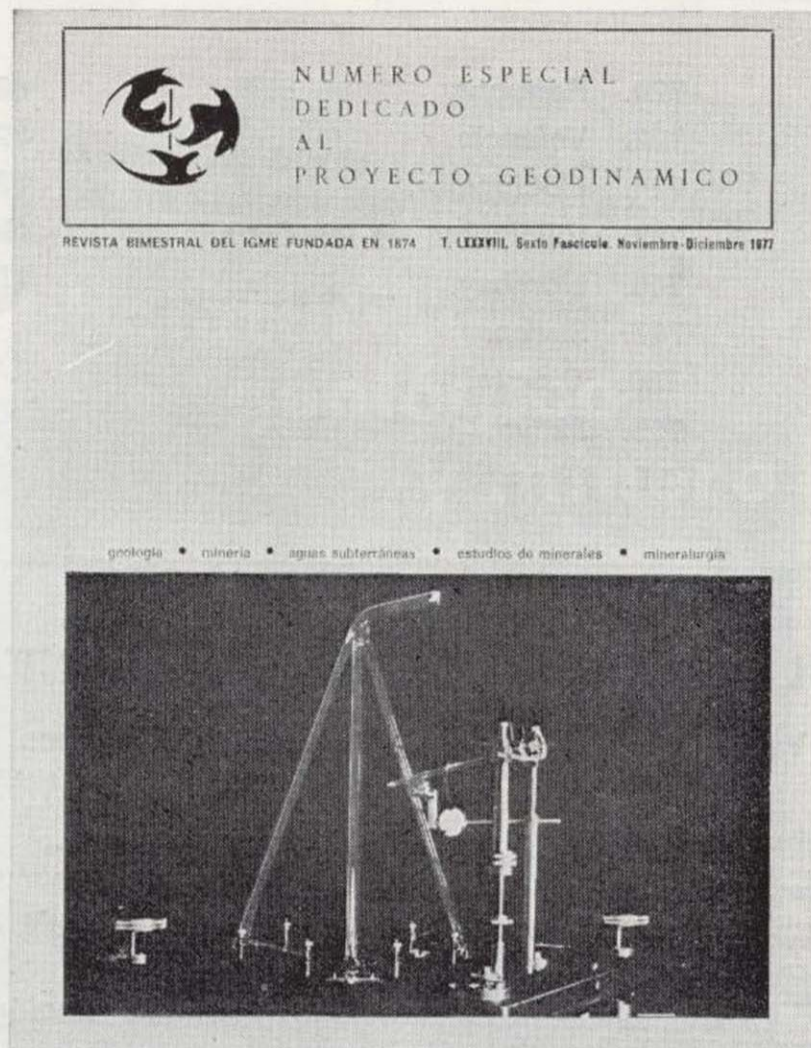
Precio: 300 ptas.

La consideramos como la publicación de mayor difusión del Instituto Geológico y Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral, que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.

El último tomo publicado es el 90, que corresponde al año 1979 (fascículos I al VI) y comprende trabajos de Geología, Minería, Aguas Subterráneas y de Estudios de Minerales y Rocas, que hacen un total de 636 páginas, incluidas las dedicadas a diversos temas de información, así como los índices por materias y autores de dicho tomo. También están publicados los fascículos I y II correspondientes al año 1980.



Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica industrias extractivas y de su beneficio

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)

ESPAÑA e IBEROAMERICA	1.400 ptas.
DEMÁS PAISES	1.500 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País

Fecha FIRMA

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)