

En este número:

- Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte.
- Los Solenopleuropsidae del Cámbrico Medio de Zafra (Badajoz).
- Paleogeografía de la depresión del Guadalquivir durante el Neógeno.
- Estudio Mineralógico y Metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español) Parte I.
- Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila (Sistema Central Español).
- Caracterización de gneises glandulares del alto valle del Lozoya (Sistema Central Español) en base al quimismo de las biotitas y estado estructural del feldespato potásico.
- Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXVII Campamento para Prácticas de Geología «Bielsa 1981».

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCIII, Primer Fascículo. Enero-Febrero 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».

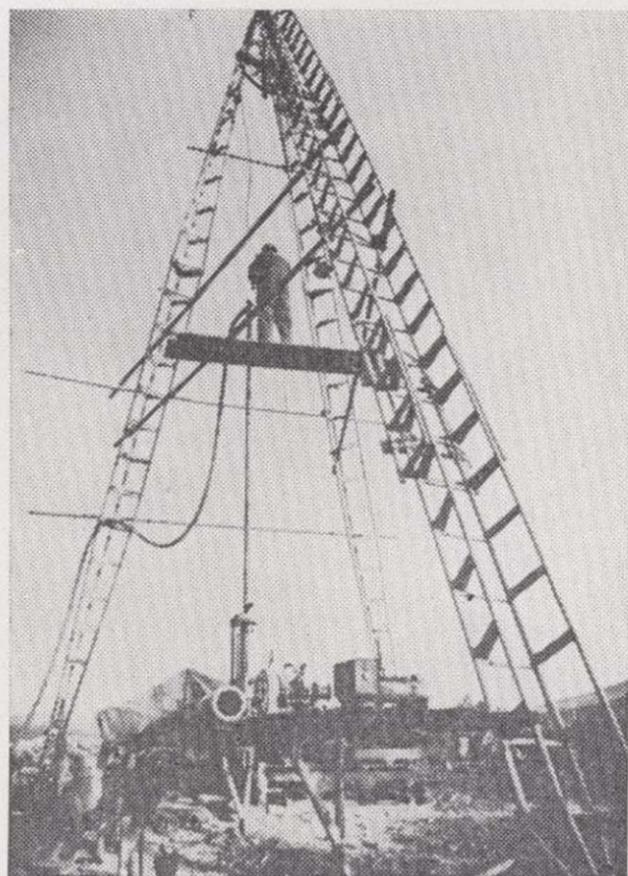
Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

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

# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

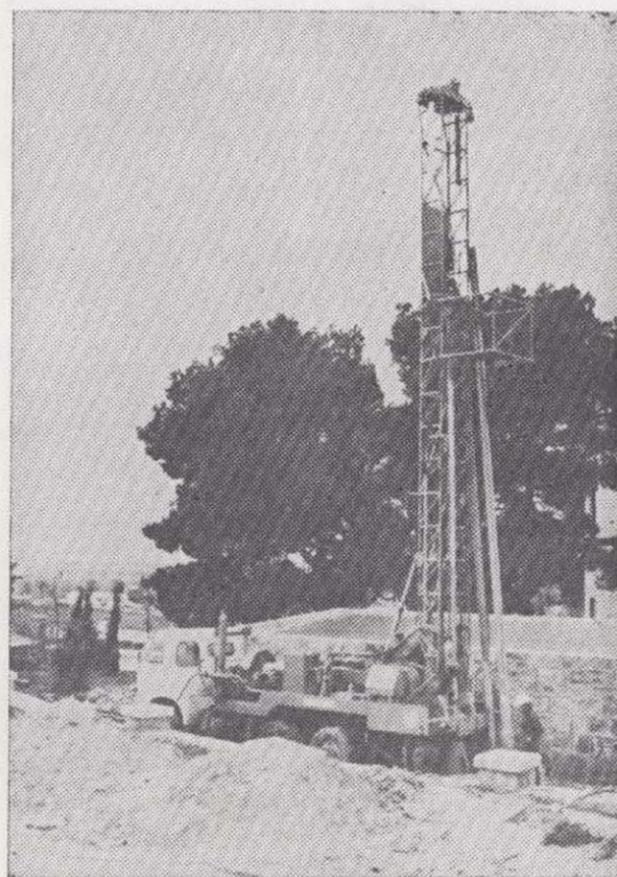
Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier  
problema de perforación.



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

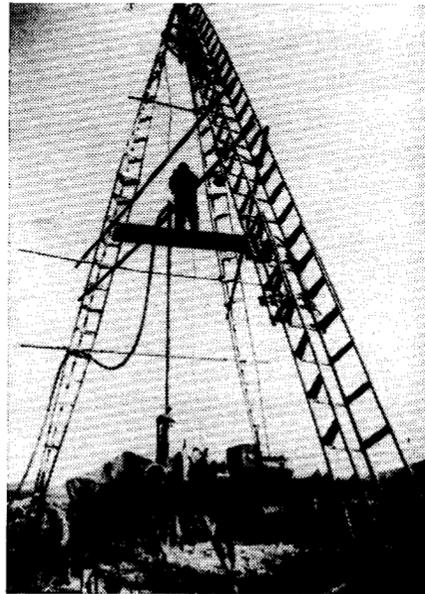
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- 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**

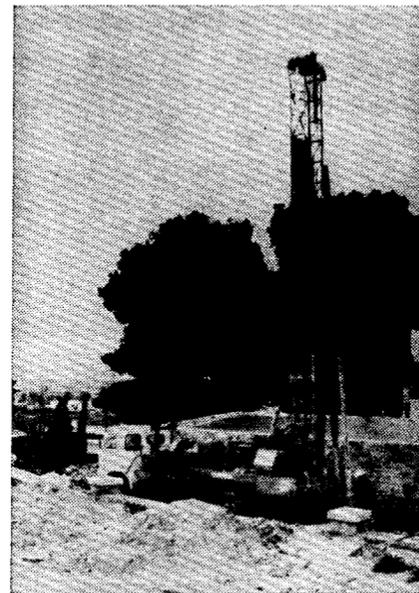
# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

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



# TODA LA RIQUEZA MINERA EN SUS MANOS MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA

Serie de 93 hojas con memoria descriptiva

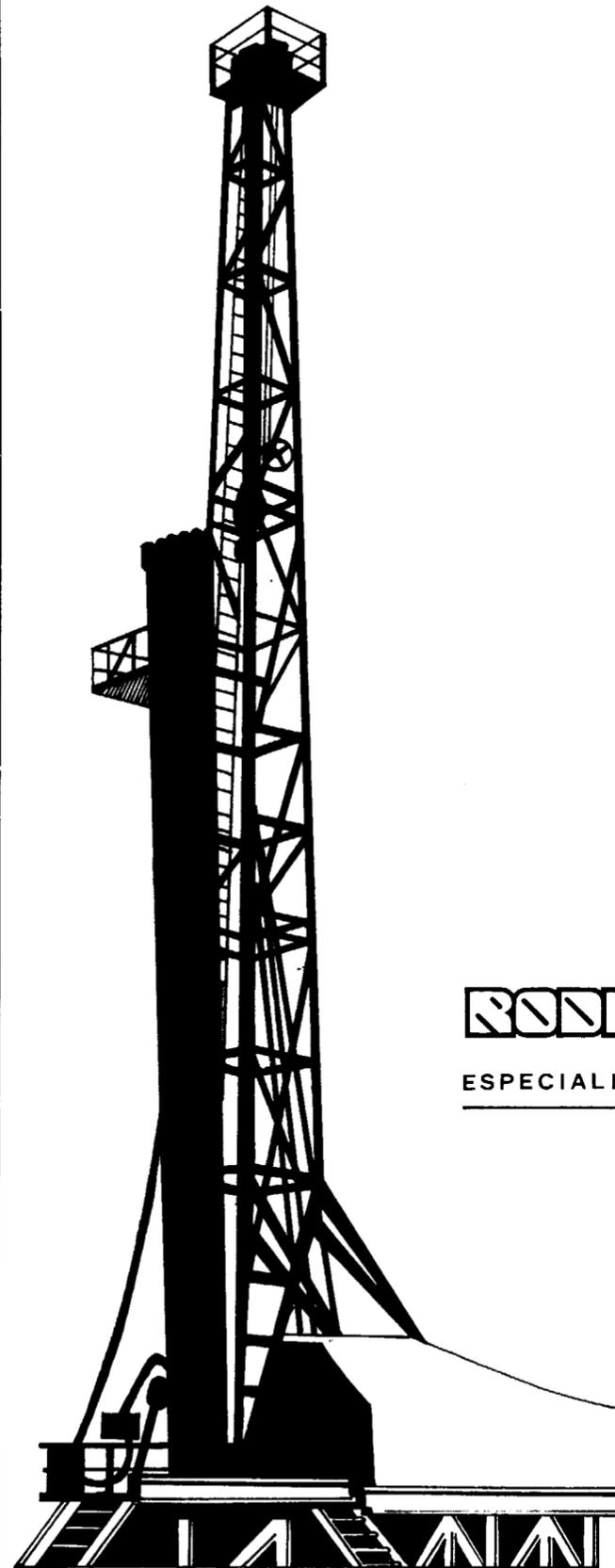


El más completo catálogo de nuestras posibilidades mineras, realizado por el

## INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
Doctor Fleming, 7, Madrid-16  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23, Madrid-3



**RONDOS SONDEOS 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 I

Enero - Febrero 1982

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	<p>× J. PÉREZ-MATEOS, A. PINILLA, L. ALCALÁ DEL OLMO y T. ALEIXANDRE: Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte ... .. 1</p> <p>× M.ª DOLORES GIL CID: Los Solenopleuropsidae del Cámbrico Medio de Zafra (Badajoz) ... .. 19</p> <p>× J. M. VALENZUELA: Paleogeografía de la depresión del Guadalquivir durante el Neógeno ... .. 26</p>
<b>Minería</b>	<p>× E. VINDEL: Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). Parte I ... .. 33</p>
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	<p>× F. BEA BARREDO: Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila (Sistema Central Español). 59</p> <p>× F. TORNOS y C. CASQUET: Caracterización de gneises glandulares del alto valle del Lozoya (Sistema Central Español) en base al quimismo de las biotitas y estado estructural del feldespato potásico ... .. 68</p>
<b>Información</b>	<p>× <u>Campamentos de Geología</u>. Noticias y Notas Bibliográficas ... 79</p>

### 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

Discordancia estratigráfica plegada del Cretácico sobre el  
Devónico muy plegado. Manto de Gavarnie. Valle de Pineta.  
Pirineo Aragonés.

(Foto: L. M. Ríos Aragüés)

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

# Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte

J. PEREZ-MATEOS\* , A. PINILLA\* , L. ALCALA DEL OLMO\* y T. ALEIXANDRE\*

## RESUMEN

Se ha realizado el estudio de los arenales costeros comprendidos entre Málaga y Ayamonte (Huelva), pudiéndose deducir por el mismo la existencia de tres tramos fundamentales, de acuerdo con la especie mineral predominante. Estos tramos o grupos han sido subdivididos en dos subgrupos cada uno de ellos, respectivamente.

Desde el punto de vista granulométrico, en la totalidad de los grupos el predominio corresponde a la fase fina de la arena, con elevados porcentajes de material muy fino. Las adiciones de material extraño a la masa de los arenales, procedentes tanto de aportes fluviales como de otros orígenes, están perfectamente acusados, pudiendo establecerse diferencias claramente manifiestas entre los litorales mediterráneo y atlántico, correspondiendo a este último no sólo una mayor homogeneidad con respecto al total de las muestras, sino un mayor grado de evolución, coincidente con un desgaste más acusado de los materiales.

De acuerdo con las diferencias petrográficas y litológicas de la zona meridional española, se han establecido distintas áreas madre de aporte de materiales hacia las zonas costeras, quedando definida la génesis de estos arenales, así como las direcciones predominantes de transporte a lo largo del litoral.

## SUMMARY

The coast sands between Málaga and Ayamonte (Huelva) have been studied; from mineralogical study it is possible to deduce the existence of three principal groups, according to the predominant mineral. These groups have been divided into two secondary groups.

By the results of the granulometric analysis, in every group the dominating matter belongs to the fine phase of the sand with high percentages of very fine sand. The amounts of strange material to the sandy beaches coming from aluvial drags, are clearly noticeable.

It is able to establish evident differences between mediterranean and atlantic coast-line. In the atlantic zone, there is a greater homogeneity and a greater evolution in degree, which agree with an obvious abrasion of the grains.

In view of the petrographic and lithologic differences of the meridional spanish zone, we have made different sources of material supplies towards coast-lines; with that, we define the genesis and transport of these sandy beaches.

## I. INTRODUCCION

Desde el año 1957, en que dieron comienzo los trabajos referentes al estudio de la sedimentología y mineralogía de los arenales costeros españoles, se han venido desarrollando una serie de investigaciones sistemáticamente distribuidas a lo largo del litoral mediterráneo, tanto en la zona oriental como en la suroriental de la península

(ALONSO y BENAYAS, 1967; PÉREZ MATEOS y ALONSO, 1959 a, 1959 b, 1961 a y 1961 b; PÉREZ MATEOS et al., 1968 y 1973, y SAINZ-AMOR y FONT-ALTABA, 1964, 1966 y 1968).

Continuando la línea emprendida damos a conocer en el presente trabajo, dedicado al estudio de los sedimentos costeros de la zona meridional española, los últimos datos obtenidos sobre los materiales localizados entre Estepona (Málaga) y Ayamonte (Huelva), comprendiendo las provincias de Málaga, Cádiz y Huelva con lo que queda

\* Sección de Mineralogía de Suelos. Instituto de Edafología y Biología Vegetal. C. S. I. C.

completado el estudio mineralógico y sedimentológico de esta zona litoral.

## II. DATOS GEOLOGICOS

Dado que el objetivo del presente trabajo no se limita tan solo a dar a conocer la mineralogía de los arenales costeros y al establecimiento de una serie de diferentes tramos de acuerdo con las asociaciones encontradas, sino que además se ha tratado de esclarecer el origen de los diferentes minerales encontrados, comenzaremos por dar una idea sobre las características geológicas generales de las dos áreas montañosas fundamentales que ejercen su influencia sobre los arenales costeros de la zona investigada: el sector más meridional de Sierra Morena y la parte occidental de las Cordilleras Béticas, separadas ambas por el amplio valle del río Guadalquivir.

En las cordilleras béticas, los materiales pueden ser agrupados en una serie de conjuntos diferentes, cuyas características propias y distribución están condicionadas por los rasgos fundamentales de la estructura tectónica. Estas grandes unidades estructurales son: a) Zona Bética, b) Zona Subbética, c) Unidades alóctonas del Campo de Gibraltar y d) Terrenos postorogénicos, que se localizan sobre cualquiera de las unidades precedentes.

En la primera de estas grandes unidades se observa la presencia de terrenos paleozoicos que, conjuntamente con los postpaleozoicos, participan en la estructura alpídica de mantos de corrimiento, coexistiendo con un amplio desarrollo del metamorfismo regional ligado a este ciclo alpídico.

Correspondiéndose con tres grandes dominios paleogeográficos, se pueden diferenciar otros tantos complejos que nos permiten conocer más íntimamente las características generales de esta Zona Bética.

El complejo Nevado-Filábride presenta un amplio desarrollo del metamorfismo regional que afecta fundamentalmente a los materiales paleozoicos y triásicos. Este metamorfismo ha borrado parcialmente las huellas de otro metamorfismo precedente, probablemente prehercínico, de tipo dinamotérmico sincinemático.

Dentro de este complejo se distinguen una serie de unidades como las de Sierra Nevada, las Sabi-

nas, la Caldera y Blanca. Las unidades de Sierra Nevada y las Sabinas están constituidas por micascuistos con almandino y espesartita, aunque también se observa la presencia de cuarcitas, anfíbolitas, serpentinitas y mármoles. El máximo grado de metamorfismo corresponde a la facies de las anfíbolitas epidóticas.

La unidad de la Caldera (PUGA et al., 1968, y PUGA, 1970), presenta un metamorfismo regional de grado superior, hallándose incluido en la subfacies almandino-estauroлита de la facies de las anfíbolitas almandínicas. Asimismo, se observa la presencia de un metamorfismo de contacto incluido en la facies de las corneanas hornbléndicas con biotita y quíastolita.

En la unidad de Blanca predominan las rocas metamórficas de grado medio o alto, siendo los neises la litología dominante con una composición mineralógica en la que destacan biotita, andalucita, cordierita y silimanita.

El complejo Alpujarride, de edad paleozoica y triásica, representa una unidad tectónica superpuesta al Nevado-Filábride. Litológicamente, está constituido por micascuistos granatíferos y cuarcitas que presentan un metamorfismo de tipo plurifacial, correspondiendo la facies más antigua a la de las anfíbolitas almandínicas, decreciendo posteriormente para pasar a la de los esquistos verdes con cuarzo, oligoclasa, moscovita, biotita y andalucita.

A este complejo pertenece la Sierra de los Guajares, en la que encontramos una litología constituida por micascuistos feldespáticos y esquistos, tanto anfíbolíticos como con andalucita y estauroлита (CABALLERO, 1971).

Situada muy probablemente dentro de la unidad de los Casares, merece destacarse la presencia del complejo de rocas ultrabásicas de la Serranía de Ronda. De acuerdo con los datos de diferentes autores (AGUILAR et al., 1973, y HOYOS et al., 1970), puede deducirse la existencia de diversos tipos de rocas como las dunitas, harzburgitas, lertzolitas, piroxenitas y serpentinitas, siendo por consiguiente el olivino el mineral predominante acompañado de clinopiroxenos (diópsido) y ortopiroxenos (enstatita). Estos materiales ultrabásicos se encajan en corneanas y neises con granate (CHAMÓN y ESTÉVEZ, 1975).

El complejo Maláguide, de acuerdo con BUNT-

FUSS (1967) y MOLLAT (1965), presenta una sucesión estratigráfica que va del Permotriás al Oligoceno, siendo sus materiales más frecuentes los conglomerados, arcillas, areniscas, etc., afectando tan solo el metamorfismo a los tramos inferiores del complejo, constituidos por neises cuya mineralogía dominante está formada por cuarzo, plagioclasa, granate, silimanita y cordierita.

La Zona Subbética está constituida casi exclusivamente por rocas sedimentarias cuya edad oscila entre el Triásico y el Mioceno Inferior, las cuales se depositaron en régimen geosinclinal y fueron plegadas posteriormente por la orogenia alpina.

El Triás es de tipo germano-andaluz, presentando una litología constituida por areniscas, margas y evaporitas. MABESONE (1963), al investigar la mineralogía de estos materiales, encontró que las areniscas presentan exclusivamente minerales de metamorfismo, especialmente andalucita. Aunque escasas, también aparecen en estos materiales afloramientos de ofitas en cuya mineralogía abundan los piroxenos y las plagioclasas de tipo labrador.

Las unidades alóctonas del Campo de Gibraltar están constituidas por rocas sedimentarias que dan lugar a una serie estratigráfica desde el Cretácico inferior al Mioceno inferior, contando las formaciones de tipo flysch con una notable representación.

Con respecto a la otra zona que ejerce su influencia sobre los materiales costeros abordados en el presente trabajo, es decir, el sector meridional de Sierra Morena, BARD (1971) ha llegado a distinguir en el mismo el desarrollo de dos bandas o cinturones metamórficos que se extienden según una dirección NW-SE.

La banda más septentrional, a la que denomina eje metamórfico Elvas-Badajoz-Córdoba, está constituida por materiales sedimentarios metamorfizados que se han instalado en una región de gran subsidencia durante el Paleozoico inferior, comenzando la serie con materiales del Precámbrico superior de tipo arcósico y arcilloso para continuar con otro tramo detrítico cámbrico (LOTZE, 1961), al que suceden episodios calizos y arcillosos, terminando la serie en la cuarcita armoricana del Ordovícico.

Las rocas originadas a consecuencia de los procesos metamórficos han sido estudiadas por di-

ferentes autores (SÁNCHEZ CELA y APARICIO YAGÜE, 1972; CHACÓN, 1974; CHACÓN, QUESADA y GARROTE, 1974; MUÑOZ y VEGAS, 1974), los cuales han incluido en distintos tipos de neises, bien como paraneises u ortoneises o bien como neises porfiroblásticos o cataclásticos a estos materiales, con una mineralogía predominante constituida a base de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, biotita, moscovita, silimanita, distena, etc., lo que nos lleva a considerar al metamorfismo de esta banda como de tipo distena-silimanita.

SÁNCHEZ CELA (1971) y SÁNCHEZ CELA y APARICIO YAGÜE (1972), al estudiar las rocas básicas, definen la presencia de dioritas en el área comprendida entre Mérida y Fuenteovejuna, citando además la existencia de gabros con clino y ortopiroxenos, hornblenda y biotita.

Otros autores (PINTO COELHO et al., 1974, y SÁNCHEZ CELA y ORDÓÑEZ, 1974) definen la presencia de rocas hipersténicas formando una serie afín a las charnoquitas en la zona de Campo Maior y protodiabasas en el SE de la provincia de Badajoz (Maguilla-Usagre).

La banda metamórfica más meridional, o eje metamórfico Aracena-Lora del Río, presenta un grado de metamorfismo típico de baja presión, correspondiendo a una subfacies de tipo andalucita-silimanita (cordierita). Alcanzan un amplio desarrollo en esta banda los fenómenos de anatexia, originándose granitoides con cordierita o con cordierita-hiperstena, de afinidad charnoquítica. Asimismo, se observa la presencia de rocas hiperalcalinas con granitos y sienitas y materiales básicos con metadoleritas y metagabros (SOLER, 1969).

Entre los dos cinturones metamórficos ya descritos, afloran una serie de materiales graníticos que BARD y FABRIES (1970) y BARD (1971) han agrupado en una serie de zonas perfectamente diferenciadas, constituidas por granodioritas y adamellitas entre Cáceres y Linares (Jaén); granitos, granodioritas y tonalitas entre Barcarrota (Badajoz) y Constantina (Sevilla) y granitos, granodioritas y gabros con augita y hornblenda entre Gilmarque (Huelva) y Castilblanco (Sevilla).

## III. SEDIMENTOLOGIA

A lo largo del litoral investigado en el presente trabajo, se ha realizado una abundante toma de

muestras que permitiera diferenciar los distintos depósitos costeros, tanto para conocer las variaciones existentes dentro de un mismo depósito como para poder efectuar una comparación posterior entre ellos. Con este objeto la totalidad de las muestras seleccionadas como más representativas se han sometido a un análisis granulométrico y mineralógico, en cuanto se refiere a la fracción arena.

Para efectuar el estudio granulométrico del material arenoso comprendido entre 2 y 0,05 mm se ha procedido a tamizar cada una de las muestras, construyéndose con los datos obtenidos las correspondientes curvas acumuladas, en escala  $\phi$ . Con objeto de conseguir el mejor conocimiento posible sobre la distribución granulométrica de los diferentes depósitos investigados se ha dividido cada muestra en cinco fracciones o fases: gruesa, media, fina, muy fina y menos de 0,05 mm, en la que se encuentran incluidos el limo y la arcilla.

Desde el punto de vista mineralógico, para el estudio de estos materiales hemos seguido el método ya descrito por uno de nosotros (PÉREZ MATEOS, 1965), que a través de una serie de tratamientos específicos permite la separación de los granos minerales en dos fracciones que son estudiadas independientemente la una de la otra: fracción densa y ligera.

Para facilitar el reconocimiento de las especies minerales incluidas en la denominada fracción ligera hemos utilizado el método de tinción selectiva de los feldspatos, que permite su más fácil identificación y contaje (DOEGLAS et al., 1965).

De acuerdo con sus características y posición geográfica respectiva, se han agrupado las treinta y siete muestras consideradas como más representativas en tres grupos, que nos van a permitir llegar tanto al conocimiento de las particularidades de cada zona como a la diferente intensidad de los procesos dinámicos costeros y de sedimentación que afectan a cada uno de ellos.

### III.1. GRUPO I

En este primer grupo se encuentran incluidas las muestras comprendidas entre Torre Guadiaro y la Punta de Tarifa, que corresponden a los cinco primeros depósitos seleccionados.

Todos ellos se localizan en el litoral mediterráneo,

entre las desembocaduras de los ríos Guadiaro y Guadalquivir, correspondiendo a playas abiertas, a excepción de la muestra número 3 que, situada a la altura de Puente Mayorga, se encuentra en el interior de la bahía de Algeciras.

En líneas generales, el sentido de la corriente litoral va de NE a SW, transportando los materiales arenosos que terminan por depositarse fundamentalmente en la primera parte del tramo, suavizándose los ángulos con amplias playas en arco.

La bahía de Algeciras ha sufrido un proceso de relleno por arenas de procedencia marina con escasa incidencia de aportes fluviales. Estas arenas, notablemente finas, se ponen fácilmente en suspensión por la acción del oleaje de fondo, siendo transportadas al interior de la bahía por las corrientes de marea donde se depositan al cesar la agitación producida por el oleaje.

En la última parte del tramo, entre la ensenada de Getares y la Punta de Tarifa, la línea de costa se ha originado por efecto de la erosión marina que ha hecho retroceder las formaciones sedimentarias litorales, aislando pequeñas calas que se han rellenado por los materiales arenosos transportados por la corriente litoral conjuntamente con los aportes procedentes de la desintegración de los cantiles costeros.

#### III.1.1. Granulometría

La distribución granulométrica de los depósitos arenosos que se encuentran incluidos en el Grupo I nos muestra unas características bastante particulares para los mismos, pues aunque en casi todos ellos la fase de mayor acumulación de material corresponde a la arena fina con porcentajes bastante elevados, se aprecian diferencias significativas de unos a otros depósitos cuyo origen debemos buscarlo en los distintos procesos de dinámica litoral que los afectan.

Las dos primeras muestras presentan una granulometría muy similar con débiles contenidos en arena muy fina, así como en limo y arcilla, mientras que en el tercer depósito, localizado en el interior de la bahía de Algeciras, se presenta una distribución bastante diferente al sufrir la fase arenosa muy fina un considerable incremento en su porcentaje a expensas de la gruesa y media.

El cuarto de los depósitos investigados, situado a la salida de la bahía de Algeciras, presenta un porcentaje muy considerable de material incluido en la fase arenosa fina mientras que la más meridional de las muestras de este grupo ofrece la mayor acumulación de material en la fase arenosa media. Es de destacar en este depósito un cierto incremento, aunque débil, del contenido en limo y arcilla (fig. 6).

La distribución granulométrica de estos depósitos nos confirma los datos sobre los procesos de dinámica litoral a que antes nos referimos. La corriente costera, de dirección NE-SW, transporta los materiales arenosos de tamaño predominantemente fino y medio que van siendo depositados a lo largo de las playas en un proceso de sedimentación normal. En la bahía de Algeciras, en un ambiente sedimentario de aguas tranquilas, se depositan los materiales más finos. El depósito situado a su salida presenta unas características intermedias si bien predominan las del ambiente de sedimentación tranquilo. Por otro lado, se acusan las particularidades de una deposición normal a lo largo del litoral de un material bastante evolucionado con fuerte déficit en elementos gruesos, ya depositados más al NE. En el último depósito, la acción del oleaje sobre el litoral ha provocado su retroceso con lo que los elementos gruesos procedentes de la destrucción del cantil se han incorporado a los materiales arrastrados por la corriente. Al no haber una acusada selección, las fracciones limo y arcilla se depositan conjuntamente con el resto del material si bien en escaso porcentaje, siendo el resto arrastrado hacia aguas más profundas.

Las curvas acumuladas de las muestras incluidas en este primer grupo (fig. 1) nos marcan muy claramente las diferencias ya puestas de relieve, agrupándose los depósitos con arreglo a sus características comunes.

Las curvas de los dos primeros depósitos son de tipo logarítmico, indicándonos un proceso de acumulación intermedio entre libre y forzado, así como una evolución relativamente amplia del material aunque con transporte incompleto. Los dos siguientes depósitos son de tipo hiperbólico sigmoidal, confirmándonos un proceso de acumulación libre en el que tiene lugar la sedimentación de los materiales por exceso de carga.

Finalmente, el último de los depósitos presenta una curva de tipo parabólico indicadora de una

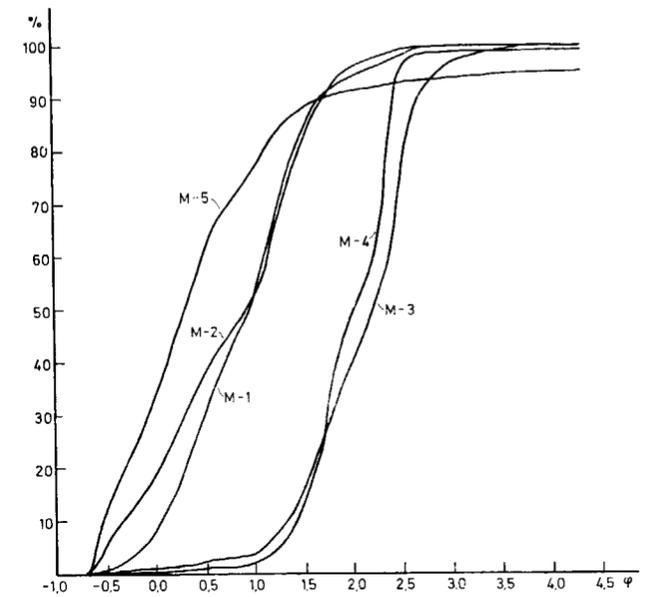


Figura 1

acumulación de tipo forzado constituida por un material con muy escasa evolución y transporte nulo o casi nulo, al menos en sus fracciones más gruesas.

A partir de las curvas acumuladas se han calculado una serie de parámetros que nos marcan, aún más nitidamente si cabe, las diferencias entre los distintos depósitos. Tal es el caso de la mediana en la que tres de sus valores —los correspondientes a los depósitos 1, 2 y 5— se sitúan en la fase arenosa media, quedando perfectamente marcada la diferencia con los dos restantes en los que se localiza en la fase fina.

Los valores que presentan los distintos parámetros se han utilizado para calcular una serie de índices granulométricos característicos en los diferentes depósitos, de gran interés al facilitar la interpretación de los procesos que han afectado al sedimento. El cálculo de los índices se ha hecho de acuerdo con FOLK y WARD (1957), encontrándose reflejados en el Cuadro I.

La observación conjunta de los valores que presenta el cuadro nos lleva a considerar como bastante homogéneo al grupo constituido por los cuatro primeros depósitos que presentan de buenas a moderadas clasificaciones con curvas más o menos simétricas de tipo platicúrtico o mesocúrtico.

## CUADRO I

Indices granulométricos del Grupo I:  
Torre Guadiaro-Tarifa

Muestra núm.	M <sub>z</sub>	σ	SK <sub>1</sub>	K <sub>σ</sub>
M-1 ... ..	0,910	0,676	-0,062	0,996
M-2 ... ..	0,805	0,788	-0,199	0,848
M-3 ... ..	2,103	0,545	-0,277	0,906
M-4 ... ..	1,990	0,402	-0,175	0,807
M-5 ... ..	0,392	1,169	0,462	1,786

Para este grupo podemos deducir, en líneas generales, que se trata de depósitos que presentan un origen común de materiales e idénticas condiciones de sedimentación para las fracciones gruesas y finas, si bien son las primeras las que presentan una mejor clasificación. La velocidad del agente de transporte de los materiales o su energía cinética aparece como muy constante, no presentando importantes fluctuaciones durante la formación de los depósitos.

Entre estos depósitos destaca el localizado en el interior de la bahía de Algeciras, cuyo valor más alto de la asimetría negativa nos marca claramente una cierta importancia de los procesos de removimiento ocurridos con posterioridad a la formación del depósito, procesos que también se dejan sentir aunque con menor intensidad en las restantes muestras.

El último de los depósitos de este grupo presenta unas características en gran parte antagónicas con las precedentes. Se puede observar, por su curva asimétrica, un distinto origen para los materiales que constituyen el depósito, así como diferentes condiciones de sedimentación para los mismos. Parte de sus materiales lograron una buena clasificación en otra zona diferente de la que actualmente ocupan y en un medio de alta energía, siendo posteriormente transportados a la zona en que hoy se encuentran donde se mezclaron con otro material depositado en un medio de menor energía, combinándose las diferentes formas de deposición y empobreciendo notablemente su clasificación. La conjunción de su elevada asimetría positiva y acusado carácter leptocúrtico marcan que el depósito se encuentra muy próximo al área madre del material más grueso que lo constituye.

## III.1.2. Mineralogía

Se ha efectuado el análisis mineralógico, en sus fracciones densa y ligera, de los materiales que constituyen los depósitos investigados en este grupo, obteniéndose para la primera de estas fracciones los resultados que aparecen en la figura 7.

Observando estos histogramas se puede definir para el conjunto del grupo una asociación mineralógica característica constituida por piroxenos y granates. Si bien es esta la asociación media del conjunto de los depósitos, pueden establecerse una serie de notables diferencias entre ellos que nos van a corroborar las deducciones efectuadas anteriormente.

Los piroxenos, fundamentalmente de tipo ensatita, presentan unos valores en continuado descenso desde el primero al último de los depósitos investigados, seguido del olivino, de tipo forsterita, el cual muestra una distribución idéntica aunque con porcentajes netamente inferiores. La procedencia de estos minerales debemos buscarla en la región de la Serranía de Ronda, donde, de acuerdo con ALONSO y BENAYAS (1967), los depósitos costeros de la zona comprendida entre Torre Guadiaro y Torremolinos son especialmente abundantes en estas especies minerales, habiéndose depositado a partir de los aportes fluviales que llegan hasta la costa después de atravesar las zonas de piroxenitas, peridotitas y dunitas de dicha serranía.

Tanto los piroxenos como el olivino se presentan normalmente en granos subredondeados con evidentes signos de alteración química. Estos datos, junto con los precedentes, nos confirman el carácter alóctono de estas especies que han sido transportadas hasta su emplazamiento actual por las corrientes litorales.

Con una distribución opuesta a los precedentes se encuentra el granate, cuyos porcentajes van aumentando a medida que la situación de los depósitos es más meridional. Normalmente pertenecen a la variedad almandino con formas predominantemente subangulares si bien no son escasas las subredondeadas. Su origen se encuentra en los aportes de las areniscas costeras, así como en los aluviones arrastrados por el río Guadarranque, a partir de cuya desembocadura su porcentaje experimenta un incremento muy notable. A los aportes aluviales se debe igualmente la pre-

sencia de minerales de metamorfismo, cuyo origen lo atribuimos a las formaciones alpujarrides y maláguides próximas a la Serranía de Ronda.

Los depósitos más meridionales presentan unas características mineralógicas propias, a parte de las ya definidas, que permitirían individualizarlos del resto, formando un subgrupo independiente. En estos depósitos es la presencia de cloritas y sulfatos, de tipo baritina, la que nos permite definir mineralógicamente este tramo. La aparición de estas especies minerales fácilmente alterables nos confirma la mezcla de materiales a la que anteriormente aludíamos, ya que coexisten con especies muy resistentes como granates, circones y rutilos.

La fracción mineralógica ligera nos muestra un total predominio del cuarzo frente a los restantes minerales, con porcentajes superiores al 94 por 100. Si en los depósitos más septentrionales son los feldespatos potásicos los acompañantes del cuarzo, en los meridionales éstos son sustituidos en parte por los calcosódicos aunque en forma muy localizada.

## III.2. GRUPO II

En este grupo se encuentran incluidos los depósitos localizados entre Tarifa y Sanlúcar de Barrameda, habiéndose seleccionado un total de veinte muestras consideradas como representativas de los distintos procesos que han afectado al litoral gaditano.

Desde Tarifa hasta Conil la acción erosiva y sedimentadora combinada de los agentes marinos y fluviales tan solo ha originado retoques menores en las líneas costeras, claramente influenciadas por la actividad tectónica.

En todo este tramo, la forma de las playas indica, en líneas generales, que la dirección predominante de transporte del material sólido se dirige hacia el SE, como claramente se observa en la playa de Los Lances por la forma que toma la desembocadura del río de la Jara y el río Valdevaqueros en la ensenada del mismo nombre. Más hacia Tarifa esta dirección de transporte se anula e incluso llega a invertirse, como ocurre en la playa del tómbolo de Tarifa, la cual crece a expensas de los materiales que vienen del NE.

Los aportes fluviales y marinos han ido rellenando los contornos de la línea de costa y suavizando los ángulos con la formación de amplias playas en arco como las ensenadas de Valdevaqueros, Bolonia y Barbate. No queda muy claro hasta qué punto esta serie de playas en arco se encuentran comunicadas entre sí en cuanto se refiere al transporte de materiales, si bien parece probable que las puntas del Tajo, Camarinal y Palomas lleguen a constituir barreras a través de las cuales no pasan cantidades significativas de arena (COPEIRO DEL VILLAR, 1977). Si en la ensenada de Bolonia se ha modelado un arco de transporte nulo, la flecha formada en la desembocadura del río Barbate indica un transporte hacia el SE que más abajo se anula, a la altura del cabo de Plata.

En contraposición al tramo anterior, de Conil de Chipiona la línea de costa se ha formado, en líneas generales, por efecto de la erosión marina que ha hecho retroceder las formaciones pliocenas. Esta acción erosiva se intensifica notablemente en el cantil costero que va de cabo Roche a la playa de la Barrosa, al ser más blandos sus materiales. En este último punto, y a expensas de los materiales fácilmente deleznable, se ha desarrollado una apreciable actividad dunar.

En gran parte de esta zona, el transporte neto de materiales debe ser mínimo o nulo al limitarse fundamentalmente a una redistribución de los mismos, suavizando los entrantes.

En la bahía de Cádiz, los arenales playeros provienen en gran medida de la desintegración de los cantiles costeros, los cuales están constituidos por conglomerados conchíferos que dan lugar a unas arenas bastante finas que las corrientes de marea transportan al interior del estuario, donde terminan por depositarse (COPEIRO DEL VILLAR, 1977).

A partir de Chipiona, y hasta Sanlúcar de Barrameda, el transporte sólido litoral se dirige hacia el NE, mezclándose sus materiales con los aportes procedentes del Guadalquivir.

## III.2.1. Granulometría

Las características granulométricas de los depósitos arenosos incluidos en este segundo grupo nos marcan una distribución peculiar para los mis-

mos que permite dividirlos en dos subgrupos netamente diferenciados uno del otro.

El primero de estos subgrupos engloba los materiales arenosos comprendidos entre Tarifa y cabo Roche, pudiendo observarse en la mayor parte de las muestras que la fase principal de acumulación de material corresponde a la arena fina con porcentajes bastante elevados (fig. 6).

El tómbolo de Tarifa sirve de barrera prácticamente infranqueable a los aportes procedentes del NE, razón por la cual el primero de los depósitos de este grupo, localizado en la vertiente atlántica, presenta una distribución granulométrica con predominio de la fase arenosa muy fina, material que procedente del NW ha sedimentado en esta zona después de sufrir un proceso de transporte más o menos prolongado.

Hacia el N, y hasta Punta Paloma, aunque los arenales son predominantemente finos, se aprecia un lento pero progresivo incremento de los materiales por encima de 0,5 mm, que se acumula al otro lado de la punta.

Similares características granulométricas, aunque con un acusado descenso del material incluido en la fase media, presentan los depósitos localizados entre las puntas Camarinal y Paloma, en la denominada ensenada de Bolonia, originados en gran medida a partir de aportes marinos y fluviales allí retenidos al tratarse de una zona con nulo transporte de materiales.

Hasta las proximidades del Cabo de Trafalgar vuelve a observarse un apreciable incremento del material incluido en la fase arenosa media a expensas, tanto de los aportes procedentes de la sierra de Retín como de los acantilados que bordean la línea costera hasta Trafalgar, llegándose en las proximidades de este punto a que sea la fase media de la arena la que presenta mayores concentraciones de material.

Al desaparecer los acantilados al W del Cabo de Trafalgar y retroceder considerablemente las formaciones de sierras, los depósitos costeros van paulatinamente recuperando su distribución granulométrica normal, concentrándose en la fase arenosa fina los principales porcentajes de material.

El segundo de los subgrupos diferenciados, entre Cabo Roche y Sanlúcar de Barrameda, pre-

senta unas características granulométricas en cierto modo opuestas a las del precedente, ya que aquí se aprecia una fuerte tendencia del material a concentrarse en las dimensiones menores con esporádicas acumulaciones en la fase fina, acompañadas generalmente de incrementos apreciables de material medio y grueso, especialmente en los depósitos localizados a lo largo de la playa de Santa Catalina, entre el Puerto de Santa María y Rota, donde la presencia de formaciones pliocenas costeras actúa como fuente de nuevo material que se incorpora a la masa principal, de origen marino.

Los depósitos costeros localizados en los alrededores de Chipiona son los que presentan las concentraciones más fuertes de material muy fino, ya que se trata de depósitos en los que predominan netamente los aportes de origen marino con alta evolución, disminuyendo hacia Sanlúcar de Barrameda, donde se mezclan con los aportes procedentes del Guadalquivir, menos evolucionados y de dimensiones algo superiores.

Las curvas acumuladas correspondientes a los depósitos incluidos en el primero de los subgrupos (fig. 2) nos marcan claramente la presencia de dos conjuntos de curvas de tipo hiperbólico, más o menos sigmoidal, en los que las diferencias entre ambos se establecen en base al distinto tamaño del material. Los depósitos marcados con

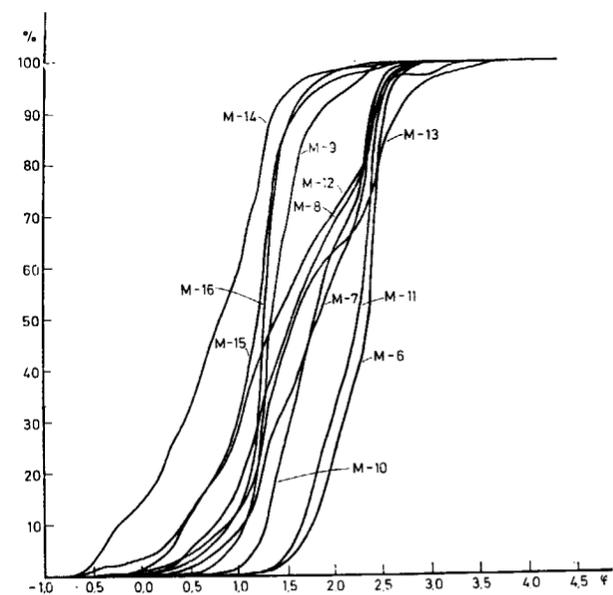


Figura 2

los números 9, 11 y 16 corresponden a formaciones dunares costeras, mientras que el 6 y el 15 son depósitos playeros altamente evolucionados. En todos los casos nos encontramos ante un proceso de acumulación de tipo libre en el que tiene lugar la sedimentación del material por exceso de carga.

Los restantes depósitos, de carácter intermedio, presentan curvas logarítmicas indicadoras de un tipo de acumulación entre libre y forzado, así como una relativa evolución del material arenoso y transporte incompleto del mismo.

En el segundo de los subgrupos diferenciados (figura 3) podemos observar que el conjunto de curvas se encuentra algo más desplazado hacia los tamaños más finos que el precedente. En líneas generales, las curvas presentan una tendencia de tipo hiperbólico, si bien la existencia de marcadas mesetas en la mayor parte de las mismas nos indica la presencia de aportes extraños a la masa fundamental de las arenas, aportes que ocurren en diferentes dimensiones aun incluso dentro de un mismo depósito. Esta acusada mezcla de materiales se observa en forma muy destacada en los depósitos próximos a Rota. No obstante los hechos expuestos, en la mayor parte de los casos nos encontramos ante un proceso de acumulación de tipo semilibre con depósitos con un grado intermedio de evolución que han sufrido un trans-

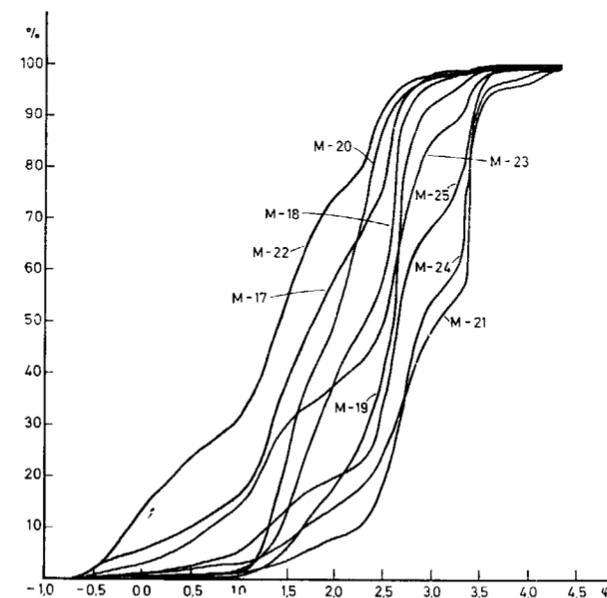


Figura 3

porte incompleto de materiales, hecho que se repite con los arenales localizados a lo largo de la playa de Santa Catalina.

A partir de las curvas acumuladas se han calculado los correspondientes parámetros que nos resaltan numéricamente las diferencias que anteriormente expusimos basándonos en el trazado de la curva. En la zona meridional la mediana se sitúa en la fase arenosa fina con oscilaciones poco acusadas para descender a la fase muy fina en la zona septentrional, entre la playa de la Barrosa y Sanlúcar de Barrameda.

A partir de los valores obtenidos para los distintos parámetros se han calculado una serie de índices granulométricos que nos proporcionan la confirmación de cuáles han sido los diferentes procesos sedimentarios que han afectado a los depósitos y que figuran en el Cuadro II.

CUADRO II

Índices granulométricos del Grupo II: Tarifa-Sanlúcar de Barrameda

Muestra núm.	$M_z$	$\sigma$	$SK_1$	$K_G$
M-6	2,247	0,303	-0,533	0,996
M-7	1,808	0,553	-0,180	0,696
M-8	1,650	0,663	-0,058	0,767
M-9	1,405	0,333	0,291	1,496
M-10	1,847	0,452	0,074	0,683
M-11	2,160	0,327	-0,431	0,857
M-12	1,484	0,787	0,066	0,755
M-13	1,746	0,717	0,209	0,836
M-14	0,737	0,617	-0,354	0,919
M-15	1,115	0,468	-0,291	1,498
M-16	1,275	0,269	-0,038	2,145
M-17	1,769	0,823	-0,141	0,984
M-18	2,170	0,510	-0,332	0,750
M-19	2,430	0,473	-0,478	1,602
M-20	1,946	0,489	-0,083	0,780
M-21	2,864	0,648	-0,490	1,702
M-22	1,288	1,006	-0,159	0,932
M-23	2,181	0,937	-0,461	0,871
M-24	2,922	0,540	-0,081	1,100
M-25	2,553	0,807	-0,240	1,177

La observación de los valores que adoptan los índices granulométricos nos confirma la diferenciación en dos subgrupos claramente definidos a que antes hemos hecho referencia. Uno, de localización más meridional, en el que predominan las buenas clasificaciones del material a la vez que se puede apreciar la existencia de una velocidad bastante constante del agente de transporte que originó el depósito, lo que hace que en la

formación de los mismos predominan las acciones de sedimentación por efecto de decantación con poco removimiento del material. Esto supone el hecho de que nos encontremos ante unos depósitos típicos, en gran parte, de zonas abrigadas que han sido rellenadas por sedimentos predominantemente finos, bien clasificados. Estas deducciones coinciden en gran parte con las que anteriormente expusimos al referirnos a las ensenadas de Valdevaqueros, Bolonia y Barbate.

A partir del Cabo de Trafalgar estas condiciones de deposición varían en forma apreciable, pasándose a moderadas clasificaciones para los depósitos más septentrionales, en los que son las fracciones gruesas las mejor clasificadas. A diferencia del subgrupo precedente, son apreciables los procesos de removimiento que han afectado al material con posterioridad a su depósito con notables fluctuaciones de la velocidad del agente de transporte.

Entre la playa de la Barrosa y Rota se puede definir una zona cuyos depósitos playeros se caracterizan por estar constituidos por materiales de distintos orígenes depositados en condiciones de sedimentación diferentes. Normalmente, se trata de sedimentos que después de lograr su clasificación en un medio de elevada energía cinética fueron transportados a otro de menor energía, donde se mezclaron con otro material, combinándose diferentes formas de transporte y deposición, como ocurre en el interior de la bahía gaditana al mezclarse los aportes de origen marino con los fluviales procedentes de los ríos Guadalete y San Pedro, o bien con las formaciones pliocenas de los acantilados de la playa de Santa Catalina.

Independientemente de estos subgrupos encontramos las formaciones dunares, caracterizadas por su muy buena clasificación, típica del medio eólico que las ha originado.

### III.2.2. Mineralogía

El análisis mineralógico de los depósitos arenosos incluidos en este grupo ha proporcionado los resultados que aparecen en los histogramas correspondientes de la figura 7.

De acuerdo con estos datos se aprecia, en líneas generales y para el total del grupo, que los mayores

porcentajes corresponden a los minerales de metamorfismo, en especial a la andalucita, junto con las especies resistentes. No obstante, pueden establecerse netas diferencias entre los dos subgrupos diferenciados correspondiendo al más meridional una asociación constituida por andalucita-granate-epidota, mientras que en el otro subgrupo es el conjunto granate-epidota el que constituye la asociación mineralógica característica.

La andalucita, especie mineralógica más frecuente, se ha ido acumulando por efecto de las corrientes litorales, presentándose normalmente en granos con formas subredondeadas, si bien no son raras las ovoides e incluso las redondeadas. Su distribución a lo largo de este tramo es un tanto irregular, presentando locales concentraciones. Al pasar al siguiente subgrupo, se aprecia un descenso muy acusado, descenso que coincide con un menor redondeamiento de los granos, siendo frecuente los de hábito prismático con los bordes suavizados, indicadores de un menor proceso evolutivo.

El origen de la andalucita, así como de los restantes minerales de metamorfismo, debemos buscarlo en las formaciones metamórficas de los sistemas Bético y Penibético, así como en parte de Sierra Morena.

El granate presenta una distribución porcentual y características en gran medida opuestas a las de la andalucita, ya que sus porcentajes se mantienen alrededor del 20 por 100 en el subgrupo más meridional para elevarse de forma generalizada en el siguiente, si bien tanto en uno como en otro subgrupo se presentan concentraciones locales. En ambos, la morfología dominante es la subangular con tendencia a subredondeada en la zona septentrional a partir de Conil, siendo la grosularia y el almandino las variedades presentes en ambos tramos costeros.

El conjunto epidota-zoisita muestra una distribución bastante constante a lo largo de todo este segundo grupo con porcentajes medios algo superiores al 20 por 100 y morfología predominantemente redondeada o subredondeada en el tramo meridional y subangular en el septentrional. La casi totalidad de los granos encontrados pertenecen al primero de los términos de este conjunto y más concretamente a la variedad pistacita.

Los anfíboles, normalmente hornblendas verdes y pardas, se encuentran muy escasamente repre-

sentados en el primer subgrupo mientras que en el segundo sus porcentajes van incrementándose paulatinamente hacia la desembocadura del Guadalquivir. Los piroxenos, especie dominante en el grupo anterior, llegan prácticamente a desaparecer.

El origen de los minerales que se encuentran presentes en este grupo no se presenta tan nítido como en el anterior al mezclarse los aportes procedentes de diversas zonas, como el Sistema Bético, Sierra Morena, etc.

Otros autores que han efectuado estudios en esta zona (MABESONE, 1963) han definido asociaciones mineralógicas idénticas a la nuestra en la zona de Jerez de los Caballeros, considerando que el origen de los materiales se localiza en las zonas ya citadas.

En cuanto a la fracción mineralógica ligera, el cuarzo sigue siendo la especie que predomina netamente, acompañado por un escaso porcentaje de feldespatos potásicos que se incrementan ligeramente en el extremo septentrional de la zona considerada, junto a la desembocadura del Guadalquivir, a expensas del cuarzo, lo que hace disminuir, aunque sea en muy escasa proporción, el índice de madurez de estos materiales al encontrarnos ante depósitos con menor grado de evolución a consecuencia del aporte de material de origen fluvial.

### III.3. GRUPO III

En este tercer grupo se incluyen los depósitos localizados entre Sanlúcar de Barrameda y Ayamonte, abarcando la totalidad del tramo costero de la provincia de Huelva. A lo largo de esta zona se han seleccionado un total de 12 muestras consideradas como representativas de los procesos que afectan al litoral onubense.

Esta costa constituye un medio litoral particularmente dinámico que incluye grandes formaciones arenosas activas, pudiendo diferenciarse en ella dos tramos principales separados por la desembocadura del conjunto Odiel-Tinto, si bien en ambos, el sentido general de la corriente litoral es de W a E.

En el extremo occidental del tramo encontramos la desembocadura del río Guadiana que ha ido ganando terreno al mar hasta la actualidad, a la vez que se van colmatando las marismas que se

localizan en dicha zona con la importante masa de sedimentos que aporta. Son estos aportes del Guadiana, junto con la necesariamente escasa cantidad de arena que, desde el lado portugués, salva el dique de encauzamiento de este río, quienes alimentan todo el aparato litoral hasta la desembocadura del Odiel-Tinto. El espigón de Isla Cristina actúa parcialmente como barrera de estos aportes sólidos que se dirigen hacia el E, pudiendo considerarse su efecto en la retención del material como, hasta cierto punto, importante.

El circuito de sedimentación activa termina prácticamente en la citada desembocadura, la cual funciona como sumidero por el efecto combinado del crecimiento del extremo de la flecha de Punta Umbría, la progresiva colmatación del estuario y la draga del puerto que mantiene limpio el canal de entrada (COPEIRO DEL VILLAR, 1978).

En la desembocadura del río Piedras se ha formado la flecha de El Rompido, también subsidiaria de los aportes del Guadiana, la cual ha venido manteniendo inactivo el cantil cuaternario que queda a su abrigo. De acuerdo con el sentido de la corriente litoral su crecimiento se dirige hacia el E, depositándose parte de los materiales transportados al llegar al extremo de la formación arenosa.

Aunque con menor desarrollo que ésta, en Punta Umbría encontramos otra flecha litoral actualmente en crecimiento a expensas de los aportes del Guadiana, mientras que, al otro lado del estuario formado en la desembocadura del Odiel-Tinto, la formación de la contraflecha de Punta Arenillas, localizada junto a la Rábida, que presenta una dirección SE-NW, fue posible porque el borde oriental de la desembocadura de estos ríos presentaba un ángulo al oleaje contrario al del resto del litoral, permitiendo un transporte hacia el N (COPEIRO DEL VILLAR, 1977).

El segundo de los tramos diferenciados en la costa onubense se extiende desde la zona de El Picacho a la desembocadura del Guadalquivir, siendo en esta zona las arenas del cantil de Playa Castilla quienes suministran el material al sufrir una intensa erosión, ya que la corriente sedimentaria queda cortada en el estuario anterior. Parte de este material hace crecer el extremo oriental de las playas de Matalascañas, parte termina en el estuario del Guadalquivir y la parte restante forma las dunas móviles de Doñana que avanzan

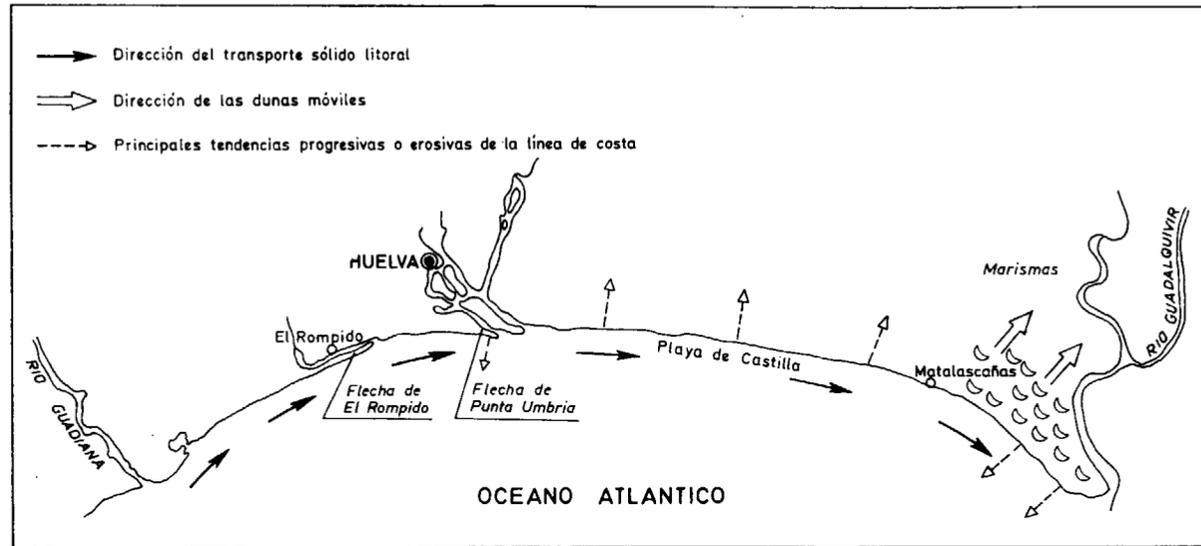


Figura 4

(según COPEIRO DEL VILLAR, 1978)

hasta la marisma del Guadalquivir, contribuyendo a su colmatación (fig. 4).

Esta variación de características a lo largo del tramo costero se refleja en un cambio en la alineación de la costa, que pasa de formar un arco muy amplio hasta Matalascañas a girar buscando el paralelismo con el oleaje resultante.

Poco antes de Matalascañas desaparece el cantil y la playa se ensancha desarrollándose el sistema de dunas móviles de Doñana mediante el que la arena litoral pasa continuamente a rellenar la marisma del Guadalquivir, moviéndose grandes volúmenes de arena transversalmente a la orilla sin interferir con la desembocadura del río.

El avance de las dunas, empujadas por el viento del SW, constituye la principal forma de transporte de material en esta zona, cubriendo un frente de aproximadamente 30 Km de costa.

III.3.1. Granulometría

La distribución granulométrica de los depósitos arenosos que se encuentran incluidos en este último tramo costero nos muestra un conjunto bastante homogéneo, siendo la fase arenosa fina la que presenta las mayores acumulaciones de material con porcentajes bastante elevados en la mayor parte de las muestras, a excepción de las correspondientes a las formaciones dunares en las que es la fase muy fina la que predomina o presenta elevados porcentajes.

En la zona comprendida entre la desembocadura del Guadalquivir y el estuario del Odiel-Tinto se encuentran las mayores cantidades de material arenoso fino con muy escaso porcentaje de las fracciones más gruesas, proporciones lógicas si consideramos que se trata del tramo más evolucionado de este grupo, especialmente su extremo más oriental, dado el sentido de la corriente costera (fig. 6).

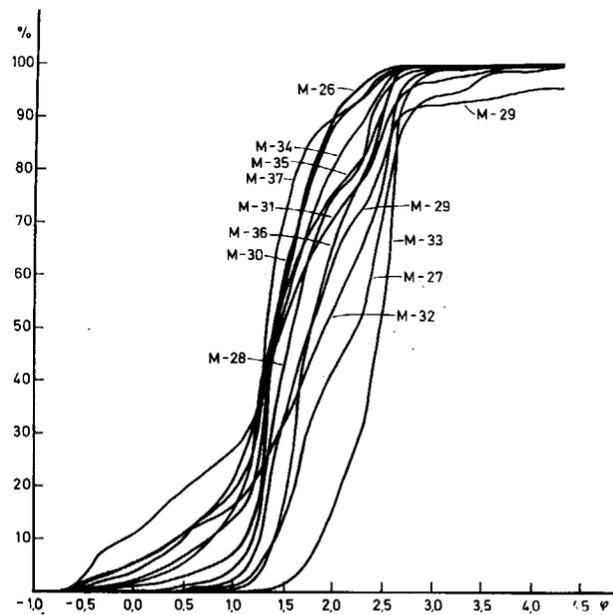


Figura 5

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LOS ARENALES COSTEROS ESPAÑOLES

TRAMO MALAGA - AYAMONTE (HUELVA)

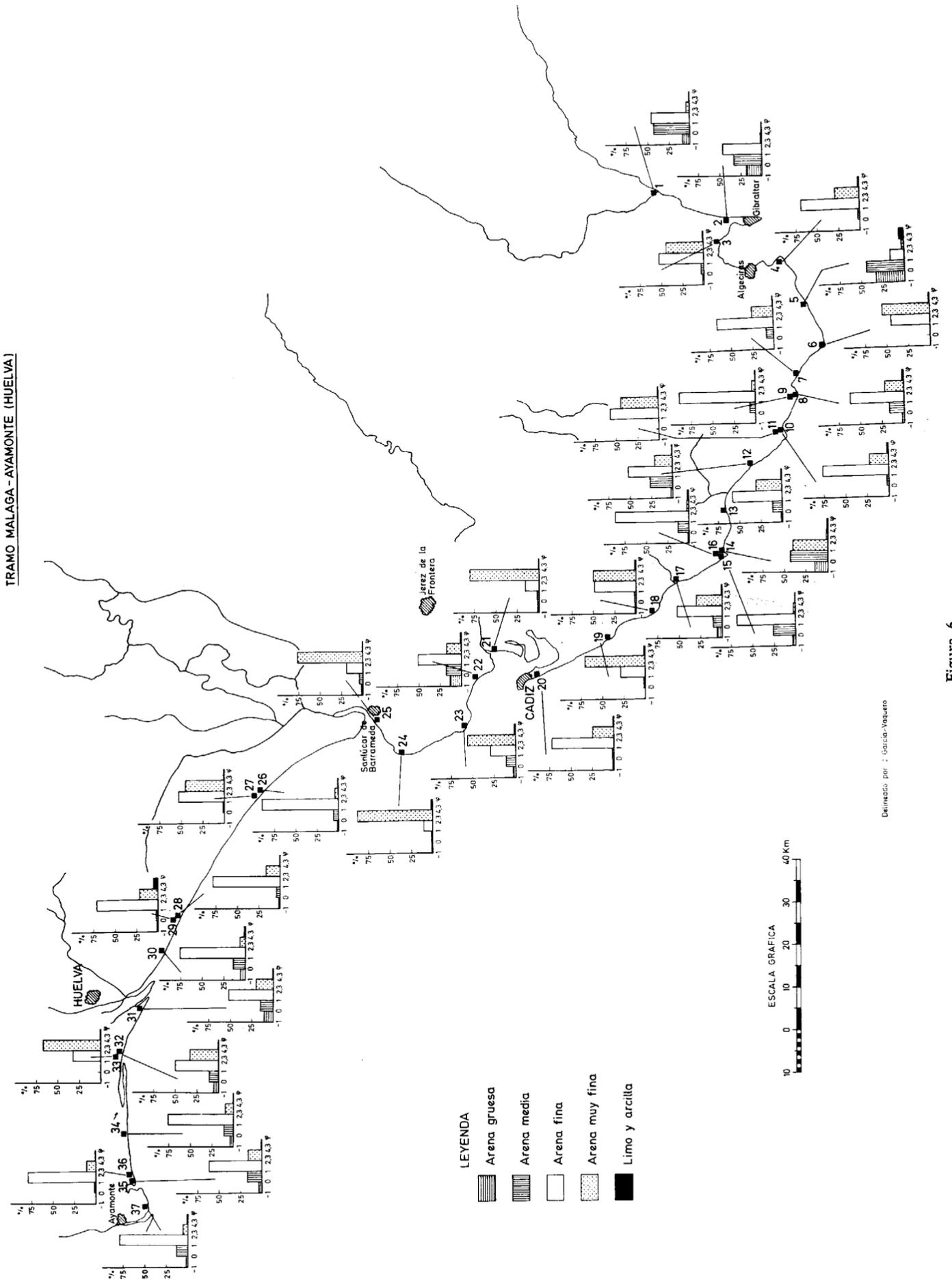


Figura 6

Delineado por: J. García-Vasquez

En el tramo más occidental, desde Huelva a la desembocadura del Guadiana, el hecho más significativo que encontramos consiste en el incremento del porcentaje de las fases arenosas gruesa y media realizado a expensas de la fina y muy fina, al encontrarnos ante un material procedente en gran parte de los aportes fluviales del Guadiana, menos evolucionados.

El conjunto de las curvas acumuladas de los depósitos incluidos en este último grupo (fig. 5) se presenta bastante homogéneo adoptando, en líneas generales, una forma hiperbólica definida en la que se acusa un marcado predominio de los materiales más finos sobre los gruesos, indicándonos un proceso de acumulación de tipo libre.

No obstante estas deducciones generales válidas para el conjunto, se aprecian variaciones locales importantes que facilitan la comprensión de los procesos sedimentarios ocurridos en determinadas zonas. Entre ellos merece destacarse el neto aporte de material nuevo que se aprecia en los depósitos localizados entre Mazagón y el Pícharo, procedente de la zona de erosión de las arenas del cantil de Playa Castilla que se han incorporado al resto del material dando origen a la formación de una acusada meseta en las curvas acumuladas de estos depósitos. Este aporte de material esencialmente fino hace que el último tramo de estas curvas adopte una facies parabólica, indicándonos una acumulación de tipo forzado con escasa evolución y transporte incompleto.

Al igual que en los grupos precedentes, a partir de las curvas acumuladas se han calculado una serie de parámetros, figurando la totalidad de los valores que presenta la mediana en la fase arenosa fina, mientras que las formaciones dunares se sitúan en el límite con la muy fina. No obstante, estas oscilaciones son poco acusadas.

Con los valores obtenidos para los diferentes parámetros granulométricos se han calculado los índices característicos de los distintos depósitos, cuyos valores figuran en el Cuadro III.

Como se puede apreciar, las clasificaciones oscilan entre moderadas y buenas con ligero predominio de las primeras, si bien se observa que las fracciones más finas del material presentan una mejor clasificación que las gruesas, predominando por consiguiente las acciones sedimentarias de decantación. Asimismo, el valor adoptado por los diferentes índices nos marca una velocidad de

transporte muy constante con escasas fluctuaciones de la corriente, siendo la mezcla de materiales de escasa importancia.

CUADRO III

Índices granulométricos del Grupo III:  
Sanlúcar de Barrameda-Ayamonte

Muestra núm.	M <sub>z</sub>	σ	SK <sub>1</sub>	K <sub>G</sub>
M-26	1,521	0,376	0,294	1,449
M-27	2,148	0,580	-0,098	0,995
M-28	1,739	0,490	0,327	0,901
M-29	1,892	0,737	0,408	1,220
M-30	1,393	0,622	-0,123	1,734
M-31	1,420	1,012	-0,159	1,028
M-32	1,819	0,798	-0,304	0,963
M-33	2,379	0,311	-0,469	1,045
M-34	1,562	0,573	0,127	1,410
M-35	1,529	0,749	0,093	1,103
M-36	1,906	0,421	0,310	0,868
M-37	1,367	0,467	0,103	2,120

No obstante lo expuesto, en este conjunto bastante uniforme puede diferenciarse el tramo costero que se extiende entre Mazagón y la flecha de El Rompido, en el que estas características difieren en cierto grado. En este tramo predominan las acciones sedimentarias de lavado, encontrándose mejor clasificadas las fracciones gruesas que las finas. Por otro lado, se pueden observar fluctuaciones relativamente fuertes de la velocidad del agente de transporte que dan lugar a marcadas acciones de removimiento en la masa del material.

En los depósitos localizados en las proximidades de las desembocaduras de los ríos Odiel-Tinto y Guadiana se aprecia una neta mezcla de materiales a la vez que se combinan diferentes modos de transporte, fluvial y marino. Asimismo, en los depósitos occidentales de Playa Castilla y en Ayamonte se acusa la proximidad del área madre de materiales, como nos lo delatan las características fuertemente leptocúrticas del material.

III.3.2. Mineralogía

El análisis mineralógico de la fracción densa de la arena de los depósitos localizados a lo largo de este tramo costero ha proporcionado los resultados que figuran en los correspondientes histogramas de la figura 7.

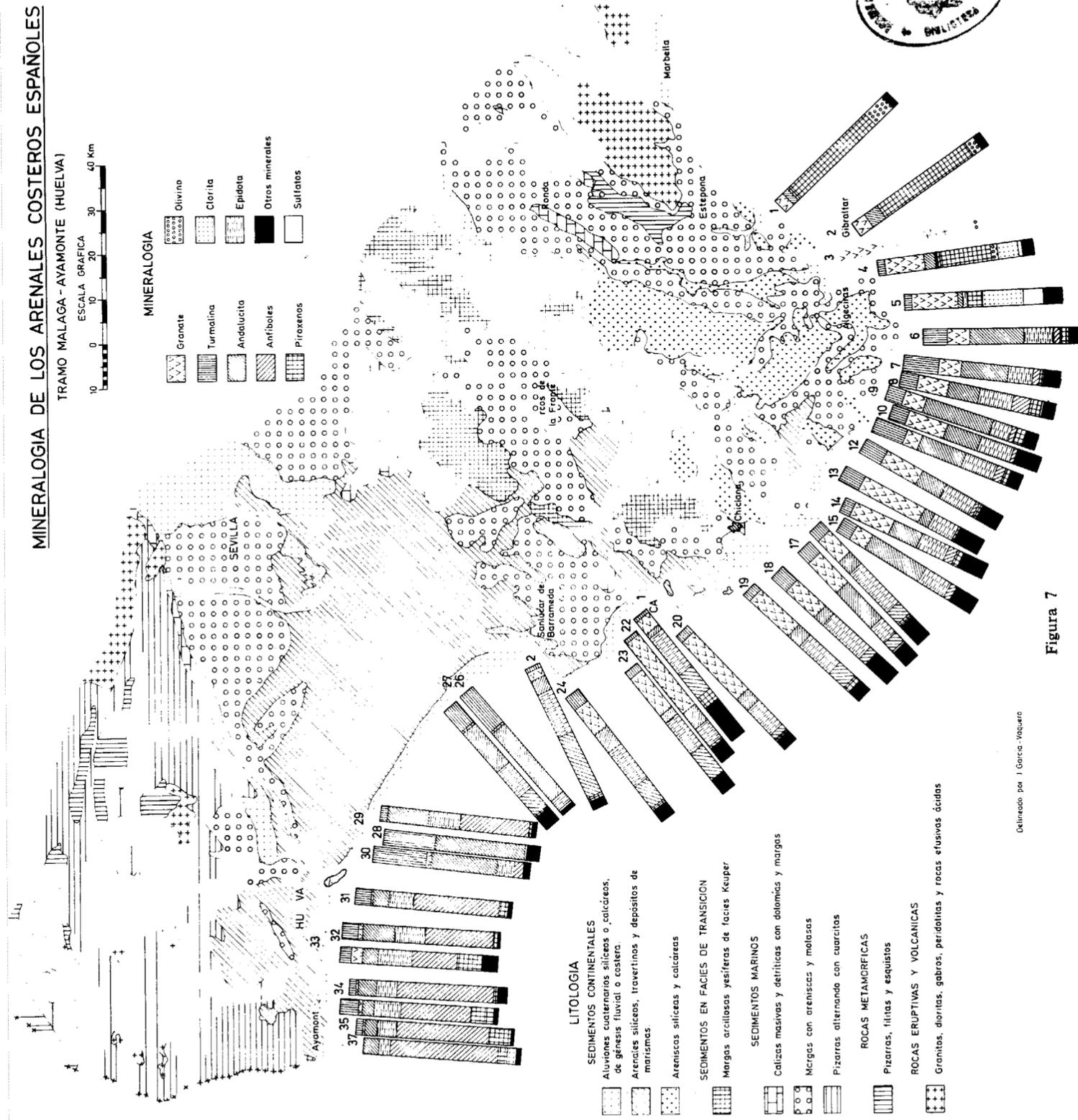


Figura 7

Definido por J. García-Vaquero

La observación de los porcentajes mineralógicos en los diferentes depósitos nos permite establecer una neta diferenciación entre el tramo costero que va desde el Guadalquivir al estuario del conjunto Odiel-Tinto y el que desde este último punto se extiende hasta Portugal.

En el primero de estos tramos puede establecerse una asociación mineralógica característica constituida por andalucita y turmalina, variando considerablemente los porcentajes de otros minerales tales como epidotas y anfíboles, de unos depósitos a otros.

Por el contrario, en el segundo de los tramos costeros diferenciados, la asociación mineralógica viene definida por anfíboles y epidotas, experimentando los primeros un incremento muy considerable con respecto al tramo precedente. Inversamente, andalucitas y turmalinas sufren un fuerte descenso porcentual a la vez que se hace notar la presencia de los piroxenos y las micas junto a la desembocadura del Guadiana.

En líneas generales, la casi totalidad de las especies mineralógicas presentes acusan diferencias morfológicas al comparar ambos tramos, correspondiendo al primero las formas más redondeadas indicadoras de un proceso evolutivo de mayor amplitud. No obstante, son muy escasas las formas redondeadas predominando las subredondeadas y subangulares. En el tramo más occidental son las formas prismáticas con aristas suavizadas las que casi exclusivamente se encuentran.

Los anfíboles que aparecen en estos depósitos corresponden en la mayor parte de los casos a términos de la serie actinota-tremolita, si bien no son raras las hornblendas pardas y verdosas. Los piroxenos se encuentran representados normalmente por hiperstenas y las epidotas por pistacitas.

Son los materiales procedentes del Guadiana los que aportan la mayor parte de los anfíboles y piroxenos que encontramos en estos depósitos, procedentes de las pizarras metamórficas y rocas eruptivas del N de la provincia de Huelva, mientras que el origen de los elevados porcentajes de andalucitas y turmalinas del primer tramo costero debemos buscarlo tanto en los aportes de los ríos Odiel y Tinto como en los materiales erosionados del cantil de Playa Castilla, que posteriormente son redistribuidos por la corriente litoral de dirección W-E.

Al igual que en los restantes tramos costeros diferenciados en el presente trabajo, el cuarzo sigue siendo la especie mineralógica netamente predominante en la fracción ligera acompañado de feldspatos potásicos en la totalidad de los depósitos investigados. El incremento de los feldspatos calcosódicos o plagioclasas en el tramo costero más occidental nos confirma el hecho, ya supuesto a partir de otros datos sedimentológicos, de una menor evolución para esta zona al rebajar en cierta medida el índice de madurez de estos depósitos.

#### IV. CONCLUSIONES

En la zona costera comprendida entre Torre Guadiaro (Málaga) y Ayamonte (Huelva) se definen tres tramos fundamentales con arreglo a las características sedimentológicas y mineralógicas.

En el primero de estos tramos, comprendido entre Torre Guadiaro y la Punta de Tarifa, la distribución granulométrica de los depósitos arenosos presenta las mayores acumulaciones de material en la fase fina con tendencia a la muy fina en la bahía de Algeciras y a la media en las proximidades de Tarifa. Se trata de un material bastante evolucionado y transportado por una corriente de dirección NE-SW, cuya asociación mineralógica característica está constituida por piroxenos (enstatita) y granates. En cuanto a la fracción ligera, es el cuarzo la especie que predomina netamente, tanto en este tramo como en los restantes.

El segundo de los tramos diferenciados, desde Tarifa a Sanlúcar de Barrameda, presenta una dirección de transporte dirigida normalmente hacia el SE, excepto en la zona más septentrional, donde se invierte para dirigirse al NE. En gran parte del tramo la acción sedimentadora se reduce a un retoque de la línea costera, suavizando los ángulos, con un transporte mínimo de materiales. Granulométricamente, la primera parte del tramo presenta las mayores acumulaciones de material en la fase arenosa fina, con evolución bastante acusada y asociación mineralógica constituida por andalucita y granate. En la segunda parte del tramo el material muestra una fuerte tendencia a concentrarse en la fase arenosa muy fina, observándose la presencia de aportes extraños a la masa arenosa, con un grado intermedio de evo-

lución, y estando constituida su asociación mineralógica por granates y epidota.

El tercero y último de los tramos costeros diferenciados se extiende entre Sanlúcar de Barrameda y Ayamonte, abarcando un litoral particularmente dinámico con grandes formaciones arenosas activas que son transportadas por una corriente dirigida hacia el E. Desde el punto de vista granulométrico es la fase arenosa fina la que presenta las mayores acumulaciones, originando depósitos con un grado intermedio de evolución en los que no se aprecia una importante mezcla de materiales, excepto en aquellos que se localizan junto a la desembocadura de los grandes ríos. Estos aportes fluviales hacen que varíen las asociaciones mineralógicas en su zona de influencia, pasándose de una constituida por andalucita y turmalina al E a otra definida por anfíboles y epidotas al W.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, M. J.; CRESPO, V., y REYES, J. L.: *Investigación de Ni en los macizos ultrabásicos de Málaga. Nuevos datos sobre geología y petrogénesis. I. Geología y Cartografía*. Bol. Geol. Min., 84, 6:41-66 (1973).
- AGUILAR, M. J.; APARICIO, A.; FUSTER, J. M.; MUÑOZ, M., y SAGREDO, J.: *Investigación de Ni en los macizos ultrabásicos de Málaga. Nuevos datos sobre la geología y petrogénesis. II. Petrografía y Petrogénesis*. Bol. Geol. Min., 84, 6:41-66 (1973).
- ALONSO, J. J., y BENAYAS, J.: *Estudio mineralógico de sedimentos de playas y ríos de la región de la Serranía de Ronda (Málaga)*. Anal. Edaf. y Agrob., 26:1343-1361 (1967).
- BARD, J. P.: *Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sudibérique; comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques de ces zones avec les orogènes orthotectoniques*. Bol. Geol. Min., 82:324-345 (1971).
- BARD, J. P., y FABRIES, J.: *Aperçu pétrographique et structural sur les granitoides de la Sierra Morena occidental (Espagne)*. Bol. Geol. Min., 81:112-127 (1970).
- BUNTFUSS, J.: *Die Geologie der Küstenketten zwischen dem Rio Verde und dem Campo de Gibraltar (Westliche Betsche Kordillere, Süds Spanien)*. Geol. Ib., 88:373-420 (1967).
- CABALLERO, M. A.: *Estudio geológico y mineralógico de las unidades béticas presentes en la Sierra de los Guajares (Granada)*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 69:29-55 (1971).
- COPEIRO DEL VILLAR, E.: *Capítulos de Geomorfología litoral*

y *Dinámica litoral en el Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral para las provincias de Huelva, Cádiz y Málaga*. Subdirec. Gral. de Costas y S. M., M. O. P. (1977).

- COPEIRO DEL VILLAR, E.: *Los ritmos naturales de nuestras playas*. Rev. Obras Públicas, mayo (1978).
- CHACÓN, J.: *Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba: los gneises milonitas de Higuera de Llerena (Badajoz)*. Bol. Geol. Min., 85:700-712 (1974).
- CHACÓN, J.; QUESADA, M., y GARROTE, A.: *Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional)*. Bol. Geol. Min., 85:713-717 (1974).
- CHAMÓN, C., y ESTÉVEZ, C.: *Relaciones de las peridotitas con las rocas encajantes en la serranía de Ronda*. Bol. Geol. Min., 86:20-23 (1975).
- DOEGLAS, D. J.; FAVEJEE, J. CH. L.; NOTA, D. J. G., y VAN DER PLAS, L.: *On the identification of feldspars in soils*. Med. von Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland. 9:1-14 (1965).
- FOLK, R. L., y WARD, W. C.: *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Jour. Sedime. Petrol. 27:3-26 (1957).
- HOYOS, A.; GONZÁLEZ PARRA, S., y SANZ LANZUELA, D.: *Estudio general del macizo peridotítico de la Sierra de Aguas*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 68:179-217 (1970).
- LOTZE, F.: *El Cámbrico en España*. Not. Com. Inst. Geol. Min. de España, 61 (1961).
- MABESONE, J. M.: *Observations on sedimentology and geomorphology of the Guadalete drainage area (Cádiz, Spain)*. Geol. en Mijnb., 42 (1963).
- MOLLAT, H.: *Die Geologie der Sierra Blanca und ihrer Umgebung westliche Betsche Kordilleren*. Tesis Univ. Bonn, 1-75 (1965).
- MUÑOZ, M., y VEGAS, R.: *Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba*. Bol. Geol. Min., 85:450-463 (1974).
- PÉREZ MATEOS, J.: *Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudio*. Publ. C. S. I. C., Patronato Alonso de Herrera (1965).
- PÉREZ MATEOS, J.; ALEIXANDRE, T., y DE LEIVA, A.: *Los arenales costeros de la provincia de Murcia: mineralogía y granulometría de sus arenas*. Bol. Inst. Est. Asturianos (Suplemento de Ciencias), 1-53 (1968).
- PÉREZ MATEOS, J.; ALEIXANDRE, T.; PINILLA, A., y ALCALÁ DEL OLMO, L.: *Mineralogía de los arenales costeros del sur-este español: tramo Málaga-Aguilas*. Est. Geol., 29:265-279 (1973).
- PÉREZ MATEOS, J., y ALONSO, J. J.: *Los arenales costeros del Levante español. I. Las playas de Valencia*. Anal. Edaf. y Fisiol. Veg., 16:467-489 (1959 a).
- PÉREZ MATEOS, J., y ALONSO, J. J.: *Los arenales costeros*

- del Levante español. II. La costa de Castellón; estudio mineralógico de sus arenales. Est. Geol., 15:300-306 (1959 b).
- PÉREZ MATEOS, J., y ALONSO, J. J.: Los arenales costeros del Levante español. III. La costa de Alicante. Publ. C. S. I. C., Inst. Edaf., II Reunión Sedimentología, 2: 155-166 (1961 a).
- PÉREZ MATEOS, J., y ALONSO, J. J.: Los arenales costeros del Levante español. Consideraciones de conjunto sobre las tres provincias de Valencia, Castellón de la Plana y Alicante. Publ. C. S. I. C., Inst. Edaf., II Reunión Sedimentología, 2:167-177 (1961 b).
- PINTO COELHO, A. V.; GONÇALVES, F., y TORQUATO, J. R.: Rochas hypersténicas de Alto Alentejo. Bol. Geol. Min., Bol. Geol. Min., 85:601-603 (1974).
- PUGA, E.: Sobre la existencia de ortogneises porfiroides en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España). Bol. Geol. Min., 81:174-184 (1970).
- PUGA, E.; FONTBOTÉ, J. M., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Caracterización petrológica del tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Bol. Geol. Min., 79:388-406 (1968).
- SAINZ-AMOR, E., y FONT-ALTABA, M.: Estudio de las arenas del litoral catalán (I). Anal. Edaf. y Agrob., 23:721-742 (1964).
- SAINZ-AMOR, E., y FONT-ALTABA, M.: Estudio de las arenas del litoral catalán (II). Anal. Edaf. y Agrob., 25:131-150 (1966).
- SAINZ-AMOR, E., y FONT-ALTABA, M.: Estudio de las arenas del litoral catalán (III). Anal. Edaf. y Agrob., 27:477-491 (1968).
- SÁNCHEZ CELA, V.: Consideraciones petrogenéticas sobre las rocas dioríticas de Mérida. Est. Geol., 27:305-310 (1971).
- SÁNCHEZ CELA, V., y APARICIO, A.: Nuevas consideraciones petrogenéticas sobre las rocas gneísicas y porfiroides localizadas en la alineación estructural Almendralejo-Azuaga. Bol. Geol. Min., 83:95-108 (1972).
- SÁNCHEZ CELA, V., y APARICIO, A.: Petrogénesis de las rocas básicas del SW de España. Bol. Geol. Min., 83:402-406 (1972).
- SÁNCHEZ CELA, V., y ORDÓÑEZ DELGADO, S.: Consideraciones sobre unas rocas diabásicas del SE de la provincia de Badajoz. Bol. Geol. Min., 85:208-213 (1974).
- SOLER, F.: L'association spilites-keratophyres de la province de Huelva. These Fac. Scien. Univ. Paris (1969).

Recibido: Setiembre 1980.

## Los Solenopleuropsidae del Cámbrico Medio de Zafra (Badajoz)

Por M.<sup>a</sup> DOLORES GIL CID (\*)

### R E S U M E N

Este trabajo tiene por objeto el estudio de los géneros encontrados en el yacimiento 5 de Zafra (Badajoz) de la familia Solenopleuropsidae (ANGELIN, 1854), así como la descripción, figuración y posición del género Sao, que hasta hoy estaba sólo mencionada su existencia por SUHR, SDZUY y GIL CID.

### R E S U M E

L'objet de ce travail c'est l'étude des genres de la famille Solenopleuropsidae (ANGELIN, 1854) que nous avons trouvé à Zafra (Badajoz), et aussi la description, figuration et position du genre Sao que jusqu'au présent était uniquement signalé par SURH, SDZUY et GIL CID.

### I. INTRODUCCION

La familia Solenopleurinae (ANGELIN, 1854) fue objeto de estudio por THORAL en sus trabajos llevados a cabo en el Cámbrico Medio de la Montaña Negra. Este autor, en 1847 (pp. 81 y 82), establece dentro de esta familia dos grupos:

- Cranidios con ojos grandes, colocados por detrás del medio del cráneo; rama posterior de la sutura facial, describiendo una S horizontal; mejillas fijas relativamente anchas, menos convexas que la glabella.
- Cranidios con ojos medios o pequeños, situados aproximadamente en el centro de la longitud axial del cráneo, rama posterior de la sutura facial, describiendo una S oblicua hacia delante y hacia el eje; mejillas fijas más estrechas que el grupo anterior.

En 1965, O. SHUR descubre la presencia del género Sao en la región de Zafra, en «pizarras con vulcanitas concordantes».

En 1967, K. SDZUY (pp. 108 y 110) clasifica los Solenopleuridae españoles en dos subfamilias:

los Solenopleuropsidae y los Solenopleurinae. Asimismo (p. 111), se cita la existencia de Sao en Zafra.

En 1973, D. GIL CID cita, dentro del yacimiento 5, el género Sao.

En 1973, R. COURTESOLE, en su trabajo sobre el Cámbrico Medio de la Montaña Negra, adopta la posición tomada por Sdzuy para los Solenopleuridae españoles y distingue:

- Los Solenopleurinae con los géneros: Liosolenopleura (THORAL, 1947), Solenopleurina (RUZICKA, 1944) y Jincella (SNAIDR, 1957).
- Los Solenopleuropsinae con los géneros: Solenopleuropsis (THORAL, 1947), Pardailhanian (THORAL, 1947), Badulesia (SDZUY, 1967), Vellieuxia (COURTESOLE, 1973).

En el Cámbrico Medio español aparece el género Pardailhanian descrito y figurado en 1958 por K. SDZUY con las especies *P. hispanica*, SDZUY, 1958, y *P. paschi*, SDZUY, 1958, ambas en el Barranco de Valdemiedes; posteriormente, el mismo autor, en 1961, menciona *P. granieri*, THORAL, 1935, *P. paschi*, SDZUY, 1958, *P. hispida* (THORAL, 1935) y *P. hispanica* (SDZUY, 1958), también procedentes del yacimiento de Valdemiedes (Mure-

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

ro). En 1967, y para el Cámbrico de la zona asturiana, pone en sinonimia las *Pardailhania tenera* (HARTT, 1868) y la *Pardailhania paschi* (SDZUY, 1961), considerándolas ambas dentro del género *Badulesia*, creado por este autor en 1967, quedando dentro del género *Pardailhania* (s.s.) (THORAL, 1947), las especies *P. hispida* (THORAL, 1935) y *P. hispida* (SDZUY, 1958) para el Cámbrico Medio asturiano; basándonos en la edad dada a las especies de *Pardailhania* para Asturias, podemos pensar que la fauna obtenida en los niveles del yacimiento 5 de Zafra, comprendería las zonas 21 y 22 (LOTZE, 1961); estos niveles con *Pardailhania* estarían por encima de los niveles de *Acadoparadoxides*; el material del yacimiento 5 de Zafra aparece en gravacas y los moldes se encuentran, en ocasiones, ligeramente impregnados de óxidos de hierro. En la figura 1 hemos situado el yacimiento 5, en el cual hemos encontrado la fauna objeto de este trabajo.

La especie *P. multiespinosa* no está mencionada dentro del material fósil obtenido por SDZUY tanto en el Barranco de Valdemedes (Zaragoza) como en Asturias; así, pues, *Pardailhania multiespinosa* sólo está registrada en el Cámbrico Me-

dio de Zafra y es la especie más alta dentro de las mencionadas para el género, ocupando la parte alta de la zona 22 de LOTZE (1961).

En 1973, en nuestro trabajo preliminar sobre el Cámbrico de Zafra, citábamos (p. 30) la especie *P. hispida*; hoy consideramos más correcto hablar de *P. hispida* después de estudiar más ejemplares de este género.

Asimismo, y tal y como expondremos más adelante, nos planteamos la hipótesis de asignar al material del género *Pardailhania*, únicamente las especies *hispida* y *multiespinosa* (véase discusión de *P. hispida*).

En lo que se refiere a *Sao hirsuta*, en nuestro trabajo publicado en 1973, únicamente aparece mencionado el género *Sao*, si bien hoy podemos constatar y figurar ejemplares de la especie *Sao hirsuta*, BARRANDE, lo cual constituye una noticia, ya que es el único yacimiento del Cámbrico Medio en el que se ha encontrado, y desde 1965 en que lo encontró SUHR, únicamente existía constancia de su existencia por mención a su presencia, pero no había ninguna figuración ni descripción de este material de *Sao hirsuta* en España.

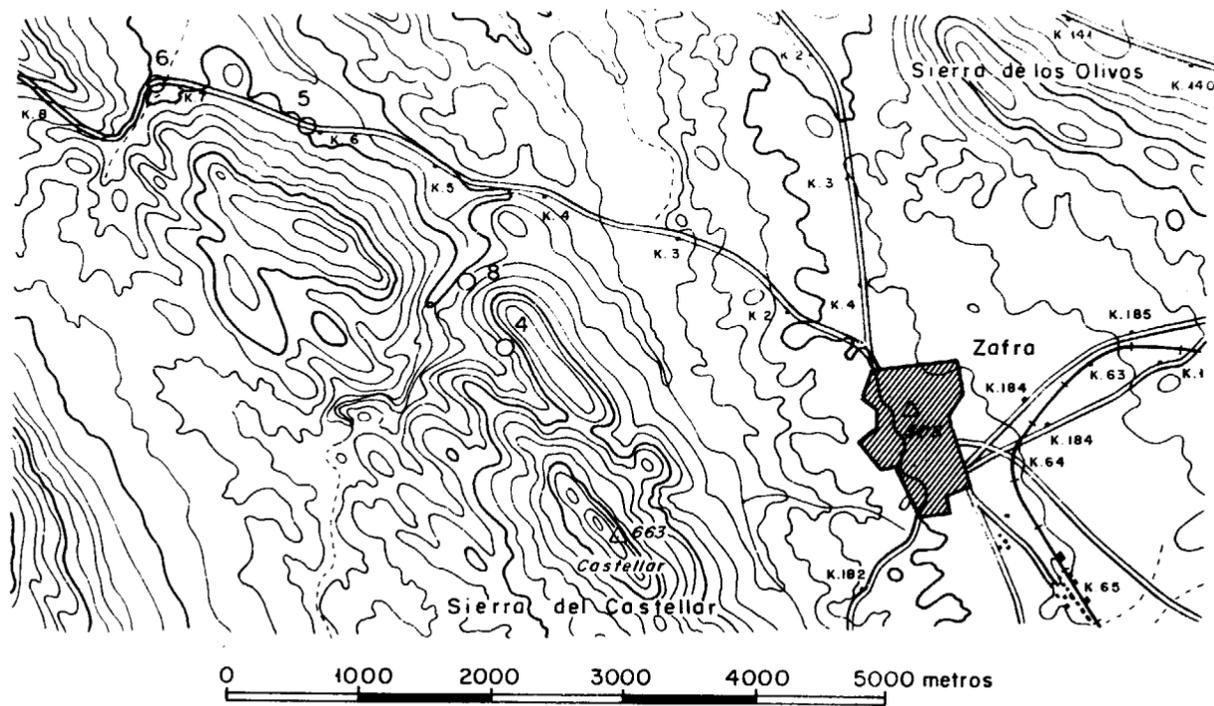


Fig.- 1.

Género *Pardailhania*. THORAL, 1948.

Especie tipo *Solenopleura? hispida*. THORAL, 1935.

En el año 1948, M. THORAL en su trabajo titulado «Solenopleuridae et Liostracidae» (pp. 56-60) enuncia la diagnosis del género y da las características determinantes de las especies basándose en las diferentes ornamentaciones que pueden presentar los escudos cefálicos y más concretamente los cranidios; así, este autor establece lo siguiente (p. 82):

a) Ornamentación espinosa:

— 1 fila de tubérculos preglabellares: *P. hispida*.

— 2 filas de tubérculos preglabellares: *P. multiespinosa*.

b) Ornamentación en crestas: *P. granieri*.

c) Ausencia de ornamentación: *P. couloumana*.

K. SDZUY (1967, pp. 111-112), en su trabajo sobre los Trilobites del Cámbrico Medio de Asturias, desgaja la especie *P. granieri* del género *Pardailhania* y crea, para sus representantes, el género *Baldulesia* (1973).

R. COURTESOLE (p. 259) considera asimismo los representantes de la especie *P. couloumana* como pertenecientes a un género diferente y propone para ellos el género *Veulieuxia*.

Después de estas dos reducciones a la primera propuesta de Thoral, para el género *Pardailhania*, es aconsejable reconsiderar las características del género.

R. COURTESOLE (1973, p. 159) propone las siguientes características:

«Un Solenopleuropsidae de tamaño pequeño a medio. Forma general, estructura y dimensiones relativas de las diferentes partes del cefalón muy semejantes a las del género *Solenopleuropsis*, a excepción del limbo, que es más ancho sagitalmente y subcuadrangular. La ornamentación es lo más característico en este género; consiste en gránulos más o menos gruesos, así como también es variable el número de los mismos, esto es, la densidad de éstos en la superficie del cranidio; no obstante, siempre son de tamaño menor y menos numerosos que en el género *Solenopleuropsis*;

en la zona preglabellar pueden presentarse una o dos filas de gránulos; sobre la glabella se pueden apreciar cuatro filas transversales de cuatro tubérculos, dispuestos de forma simétrica en relación al eje; también presentan dos gránulos anteriores bien diferenciados; estos últimos presentan un tamaño más pequeño; sobre el anillo occipital pueden existir de cinco a siete espinas, de las cuales el tamaño va disminuyendo hacia el borde exterior, quedando los tamaños gruesos en la zona media; el limbo frontal es siempre liso. Las librigenas son estrechas, con una ornamentación consistente en gránulos gruesos; puntas genales gruesas y cortas.

El tórax está formado por 14-16 segmentos; las pleuras presentan el borde externo bien redondeado, dividido transversalmente por un surco ancho que prácticamente llega al borde.

El hipostoma es desconocido; el pifidio mal conocido; por la mala conservación permite suponer un tamaño reducido.»

En 1967, K. SDZUY (p. 119) establece para el género *Pardailhania* tres especies:

— *P. hispida*: espinas gruesas y una fila preglabellar.

— *P. hispica*: espinas gruesas y dos filas preglabellares.

— *P. multiespinosa*: espinas finas y numerosas.

COURTESOLE (1973, p. 160) conserva para la Montaña Negra dos especies: *P. hispida* y *P. multiespinosa*.

Por nuestra parte, en el material obtenido en el Cámbrico Medio de Zafra únicamente hemos podido constatar la presencia de dos especies: *P. hispida* y *P. multiespinosa*; no descartamos la posibilidad de que exista la especie *P. hispica*, pero el material con el que hemos trabajado no nos ha permitido establecer la presencia de esta especie, dado que la mayor parte de los ejemplares conservan en estado muy defectuoso el área preglabellar, con lo cual es muy difícil diferenciar, por el criterio de las filas preglabellares de tubérculos, las distintas especies; nos hemos basado, básica y fundamentalmente, para separar nuestras especies en las características ornamentales del cranidio: tipo de gránulo, filas de gránulos glabellares, número de gránulos por fila, forma y densidad, etc.

En resumen, hasta el momento hemos obtenido únicamente las dos especies citadas anteriormente, quedando abiertas otras posibilidades en un futuro próximo, en el cual, un material con más elementos en el cranidio permita ampliar el número de criterios y, por ende, de especies.

En las capas de las que hemos obtenido los ejemplares de *Pardailhanian*, no ha aparecido ningún resto atribuible a *Solenopleuropsis*; las determinaciones se han efectuado, asimismo, sobre moldes; los ejemplares se han sometido a un proceso de blanqueo con óxido de magnesio; el estado de conservación es muy deficiente e incompleto; no hemos obtenido ejemplares completos ni pigidios bien diferenciados; siguiendo la tónica imperante en los yacimientos de edad Cámbrico Medio en esta zona, el aspecto general es de una «lumaquela» de fragmentos de exoesqueletos muy abundantes, pero fragmentados y deformados, lo cual dificulta su determinación completa.

#### Material y técnicas de estudio

Todos los ejemplares se encuentran en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid; el material está formado por moldes externos e internos; las determinaciones se han efectuado sobre moldes internos en su mayor parte; los ejemplares figurados (Lámina I), han sido blanqueados con óxido de magnesio.

## II. SISTEMÁTICA

*Pardailhanian hispida*. THORAL, 1945

Lám. 1, núms. 1, 3, 5; fig. 3.

1948 - *Pardailhanian hispida*. Thor. Thor. *Solenopleuropsidae*, p. 52.

1958 - *Pardailhanian hispida*. Thor. Lotze. *Stratigraphie des spanischen Kambriums*, página 731.

1961 - *Pardailhanian hispida* (Thor. 1935). Lotze, *Kambrium Spaniens*, I (p. 35), II (p. 351).

1963 - *Pardailhanian hispida* (Thor. 1935). Walter, *Kambrium Galicien*.

1967 - *Pardailhanian hispida*. Thor. 1935. Sdzuy, *Cámbrico Medio de Asturias*, p. 119.

1971 - *Pardailhanian hispida*. Thor. 1935. Sduzy, *Subdivisión bioestratigráfica*, p. 769.

1973 - *Pardailhanian hispida*. Thor. 1935. Coutessole, *Cámbrico Medio de la Montaña Negra*, página 160.

1973 - *Pardailhanian hispida*. Thor. 1935. Courtes-D. *El Cámbrico de Zafra* (p. 27).

#### Material

15 cranidios procedentes del punto 6 de la carretera Zafra-Alconera. Numerados.

#### Descripción del cranidio

Las características principales que vamos a consignar aquí serán las del cefalón, dado que nuestro material consiste, fundamentalmente, en cefalones y a veces únicamente cranidios.

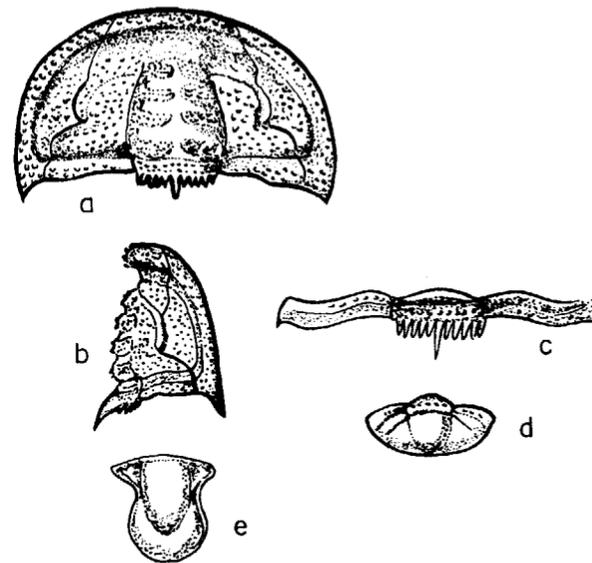


Figura 2.—*Sao hirsuta*. BARRANDE, 1846. a) Escudo cefálico. b) Perfil del escudo cefálico. c) Segmento torácico. d) Pigidio. e) Hipostoma.

**Cranidio:** En la zona anterior a las mejillas fijas y del área preglabellar podemos observar unas filas de granulaciones dispuestas según pares en número de 12 a 14; las crestas oculares

son sobresalientes, presentando cada una granulaciones en número de 5-6; la zona comprendida entre la cresta ocular y el surco dorsal de la glabella presenta un número de gránulos que puede ser entre 10-12. La glabella presenta una longitud que alcanza los 2/3-3/4 de la del cranidio; los surcos dorsales están bien marcados; la ornamentación de la glabella es la descrita en el género. El surco occipital es amplio y de profundidad reducida; el anillo occipital presenta en el borde posterior 7 espinas dirigidas hacia atrás; en la parte central podremos encontrar la que presenta el tamaño mayor, decreciendo éste hacia ambos lados; esta ornamentación aparece muy marcada tanto en el molde externo como en los moldes en latex que se pueden obtener.

Las mejillas libres son reducidas y presentan una fila de gránulos; presentan puntas generales reducidas. No hemos encontrado ejemplares del tórax, pigidios ni hipostomas.

#### Semejanzas

La especie *P. hispida* presenta semejanzas con *P. multiespinosa* y *Sao hirsuta*; aquí trataremos sus relaciones con otras especies del género *Pardailhanian* porque su parecido con *Sao* se trata más adelante dentro del apartado referente a *S. hirsuta*. En el Cámbrico de la Montaña Negra aparecen las especies *P. hispida* y *multiespinosa*; en España existe, según Sdzuy (1958), otra especie situada tipológicamente entre *P. hispida* y *multiespinosa*; esta especie, *P. hispanica*, se diferenciaría de *P. hispida* en la presencia de dos filas de tubérculos delante de la glabella; el material de la Montaña Negra y que aparece clasificado como *P. multiespinosa* (véase COURTESOLE, 1973, p. 163, lám. XV) presenta estas dos filas de tubérculos. Por nuestra parte consideramos que este grupo de *Solenopleuropsinae* presenta una línea clara en cuanto a su morfología y que consiste en un incremento de la ornamentación (tubérculos) en el sentido de un aumento del número de los mismos, así como de una disminución en el tamaño de éstos. En las especies presentes en el Cámbrico Medio de España nos declaramos partidarios de dejar sólo dos especies: *P. hispida*, que marcaría la zona 21 de LOTZE, 1961, y *P. multiespinosa*, que marca la zona 22 de LOTZE, 1961; la especie *P. hispanica* marcaría un tránsito morfológico entre las especies antes



Lámina I

Números 3, 4, 5.—*Sao hirsuta*. BARRANDE, 1846.

Números 1, 3 y 5.—*Pardailhanian hispida*. THORAL, 1935.

*Sao hirsuta*. BARRANDE, 1846, Núms. 3, 4 y 5. Núm. 3 y 5, fragmento de escudo en los que se aprecia la ornamentación típica, en el área preglabellar, del género *Sao*. Zafra. Z-062; Z-067. Núm. 4, fragmento de escudo cefálico. Zafra, Z-071.

*Pardailhanian hispida*. THORAL, 1935. Núms. 1, 2 y 6. Tres moldes externos de escudos cefálicos en los que se aprecia la tuberculación característica del género. Z-081, Z-083, Z-092.

citadas y los caracteres de la misma se incluirían en *P. multiespinosa* en sus comienzos evolutivos-morfológicos.

#### Situación estratigráfica

La especie *P. hispida* marca, dentro del Cámbrico Medio, la zona 21 (LOTZE, 1961).

*Sao hirsuta*. Barrande 1.

Lám. 1, núms. 3, 4, 5; fig. 2.

son sobresalientes, presentando cada una granu- laciones en número de 5-6; la zona comprendida entre la cresta ocular y el surco dorsal de la gla- bela presenta un número de gránulos que puede ser entre 10-12. La glabela presenta una longitud que alcanza los  $2/3-3/4$  de la del cranidio; los surcos dorsales están bien marcados; la orna- mentación de la glabela es la descrita en el gé- nero. El surco occipital es amplio y de profun- didad reducida; el anillo occipital presenta en el borde posterior 7 espinas dirigidas hacia atrás; en la parte central podremos encontrar la que presenta el tamaño mayor, decreciendo éste ha- cia ambos lados; esta ornamentación aparece muy marcada tanto en el molde externo como en los moldes en latex que se pueden obtener.

Las mejillas libres son reducidas y presentan una fila de gránulos; presentan puntas generales reducidas. No hemos encontrado ejemplares del tórax, pigidios ni hipostomas.

### Semejanzas

La especie *P. hispida* presenta semejanzas con *P. multiespinosa* y *Sao hirsuta*; aquí trataremos sus relaciones con otras especies del género *Pardailhania* porque su parecido con *Sao* se trata más adelante dentro del apartado referente a *S. hirsuta*. En el Cámbrico de la Montaña Negra aparecen las especies *P. hispida* y *multiespinosa*; en España existe, según SDZUY (1958), otra espe- cie situada tipológicamente entre *P. hispida* y *multiespinosa*; esta especie, *P. hispanica*, se di- ferenciaría de *P. hispida* en la presencia de dos filas de tubérculos delante de la globela; el ma- terial de la Montaña Negra y que aparece clasi- ficado como *P. multiespinosa* (véase COURTESSOLE, 1973, p. 163, lám. XV) presenta estas dos filas de tubérculos. Por nuestra parte consideramos que este grupo de *Solenopleuropsinae* presenta una línea clara en cuanto a su morfología y que con- siste en un incremento de la ornamentación (tu- bérculos) en el sentido de un aumento del nú- mero de los mismos, así como de una disminu- ción en el tamaño de éstos. En las especies pre- sentes en el Cámbrico Medio de España nos de- claramos partidarios de dejar sólo dos especies: *P. hispida*, que marcaría la zona 21 de LOTZE, 1961, y *P. multiespinosa*, que marca la zona 22 de LOTZE, 1961; la especie *P. hispanica* marcaría un tránsito morfológico entre las especies antes

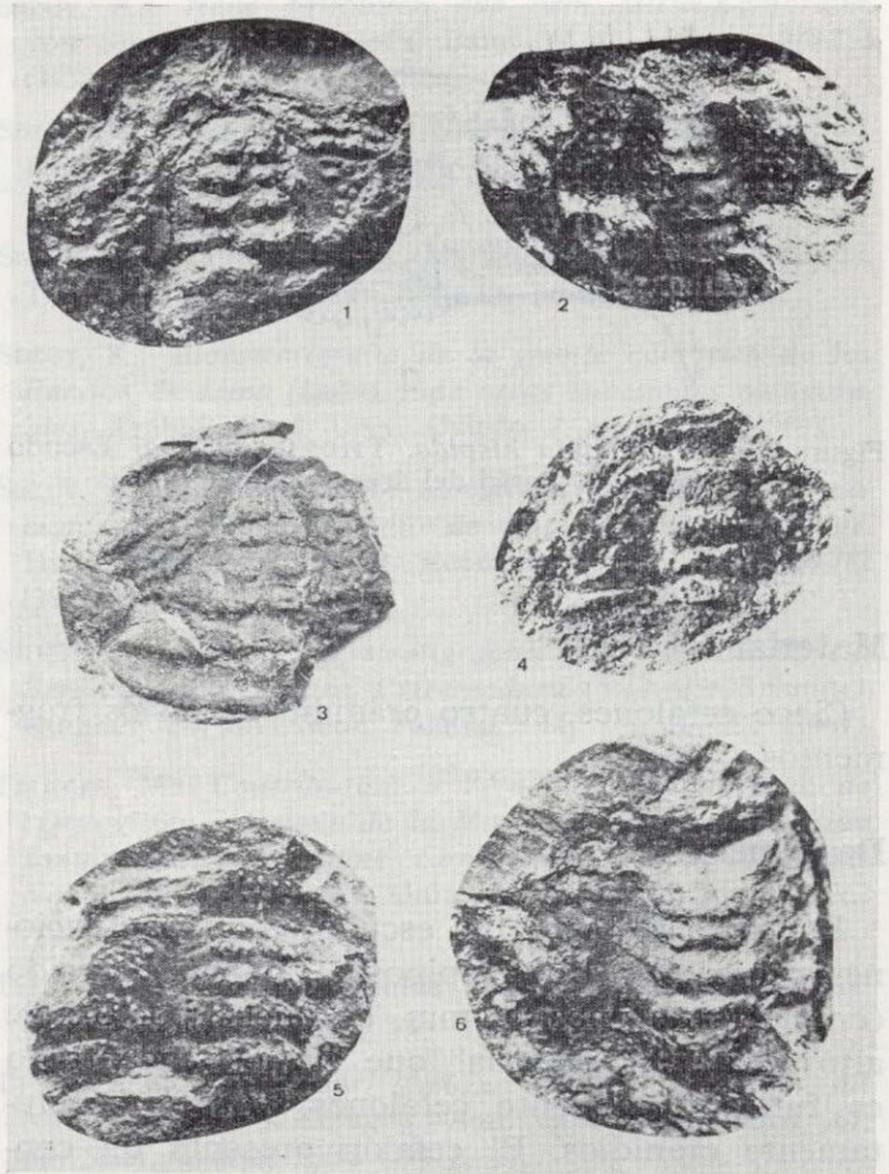


Lámina I

Números 3, 4, 5.—*Sao hirsuta*. BARRANDE, 1846.

Números 1, 3 y 5.—*Pardailhania hispida*. THORAL, 1935.

*Sao hirsuta*. BARRANDE, 1846, Núms. 3, 4 y 5. Núm. 3 y 5, fragmento de escudo en los que se aprecia la orna- mentación típica, en el área preglebular, del género *Sao*. Zafra. Z-062; Z-067. Núm. 4, fragmento de escudo cefálico. Zafra, Z-071.

*Pardailhania hispida*. THORAL, 1935. Núms. 1, 2 y 6. Tres moldes externos de escudos cefálicos en los que se apre- cia la tuberculación característica del género. Z-081, Z-083, Z-092.

citadas y los caracteres de la misma se inclui- rían en *P. multiespinosa* en sus comienzos evo- lutivos-morfológicos.

### Situación estratigráfica

La especie *P. hispida* marca, dentro del Cám- brico Medio, la zona 21 (LOTZE, 1961).

*Sao hirsuta*. Barrande 1.

Lám. 1, núms. 3, 4, 5; fig. 2.

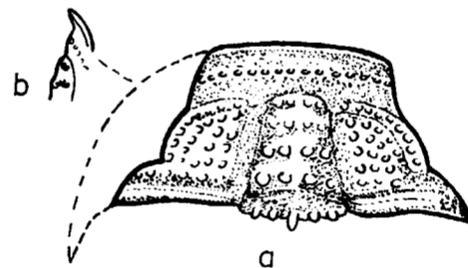


Figura 3.—*Pardailhanian hispida*. THORAL, 1935. a) Escudo cefálico. b) Perfil del área preglabellar.

### Material

Cinco cefalones, cuatro cranidios y varios fragmentos.

### Descripción

Es un Trilobites de escudo con granulaciones groseras o bien espinoso; tamaño reducido (cranidios de unos 10 mm. de ancho por 5-6 de alto (Sag). El material que hemos encontrado es fundamentalmente cefalones, y más concretamente cranidios. El cefalón presenta un contorno semicircular con puntas genales cortas y anchas; la glabella es subcónica y ligeramente convexa que ocupa entre 2/3 y 3/4 de la anchura del cefalón; presenta cuatro pares de lóbulos globelares bien diferenciados e independizados por zonas surcadas; estos lóbulos globelares salientes están adornados de tubérculos; el trazado de los surcos globelares es subparalelo al del lóbulo occipital; los tubérculos de los lóbulos son finos y su número disminuye hacia el L<sub>4</sub>; en el L<sub>1</sub> podemos contar 7-8 tubérculos y en el L<sub>4</sub> pueden aparecer unos 4-5; los lóbulos derechos e izquierdos están separados por un surco sagital de la globela; este surco es estrecho y en ocasiones parece que los lóbulos llegan a ponerse en contacto.

En el surco occipital aparecen tubérculos finos, pero no alineados; no forman una fila única y puede decirse que existe una fila transversa y otra cuyos tubérculos alternan en posiciones impares con los de la fila anterior; puede existir una espina occipital, delante de la globela existe una zona sin tubérculos, con una fuerte concavidad que da paso a un rodete anterior con dos filas de tubérculos de tamaño similar a los de la

globela; las mejillas fijas están fuertemente abombadas y tienen numerosos tubérculos; el surco dorsal es profundo; los lóbulos palpebrales y la cresta ocular están adornados de tubérculos; las antenas preoculares tienen un recorrido subparalelo o bien convergente; las mejillas libres también presentan una fina tuberculación; las espinas genales son anchas en su base y muy cortas. El tórax tiene 16 ó 17 segmentos con los extremos truncados o subredondeados. El pigidio es pequeño y tiene tres segmentos o anillos axiales. Entre nuestro material no hemos encontrado ejemplares completos ni tampoco pigidios e hipostomas.

### Comparación

*Sao hirsuta* presenta semejanzas con *Pardailhanian hispida*, si bien las diferencias podemos resumirlas así:

- 1.º En los cuatro grupos simétricos de tubérculos de los lóbulos glabellares aparecen en *P. hispida* 2-3 tubérculos cada uno; en *Sao* el número es mayor, pudiendo alcanzar los 8-9.
- 2.º El tamaño de estos tubérculos es, en *P. hispida*, mucho más grueso, pudiendo presentar coalescencia.
- 3.º Delante de la glabella hay en *P. hispida* una fila de tubérculos y después un espacio no tuberculado hasta alcanzar el borde anterior; en *Sao hirsuta*, delante de la glabella primero hay un surco marcadamente cóncavo y luego un rodete tuberculado que marca la zona anterior del exiesqueleto o borde anterior del escudo cefálico.
- 4.º El tamaño de los tubérculos es, generalmente, más grueso y menos numerosos en *P. hispida*.

### Posición estratigráfica

Esta especie es semejante a la descrita para el Cámbrico Medio de Checoslovaquia; en España y dentro de las zonas con fauna de edad Cámbrico Medio, sólo ha aparecido en los yacimientos de Zafra (Badajoz).

### BIBLIOGRAFIA

- BARRANDE, J.: *Sao hirsuta*, ein Bruchstück aus dem System silurien du centre de la Boheme. Neues Jahrbuch für Mineralogie (1849).
- BARRANDE, J.: *Systema Silurienne du Centre de Boheme*. t. I, p. 383 (1872).

BARD, J. P.: *Observaciones sobre la Estratigrafía del Paleozoico de la región de Zafra (Provincia de Badajoz, España)*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min., 76, pp. 175-180 (1964).

COURTESOLE, R.: *Contribution à la connaissance de la paleontologie et de la stratigraphie du Cambrien moyen de la Montagne Noire. (Versant méridional.)* Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 103, 3-4, pp. 491-526 (1967).

DEAN, W. T., y KRUMMENACHER, R.: *Cambrien Trilobites from the Amma Mountains. Turkey*. Paleontology, 4, 1, pp. 71-81 (1961).

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

HORNY, R., y BASTL, F.: *Type specimens of fossils in the National Museum Prague*, Vol. 1. Trilobita. Museum of Nat. History, Prague, 338 págs., 20 lám. (1970).

HOWELL, B. F.: *The faunas of the Cambrian Paradoxides beds at Manuels, Newfoundland*. Bull. Amer. Paleont. 11, 43, pp. 1-140 (1925).

HUPE, P.: *Classification des Trilobites*. Annales de Paleontologie, t. XXXIX, 325 págs. (1953).

HUPE, P.: *Classes des Trilobites*. En: Piveteau J. *Traité de Paleontologie*. 3, Masson edit. París, pp. 44-246 (1953).

LAUS, L.: *Stratigraphie und Tektonik im sudlichen Teil der Provinz Badajoz (Spanien)*. 122. 2 Diss. Munster (1968).

MOORE, R. C.: *Treatise on Invertebrate Paleontology. O, Artropodo 1*. Edit. por Moore, R. C., pp. 1-560 Lawrence (Geol. Soc. Amer. Univ. Kansas. Press.) (1959).

SAMPELAYO, P. H.: *El Sistema cambriano. Explicación del nuevo Mapa Geológico de España*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., 1, pp. 291-528, Taf. 1-19 (1935).

SDZUY, K.: *Neue Trilobiten aus dem Mittel-Kambrium von Spanien*. Senck. leth. Band 39 n.º 3/4, pp. 235-253 (1958).

SDZUY, K.: *Das Kambrium Spaniens. Teil II Trilobiten*. Akad. Wiss Lit. Abh. math. naturw. Kl, 7, 8, pp. 217-408 (1961).

SDZUY, K.: *Trilobites del Cámbrico medio de Asturias*. Trabajos Geol. 1. Univ. Oviedo, pp. 77-133 (1968).

SDZUY, K.: *Bioestratigrafía de la griotte cámbrica de los Barrios de Luna (León) y de otras sucesiones comparables*. Trabaj. Geol. Univ. Oviedo 2, pp. 45-58 (1969).

SDZUY, K.: *La subdivisión bioestratigráfica y la correlación del Cámbrico medio de España*. Publ. I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ. 2, Secc. I, pp. 769-782 (1971).

SUHR, O.: *Beitrag zur stratigraphie des Kambriums em Bereich der südlichen Extramadura (Südwest Spanien)*. Number Forsch. Geol. Paläont., 14, pp. 207-232 (1969).

THORAL, M.: *Contribution à l'étude paleontologique de l'Ordovicien inferieur de la Montagne Noire et revision sommaire de la faune cambrienne de la Montagne Noire*. Thèse Fac. Sci. Univ. Paris (A), 1541, pp. 1-362 (1935).

THORAL, M.: *Conocoryphidae languedocensis*. Ann. Univ. Lyon (3), C. Sci. Nat., pp. 1-74 (1946).

THORAL, M.: *Note sur quelques fossiles acadiens du Nord-Ouest de l'Espagne*. Ann. Soc. Geol. Nord 67, pp. 52-81, Taf. 5, Lille (1947).

THORAL, M.: *Solenopleuridae y Liostracidae*. Ann. Univ. Lyon (3), C. Sci. Nat., pp. 5-89 (1948).

VEGAS, R.: *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y la Sierra al N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. Bol. Geol. y Min., 82, pp. 351-358 (1971 a).

Recibido: Septiembre 1981.

# Paleogeografía de la depresión del Guadalquivir durante el Neógeno

Por J. M. VALENZUELA

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la evolución paleogeográfica de la cuenca del Guadalquivir a lo largo del Neógeno. Se reconocen los diferentes tipos de facies sedimentarias asociadas y la influencia de la tectónica en sus variaciones paleogeográficas.

## ABSTRACT

This paper deals with paleogeographic evolution of the Guadalquivir basin during the Neogene. Different types of sedimentary facies are recognized and the tectonic influence in the paleogeographic variations is shown.

## INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

La depresión del Guadalquivir queda limitada por el macizo Ibérico al N, por el Atlántico al S, y por las cordilleras Béticas y Campo de Gibraltar al E y SE respectivamente (fig. 1).

De los resultados obtenidos a partir de la interpretación de perfiles sísmicos realizados en la depresión del Guadalquivir y Campo de Gibraltar, BOLOIX y VALENZUELA (1979), determinan que el zócalo Paleozoico se encuentra a 7.500 m. de profundidad en Trafalgar, mientras que en la transversal La Línea-Carmona, se sitúa a una profundidad media de 4.000 m. Ahora bien, basándose en las anomalías de BOUGUER, nos permite discernir al zócalo a una profundidad de 2.000 m. en Chiclana y a 4.500 m. en Almarshal; a la vez que los sondeos detectan al zócalo a profundidades crecientes desde Carmona, a 500 m., hasta Moguer, a 2.500 m., lo que corrobora la teoría de JULIVERT et al. (1974) de que el zócalo Paleozoico se hunde progresivamente hacia el Atlántico con profundidades crecientes al S, y cubierto por materiales mesozoicos y cenozoicos.

Los primeros trabajos que se realizaron en la depresión, corresponden a GAVALA (1959), que confeccionó el mapa geológico de Cádiz. PERCONIG

(1961 a 1977), estudió la tectónica del Mioceno en la cuenca del Guadalquivir y las perspectivas petrolíferas en Andalucía occidental. Posteriormente, CHAUVE (1968) llevó a cabo un estudio geológico al N de la provincia de Cádiz. VIGUIER (1969, 1974 y 1977), apoyándose en las publicaciones anteriores, elaboró un trabajo sobre el Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla), luego desarrolló su tesis doctoral sobre el Neógeno en Andalucía Nord-Occidental y, finalmente, haciendo un resumen de su tesis, presentó una publicación sobre la tectónica de la cuenca del Guadalquivir durante el Neógeno.

Al margen de la depresión y en la plataforma continental, ORCED y DIDON (1975) efectuaron un estudio geológico por sísmica de reflexión. Recientemente, MALOD y MOUGENOT (1979), basándose en los trabajos de los dos autores anteriores, confeccionaron la historia geológica del Neógeno en el Golfo de Cádiz.

A partir de estos trabajos y de las columnas estratigráficas de los sondeos petrolíferos realizados en la plataforma continental y en la depresión, he confeccionado mapas de isopacas para los materiales neógenos, los cuales ayudan a comprender la evolución paleogeográfica de la depresión del Guadalquivir durante el Neógeno.

## EVOLUCION PALEO GEOGRAFICA

Al inicio del Mioceno, la depresión del Guadalquivir estaba ocupada por un mar que se extendía hasta más allá de las Sierras de Segura y Cazorra. Sin embargo, refiriéndose al sector de estudio (figura 1), la cuenca experimentaba procesos subsi-

mar somero que fue ganando profundidad y extensión a lo largo del Mioceno.

## Mioceno Inferior y Medio (fig. 2)

Durante este tiempo, la cuenca se encontraba ampliamente ocupada por un mar transgresivo que iba desplazándose hacia el E y NNE, alcanzando su mayor anchura en la dirección Villalba del Alcor-Bornos. Se trataba de una cuenca subsidente, pero no muy profunda. PERCONIG (1961) considera que no debió sobrepasar los 300 m. de profundidad. La Meseta quedaba limitada por un mar que no rebasó los escenarios de Moguer, El Asperillo y Almonte; la cuenca quedaba netamente desplazada hacia sectores meridionales.

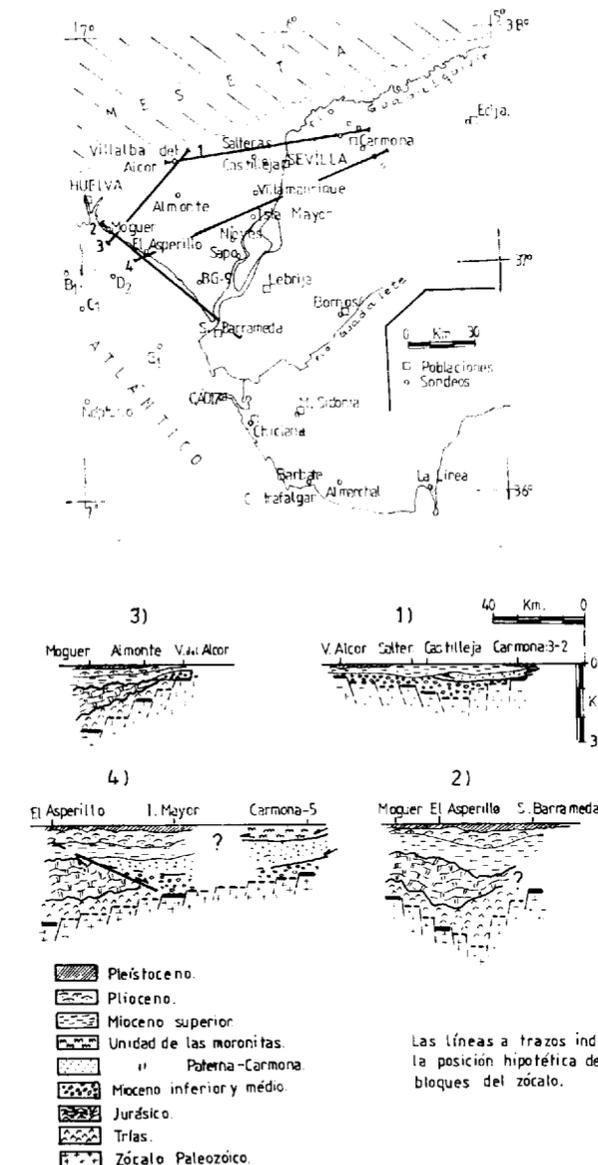


Figura 1

dentos, siendo éstos aún más intensos en el área comprendida entre Sevilla, El Asperillo y Sanlúcar de Barrameda. En conjunto, se trataba de un

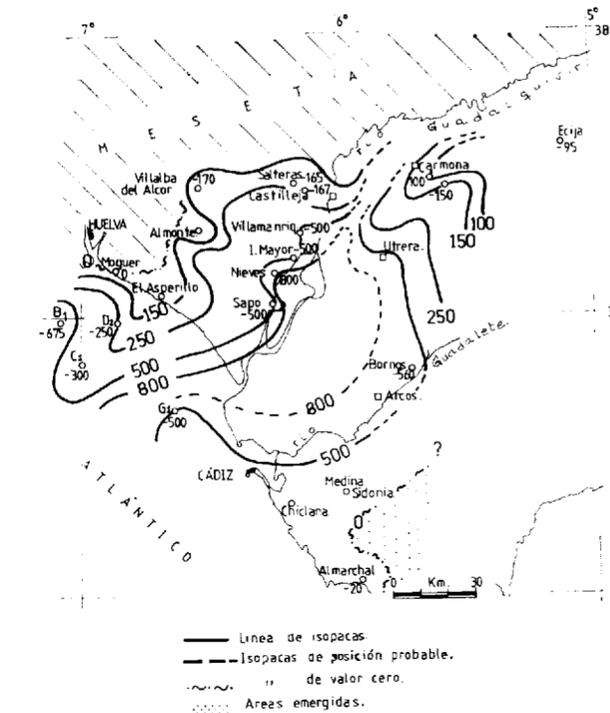


Figura 2.—Mapa de isopacas para el Mioceno Inferior y Medio.

La inexistencia de sedimentos del Mioceno Inferior y Medio en los sondeos realizados en Chiclana y en Medina Sidonia, se debe a que éstos fueron arrasados durante los avances de los mantos de deslizamiento que se originaron a finales del Mioceno Medio.

El área de mayor subsidencia queda delimitada por la isopaca de los 800 m.

**Mioceno Superior (fig. 3)**

La configuración de la cuenca varió notablemente en relación con la del Mioceno Inferior y Medio. Alcanzándose las mayores subsidencias en las direcciones Sanlúcar de Barrameda-Sevilla-Carmona y Sanlúcar de Barrameda-El Asperillo. Para MONTENAT (1977) el límite oriental de la cuenca llegaba hasta Córdoba y el meridional hasta Almarshal, comunicándose el Atlántico (que se prolongaba a través de la cuenca del Guadalquivir) y el Mediterráneo por un estrecho que se extendía desde Málaga hasta Ronda. De este modo se delimita una cuenca amplia y extensa.

En la plataforma y entre los sondeos B<sub>1</sub> y C<sub>1</sub> se sitúa un alto fondo, cuya estructura debe corresponder al resultado de un movimiento halocinético, de los muchos que existen en la plataforma.

El límite de la cuenca con la Meseta, queda determinado por la posición de la isopaca de 0 m., que se sitúa al N de Villalba del Alcor y al SSE por la isopaca que pasa al E de Medina Sidonia.

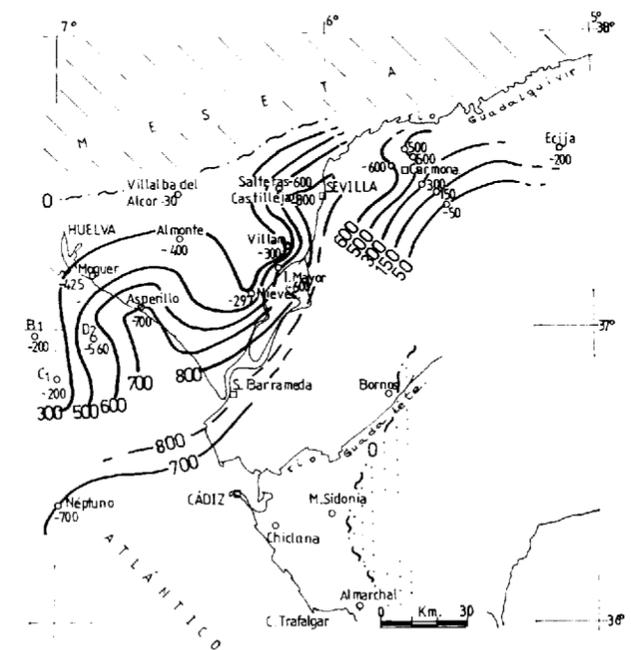


Figura 3.—Mapa de isopacas para el Mioceno Superior.

**Plioceno (fig. 4)**

A lo largo del Plioceno, los acontecimientos más destacables fueron:

- Inicio de las regresiones a gran escala que, progresivamente, iban dejando las primeras áreas emergidas.
- La sedimentación pliocénica es, en conjunto, modesta excepto en los sectores de la plataforma continental.
- La subsidencia de la cuenca era cada vez menor, hasta detenerse a finales del Plioceno.
- Migración del eje de la cuenca hacia el N y NO por efectos de la surrección de los sectores orientales de la cuenca.
- Las aguas retroceden hasta los contornos de Córdoba, y la comunicación que MONTENAT (1977) situaba entre Málaga y Ronda se encuentra ahora completamente emergida.
- La cuenca del Guadalete inicia un proceso de reducción, para proseguir a su total individualización a comienzos del Pleistoceno.

La cuenca del Guadalquivir estuvo sometida a lo largo del Plioceno a movimientos tectónicos de carácter distensivo; esto llevó en algún momento

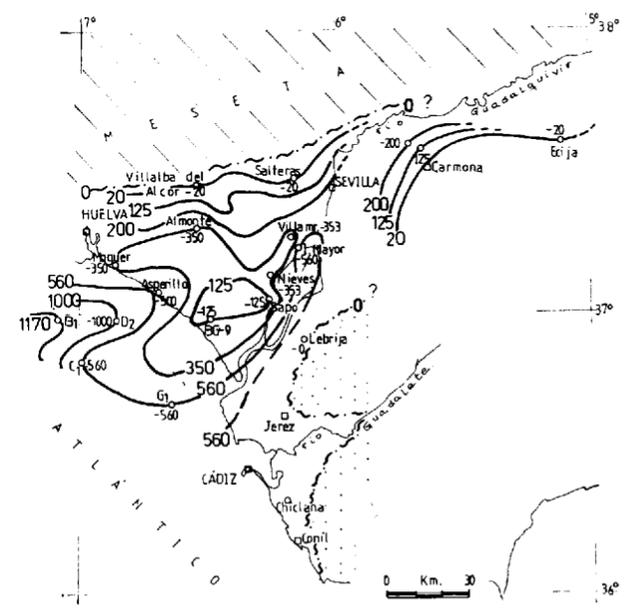


Figura 4.—Mapa de isopacas para el Plioceno.

a la formación de altos fondos (sector delimitado por los sondeos BG-9 y Sapo). Esto corrobora las ideas de BOUSQUET y FONTBOTE (1977), que sugieren que hubo movimientos verticales notables en las márgenes de la cuenca, e incluso en los sectores próximos a fallas, hasta finales del Plioceno.

**Pleistoceno (fig. 5)**

La cuenca del Guadalquivir se encontraba completamente individualizada con respecto a la del Guadalquivir, y además encajada en un sistema de fracturas cuyas direcciones marcan actualmente la del río Guadalete.

Ambas cuencas van a quedar rellenas a lo largo del Pleistoceno por depósitos fluvio-continuales debido a la erosión de las nuevas áreas emergidas durante el Plioceno; el mayor aporte de materiales procedía de la Meseta y de las cordilleras Béticas. Estos depósitos se han localizado hasta el Golfo de Cádiz (MALOD y MOUGENOT, 1977), y lo testifican los sondeos efectuados en la plataforma.

La configuración paleogeográfica de la cuenca, muestra un desplazamiento patente hacia el O y NO.

La potencia más representativa para esta edad, corresponde a la isopaca de 150 m.

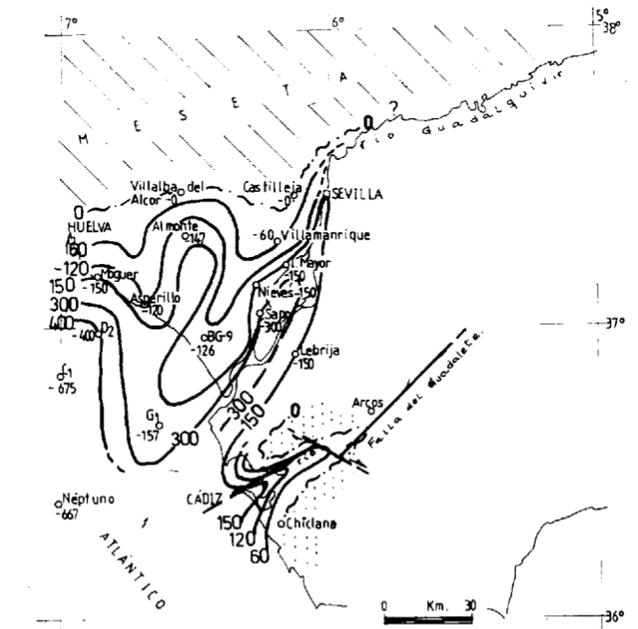


Figura 5.—Mapa de isopacas para el Pleistoceno.

**HISTORIA GEOLOGICA**

A finales del Oligoceno continuaba la lenta subsidencia del zócalo Paleozoico, y las series neógenas se depositan discordantemente sobre él (Villalba del Alcor, Salteras, Castilleja e Isla Mayor) o bien sobre el Trías (sondeos de la plataforma C<sub>1</sub> y G<sub>1</sub>) e incluso sobre las estructuras jurásicas (Moguer, El Asperillo y Almonte); más hacia el SE, sobre las series flysch del Campo de Gibraltar (Vejer de la Frontera).

En conjunto, los sedimentos del Mioceno se caracterizan por aparecer bajo facies neríticas y por presentar el aspecto de una formación que se depositaba mientras que el substrato Paleozoico estaba aún sometido a movimientos de reajuste (PERCONIG, 1961).

Las isopacas de 150 y 100 m. (fig. 2), delimitan las áreas de sedimentación marina de facies someras, lo que apoya la hipótesis que PERCONIG (1961) mantiene al situar por estos sectores facies de litoral.

Entre el Helveciense (Mioceno Medio Inferior) y el Messinense (Mioceno Superior), tuvo lugar la gran traslación tectónica de carácter gravitacional de la unidad de Paterna-Carmona (CHAUVE, en 1968, la denomina como un Subbético Inferior), y cuyo frente se extendía a modo de «abanico» que se desplazaba en un medio submarino hacia el centro de la cuenca del Guadalquivir y se prolongaba hasta más allá del Golfo de Cádiz (PERCONIG, 1962; CHAUVE, 1968). Este manto iba arrasando y erosionando materiales del substrato, constituyendo un olistostroma (JULIVERT et al., 1974), cuyos olistolitos eran bloques de materiales mesozoicos y cenozoicos (fig. 6-A). A esta unidad le siguió la de las «moronitas» (llamadas así por CHAUVE en 1968, por su afloramiento en Morón), que se sitúa tectónicamente sobre la anterior a comienzos del Mioceno Superior (fig. 6-B).

La unidad de las moronitas está constituida por margas grises, abundantes en microorganismos pelágicos, siendo los más abundantes las Diatomeas, datadas como Oligoceno-Mioceno (CHAUVE, 1968).

En cuanto a la traslación de ambas unidades, la de las moronitas no avanzó tanto como la unidad de Paterna-Carmona. En general, las moronitas se localizan en la mayoría de los sondeos so-

bre la unidad de Paterna-Carmona (Carmona y Ecija) o, en otros puntos, sobre el Triás (Chiclana) e incluso bajo el Triás (Medina Sidonia).

La cuenca adquiere su mayor extensión y subsidencia durante el Mioceno Superior. Sin embargo, PERCONIG (1961) adelanta este acontecimiento al Mioceno Inferior.

Como consecuencia de los procesos tectónicos de carácter distensivo que afectaron a la cuenca a finales del Mioceno Superior, se originaron basculamientos de bloques con creación de altos

fondos separados por fallas normales, de acentuada movilidad; puesto de manifiesto también por MONTENAT (1977), al igual que BOUSQUET y FONTBOTÉ (1977) y MALOD et al. (1979). Esto llevó a que en el sector septentrional de la cuenca, los materiales miocénicos se arquearan y bascularan hacia el O y NO, mientras que en las áreas meridionales (Puerto de Santa María y Jerez) presentan un buzamiento de hasta 20°. Es un hecho a destacar que los buzamientos mayores se obtienen cuando estos materiales reposan discordantemente sobre el Triás (Bornos, p. ej.).

Por su parte, VIGUIER (1977) estima que, en general, estos pliegues podrían interpretarse como el resultado de una surrección de las zonas Bética y Subbética.

Las primeras regresiones a gran escala marcan el comienzo del Plioceno. Los nuevos depósitos reposan en discordancia angular y erosiva sobre los materiales plegados del Mioceno, como se observa en Jerez de la Frontera y en Puerto de Santa María.

Las márgenes de las Béticas y Campo de Gibraltar han quedado marcadas por depósitos de facies litorales, al igual que al S de Sierra Morena (VIGUIER, 1977).

Los sedimentos que caracterizan al Plioceno son los propios de facies marinas; sin embargo, los últimos episodios del Plioceno presentan una cierta influencia de facies lacustres. El Plioceno marino está representado por arenas amarillentas con niveles limosos asociados a *Pecten*, *Chlamys* y *Ostreas* (Chiclana, Puerto Real). Por otra parte, los sedimentos del Plioceno Superior (Plioceno lacustre), están representados por unas calizas blancas con niveles de sílex; estos afloramientos se extienden desde Jerez hasta Lebrija y desde Villalba del Alcor a Castilleja, al NO.

Desde Sanlúcar de Barrameda hasta Conil, los depósitos del Plioceno marino se hallan actualmente a una distancia de unos 10 K. del actual límite de costas. Esta faja se va estrechando progresivamente hasta Conil, para proseguir por la plataforma.

A finales del Plioceno, la cuenca del Guadalete inicia su lenta individualización con respecto a la del Guadalquivir, hasta alcanzar su total marginación durante el Pleistoceno, aunque GAVALA (1958) considera que el estuario del Guadalete y

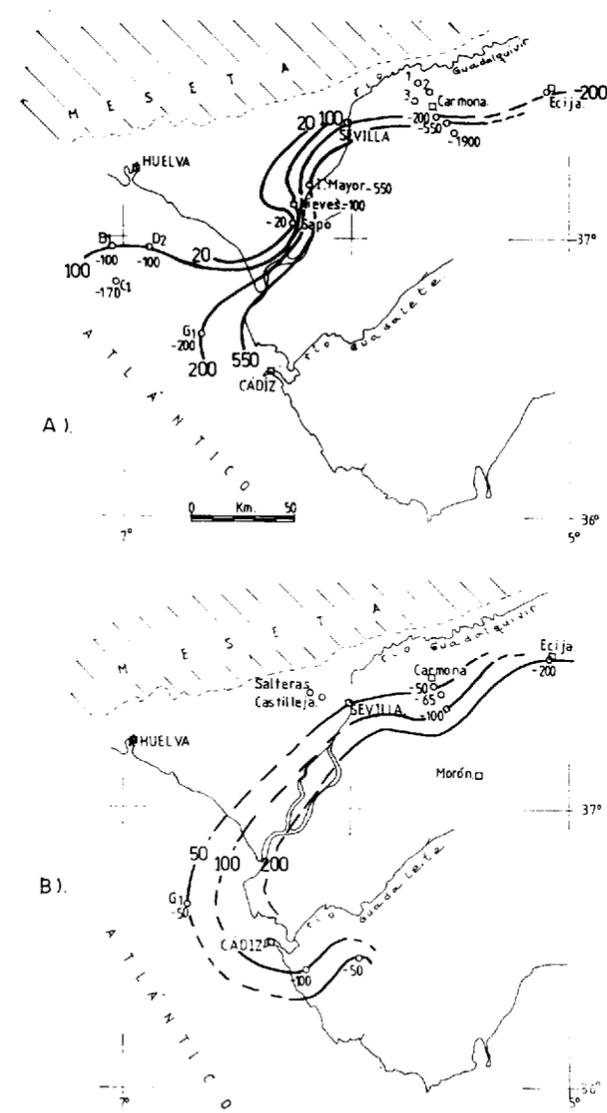


Figura 6.—Mapa de isopacas para las unidades de Paterna-Carmona y de las moronitas.

del Guadalquivir se encontraban ya incomunicados en el Plioceno.

Tectónicamente el Pleistoceno está caracterizado por ser un período de compresión, en la que se ponen de manifiesto un juego de fallas inversas de direcciones ENE-OSO (BOUSQUET y FONTBOTÉ, 1977). Sin embargo, estos autores hacen una salvedad en los sectores de Carmona y de Marchena, en donde existe un sistema de fallas normales. Todas las fracturas que se habían formado a lo largo del Mioceno y Plioceno se rejuvenecieron nuevamente. Esta tectónica es la causante de las elevaciones de depósitos a determinadas cotas (por ejemplo, materiales del Plioceno a 84 m.s.n.m. en el pico del Cuervo, situado al SE de Lebrija; los del Mioceno, a 340 m.s.n.m. en Medina Sidonia).

La mayor parte de los sectores orientales de la cuenca habían quedado ya emergidos a comienzos del Pleistoceno y actuaban como áreas fuentes de materiales que fueron rellenando las cuencas del Guadalquivir y del Guadalete. Por otra parte, estas surrecciones favorecieron la migración y el desplazamiento del eje de la cuenca del Guadalquivir hacia el NO.

Al término del Pleistoceno, las zonas costeras se encontraban elevadas unos 3 m.s.n.m. (costas de Chiclana, p. ej.), pero CADET et al. (1977) estiman unos valores algo menores para estas zonas.

## CONCLUSIONES

- Durante la evolución paleogeográfica, la cuenca del Guadalquivir alcanza su máxima amplitud y subsidencia durante el Mioceno Superior.
- La traslación tectónica de la unidad de Paterna-Carmona ocurrió entre el Mioceno Medio Inferior al Mioceno Superior (fig. 6-A); a la vez, la unidad de las moronitas se sitúa tectónicamente sobre la anterior a comienzos del Mioceno Superior.
- Al término del Mioceno Superior, el zócalo Paleozoico inicia un basculamiento hacia el S en los sectores meridionales y hacia el N los septentrionales, originando con ello el plegamiento de las series miocénicas; pero los mayores buzamientos del Mioceno se alcanzan cuando éstos reposan sobre las arcillas y yesos triásicos.

— A finales del Plioceno y comienzos del Pleistoceno, el eje de la cuenca del Guadalquivir ha alcanzado su posición más occidental.

— La individualización de la cuenca del Guadalete, tuvo lugar entre el Plioceno y Pleistoceno.

— A finales del Pleistoceno, los sectores costeros se encontraban unos 3 m. sobre el actual nivel del mar.

— La elevada sismicidad, puesta de manifiesto entre Ecija y Carmona, revela la inestabilidad tectónica actual de estos sectores.

## AGRADECIMIENTOS

No quiero concluir este trabajo sin antes expresar mi gratitud al profesor Dr. C. Dabrio, del Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Granada, por la revisión del texto.

## REFERENCIAS

- ARMÍJO, J.; BENKHELIL, J. et al.: *Les résultats de l'analyse structurale en Espagne*. Bull. Soc. géol. Fr., 3, 591-594 (1977).
- BOLOIX, M., y VALENZUELA, J. M.: *Estructura de la corteza en la Depresión del Guadalquivir y Campo de Gibraltar*. III.ª Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, 14 (1979).
- BOUSQUET, J. C., y FONTBOTÉ, J. M.: *Conclusions générales. Significations géodynamique des phénomènes observés, par le Groupe de recherche néotectonique de l'arc de Gibraltar*. Bull. Soc. géol. Fr., 3, 605-613 (1977).
- CADET, J. P.; FOURNIGUET, J. et al.: *La néotectonique des littoraux*. Bull. Soc. géol. Fr., 3, 600-605 (1977).
- CHAUVE, P.: *Etude géologique du nord de la province de Cádiz*. Mem. I. G. M. España, t. 69, 361 (1968).
- GAVALA y LABORDE, J.: *Mapa geológico de España*. Inst. Geol. Min. España, Plan 1956, núm. 282-H, hoja 1061 (1959).
- MALOD, J. A., y MOUGENOT, D.: *L'histoire géologique néogène du golfe de Cádiz*. Bull. Soc. géol. Fr., t. 21, número 5, 603-611 (1979).
- IGME: Mapa geológico de Sevilla, núm. 984/12/40 (1974).
- IGME: Mapa geotectónico general. Hoja núm. 3/12/98. Cádiz (1975).
- JULIVERT, M.; FONTBOTÉ, J. M.ª et al.: *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Balear*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1974).

- MONTENAT, C.: *Cronologie et principaux évènements de l'histoire paléogéographique du Néogène récent*. Bull. Soc. géol. Fr., t. 19, núm. 3, 577-583 (1977).
- ORCED, M. J., y DIDON, J.: *Etude géologique par sismique de reflexion et carottages de roches du plateau continental de la baie de Cádiz (Espagne)*. Géologie sous-marine. C. R. Acad. Paris. Fr., t. 280 (1975).
- PERCONIG, E.: *La tectónica del Mioceno de la cuenca del Guadalquivir (España meridional)*. 2.ª Reunión del Comité del Neógeno Mediterráneo, Sabadell, 5 (1961).
- PERCONIG, E.: *La estratigrafía del Mioceno en Andalucía Occidental. El límite Oligoceno-Mioceno y la fase terminal marina del Mioceno*. 2.ª Reunión del Comité del Neógeno Mediterráneo, 5 (1961).
- PERCONIG, E., y MARTÍNEZ, C.: *Perspectivas petrolíferas de Andalucía Occidental*. Bol. Geol. Min. España, t. 85/88, 61-77 (1977).
- VIGUIER, C.: *Precisiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla)*. Bol. Geol. Min. España, t. 80/86, 21-22 (1969).
- VIGUIER, C.: *Le Néogène de l'Andalousie Nord-Occidentale (Espagne)*. Histoire géologique du «basin» du Guadalquivir. Thèse Doc. Soc. Bourdeaux, vol. 1.450 (1974).
- VIGUIER, C.: *Les grands traits de la tectonique du «basin» du Bas-Guadalquivir*. Bol. Geol. Min. España, t. 88, 6 (1977).

Recibido: Diciembre 1980.

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

## Parte I

Por E. VINDEL (\*)

### R E S U M E N

El estudio de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (provincia de Madrid y Segovia) se ha dividido en una serie de trabajos.

Las mineralizaciones filonianas se han clasificado en base a su paragénesis, estableciéndose siete paragénesis tipo. En este trabajo (parte I) se estudian las características más importantes de las mineralizaciones de W, Sn y As: GRUPO I: Filones con wolframita; GRUPO II: Filones de cuarzo con casiterita, y GRUPO III: Filones con arsenopirita.

En primer lugar se resumen los principales rasgos geológicos del área de estudio. Posteriormente se analizan el ámbito encajante y los caracteres generales de las mineralizaciones (disposición, morfología). Finalmente, se estudian sus caracteres metalogénicos: paragénesis y sucesión mineral.

### S U M M A R Y

The mineralizations of Guadarrama Mountains (Madrid and Segovia provinces) are studied in several papers. The ore veins are been classified by their mineral paragenesis. Several paragenesis are defined, and this is made according to their mineralogy, which allows to classify the mineralogical association in seven groups. The main characteristics of W, Sn and As mineralizations are studied in this paper (Part I). Three groups are proposed:

- Group I: Wolframite veins.
- Group II: Quartz-cassiterite veins.
- Group III: Arsenopyrite veins.

First of all distinctive geological traits have been generalized. Next the nature of wall rock and the main characteristics of this mineralizations are examined (morphology, mineral aptitude); as well as the metallogenic aspects: paragenesis and mineral sequence.

## 1. INTRODUCCION

Este trabajo fue presentado para la opción al título de Doctor en Geología Económica en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, y en él se ha estudiado la paragénesis, sucesión mineral, zonalidad y origen de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama.

Para la publicación de este estudio se ha dividido el mismo en dos trabajos, que se agrupan bajo un título común: «Estudio mineralógico y

metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama». En este primero se estudian las mineralizaciones filonianas que se consideran de temperatura media-alta (W, Sn). En el siguiente trabajo se expondrán las características de las mineralizaciones filonianas de temperatura media (Cu) y baja (Pb, Ba, F).

## 2. ANTECEDENTES

Durante el siglo XVII estuvieron en explotación algunos yacimientos de la Sierra de Guadarrama, como por ejemplo la mina «Mónica» de Bustarviejo. Sin embargo, la máxima actividad minera de la Sierra se desarrolla durante la segunda mi-

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

tad del siglo XIX. El verdadero desarrollo minero tuvo lugar a partir de 1841, año en el que se realizaron 500 solicitudes de registro o denuncia. Es, por tanto, durante esta época y principios del siglo XX, cuando se hicieron la mayoría de los estudios sobre minería. Estos trabajos son en su mayor parte descripciones mineralógicas muy sucintas o datos acerca de las labores mineras en explotación.

Las primeras síntesis sobre la riqueza minera de la provincia de Madrid son las de ALDAMA (1860), ARCINEGA (1860) y DEL PRADO (1864). En ellas se hace una descripción de las principales mineralizaciones del área. GIL y MAESTRE (1874) resalta las localidades de interés minero, que eran para ese momento Gargantilla de Lozoya, Garganta de los Montes, Lozoyuela y El Cuadrón.

ESCOSURA (1852), CALDERÓN (1905 y 1910), FERNÁNDEZ NAVARRO (1903, 1916a y 1916b), PÉREZ MATEOS (1938) y HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1946) citan especies minerales encontradas.

NARANJO (1853), PÉREZ FOURNIES (1924), LANDECHO (1927) y MENÉNDEZ ORMAZA (1926 y 1933) describen las labores mineras de Gargantilla de Lozoya, Robledo de Chavela, Colmenar del Arroyo, Navalagamella y Bustarviejo. FERNÁNDEZ NAVARRO (1905), MUÑOZ DEL CASTILLO (1905a, 1905b y 1906), MUÑOZ DEL CASTILLO y RETAMAL MARTÍN (1905), PÉREZ (1920), MENÉNDEZ ORMAZA (1924) y PÉREZ SÁNCHEZ (1933) realizan estudios sobre las mineralizaciones de cobre de Colmenarejo y San Rafael-El Espinar, y citan por primera vez la presencia de minerales radioactivos asociados al cobre.

Al descender en los años treinta la actividad minera de la Sierra de Guadarrama, se interrumpen los estudios sobre minería. Esta primera época termina con la publicación de LANDECHO (1947) «El distrito minero de Madrid».

Los trabajos sobre las mineralizaciones de Guadarrama se reanudan diez años después con las Memorias de las Hojas geológicas núms. 484 (FEBREL et al., 1958), 509 (FUSTER y FEBREL, 1959), 533 (SAN MIGUEL DE LA CÁMARA et al., 1956) y 532 (SAN MIGUEL DE LA CÁMARA y GARCÍA FIGUEROLA, 1960). En ellas se trata ya el problema metalogénico a grandes rasgos.

DE PEDRO (1956) señala que los elementos metálicos, que han constituido las mineralizaciones,

proviene de las rocas actualmente metamorfizadas. Indica como guías de prospección granitos de grano fino y zonas de fractura, con un empobrecimiento de elementos metálicos en sus intermediaciones.

CÁNEPA (1968) realiza su Tesis Doctoral sobre «Contribución a la Metalogenia de la Sierra de Guadarrama». Es este el trabajo más completo que se ha realizado sobre las mineralizaciones de la Sierra. Comprende el estudio de las mineralizaciones de las Hojas núms. 509 y 484 (Torrelaguna y Buitrago de Lozoya) y en él se trata sobre la metalogenia de veinte mineralizaciones de W, As, Cu y Pb.

Recientemente, PÉREZ REGODÓN (1970), en su «Guía geológica y minera de la provincia de Madrid», hace una relación de las concesiones mineras existentes.

El estudio más moderno sobre las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama es el de SAMPER (1977), en el cual se investiga la evolución de la minería en la zona de Bustarviejo, así como las posibilidades de concentración de los minerales de interés económico en la mina «Mónica».

### 3. ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL

Las mineralizaciones, objeto de este estudio, se localizan en la región centro-oriental del Sistema Central, en la Sierra de Guadarrama. Los límites de la zona en la que se distribuyen las mineralizaciones son: al norte, el paralelo de Segovia; al oeste, la vertical de Villa del Prado; al este, el límite oriental del macizo de la Cabrera, y al sur, los materiales sedimentarios postpaleozoicos (fig. 1).

El área de estudio está comprendida en la zona Centro-Ibérica del Macizo Hespérico (JULIVERT et al., 1974), que corresponde con la zona Galaico-Castellana establecida por LOTZE (1945).

La litología de este sector está constituida por una serie de rocas metamórficas y graníticas. Las rocas metamórficas son en su mayor parte una monótona serie de gneises glandulares y migmatíticos, que se intercalan con gneises bandeados y esquistosos. Asimismo, aparecen intercalaciones calcáreas, calcáreo-dolomíticas y anfibolíticas.

Por lo que respecta a la edad de estas formaciones, primeramente una serie de autores (CAPOTE y VEGAS, 1968; FERNÁNDEZ CASALS y CAPOTE, 1970 y 1971; BARD et al., 1970 y 1972; SÁNCHEZ DE LA FUENTE et al., 1971; SOERS, 1972, y CAPOTE, 1973) consideraron a los gneises glandulares de edad precámbrica por analogía con la formación «Olla de Sapo» (PARGA et al., 1964) y a la serie metasedimentaria superior como perteneciente al Cámbrico Inferior.

a favor de una posible edad cámbrica. Se apoyan en la perfecta concordancia de estas series con las datadas como ordovícicas y en la equivalencia con otras series pelítico-calcáreas del Cámbrico Inferior del Macizo Hespérico.

Finalmente, algunos autores consideran que no existen criterios suficientes para establecer la edad de estos materiales y los denominan simplemente preordovícicos (SCHAFER, 1969; FUSTER y MORA, 1970; FUSTER y GARCÍA CACHO, 1970; BABIN, 1971; PEINADO, 1973, y CASQUET, 1975).

En cuanto a la naturaleza de las formaciones glandulares, existen varias hipótesis:

HEIM (1952), FEBREL et al. (1958), FUSTER y FEBREL (1959), SOMMER (1965), APARICIO y GARCÍA CACHO (1970), GARCÍA CACHO (1973), PEINADO (1973), LÓPEZ RUIZ et al. (1975) y APARICIO et al. (1975a) interpretan que estas rocas tienen un origen metamórfico y que derivan de una serie sedimentaria pelítico-samítica por un proceso de blastesis metamórfica. PEINADO (op. cit.) no descarta la posibilidad de que existan materiales ortoderivados dentro de los de mayor grado metamórfico.

Otro grupo de autores considera que las rocas originales de los gneises glandulares son, en unos casos, granitos porfídicos (WAARD, 1950; CAPOTE, 1973; BISCHOFF et al., 1973; FERNÁNDEZ CASALS, 1974 y 1976), y en otros, series de naturaleza vulcano-sedimentaria (PARGA et al., 1964; SCHAFER, 1969; SOERS, 1972; CAPOTE, 1973; BISCHOFF et al., 1973; FERNÁNDEZ CASALS, 1974 y 1976; NAVIDAD, 1975, y NAVIDAD y PEINADO, 1977).

CAPOTE et al. (1977) concluyen que en el Sistema Central se pueden distinguir tres complejos anteordovícicos:

El superior es una formación de naturaleza metasedimentaria, que se apoya sobre un complejo vulcano-sedimentario (gneises de Hiendelaencina, gneises de la Berzosa) probablemente equivalente al «Olla de Sapo» del NW de la península. Localmente bajo esta formación afloran algunos metasedimentos.

El tercer complejo gneísico ocupa los niveles estructurales más profundos y está constituido por dos formaciones: una heterogénea, con metasedimentos asociados, y otra homogénea, con escasa o ninguna intercalación metasedimentaria.

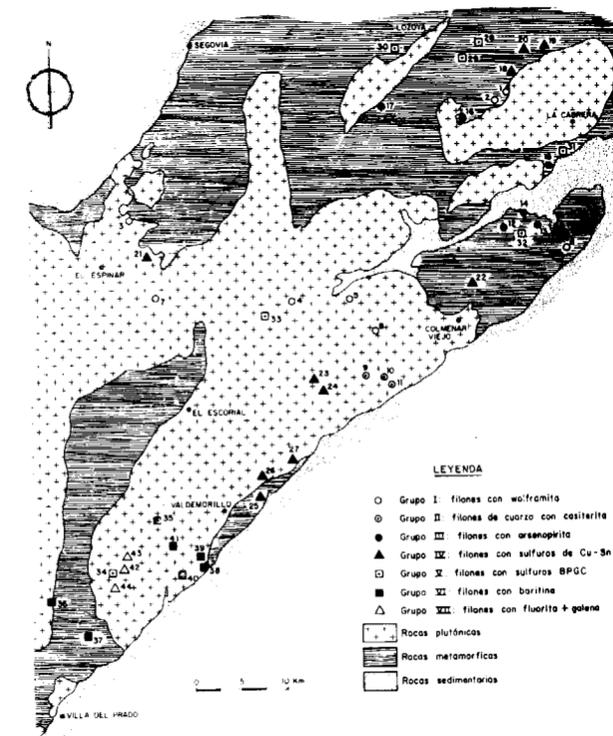


Figura 1.—Situación de las principales mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama.

Posteriormente, y a la vista de nuevos datos, CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS (1975), FERNÁNDEZ CASALS (1976) y CAPOTE et al. (1977), atribuyen casi todas las formaciones preordovícicas del Sistema Central, con excepción de las de Arenas de San Pedro, al Precámbrico Superior.

Otros autores (FEBREL et al., 1958; FUSTER y FEBREL, 1959; SOMMER, 1965; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1970; APARICIO et al., 1973 y 1975a; GARCÍA CACHO, 1973; LÓPEZ RUIZ et al., 1975; APARICIO y BELLIDO, 1976; APARICIO y GALÁN, 1978) están

La formación heterogénea (mármoles, rocas calcosilicatadas, metagrauwacas, cuarcitas y gneises leucocratos asociados a gneises máficos macroglandulares) ha sido estudiada por NAVIDAD y PEINADO (1977) en los macizos de El Escorial y El Caloco, y se le asigna un origen vulcano-sedimentario. La formación más homogénea está constituida por augengneises con escasas intercalaciones pelíticas. Debido a su estrecha relación con la formación heterogénea vulcano-sedimentaria, su origen se atribuye probablemente a macizos volcánicos homogéneos con algún granito intrusivo correlacionado.

Los granitoides del Sistema Central pertenecen a una serie de diferenciación de tendencia calcoalcalina, en la que están representados desde términos graníticos hasta cuarzdioríticos.

La cartografía de facies más completa es la realizada por APARICIO et al. (1975 b) y según estos autores, petrográficamente el conjunto está constituido en su mayor parte por rocas de tipo adamellítico y granodiorítico.

Con respecto a la edad absoluta de los granitoides del Sistema Central, los datos de geocronología que se poseen son escasos. MENDES et al. (1972) obtienen para los granitos de Navacerrada, San Rafael y Villacastín edades comprendidas entre 250 y 270 m.a. Por tanto, concluyen que los procesos de formación de estos granitos son más recientes que en otros sectores de la zona Centro-Ibérica y se situarían entre el final del Paleozoico y el Pérmico, coincidiendo con las últimas fases hercínicas.

Por último, la génesis de las rocas graníticas del Sistema Central se ha interpretado fundamentalmente por procesos de anatexia en relación con zonas de metamorfismo regional elevado (SAN MIGUEL et al., 1956; FEBREL et al., 1958; APARICIO, 1971; FUSTER et al., 1974; APARICIO et al., 1975 b).

Por el contrario, BARD et al. (1970) y CAPDEVILA et al. (1973) reconocen dos series graníticas: Una primera, muy restringida, formada por anatexia y relacionada con el metamorfismo regional, y otra segunda, que constituye el gran batolito del Sistema Central, y que es posterior al paroxismo del metamorfismo regional. Su emplazamiento ha sido precedido por productos gabroideos y dioríticos (precursores básicos), que se encuentran como enclaves en los granitos.

En contraste con esta opinión, APARICIO et al. (1975 b) indican la ausencia de stocks y enclaves de naturaleza gabroidea o/y norítica en el Sistema Central, resaltan el carácter sincinemático de las facies graníticas foliadas y consideran que la génesis de las rocas graníticas está en conexión directa con el desarrollo del metamorfismo regional.

FUSTER et al. (1974) suponen que durante la primera etapa metamórfica pudieron producirse anatexias parciales, pero la posibilidad de ascenso y emplazamiento de masas graníticas estaría limitada por la profundidad de generación de fluidos graníticos (bajo gradiente geotérmico). Durante la segunda etapa metamórfica, cuando aumentan los gradientes geotérmicos, los procesos de anatexia se generalizan y avanzan a niveles corticales superiores, aumentando las posibilidades de ascenso y emplazamiento de rocas graníticas. Por tanto, la génesis de las rocas graníticas estaría en relación, fundamentalmente, con la segunda etapa metamórfica de bajas presiones y gradientes geotérmico alto.

A partir de estos magmas anatécicos adamellíticos-granodioríticos se generan los diferentes tipos de rocas graníticas por procesos de diferenciación (APARICIO et al., 1975 b).

#### 4. MINERALIZACIONES FILONIANAS

Los indicios y yacimientos de tipo filoniano de la Sierra de Guadarrama se han clasificado en base a su paragénesis. Se han distinguido siete grupos principales en función de los minerales mayoritarios que aparecen en cada caso. A su vez, algunos grupos se han subdividido en dos subgrupos:

1. GRUPO I: Filones con wolframita.  
Subgrupo 1: Filones con wolframita.  
Subgrupo 2: Filones con wolframita + sulfuros de Cu-Sn-Zn.
2. GRUPO II: Filones de cuarzo con casiterita.
3. GRUPO III: Filones con arsenopirita.  
Subgrupo 1: Filones con arsenopirita + sulfuros.  
Subgrupo 2: Filones con arsenopirita + sulfuros + sulfosales de Ag.
4. GRUPO IV: Filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn.
5. GRUPO V: Filones con sulfuros BPGC.



6. GRUPO VI: Filones con baritina.  
Subgrupo 1: Filones de baritina no mineralizados.  
Subgrupo 2: Filones de baritina con galena.
7. GRUPO VII: Filones de fluorita con galena.

En la figura 1 se ha representado la situación de las principales mineralizaciones filonianas de la Sierra de Guadarrama. Los números señalan las localidades más próximas a las mineralizaciones. De esta forma se podrán localizar más fácilmente las mineralizaciones a que se hace referencia en el texto.

#### MINERALIZACIONES FILONIANAS

1. Lozoyuela (Madrid).
2. Garganta de los Montes (Madrid).
3. Otero de Herreros (Segovia).
4. Moralzarzal (Madrid).
5. Manzanares el Real (Madrid).
6. Pedrezuela (Madrid).
7. Guadarrama (Madrid).
8. Colmenar Viejo (Madrid).
9. Hoyo de Manzanares (I) (Madrid).
10. Hoyo de Manzanares (II) (Madrid).
11. Hoyo de Manzanares (III) (Madrid).
12. Guadalix de la Sierra (I) (Madrid).
13. Guadalix de la Sierra (II) (Madrid).
14. Guadalix de la Sierra (III) (Madrid).
15. Guadalix de la Sierra (IV) (Madrid).
16. Bustarviejo (Madrid).
17. Oteruelo del Valle (Madrid).
18. Garganta de los Montes (Madrid).
19. Lozoyuela (Madrid).
20. El Cuadrón (Madrid).
21. San Rafael (Segovia).
22. Colmenar Viejo (Madrid).
23. Galapagar (Madrid).
24. Galapagar (Madrid).
25. Valdemorillo (Madrid).
26. Valdemorillo (Madrid).
27. Colmenarejo (Madrid).
28. Gargantilla de Lozoya (Madrid).
29. Canencia (Madrid).
30. Lozoya (Madrid).
31. Redueña (Madrid).
32. Guadalix de la Sierra (Madrid).
33. Collado Mediano (Madrid).
34. Colmenar del Arroyo (Madrid).
35. Fresnedillas (Madrid).
36. San Martín de Valdeiglesias (Madrid).

37. Navas del Rey (Madrid).
38. Navalagamella (Madrid).
39. Navalagamella (I) (Madrid).
40. Navalagamella (II) (Madrid).
41. Navalagamella (III) (Madrid).
42. Colmenar del Arroyo (I) (Madrid).
43. Colmenar del Arroyo (II) (Madrid).
44. Colmenar del Arroyo (III) (Madrid).

#### 5. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE TEMPERATURA MEDIA-ALTA

Como se verá más adelante, las asociaciones mineralógicas de los grupos I, II y III, así como la presencia de ciertas texturas de desmezcla, indican que estas mineralizaciones se han depositado a temperatura media-alta.

##### 5.1. Grupo I: Filones con wolframita

Los filones con wolframita se han dividido en dos subgrupos: Filones cuyo componente fundamental es la wolframita, aunque puede estar acompañada de sulfuros como accesorios y filones con wolframita y sulfuros de Cu-Sn-Zn, que entran en la paragénesis como mayoritarios.

##### 5.1.1. Subgrupo 1: Filones con wolframita

El primer subgrupo es más abundante en la Sierra de Guadarrama (Tabla I).

TABLA I

Término	Coordenadas	Hoja 1:50.000
Lozoyuela ... ..	40° 53' 35"N 0° 01' 15"E	484
Garganta de los Montes ...	40° 54' 35"N 0° 00' 15"W	484
Otero de Herreros ... ..	40° 47' 25"N 0° 31' 25"W	507
Moralzarzal ... ..	40° 41' 55"N 0° 18' 18"W	508
Manzanares el Real ... ..	40° 42' 10"N 0° 11' 50"W	508
Pedrezuela ... ..	40° 43' 49"N 0° 00' 42"E	509

Estas mineralizaciones están constituidas por pequeños haces filonianos cuya dirección, buzamiento y potencia media se indican a continuación en la Tabla II.

TABLA II

	Dirección	Buzamiento	Potencia
Lozoyuela ... ..	N 100°E	75°S	0,5 a 1 m.
Garganta de los M.	N 75°E	75°S	1 m.
Otero de Herreros ...	N 100°E	80°-85°S	0,3 a 0,5 m.
Moralzarzal ... ..	N 160°E	80°-85°N	1 m.
Manzanares el Real.	N 35°E	80°-85°N	0,5 m.
Pedrezuela ... ..	N 45°E	50°N	0,5 m.

La explotación, ya abandonada, se llevó a cabo mediante zanjas y trincheras, siguiendo direcciones filonianas. En Manzanares el Real se realizaron abundantes rafas de exploración de dimensiones variables, por término medio 10 m. de longitud por 1,5 m. de anchura por 2 m. de profundidad.

La mineralización de Otero de Herreros se explotó mediante galerías, siguiendo la dirección del filón (N 110°E). En esta mina se están realizando desde el año 1976 pequeñas extracciones de mineral de forma intermitente. El mineral de tungsteno de interés económico es la wolframita; sin embargo, hacia el NW la corrida se enriquece considerablemente en scheelita.

#### Naturaleza de la roca encajante

Los filones con wolframita se localizan indistintamente en rocas metamórficas o graníticas.

En el primer caso (Garganta de los Montes, Lozoyuela, Pedrezuela) se trata de gneises migmatíticos muy replegados. Se caracterizan por una alternancia de bandas claras con cuarzo, feldespato y plagioclasa y bandas oscuras compuestas por biotita y sillimanita. Como minerales secundarios se encuentran clorita y moscovita, y como accesorios, apatito, circón y esfena granular sobre clorita. Cuando el gneis se encuentra cerca del granito aparece andalucita recristalizada tardía, probable producto de la superposición de un metamorfismo de contacto al regional.

Los filones que encajan en rocas graníticas (Moralzarzal, Manzanares el Real, Otero de Herreros) lo hacen en adamellitas biotíticas de grano medio. Su mineralogía está compuesta por cuarzo, feldespato potásico (ortosa o microclina), plagioclasa, biotita, y como accesorios apatito, circón, opacos y esfena. Como minerales secundarios se encuentran clorita, moscovita y sericita. Algunas veces los filones intragraníticos (Manzanares el Real,

Otero de Herreros) presentan corridas que se prolongan algunos metros en los gneises encajantes.

Asociados a estos filones con wolframita y con la misma dirección que ellos, es frecuente encontrar diques pegmatíticos (Manzanares el Real) y diques de pegmatitas (Lozoyuela) con cuarzo, feldespato potásico, moscovita y turmalina negra (chorlo).

#### Mineralización: Descripción

*Tipo:* «Otero de Herreros».

*Minerales Hipogénicos:* WOLFRAMITA, Scheelita, Pirita, Arsenopirita, Calcopirita, Pirrotina, Bismutina y Bismuto.

*Minerales Supergénicos:* Marcasita, Goethita.

*Minerales de la ganga:* CUARZO.

#### Particularidades:

Lozoyuela: Pirrotina y arsenopirita en cantidades muy accesorias.

Garganta de los Montes: Ausencia de sulfuros.

Moralzarzal: Presencia de Molibdenita.

Manzanares el Real: Arsenopirita en cantidades muy accesorias y moscovita como ganga.

Pedrezuela: Presencia de casiterita.

Este tipo de filones presenta wolframita y cuarzo como minerales fundamentales. Los sulfuros se encuentran en forma minoritaria, incluidos en fisuras dentro de la wolframita.

*WOLFRAMITA:* Cristales tabulares bien desarrollados, incluidos en cuarzo. Presentan una marcada fracturación ortogonal, a favor de la cual la scheelita ha reemplazado a la wolframita.

*Scheelita:* Aparece siempre reemplazando a la wolframita a favor de fisuras y bordes de grano (Foto 1). En algunos filones (Manzanares el Real, Lozoyuela, Garganta de los Montes) el proceso de scheelitización es incipiente; sin embargo, en otros (Moralzarzal, Otero de Herreros) llega a ser considerable. Por medio del analizador de imagen microvideomat ha sido posible calcular estadísticamente el tanto por ciento de wolframita scheelitizada (Tabla III).

*Molibdenita:* Se encuentra sólo en la mineralización de Moralzarzal, presentando hábito laminar típico. Debido a su alta plasticidad aparece fuertemente deformada (Foto 2).

TABLA III

	% de wolframita scheelitizada
Lozoyuela ... ..	0,9
Garganta de los Montes ... ..	1,5
Otero de Herreros ... ..	10,0
Moralzarzal ... ..	15,0
Manzanares el Real ... ..	0,5
Pedrezuela ... ..	0,5

*Casiterita:* Únicamente se encuentra casiterita en la mineralización de Pedrezuela. Aparece en pequeños granos subidiomorfos incluidos en la wolframita.

*Pirita:* En el yacimiento de Otero de Herreros la pirita aparece irregularmente distribuida. Rellena fisuras dentro de la wolframita y forma agregados de pequeños cristales subidiomorfos. Se encuentra parcialmente transformada en marcasita.

*Arsenopirita:* Su presencia está más generalizada que la de la pirita en este tipo de mineralizaciones (Lozoyuela, Otero de Herreros, Moralzarzal, Manzanares el Real). En general, aparece como granos redondeados de muy pequeño tamaño incluido en fisuras dentro de la wolframita. En la mineralización de Otero de Herreros la arsenopirita se encuentra en mayores proporciones.

*Calcopirita:* Aparece en pequeños granos redondeados incluidos en la wolframita. En la mayoría de los filones no es posible observar sus relaciones respecto de otros sulfuros. Sin embargo, en la mineralización de Otero de Herreros se observa cómo la calcopirita rellena huecos y fisuras dentro de la pirita y arsenopirita, lo que indica que su deposición es posterior a estos minerales.

*Pirrotina:* En Otero de Herreros la pirrotina se encuentra en cantidades apreciables, incluida en huecos y fisuras dentro de la arsenopirita y pirita. Sin embargo, en el filón de Lozoyuela la pirrotina aparece sólo en forma de diminutos granos incluidos en la wolframita.

*Bismuto y Bismutina:* Estos dos minerales aparecen sólo en Otero de Herreros y en cantidades muy accesorias. Ambos están siempre asociados e incluidos dentro de la wolframita.

*Minerales supergénicos:* Los minerales de origen supergénico adquieren escaso desarrollo; no obstante, se observa marcasita y covellina susti-

tuyendo a pirita y calcopirita, respectivamente. En algunos casos se aprecia una incipiente oxidación de la wolframita a goethita.

*Minerales de la ganga:* La ganga fundamental que acompaña a la mineralización en este tipo de filones es el cuarzo. Probablemente hay varias generaciones de cuarzo, aunque haya existido sílice a lo largo de toda la deposición. Claramente se encuentra un cuarzo muy temprano, en pequeños granos redondeados, incluidos en la wolframita.

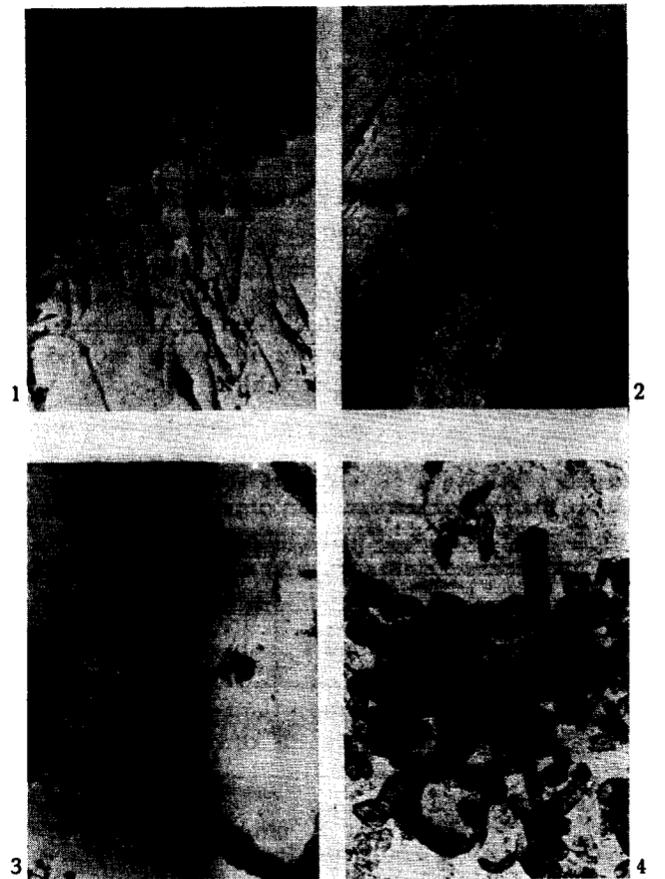


Foto 1.—Scheelita (gris) reemplazando a wolframita (gris claro) a favor de fisuras y bordes de grano. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Otero de Herreros.

Foto 2.—Molibdenita fuertemente deformada. Obsérvese el pleocroísmo de reflexión. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Moralzarzal.

Foto 3.—Pequeñas «estrellas» de estannina (gris claro) en calcopirita (blanco). En la parte inferior una fisura rellena de neodigenita, covellina y goethita, que han reemplazado a la calcopirita. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Cabeza Lijar.

Foto 4.—Clorita vermicular, que constituye un mineral de ganga. L. Transm. LN  $\times$  125. Mineralización de Colmenar Viejo.

TABLA III

	% de wolframita scheelitizada
Lozoyuela ... ..	0.9
Garganta de los Montes ... ..	1.5
Otero de Herreros ... ..	10.0
Moralzarzal ... ..	15.0
Manzanares el Real ... ..	0.5
Pedrezuela ... ..	0.5

**Casiterita:** Únicamente se encuentra casiterita en la mineralización de Pedrezuela. Aparece en pequeños granos subidiomorfos incluidos en la wolframita.

**Pirita:** En el yacimiento de Otero de Herreros la pirita aparece irregularmente distribuida. Rellena fisuras dentro de la wolframita y forma agregados de pequeños cristales subidiomorfos. Se encuentra parcialmente transformada en marcasita.

**Arsenopirita:** Su presencia está más generalizada que la de la pirita en este tipo de mineralizaciones (Lozoyuela, Otero de Herreros, Moralzarzal, Manzanares el Real). En general, aparece como granos redondeados de muy pequeño tamaño incluido en fisuras dentro de la wolframita. En la mineralización de Otero de Herreros la arsenopirita se encuentra en mayores proporciones.

**Calcopirita:** Aparece en pequeños granos redondeados incluidos en la wolframita. En la mayoría de los filones no es posible observar sus relaciones respecto de otros sulfuros. Sin embargo, en la mineralización de Otero de Herreros se observa cómo la calcopirita rellena huecos y fisuras dentro de la pirita y arsenopirita, lo que indica que su deposición es posterior a estos minerales.

**Pirrotina:** En Otero de Herreros la pirrotina se encuentra en cantidades apreciables, incluida en huecos y fisuras dentro de la arsenopirita y pirita. Sin embargo, en el filón de Lozoyuela la pirrotina aparece sólo en forma de diminutos granos incluidos en la wolframita.

**Bismuto y Bismutina:** Estos dos minerales aparecen sólo en Otero de Herreros y en cantidades muy accesorias. Ambos están siempre asociados e incluidos dentro de la wolframita.

**Minerales supergénicos:** Los minerales de origen supergénico adquieren escaso desarrollo; no obstante, se observa marcasita y covellina susti-

tuyendo a pirita y calcopirita, respectivamente. En algunos casos se aprecia una incipiente oxidación de la wolframita a goethita.

**Minerales de la ganga:** La ganga fundamental que acompaña a la mineralización en este tipo de filones es el cuarzo. Probablemente hay varias generaciones de cuarzo, aunque haya existido sílice a lo largo de toda la deposición. Claramente se encuentra un cuarzo muy temprano, en pequeños granos redondeados, incluidos en la wolframita.

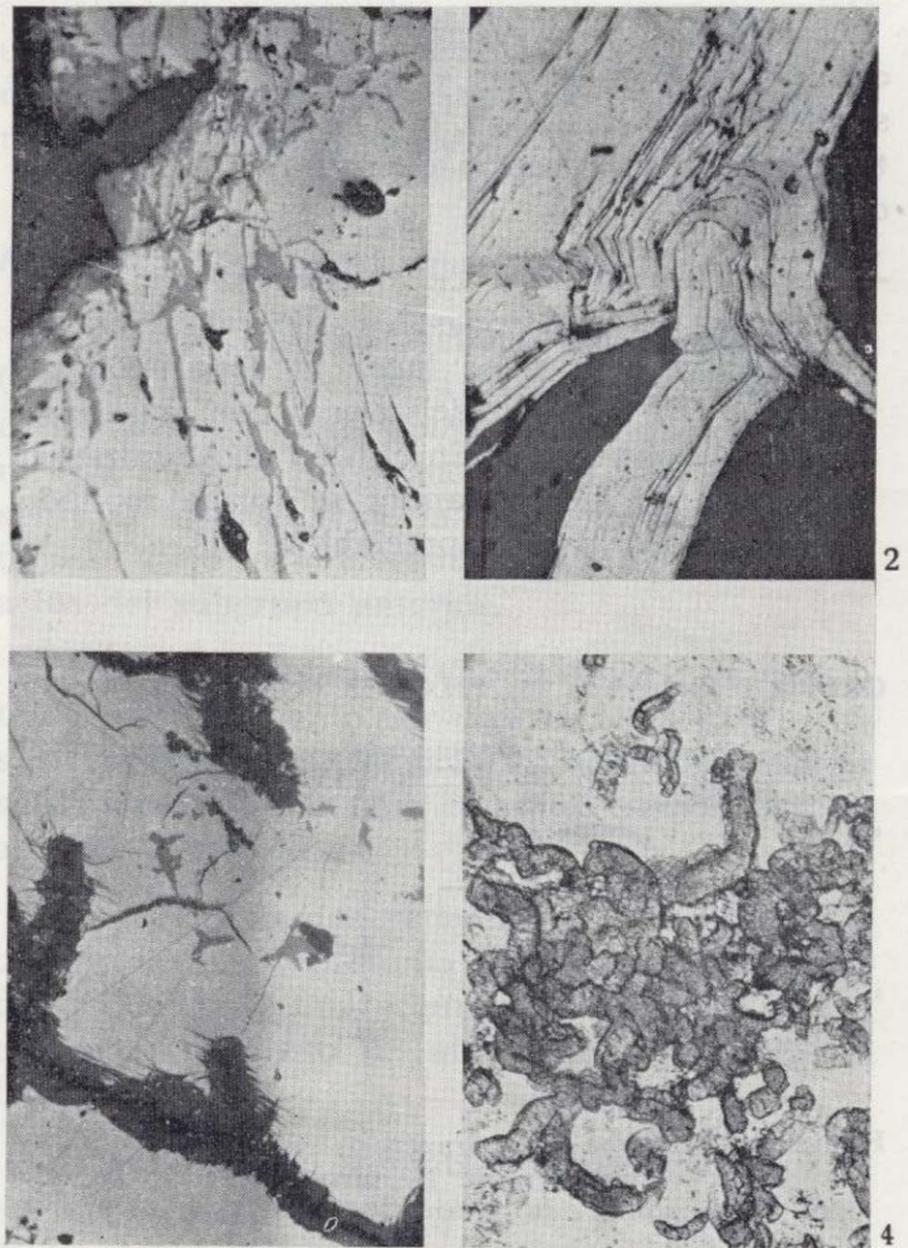


Foto 1.—Scheelita (gris) reemplazando a wolframita (gris claro) a favor de fisuras y bordes de grano. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Otero de Herreros.

Foto 2.—Molibdenita fuertemente deformada. Obsérvese el pleocroísmo de reflexión. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Moralzarzal.

Foto 3.—Pequeñas «estrellas» de estannina (gris claro) en calcopirita (blanco). En la parte inferior una fisura rellena de neodigenita, covellina y goethita, que han reemplazado a la calcopirita. L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización de Cabeza Lijar.

Foto 4.—Clorita vermicular, que constituye un mineral de ganga. L. Transm. LN  $\times$  125. Mineralización de Colmenar Viejo.

Asimismo, otra generación de cuarzo, posiblemente la más abundante, rodea los cristales de wolframita. Al final de la deposición aparece un cuarzo tardío de más baja temperatura que rellena cavidades.

En algunas mineralizaciones la moscovita puede considerarse como ganga de la mineralización. Se trata de una moscovita tardía, posterior al cuarzo y a la wolframita.

*Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral*

Los filones con wolframita presentan unos esquemas de paragénesis y sucesión mineral muy similares (figs. 2, 3, 4, 5, 6 y 7). La diferencia entre ellos es la presencia de sulfuros o de molibdenita.

— La wolframita aparece al comienzo de la deposición en casi todas las mineralizaciones y posteriormente tiene lugar la deposición del cuarzo. El depósito del cuarzo continúa hasta el final del proceso. En el filón de Moralarzal, después de la wolframita se forma molibdenita en cantidades apreciables.

**GRUPO I (Subgrupo 1): FILONES CON WOLFRAMITA.**

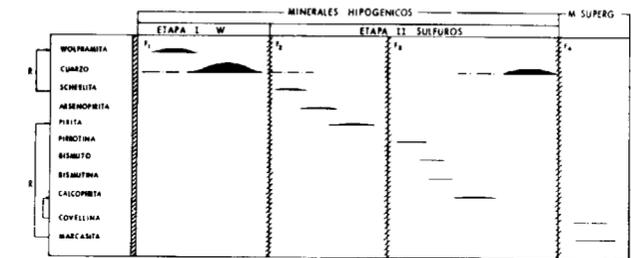


Figura 2.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Otero de Herreros).

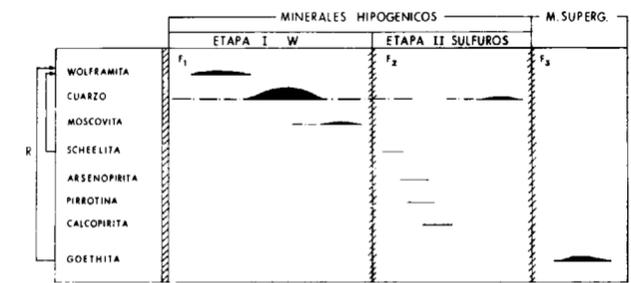


Figura 3.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Lozoyuela).

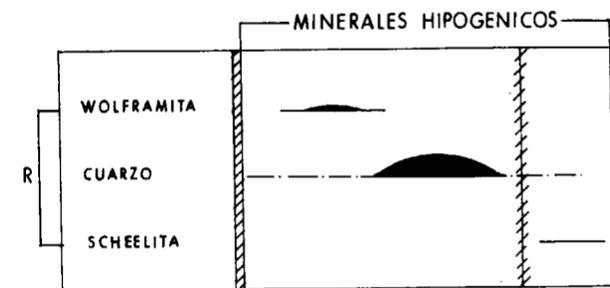


Figura 4.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Garganta de los Montes).

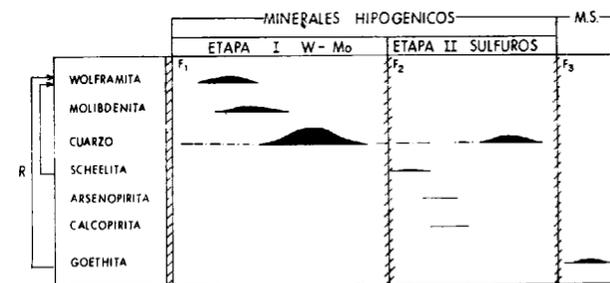


Figura 5.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Moralarzal).

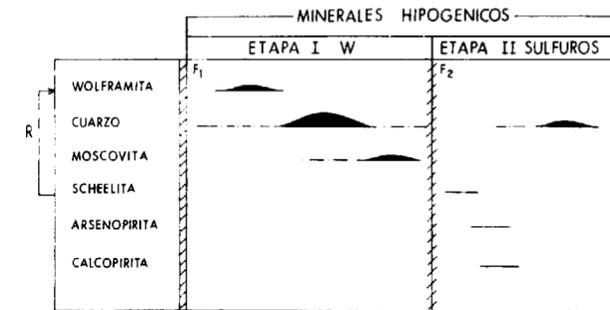


Figura 6.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Manzanes el Real).

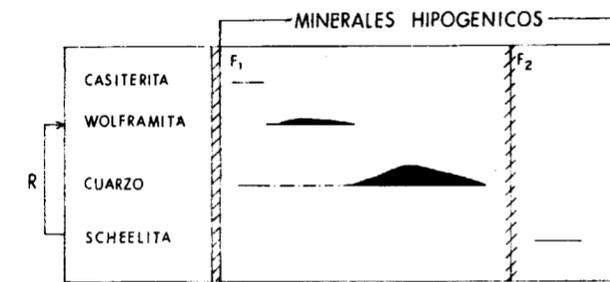


Figura 7.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Pedrezuela).

— Después de la deposición de estos minerales se produce una etapa de brechificación ( $F_2$ ), que marca el comienzo de la fase sulfurada y es correlacionable en todas las mineralizaciones. Al comienzo de esta fase, el W que aún queda en el medio se deposita en forma de scheelita y lo hace reemplazando en parte a la wolframita.

— La secuencia de sulfuros sólo es observable en la mineralización de Otero de Herreros (figura 2), donde estos minerales se han depositado en mayores proporciones. La arsenopirita y la pirita marcan el comienzo de la fase de deposición de sulfuros, produciéndose posteriormente una etapa de brechificación ( $F_3$ ) que las fractura. A favor de estas fisuras se introducen el resto de los sulfuros (pirrotina, bismutina y calcopirita).

— El desarrollo de minerales supergénicos es escaso en este tipo de filones. Su deposición se realiza a favor de una última etapa de reajustes ( $F_4$ ) y sólo se observa goethita, como consecuencia de la oxidación de la wolframita, y covellina y marcasita, que se forman a expensas de la calcopirita y pirita, respectivamente.

Hasta aquí no se ha hecho referencia a la casiterita existente en el filón de Pedrezuela. Sus relaciones con la wolframita no están claras, pero dado su carácter idiomorfo es posible que se trate de una casiterita temprana, cuya formación sería anterior a la de la wolframita.

**5.1.2. Subgrupo 2: Filones con wolframita + sulfuros de Cu-Sn-Zn**

Se han reconocido dos mineralizaciones de estas características (Tabla IV).

**TABLA IV**

Término	Coordenadas	Hoja 1:50.000
Guadarrama ... ..	40° 41' 15''N	508
(«Cabeza Lijar») ... ..	0° 28' 30''W	
Colmenar Viejo ... ..	40° 39' 12''N	534
	0° 09' 10''W	

La primera de estas dos mineralizaciones está situada en la cara sur del monte de Cabeza Lijar y se accede a ella directamente por una carretera que parte del Alto de los Leones. Actualmente la

explotación, que se realizó por el wolframio, está abandonada y la entrada a la galería (a 100 m. por debajo del camino) se encuentra cegada. En superficie, en una pequeña calicata, se ha podido observar uno de los filones, de dirección N 120°E/85°N, con una potencia de 0.3 m. Asimismo, se encuentran pequeños filoncillos de cuarzo con wolframita, molibdenita y calcopirita en bloques de granito extraídos. En ellos se observa una disposición simétrica de la wolframita y la moscovita en los bordes de los filones de cuarzo.

En la mina de Colmenar Viejo las labores son actualmente inaccesibles, pues únicamente existe un pozo cegado y una pequeña escombrera en la que se han tomado muestras para el estudio petrográfico y metalogénico.

*Naturaleza de la roca encajante*

De las dos mineralizaciones estudiadas, la de Cabeza Lijar se encuentra en una leucoadamellita de grano fino y la de Colmenar Viejo en una adamellita biotítica de grano medio. No se insiste sobre la naturaleza de la roca encajante de Colmenar Viejo por presentar caracteres análogos a los del subgrupo anterior.

La leucoadamellita de Cabeza Lijar está constituida principalmente por cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa, moscovita, biotita subordinada y granates; como accesorios figuran apatitos y circón.

Se encuentran dos generaciones de moscovita, una primera que presenta hábitos tabulares bien desarrollados, y una segunda tardía, muy blástica, como producto de alteración de biotitas y feldespatos.

Los granates se presentan en pequeños cristales idiomorfos y su composición varía (según APARICIO et al., 1975 b) entre distintos valores de la relación almandino/espessartina. Asimismo, según estos autores no existe conexión ninguna entre estos granates y los metamórficos (LÓPEZ RUIZ et al., 1975) y concluyen que su génesis es de naturaleza ortomagmática.

*Mineralización: Descripción*

*Tipo:* «Cabeza Lijar» (Guadarrama).  
*Minerales Hipogénicos:* WOLFRAMITA, Schee-

lita, Molibdenita, Bismuto, Bismutina, Casiterita, Pirita, CALCOPIRITA, Blenda, Estannina.

**Minerales Supergénicos:** Neodigenita, Covellina, Malaquita, Goethita.

**Minerales de la ganga:** CUARZO, Moscovita, Sericita, Clorita.

**Particularidades:**

Colmenar Viejo: Presencia de galena, cubanita, pirrotina y arsenopirita. Ausencia de estannina.

**WOLFRAMITA:** Cristales tabulares bien desarrollados, que aparecen incluidos en el cuarzo. Se presenta fuertemente fracturada, fracturas que aprovechan los restantes minerales para introducirse. Muestra una incipiente oxidación a goethita.

**Molibdenita:** Cristales muy deformados de hábito laminar típico.

**Scheelita:** Aparece de forma accesoria sustituyendo a la wolframita por los bordes de grano.

**Bismuto y Bismutina:** En la mineralización de Cabeza Lijar el bismuto y la bismutina se encuentran asociados a la molibdenita. Sin embargo, en

Colmenar Viejo estos dos minerales se asocian a la galena, sobre todo el bismuto. Por tanto, es posible que el bismuto de Colmenar Viejo sea más tardío que el de Cabeza Lijar. En este caso el bismuto se depositaría en la etapa de Cu-Sn-Zn y en Colmenar Viejo en la etapa de Pb-Zn (fig. 8).

**Casiterita:** Es un mineral accesorio en este tipo de filones. Aparece en forma de granos redondeados o cristales subaciculares, incluidos en calcopirita.

**CALCOPIRITA:** Se pueden diferenciar dos generaciones de calcopirita:

- La primera, Cp I, es muy escasa y se encuentra en forma de pequeñas «gotas» o emulsiones en la blenda. Esta textura se ha interpretado como una exsolución de calcopirita en blenda (BUERGUER, 1934).
- La segunda, Cp II, corresponde a una calcopirita fisural, que rellena fracturas en la wolframita.

En la mineralización de Cabeza Lijar la calcopirita II presenta laminillas orientadas de estannina (intercrecimientos mirmequíticos) y peque-

GRUPO I (Subgrupo 2): FILONES CON WOLFRAMITA+SULFUROS DE Cu-Sn-Zn.

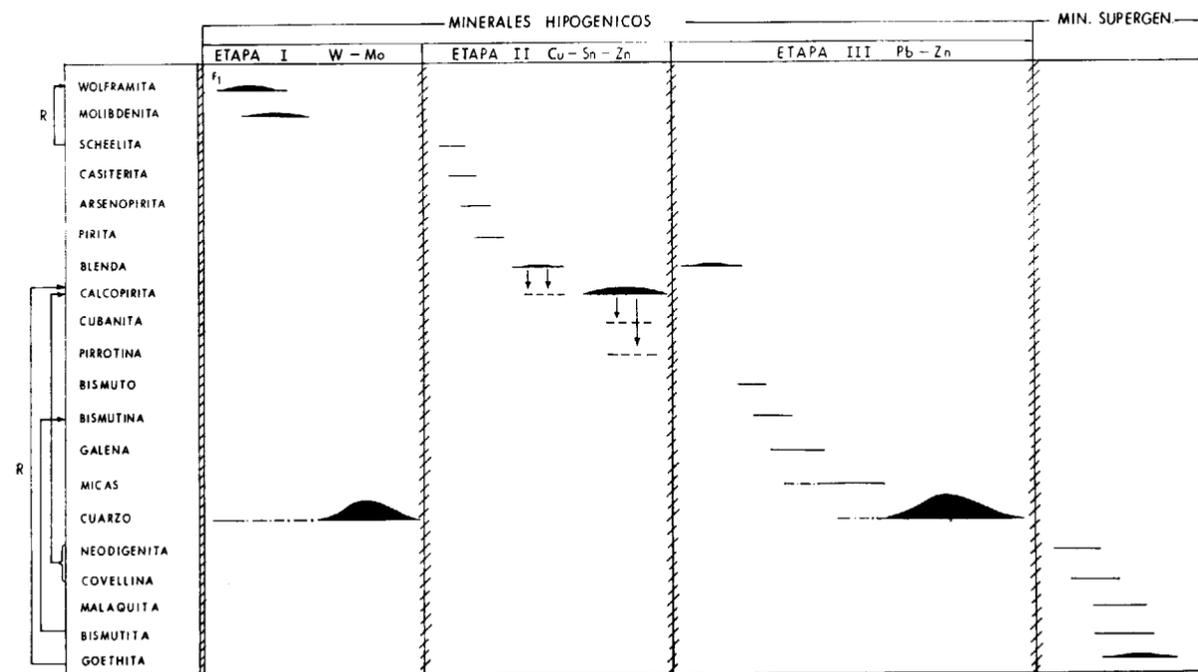


Figura 8.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Colmenar Viejo).

ñas «estrellas» de blenda y estannina (Foto 3). Esta textura se ha interpretado como un proceso de exsolución (RAMDOHR, 1969).

Es notable que en Colmenar Viejo esta calcopirita II contiene finas laminillas de pirrotina y cubanita. Esta textura se ha interpretado también como producto de exsolución.

**Blenda y Estannina:** En la mineralización de Cabeza Lijar ambos minerales se encuentran estrechamente asociados, apareciendo, al igual que la calcopirita, en dos generaciones.

- La primera generación se corresponde con la primera de calcopirita (Cp I). Aparece en granos con bordes irregulares, incluidos en calcopirita II, en los que la blenda y la estannina se encuentran intercrecidas.
- La segunda generación, a la que ya se ha hecho referencia anteriormente, es aquella en la que la blenda y estannina aparecen como laminillas orientadas o finas «estrellas» en calcopirita II. Su formación es simultánea con la de la calcopirita II y debida a un proceso de desmezcla.

En el filón de Colmenar Viejo no se ha encontrado estannina. De igual forma que en Cabeza Lijar, se encuentran dos generaciones de blenda. La primera contiene emulsiones de calcopirita (Cp I) y es correlacionable con la primera generación de blenda de Cabeza Lijar. Sin embargo, la segunda generación no es correlacionable con la de Cabeza Lijar. Es una blenda sin inclusiones, posterior a la calcopirita II (rellena fisuras dentro de ella) y asociada a galena. Se trata, pues, de una blenda de más baja temperatura formada durante una etapa metalogénica más tardía de Pb-Zn.

**Cubanita y Pirrotina:** En Colmenar Viejo la calcopirita II contiene finas lamelas de cubanita y pirrotina. Su presencia se ha interpretado como producto de exsolución. A alta temperatura la calcopirita estaría en solución sólida con calcopirrotina. Al descender la temperatura la calcopirrotina es inestable y se descompone en cubanita. El exceso de FeS precipita como pirrotina.

**Galena:** La galena aparece exclusivamente en Colmenar Viejo. Se encuentra asociada a blenda de segunda generación y a bismuto. Su deposición es fisural a favor de los minerales previamente formados.

**Minerales Supergénicos:** Los minerales de origen supergénico adquieren en este tipo de filones un cierto desarrollo, reemplazando a los sulfuros de Cu-Sn-Zn.

La calcopirita es atravesada por una red irregular de fisuras, a favor de la cual han penetrado neodigenita, covellina y goethita, reemplazando en parte a la calcopirita. De esta forma se constituye una textura típica de los procesos de enriquecimiento supergénico.

La neodigenita, menos abundante, se dispone en la parte externa de las fisuras sustituyendo a la calcopirita en forma de finas ramificaciones. Más internamente en la fisura se encuentra covellina en forma de pequeños cristales plumosos. En el centro de las fisuras se ha depositado goethita con marcada textura coliforme. Se trata, pues, de un relleno de fisuras simétrico, típico de los yacimientos hidrotermales. Como se verá más adelante, es el mismo que afecta a los filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn (Grupo IV). Este reemplazamiento afecta no sólo a la calcopirita, sino también a la blenda y estannina.

En la mineralización de Colmenar Viejo existe además un pequeño reemplazamiento de bismutina por bismutita.

**Minerales de la ganga:** La ganga acompañante de estas mineralizaciones está constituida fundamentalmente por cuarzo y micas. Al igual que el subgrupo 1 (filones con wolframita) es posible diferenciar varias generaciones de cuarzo. Un cuarzo temprano, muy escaso, incluido en la wolframita; otro que rodea a la wolframita y es posterior a ella y un cuarzo tardío, el más abundante, que se introduce en fisuras dentro de la mineralización.

Las micas, agregados de moscovita, sericita y clorita, son abundantes y acompañan en su mayor parte a la calcopirita. En Cabeza Lijar la moscovita se dispone en forma regular en los bordes de los filones con cuarzo, wolframita y calcopirita. En Colmenar Viejo la mica que acompaña fundamentalmente a la calcopirita es la clorita con estructuras fibroso-radiadas y vermiculares (Foto 4), típicamente hidrotermales.

En Cabeza Lijar la wolframita aparece a veces acompañada de granates de reducido tamaño (2 a 4 mm.), que se disponen en el borde de los filones mineralizados. Como ya se ha indicado

anteriormente, la leucoadamellita encajante contiene granates. La composición de los granates de las rocas graníticas de la Sierra de Guadarrama presentan un amplio espectro de variación, aunque en la mayoría de los casos son dominantes las variedades almandino y espessartina (LÓPEZ RUIZ y GARCÍA CACHO, 1975). Estos autores ponen de manifiesto el origen ígneo de estos minerales a partir de un magma granítico. Es de suponer que los granates asociados a la wolframita de Cabeza Lijar son un producto de asimilación de la roca encajante, que han sido englobados durante la formación de la mineralización.

#### Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral

Del estudio de la paragénesis y sucesión mineral en Cabeza Lijar (fig. 9) se deducen las siguientes conclusiones:

- Se observan dos etapas metalogénicas bien definidas: una primera de W-Mo y otra posterior de sulfuros de Cu-Sn-Zn.
- Los primeros minerales en depositarse son wolframita y molibdenita. Posteriormente a su formación se produce una fase de brechificación ( $F_2$ ), que los fractura.

— Después de esta fase ( $F_2$ ) se deposita scheelita, reemplazando en parte a la wolframita, y sulfuros de Cu-Sn-Zn. Dentro de la etapa de sulfuros, los primeros minerales en depositarse son bismuto y bismutina, así como pequeñas cantidades de casiterita y pirita. La deposición de la estannina y blenda es simultánea, produciéndose a su vez emulsiones de calcopirita (Cp I) dentro de la blenda. Posteriormente se deposita la calcopirita mayoritaria (Cp II) y en ella se producen desmezclas de estannina y blenda en forma de «estrellas» o laminillas orientadas.

— Las micas y el cuarzo son los últimos minerales hipogénicos en depositarse. Posteriormente tiene lugar el comienzo de etapa supergénica.

— La deposición de los minerales supergénicos se efectúa a expensas del reemplazamiento de la calcopirita, blenda y estannina. A favor de la red de fisuras producida durante la fase  $F_3$  se introducen neodigenita, covellina, malaquita y goethita.

Del estudio de la paragénesis y sucesión mineral en Colmenar Viejo (fig. 9) se deducen las siguientes conclusiones:

— Se observan tres etapas metalogénicas: una primera W-Mo, otra de Cu-Sn-Zn y una última de Pb-Zn.

— En la primera etapa se depositan wolframita y molibdenita. Posteriormente a la formación de estos minerales se produce una fase de brechificación ( $F_2$ ), que marca el comienzo de la etapa de sulfuros de Cu-Sn-Zn. Esta fase es correlacionable con la  $F_2$  de Cabeza Lijar. Durante esta etapa de Cu-Sn-Zn se depositan scheelita, casiterita, arsenopirita, pirita, blenda y por último calcopirita mayoritaria. Simultáneamente a esta calcopirita se producen exsoluciones de cubanita y pirrotina.

— Posteriormente se depositan los minerales de la etapa Pb-Zn, la cual comienza con blenda de segunda generación, bismuto, bismutina y por último galena. Con el cuarzo y las micas termina la deposición de minerales hipogénicos.

— De igual forma que en Cabeza Lijar la etapa  $F_4$  marca el comienzo de la deposición de minerales supergénicos: neodigenita, covellina, malaquita, bismutita y goethita.

Como se puede observar, las dos mineralizaciones —Cabeza Lijar y Colmenar Viejo— presentan caracteres metalogénicos análogos. La diferencia entre ambas se encuentra únicamente en la tercera etapa (Pb-Zn) de Colmenar Viejo, ausente en Cabeza Lijar.

#### 5.2. Grupo II: Filones de cuarzo con casiterita

La casiterita, como mineral acompañante en diversas paragénesis del Guadarrama, es relativamente frecuente. Aparece asociada a sulfuros de Cu-Sn-Zn, arsenopirita, wolframita y galena. Sin embargo, en este grupo (filones de cuarzo con casiterita) la casiterita aparece exclusivamente con cuarzo.

En condiciones favorables, estos filones han dado lugar a concentraciones de estaño de tipo aluvionar (pequeños aluviones), que han sido susceptibles de explotación en algún momento determinado y pueden llegar a serlo dependiendo de las condiciones de mercado.

Estos filones se encuentran situados en los alrededores de Hoyo de Manzanares (Tabla V).

TABLA V

Término	Coordenadas	Hoja 1:50.000
Hoyo de Manzanares (I) ...	40° 36' 38" N 0° 11' 22" W	533
Hoyo de Manzanares (II) ...	40° 36' 34" N 0° 12' 38" W	533
Hoyo de Manzanares (III) ...	40° 36' 10" N 0° 10' 33" W	533

La dirección principal de los haces filonianos en las tres mineralizaciones es próxima a N 45°E, aunque también se encuentran algunos filones N-S. La potencia media está comprendida entre 10 y 15 cm.

#### Naturaleza de la roca encajante

Los filones de cuarzo con casiterita se localizan siempre en rocas graníticas, que se pueden clasificar como adamellitas biotíticas porfídicas.

Los fenocristales de feldespato potásico presentan comúnmente la macla en enrejado de la microclina sobrepuesta a la de Carlsbad, formando microclinas cuadrangulares bien desarrolladas. También se encuentran fenocristales de ortosa. Ambas variedades muestran gran cantidad de pertitas tipo «vein» y «patchy». En ocasiones, parece que en lugar de un producto de desmezcla son debidas a un proceso de sustitución de microclina por plagioclasa. Los fenocristales de feldespato potásico engloban cuarzo, biotita y plagioclasa. También se encuentran texturas micrográficas de cuarzo-feldespato potásico.

La biotita se presenta en un estado más o menos avanzado de alteración en clorita y moscovita. La transformación de biotita en clorita genera feldespato potásico (reacción de Chayes) y esfena granular. Como minerales accesorios figuran apatitos y circones incluidos en biotitas.

#### Mineralización: Descripción

La mineralogía de este tipo de filones es muy simple. Está compuesto por CASITERITA, CUARZO y pirita muy minoritaria. La casiterita se presenta en granos subidiomorfos, cataclásticos y generalmente maclados. El cuarzo rodea a la casiterita y se introduce en ella a favor de fisuras. Acompañando al cuarzo en estas fisuras aparecen pequeños cristales de pirita, a veces idiomorfos.

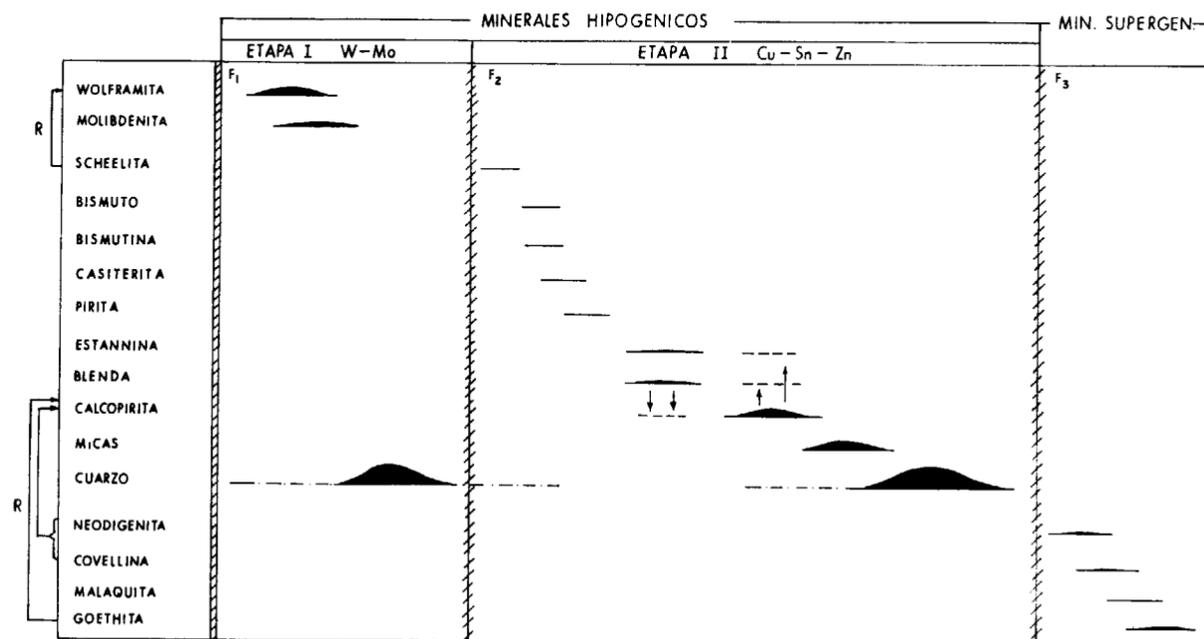


Figura 9.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral. Cabeza Lijar (Guadarrama).

### 5.3. Grupo III: Filones con arsenopirita

La arsenopirita es un mineral muy abundante en la Sierra de Guadarrama. Aparece en filones con cuarzo, piritita y otros minerales. Por ello se ha subdividido este grupo en dos subgrupos:

#### 5.3.1. Subgrupo 1: Filones con arsenopirita + sulfuros

TABLA VI

Término	Coordenadas	Hoja 1:50.000
Guadalix de la Sierra (I) ...	40° 45' 52"N 0° 00' 18"W	509
Guadalix de la Sierra (II) ...	40° 45' 35"N 0° 02' 19"W	509
Guadalix de la Sierra (III).	40° 46' 06"N 0° 01' 56"W	509
Guadalix de la Sierra (IV).	40° 49' 08"N 0° 03' 48"W	509

Actualmente todas estas minas están inactivas, por lo que sólo ha sido posible encontrar muestras en la I y II. Se han establecido comparaciones con la mineralogía dada por CANEPA (1968) para las mineralizaciones III y IV.

La mineralización I se encuentra asociada a dos diques de pegmatitas, cuya potencia oscila entre 1 y 2 m. de dirección N 60°E y separados entre sí unos 200 m. Siguiendo esta dirección se han realizado dos calicatas de exploración. La mineralización se dispone de forma discontinua y está restringida a los bordes de los filones.

La mineralización II está constituida por numerosos filoncillos de cuarzo de diversa orientación. En ellos la metalización aparece en forma de «nidos» de reducido tamaño.

El indicio III está constituido por unas antiguas labores con un pozo cubierto y una pequeña escombrera en la que no ha sido posible encontrar muestras de la mineralización.

El indicio IV lo constituyen unos filoncillos irregulares de cuarzo, en los que sólo es posible observar un moteado de minerales metálicos.

#### Naturaleza de la roca encajante

Los filones de arsenopirita con sulfuros se encuentran siempre en gneises migmatíticos o es-

quistosos, a veces muy micáceos (mineralización II de Guadalix de la Sierra).

Los primeros están compuestos fundamentalmente por cuarzo, feldespato potásico, en su mayor parte microclina peritítica, plagioclasa y cordierita subordinada. Aparecen bandas constituidas por biotita y sillimanita fibrosa con textura «afieltrada» y como accesorios apatitos y circones.

Los gneises esquistosos están constituidos en su mayor parte por cuarzo y biotita, que se orienta según una foliación marcada. Acompañando al cuarzo se encuentran pequeños granos de feldespato potásico y plagioclasa. Asimismo, aparece algo de moscovita, que ha crecido en continuidad con la biotita, apatitos dispersos, pequeños circones incluidos en biotita y turmalina accesorias.

La mineralización I de Guadalix de la Sierra aparece asociada a diques de pegmatitas de dirección N 60°E. Estas pegmatitas tienen como componentes fundamentales cuarzo, feldespato potásico, moscovita y turmalina negra.

#### Mineralización: Descripción

Tipo: «Guadalix de la Sierra» (I).

**Minerales Hipogénicos:** ARSENOPIRITA, PIRITITA, WOLFRAMITA, CASITERITA, Scheelita, Blenda, Calcopirita, Estannina, Bismutina, Pirrotina.

**Minerales Supergénicos:** Covellina, Escorodita.

**Minerales de la ganga:** CUARZO.

#### Particularidades:

Guadalix (II): Ausencia de wolframita y casiterita.

Guadalix (III): Presencia de galena.

Guadalix (IV): Presencia de galena.

**ARSENOPIRITA:** La arsenopirita aparece en cristales muy fracturados, cataclásticos y a veces muy heterométricos. Se encuentran cristales subidiomorfos con buenas secciones rómbicas en ángulo agudo. Es importante la sustitución de arsenopirita por escorodita.

**PIRITITA:** Cristales subidiomorfos o idiomorfos que se disponen en el contacto entre el cuarzo y la arsenopirita, a la cual sustituye. Su presen-

cia, de forma principal o accesorias, es constante en este tipo de filones.

**WOLFRAMITA:** Este mineral se encuentra, junto con la casiterita y la scheelita, sólo en uno de los filones estudiados, el (I). En este filón la wolframita se presenta en cristales tabulares bien desarrollados incluidos en cuarzo. Presenta una marcada fisuración ortogonal y en ella se observan inclusiones de arsenopirita, calcopirita, piritita y bismutina (Foto 5).

**CASITERITA:** Se presenta en forma de cristales subidiomorfos prismáticos, típicos de alta temperatura, a veces maclados (Foto 6). Los huecos y fisuras dentro de ella aparecen rellenos de calcopirita.

**Scheelita:** Sustituye incipientemente a la wolframita. Este reemplazamiento se verifica a favor del sistema de fisuras que afecta a la wolframita.

**Calcopirita:** En la mayoría de los yacimientos de este tipo se observan dos generaciones de calcopirita:

- Una primera (Cp I), en forma de pequeñas «gotas» en la blenda. Esta textura es debida posiblemente a un proceso de exsolución de calcopirita en blenda. En el filón II de Guadalix las inclusiones de calcopirita en blenda son muy irregulares, de tal modo que no parece que se deban a fenómenos de desmezcla (Foto 7).
- Una segunda generación de calcopirita (Cp II) posterior a la primera, rellena huecos y fisuras en la arsenopirita.

**Blenda:** Sustituye frecuentemente a la arsenopirita (Foto 8). A veces este reemplazamiento se verifica del centro al borde de los granos. Su asociación con la calcopirita y estannina es constante.

**Estannina:** La estannina aparece asociada en intercrecimiento simple con la blenda o incluida en forma de granos redondeados en la calcopirita. En la mineralización I, CANEPA (1968) determina, con dudas, algunos granos de color marrón-roso, muy anisótropos, como la hexaestannina ( $Cu_6FeSnS_8$ ) descrita por RAMDOHR (1968). Sin embargo, la microsonda electrónica ha revelado que en la composición de este mineral sólo entran a formar parte S y Fe. De ello se deduce que se trata de pirrotina.

**Bismutina:** Aparece únicamente en el filón I de

Guadalix. Rellena huecos y fisuras dentro de la wolframita y se encuentra incluida en calcopirita. No se ha observado la presencia de bismuto nativo.

**Pirrotina:** Como ya se ha indicado anteriormente, se presenta en granos redondeados o irregulares incluidos en calcopirita. En la mineralización III la pirrotina está estrechamente asociada a la cubanita. Esto puede interpretarse como el resultado de la descomposición de un cristal mix-

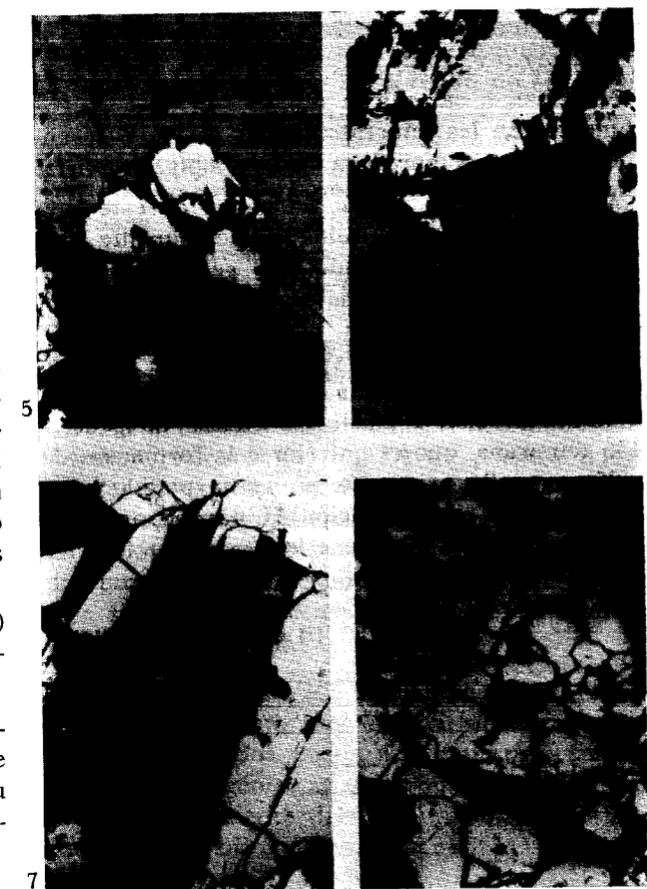


Foto 5.—Arsenopirita (blanco) parcialmente sustituida por escorodita (negro), incluida en fisuras en la wolframita (gris). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización I de Guadalix de la Sierra.

Foto 6.—Casiterita (gris, relieve alto) subidiomorfa, acompañada de arsenopirita (blanco), cuarzo y escorodita (gris oscuro). L. Refl. LN  $\times$  200. Mineralización I de Guadalix de la Sierra.

Foto 7.—Blenda (gris oscuro) con inclusiones irregulares de calcopirita (gris claro), acompañada de arsenopirita (blanca). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización II de Guadalix de la Sierra.

Foto 8.—Blenda (gris), sustituyendo a los cristales de arsenopirita (blanco). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización II de Guadalix de la Sierra.

cia, de forma principal o accesoria, es constante en este tipo de filones.

**WOLFRAMITA:** Este mineral se encuentra, junto con la casiterita y la scheelita, sólo en uno de los filones estudiados, el (I). En este filón la wolframita se presenta en cristales tabulares bien desarrollados incluidos en cuarzo. Presenta una marcada fisuración ortogonal y en ella se observan inclusiones de arsenopirita, calcopirita, pirita y bismutina (Foto 5).

**CASITERITA:** Se presenta en forma de cristales subidiomorfos prismáticos, típicos de alta temperatura, a veces maclados (Foto 6). Los huecos y fisuras dentro de ella aparecen rellenos de calcopirita.

**Scheelita:** Sustituye incipientemente a la wolframita. Este reemplazamiento se verifica a favor del sistema de fisuras que afecta a la wolframita.

**Calcopirita:** En la mayoría de los yacimientos de este tipo se observan dos generaciones de calcopirita:

- Una primera (Cp I), en forma de pequeñas «gotas» en la blenda. Esta textura es debida posiblemente a un proceso de exsolución de calcopirita en blenda. En el filón II de Guadalix las inclusiones de calcopirita en blenda son muy irregulares, de tal modo que no parece que se deban a fenómenos de desmezcla (Foto 7).
- Una segunda generación de calcopirita (Cp II) posterior a la primera, rellena huecos y fisuras en la arsenopirita.

**Blenda:** Sustituye frecuentemente a la arsenopirita (Foto 8). A veces este reemplazamiento se verifica del centro al borde de los granos. Su asociación con la calcopirita y estannina es constante.

**Estannina:** La estannina aparece asociada en intercrecimiento simple con la blenda o incluida en forma de granos redondeados en la calcopirita. En la mineralización I, CANEPA (1968) determina, con dudas, algunos granos de color marrón-rojado, muy anisótrpos, como la hexaestannina ( $Cu_6FeSnS_8$ ) descrita por RAMDOHR (1968). Sin embargo, la microsonda electrónica ha revelado que en la composición de este mineral sólo entran a formar parte S y Fe. De ello se deduce que se trata de pirrotina.

**Bismutina:** Aparece únicamente en el filón I de

Guadalix. Rellena huecos y fisuras dentro de la wolframita y se encuentra incluida en calcopirita. No se ha observado la presencia de bismuto nativo.

**Pirrotina:** Como ya se ha indicado anteriormente, se presenta en granos redondeados o irregulares incluidos en calcopirita. En la mineralización III la pirrotina está estrechamente asociada a la cubanita. Esto puede interpretarse como el resultado de la descomposición de un cristal mix-

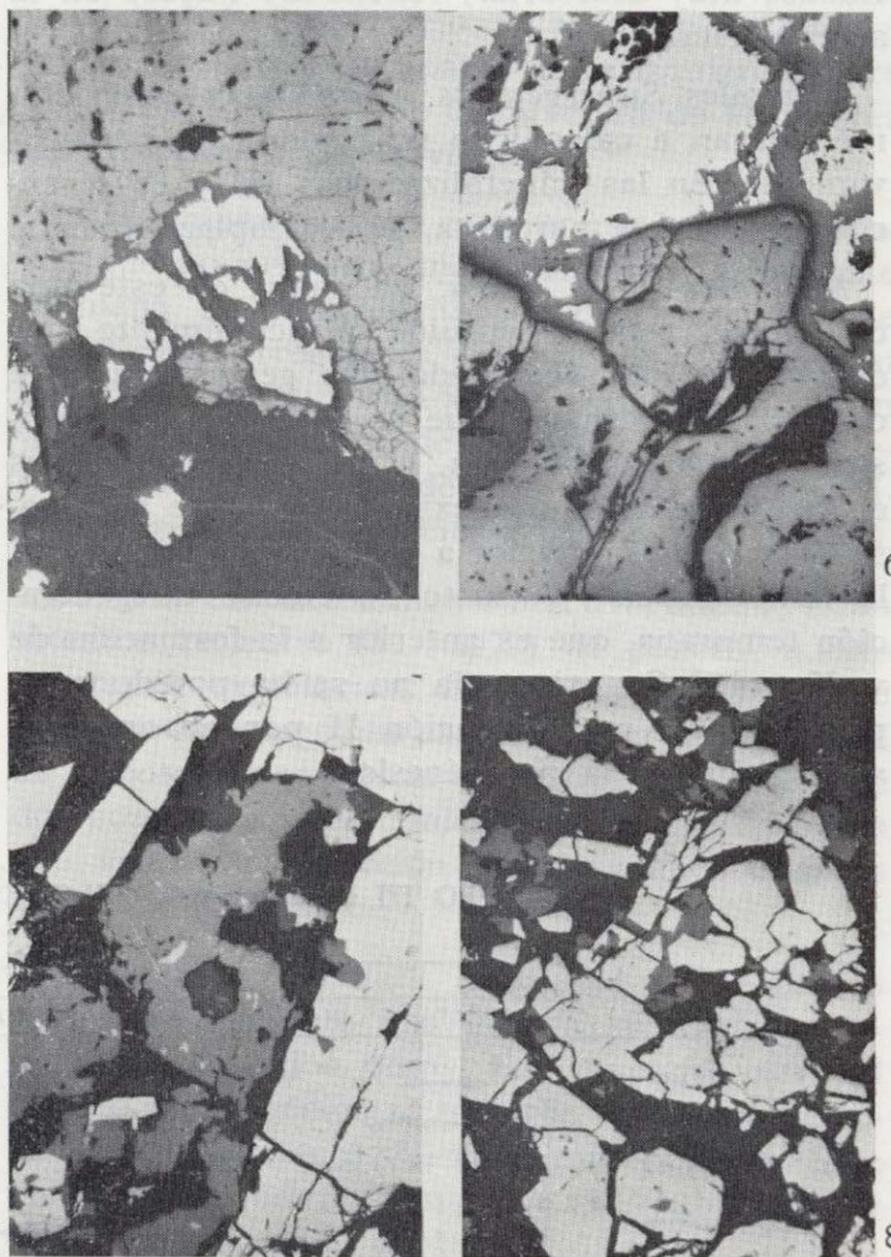


Foto 5.—Arsenopirita (blanco) parcialmente sustituida por escorodita (negro), incluida en fisuras en la wolframita (gris). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización I de Guadalix de la Sierra.

Foto 6.—Casiterita (gris, relieve alto) subidiomorfa, acompañada de arsenopirita (blanco), cuarzo y escorodita (gris oscuro). L. Refl. LN  $\times$  200. Mineralización I de Guadalix de la Sierra.

Foto 7.—Blenda (gris oscuro) con inclusiones irregulares de calcopirita (gris claro), acompañada de arsenopirita (blanca). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización II de Guadalix de la Sierra.

Foto 8.—Blenda (gris), sustituyendo a los cristales de arsenopirita (blanco). L. Refl. LN  $\times$  100. Mineralización II de Guadalix de la Sierra.

to de calcopirita-calcopirrotina (BORCHERT, 1934). Por debajo de los 255°C la calcopirrotina es inestable y se descompone en cubanita. El exceso de FeS precipita como pirrotina.

En la mineralización I la cubanita está ausente y se encuentra sólo pirrotina. Probablemente se trata de un producto de descomposición de una cubanita previamente formada (RAMDOHR, 1969).

Cabe añadir que en este tipo de filones (III y IV) se ha citado galena (CANEPA, 1968), en cantidades muy accesorias, rellenando huecos en la arsenopirita.

**Minerales Supergénicos:** Covellina y escorodita reemplazan a calcopirita y arsenopirita, respectivamente. En las mineralizaciones III y IV se encuentra además marcasita, que reemplaza a pirita.

**Minerales de la ganga:** La ganga de este tipo de filones está constituida principalmente por cuarzo. Se han observado dos generaciones de cuarzo: una primera, que es anterior a la deposición de la arsenopirita, y una segunda, que es el exceso de sílice que existe al final de la deposición y que es anterior a la fase supergénica. En la mineralización I existe un cuarzo de generación temprana, que es anterior a la formación de wolframita. Su existencia no se ha podido comprobar en la mineralización II por no aparecer wolframita en la paragénesis.

**Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral**

Los filones de arsenopirita + sulfuros de Guadalix de la Sierra presentan caracteres metalogénicos muy similares (figs. 10 y 11).

- En la mineralización I aparecen tres etapas metalogénicas: una primera de W-Sn, una segunda de As-Fe y una tercera de sulfuros de Cu-Sn-Zn. En la mineralización II no aparecen más que dos etapas, la de As-Fe y la de sulfuros de Cu-Sn-Zn.
- En la mineralización I la deposición comienza con casiterita y wolframita. Posteriormente a ellas se produce una fase de brechificación (F<sub>2</sub>) que fractura estos minerales. A favor de estas fisuras se deposita scheelita reemplazando en parte a la wolframita.
- A continuación se deposita arsenopirita y pirita de forma mayoritaria. En la mineralización II la deposición comienza con estos minerales, estando ausente la etapa anterior de W-Sn.
- A continuación se produce una fase de brechificación que fractura intensamente a la arsenopirita. Esta fase corresponde a la F<sub>3</sub> en la mineralización I y es correlacionable con la F<sub>2</sub> de la mineralización II. Esta fase de brechifi-

GRUPO III (Subgrupo 1). FILONES DE ARSENOPIRITA + SULFUROS

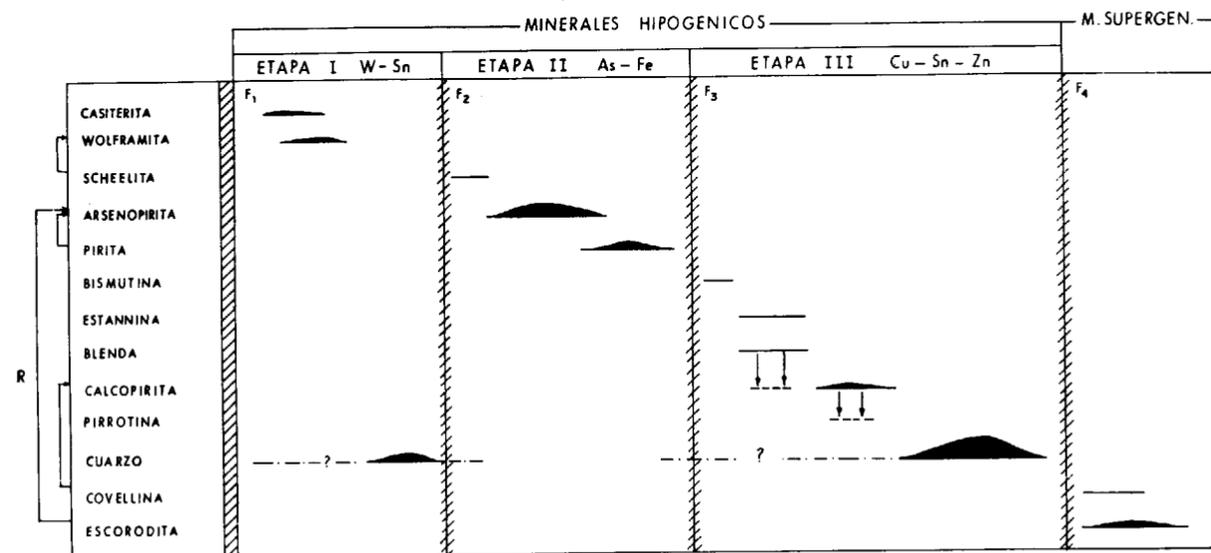


Figura 10.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral. (Guadalix de la Sierra). I.

TABLA VII

Término	Coordenadas	Hoja 1:50.000
Bustarviejo (Mina «Mónica»).	40° 52' 10''N 0° 02' 30''W	484
Oteruelo del Valle ... ..	40° 53' 03''N 0° 09' 56''W	484

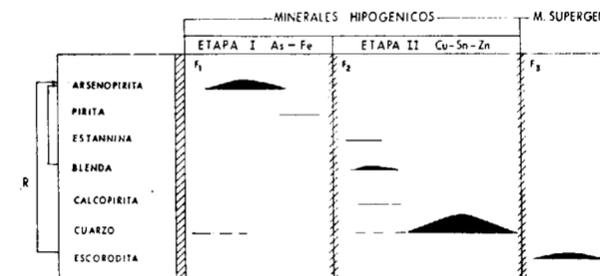


Figura 11.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Guadalix de la Sierra). II.

cación marca el comienzo de la deposición de sulfuros de Cu-Sn-Zn. En la mineralización I se deposita primeramente una pequeña cantidad de bismutina y después estannina y blenda simultáneamente. A su vez, en la blenda se producen pequeñas emulsiones de calcopirita. Después se deposita la calcopirita mayoritaria, en la que se verifican fenómenos de exsolución de pirrotina. En la mineralización II la deposición de estannina, blenda y calcopirita es prácticamente simultánea. Con el cuarzo termina la deposición de los minerales hipogénicos.

- La fase de brechificación F<sub>4</sub> en la mineralización I y la fase F<sub>3</sub> en la mineralización II (correlacionables entre sí), marcan el comienzo de la distribución de minerales supergénicos. La escorodita, mineral supergénico principal, aparece reemplazando a la arsenopirita y la covellina lo hace en parte a la calcopirita.

En las mineralizaciones III y IV se encuentra galena al final de la secuencia paragenética (CANEPA, 1968). Esto indica la presencia de soluciones mineralizadoras enriquecidas en Pb al final de la deposición y por tanto de más baja temperatura.

**5.3.2. Subgrupo 2: Filones con arsenopirita + sulfuros + sulfosales de Ag**

Este subgrupo es el más completo, pues en él se encuentran representados prácticamente todos los minerales metálicos de la Sierra de Guadarrama. La única mineralización que reúne estas condiciones es la mina «Mónica» de Bustarviejo. Sin embargo, se ha incluido también la mineralización de Oteruelo del Valle, por contener sulfosales de Ag (Tabla VII).

La mina «Mónica» está situada en el paraje denominado «Cabeza de Braña», en el término municipal de Bustarviejo. El acceso a las labores es por un carril, que parte de la izquierda entre los kilómetros 8 y 9 de la carretera de Miraflores en dirección a Bustarviejo.

Esta mineralización es la única de las estudiadas que no presenta una morfología típicamente filoniana. La arsenopirita con cuarzo se dispone en bolsadas irregulares y tapizando cavidades en un gneis muy silicificado. Se trata, pues, de un yacimiento de relleno de cavidades y fisuras. Presenta una morfología de una «masa» mineralizada alargada según direcciones de fractura (N 20°E).

La mina está actualmente inactiva, aunque hubo intentos recientes (1975-1977) de ponerla nuevamente en explotación. El interés económico se encuentra en la plata asociada a la arsenopirita. La explotación se realizó en subterráneo, mediante dos pozos que se comunican entre sí por galerías que siguen la dirección de alargamiento de la «masa» mineralizada.

En Oteruelo del Valle la explotación se realizó asimismo mediante una galería subterránea comunicada por dos pozos. Las muestras para el estudio metalogénico se tomaron directamente sobre un afloramiento del filón mineralizado. Este presenta una orientación de N 35°E/subvertical y una potencia media de 1 m.

**Naturaleza de la roca encajante.**

Del mismo modo que los filones del subgrupo 1, estas mineralizaciones encajan en rocas metamórficas. En la mina «Mónica» (Bustarviejo) se encuentran gneises migmatíticos y glandulares. Las glándulas, cuyo tamaño medio es de unos 5 cm., son de ortosa, a veces microclinizada, con pertitas en «films». Se orientan en una matriz cuarzo-feldespática y de minerales micáceos. Incluyen en su interior cristales de biotita, cuarzo y pla-

gioclasa. La foliación está compuesta por biotita (cloritizada y moscovitizada) y sillimanita fibrosa orientada según la foliación. Además aparecen cristales corroídos de andalucita, con un pleocroísmo rosa acusado. Cabe pensar que esta andalucita se ha formado por metamorfismo de contacto superpuesto al regional, debido a la proximidad del macizo de la Cabrera.

Estos gneises glandulares pasan insensiblemente a gneises migmatíticos, en los que se encuentran intercalaciones de bandas o zonas claras, ricas en componentes cuarzo-feldespáticos y pobres en biotita.

La roca encajante del filón de Oteruelo del Valle es un gneis migmatítico, correlacionable con el gneis encajante del subgrupo 1.

#### Mineralización: Descripción

Tipo: «Bustarviejo».

**Minerales Hipogénicos:** ARSENOPIRITA, Pirrita, Casiterita, CALCOPIRITA, BLENDA, ESTANNINA, Pirrotina, Cubanita, Bismuto, Galena, Matildita.

**Minerales Supergénicos:** Marcasita, Covellina, Escorodita, Goethita.

**Minerales de la ganga:** CUARZO, Clorita, Sericita.

#### Particularidades:

Oteruelo del Valle: Ausencia de sulfuros de Cu-Sn-Zn.

**ARSENOPIRITA:** Se presenta fuertemente fracturada y cataclástica. Es uno de los primeros minerales en formarse, pues en las fisuras dentro de ella contiene a los restantes minerales de la paragénesis. Estas fisuras favorecen la alteración de la arsenopirita a escorodita.

**Pirita:** Acompaña frecuentemente a la arsenopirita, a la cual sustituye. A veces se presenta en cristales idiomorfos o subidiomorfos.

**Casiterita:** La casiterita de este yacimiento se encuentra asociada a la galena y sustituida por estannina (Foto 9). Se presenta en masas arriñonadas o agregados botroidales (estaño de madera), típicos de la casiterita formada bajo condiciones hidrotermales.

**CALCOPIRITA:** En este yacimiento se encuentran tres calcopiritas bien diferenciadas:

- Una primera, Cp I, en «gotas» redondeadas, irregularmente distribuidas en la blenda, dando una textura de emulsión. La mayoría de estas texturas han sido interpretadas como exsoluciones, pues la calcopirita y la blenda son capaces de entrar en solución sólida por encima de los 350 y 400°C (BUERGUER, 1934). Sin embargo, estos conceptos están hoy en día en revisión, sobre todo la utilización de estas emulsiones como geotermómetros. En Bustarviejo se han considerado estas «gotas» de calcopirita en blenda como exsoluciones, porque en muchos granos de blenda las «gotas» se disponen únicamente en la parte central, quedando los bordes libres de calcopirita. Esto eliminaría la posibilidad de un proceso de reemplazamiento o de difusión a través de la blenda (RAMDOHR, 1969).

- La segunda calcopirita, Cp II, en laminillas alargadas, que cortan a las «gotas» redondeadas de Cp I, dentro de la blenda. Estas laminillas se deben a la removilización de la Cp I a favor de fisuras, que actualmente aparecen selladas (Foto 10).

- La tercera y última calcopirita, Cp III, está constituida por masas irregulares que rodean a la blenda y a la arsenopirita y se introducen en ellas a favor de fisuras. Dentro de esta calcopirita III se encuentran «estrellas» de estannina y blenda, algunas de estas últimas de destacado tamaño (Foto 12).

**BLENDA:** Constituye un mineral principal en el yacimiento de Bustarviejo. Aparecen tres generaciones de blenda:

- La primera está constituida por «estrellas» de blenda de reducido tamaño, que aparecen en la estannina.
- La segunda, con diferencia la más abundante, se encuentra incluida en la calcopirita III y es muy rica en inclusiones. Se han podido diferenciar los siguientes tipos de inclusiones:

#### 1.º «Gotas» de emulsión de calcopirita.

- Unas redondeadas y sin orientación preferente.

- Otras orientadas en laminillas, que cortan a las anteriores.

#### 2.º «Gotas» de emulsión de pirrotina. Su comportamiento es similar al de la calcopirita. Se encuentran:

- Unas redondeadas y sin orientación preferente.
- Otras en «lancetas» orientadas que cortan a las anteriores (Foto 11).

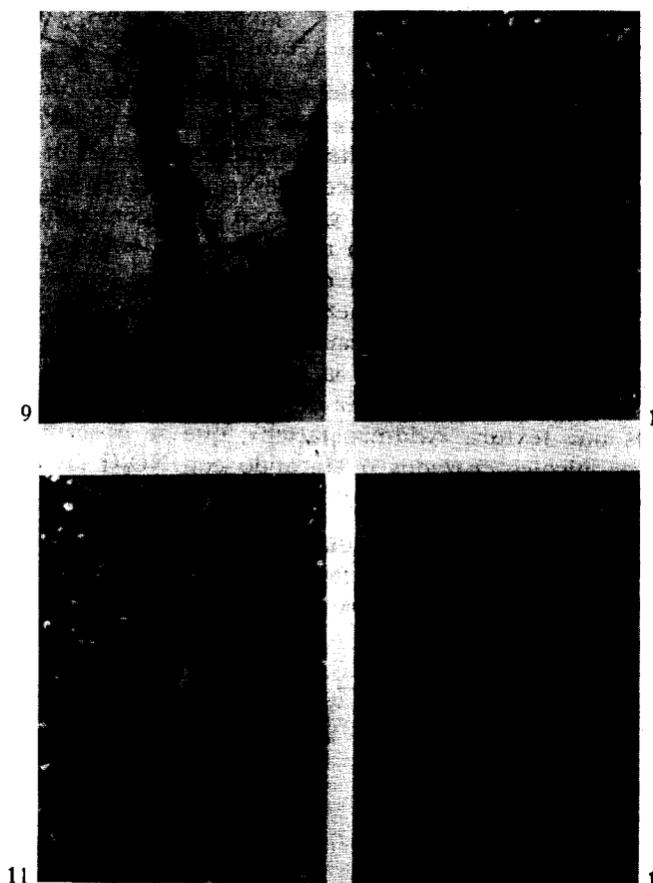


Foto 9.—Casiterita (gris medio) en masas arriñonadas (estaño de madera), sustituida parcialmente por estannina (gris claro). Se encuentra incluida en galena (blanco) y rodeada por pequeños cristales plumosos de covellina (gris oscuro). L. Refl. LN × 200. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 10.—«Gotas» y laminillas de calcopirita (blanco) en blenda (gris). L. Refl. LN × 200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 11.—Pirrotina en lancetas orientadas y calcopirita en «gotas» redondeadas, como producto de exsolución en blenda. L. Refl. LN × 200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 12.—«Estrellas» de blenda en calcopirita. L. Refl. LN × 200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

Al igual que la calcopirita, las primeras se interpretan como exsoluciones de pirrotina en blenda y las segundas como removilizaciones en fracturas.

#### 3.º Inclusiones redondeadas de estannina. No existe ningún criterio para interpretar estos granos como exsoluciones.

4.º «Gotas» de emulsión mixtas de calcopirita y pirrotina. Estas «gotas» mixtas indican que probablemente la blenda se encontraba en solución sólida con un cristal mixto de calcopirita-calcopirrotina. Al descender la temperatura se han formado exsoluciones de calcopirita y el exceso de FeS ha precipitado como pirrotina (EDWARDS, 1960).

5.º «Gotas» de emulsión mixtas de calcopirita y estannina.

6.º «Gotas» de emulsión mixtas de pirrotina y estannina.

7.º «Gotas» de emulsión mixtas de calcopirita, pirrotina y estannina. Esta estannina que acompaña a la calcopirita y a la pirrotina dentro de la blenda, se debe también posiblemente a un producto de exsolución.

— La tercera generación de blenda se encuentra en forma de «estrellas» dentro de la calcopirita. Algunas de ellas alcanzan un destacado tamaño (Foto 12). Generalmente, este tipo de textura se ha interpretado como producto de exsolución (mucho menos frecuente que el de calcopirita en blenda), pero también puede tratarse de un crecimiento dendrítico primario, formado por cristalización simultánea con la calcopirita (RAMDOHR, 1969).

**ESTANNINA:** La estannina aparece estrechamente asociada a la blenda y a la calcopirita. Es posible diferenciar tres generaciones:

- Una primera, la más abundante, intercrecida con la blenda y a veces incluida en ella en forma de granos redondeados. También aparece sustituyendo a la casiterita. Se trata de una estannina muy anisótropa con macas laminares bien desarrolladas. En su interior se encuentran diminutas partículas de calcopirita y/o pirrotina. Asimismo, presenta «estrellas» de blenda de reducido tamaño. Esto se debe a que en la estannina

— Otras orientadas en laminillas, que cortan a las anteriores.

2.º «Gotas» de emulsión de *pirrotina*. Su comportamiento es similar al de la *calcopirita*. Se encuentran:

— Unas redondeadas y sin orientación preferente.

— Otras en «lancetas» orientadas que cortan a las anteriores (Foto 11).

Al igual que la *calcopirita*, las primeras se interpretan como exsoluciones de *pirrotina* en blenda y las segundas como removilizaciones en fracturas.

3.º Inclusiones redondeadas de *estannina*. No existe ningún criterio para interpretar estos granos como exsoluciones.

4.º «Gotas» de emulsión mixtas de *calcopirita* y *pirrotina*. Estas «gotas» mixtas indican que probablemente la blenda se encontraba en solución sólida con un cristal mixto de *calcopirita-calcopirrotina*. Al descender la temperatura se han formado exsoluciones de *calcopirita* y el exceso de FeS ha precipitado como *pirrotina* (EDWARDS, 1960).

5.º «Gotas» de emulsión mixtas de *calcopirita* y *estannina*.

6.º «Gotas» de emulsión mixtas de *pirrotina* y *estannina*.

7.º «Gotas» de emulsión mixtas de *calcopirita*, *pirrotina* y *estannina*. Esta *estannina* que acompaña a la *calcopirita* y a la *pirrotina* dentro de la blenda, se debe también posiblemente a un producto de exsolución.

— La tercera generación de blenda se encuentra en forma de «estrellas» dentro de la *calcopirita*. Algunas de ellas alcanzan un destacado tamaño (Foto 12). Generalmente, este tipo de textura se ha interpretado como producto de exsolución (mucho menos frecuente que el de *calcopirita* en blenda), pero también puede tratarse de un crecimiento dendrítico primario, formado por cristalización simultánea con la *calcopirita* (RAMDOHR, 1969).

**ESTANNINA:** La *estannina* aparece estrechamente asociada a la blenda y a la *calcopirita*. Es posible diferenciar tres generaciones:

— Una primera, la más abundante, intercrecida con la blenda y a veces incluida en ella en forma de granos redondeados. También aparece sustituyendo a la *casiterita*. Se trata de una *estannina* muy anisótropa con macas laminares bien desarrolladas. En su interior se encuentran diminutas partículas de *calcopirita* y/o *pirrotina*. Asimismo, presenta «estrellas» de blenda de reducido tamaño. Esto se debe a que en la *estannina*

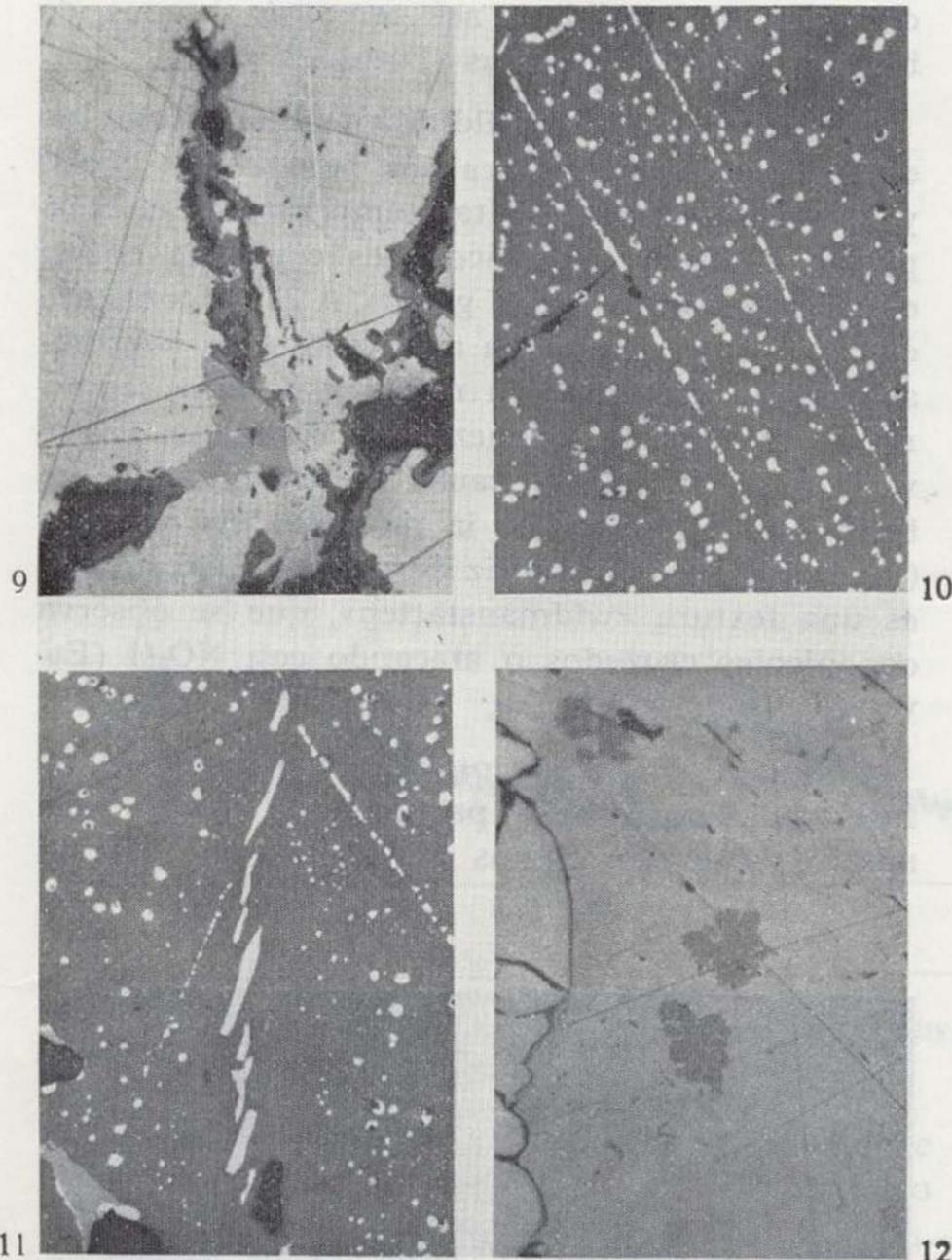


Foto 9.—*Casiterita* (gris medio) en masas arriñonadas (estaño de madera), sustituida parcialmente por *estannina* (gris claro). Se encuentra incluida en *galena* (blanco) y rodeada por pequeños cristales plumosos de *covellina* (gris oscuro). L. Refl. LN  $\times$  200. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 10.—«Gotas» y laminillas de *calcopirita* (blanco) en blenda (gris). L. Refl. LN  $\times$  200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 11.—*Pirrotina* en lancetas orientadas y *calcopirita* en «gotas» redondeadas, como producto de exsolución en blenda. L. Refl. LN  $\times$  200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

Foto 12.—«Estrellas» de blenda en *calcopirita*. L. Refl. LN  $\times$  200. Inmersión. Mineralización de Bustarviejo.

existía una cierta cantidad de Zn (se ha comprobado por microsonda electrónica que aún conserva Zn en su composición) y un exceso de Cu y Fe, que precipitan en forma de pequeñas exsoluciones cruciformes de blenda y «gotas» ovoides de calcopirita y pirrotina, respectivamente.

Algunas veces las desmezclas de calcopirita y/o pirrotina se disponen a lo largo de los límites de grano de la estannina. Esto es debido a que existe un exceso de calcopirita y pirrotina exsueitas en la estannina, que por segregación se han dispuesto siguiendo los bordes de grano (EDWARDS, 1960).

- Una segunda generación de estannina es aquella que acompaña a la calcopirita y pirrotina en «gotas» de emulsión en la blenda.
- La última generación de estannina se encuentra en forma de pequeñas «estrellas» incluidas en la calcopirita (Cp III).

**Pirrotina:** La pirrotina sigue un comportamiento análogo al de la calcopirita en la blenda. Como ya se ha indicado anteriormente, la pirrotina se presenta en «gotas» redondeadas en la blenda, sola o acompañada de calcopirita y/o estannina, así como en forma de lancetas alargadas (Foto 11).

**Cubanita:** En la calcopirita III se encuentran finas laminillas de cubanita. Como se verá más adelante, se trata de exsoluciones de cubanita en calcopirita.

**Bismuto:** El bismuto nativo se encuentra incluido en la galena; algunas veces en granos de cierto tamaño. Se ha determinado por microsonda electrónica, que la presencia de granos de bismuto (Foto 14) se encuentra estrechamente relacionada con las laminillas de matildita, que presenta la galena (ver apartado galena-matildita).

**GALENA y Matildita:** La galena se encuentra rellenando fisuras dentro de la arsenopirita, calcopirita, estannina y blenda, a las cuales sustituye.

En la galena aparece una red muy fina de laminillas orientadas según direcciones (100) y (111) de matildita o schapbachita,  $AgBiS_2$ , pues en ella el análisis puntual mediante microsonda detectó la presencia de Ag, Bi y S mayoritario (fig. 12).

Como consecuencia de ello se realizó un barrido superficial bajo las siguientes condiciones:

	Ag	Bi
Línea espectral ... ..	$L\alpha$	$L\alpha_1$
Longitud de onda ... ..	4.1544Å	1.1439Å
Superficie de barrido ... ..	$(150\mu m)^2$	$(150\mu m)^2$
Potencial acelerador de electrones.	30Kv	30Kv
Intensidad de corriente de sonda ...	0.1µA	0.1µA
Cristal analizador ... ..	PET	FLi (200)

Se comprueba la presencia de laminillas entrecruzadas de matildita, así como de granos de bismuto asociados a ellas (Fotos 13 y 14).

La presencia de matildita en Bustarviejo fue determinada por primera vez por CANEPA (1968) y RAMDOHR (1969). A altas temperaturas el compuesto  $\alpha-AgBiS_2$  es cúbico y es capaz de entrar en solución sólida con la galena. A 225°C comienza el proceso de exsolución al invertirse la  $\alpha-AgBiS_2$  a  $\beta-AgBiS_2$ , modificación rómbica de baja temperatura. A 210°C la desmezcla es completa. La inversión de la  $AgBiS_2$  causa la precipitación en forma de laminillas de la modificación rómbica (matildita) en una matriz de galena. El resultado es una textura «widmanstätten», que se observa con nicoles cruzados o atacando con  $NO_3H$  (EDWARDS, 1960; RAMDOHR, 1969).

**Minerales Supergénicos:** La marcasita se ha formado claramente a partir de la pirita, pues aún se observan granos de pirita sólo parcial-

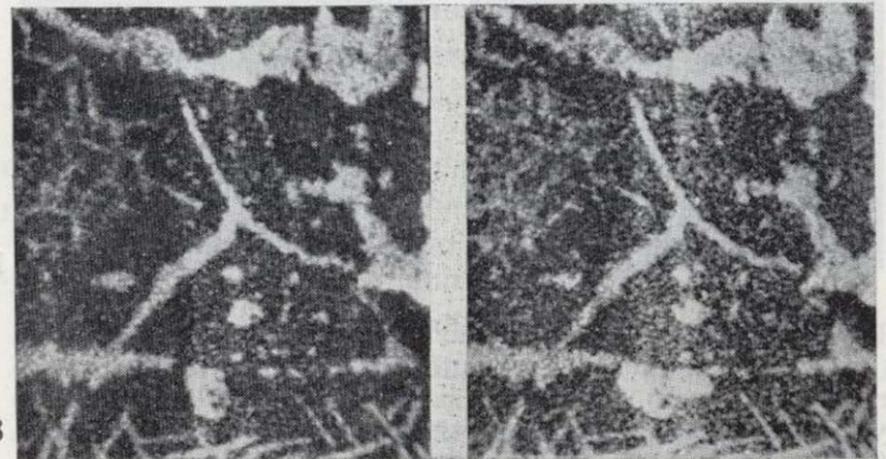


Foto 13.—Imagen de distribución de Ag en galena. Sobre el mineral base (galena) destacan intercrecimientos de un mineral (matildita) que contiene Ag.  $\times 420$ .

Foto 14.—Imagen de distribución de Bi en galena. Sobre el mineral base (galena) destacan intercrecimientos de un mineral (matildita), que contiene Bi. En la parte inferior de la imagen se observa una zona blanca, que permanece oscura en la distribución de la Ag. Corresponde a bismuto nativo.

existía una cierta cantidad de Zn (se ha comprobado por microsonda electrónica que aún conserva Zn en su composición) y un exceso de Cu y Fe, que precipitan en forma de pequeñas exsoluciones cruciformes de blenda y «gotas» ovoides de calcopirita y pirrotina, respectivamente.

Algunas veces las desmezclas de calcopirita y/o pirrotina se disponen a lo largo de los límites de grano de la estannina. Esto es debido a que existe un exceso de calcopirita y pirrotina exsultas en la estannina, que por segregación se han dispuesto siguiendo los bordes de grano (EDWARDS, 1960).

- Una segunda generación de estannina es aquella que acompaña a la calcopirita y pirrotina en «gotas» de emulsión en la blenda.
- La última generación de estannina se encuentra en forma de pequeñas «estrellas» incluidas en la calcopirita (Cp III).

**Pirrotina:** La pirrotina sigue un comportamiento análogo al de la calcopirita en la blenda. Como ya se ha indicado anteriormente, la pirrotina se presenta en «gotas» redondeadas en la blenda, sola o acompañada de calcopirita y/o estannina, así como en forma de lancetas alargadas (Foto 11).

**Cubanita:** En la calcopirita III se encuentran finas laminillas de cubanita. Como se verá más adelante, se trata de exsoluciones de cubanita en calcopirita.

**Bismuto:** El bismuto nativo se encuentra incluido en la galena; algunas veces en granos de cierto tamaño. Se ha determinado por microsonda electrónica, que la presencia de granos de bismuto (Foto 14) se encuentra estrechamente relacionada con las laminillas de matildita, que presenta la galena (ver apartado galena-matildita).

**GALENA y Matildita:** La galena se encuentra rellenando fisuras dentro de la arsenopirita, calcopirita, estannina y blenda, a las cuales sustituye.

En la galena aparece una red muy fina de laminillas orientadas según direcciones (100) y (111) de matildita o schapbachita,  $AgBiS_2$ , pues en ella el análisis puntual mediante microsonda detectó la presencia de Ag, Bi y S mayoritario (fig. 12).

Como consecuencia de ello se realizó un barrido superficial bajo las siguientes condiciones:

	Ag	Bi
Línea espectral ... ..	$L\alpha$	$L\alpha_1$
Longitud de onda ... ..	4.1544Å	1.1439Å
Superficie de barrido ... ..	$(150\mu m)^2$	$(150\mu m)^2$
Potencial acelerador de electrones.	30Kv	30Kv
Intensidad de corriente de sonda ...	0.1µA	0.1µA
Cristal analizador ... ..	PET	FLi (200)

Se comprueba la presencia de laminillas entrecruzadas de matildita, así como de granos de bismuto asociados a ellas (Fotos 13 y 14).

La presencia de matildita en Bustarviejo fue determinada por primera vez por CANEPA (1968) y RAMDOHR (1969). A altas temperaturas el compuesto  $\alpha-AgBiS_2$  es cúbico y es capaz de entrar en solución sólida con la galena. A 225°C comienza el proceso de exsolución al invertirse la  $\alpha-AgBiS_2$  a  $\beta-AgBiS_2$ , modificación rómbica de baja temperatura. A 210°C la desmezcla es completa. La inversión de la  $AgBiS_2$  causa la precipitación en forma de laminillas de la modificación rómbica (matildita) en una matriz de galena. El resultado es una textura «widmanstätten», que se observa con nicoles cruzados o atacando con  $NO_3H$  (EDWARDS, 1960; RAMDOHR, 1969).

**Minerales Supergénicos:** La marcasita se ha formado claramente a partir de la piritita, pues aún se observan granos de piritita sólo parcial-

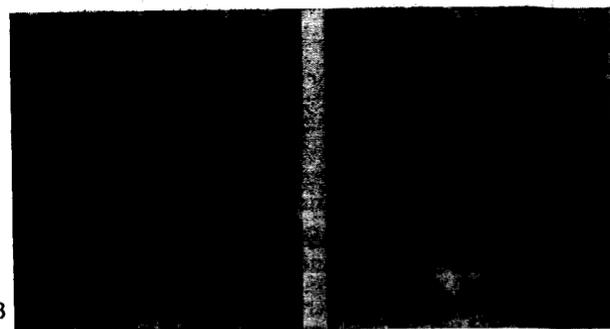


Foto 13.—Imagen de distribución de Ag en galena. Sobre el mineral base (galena) destacan intercrecimientos de un mineral (matildita) que contiene Ag.  $\times 420$ .

Foto 14.—Imagen de distribución de Bi en galena. Sobre el mineral base (galena) destacan intercrecimientos de un mineral (matildita), que contiene Bi. En la parte inferior de la imagen se observa una zona blanca, que permanece oscura en la distribución de la Ag. Corresponde a bismuto nativo.

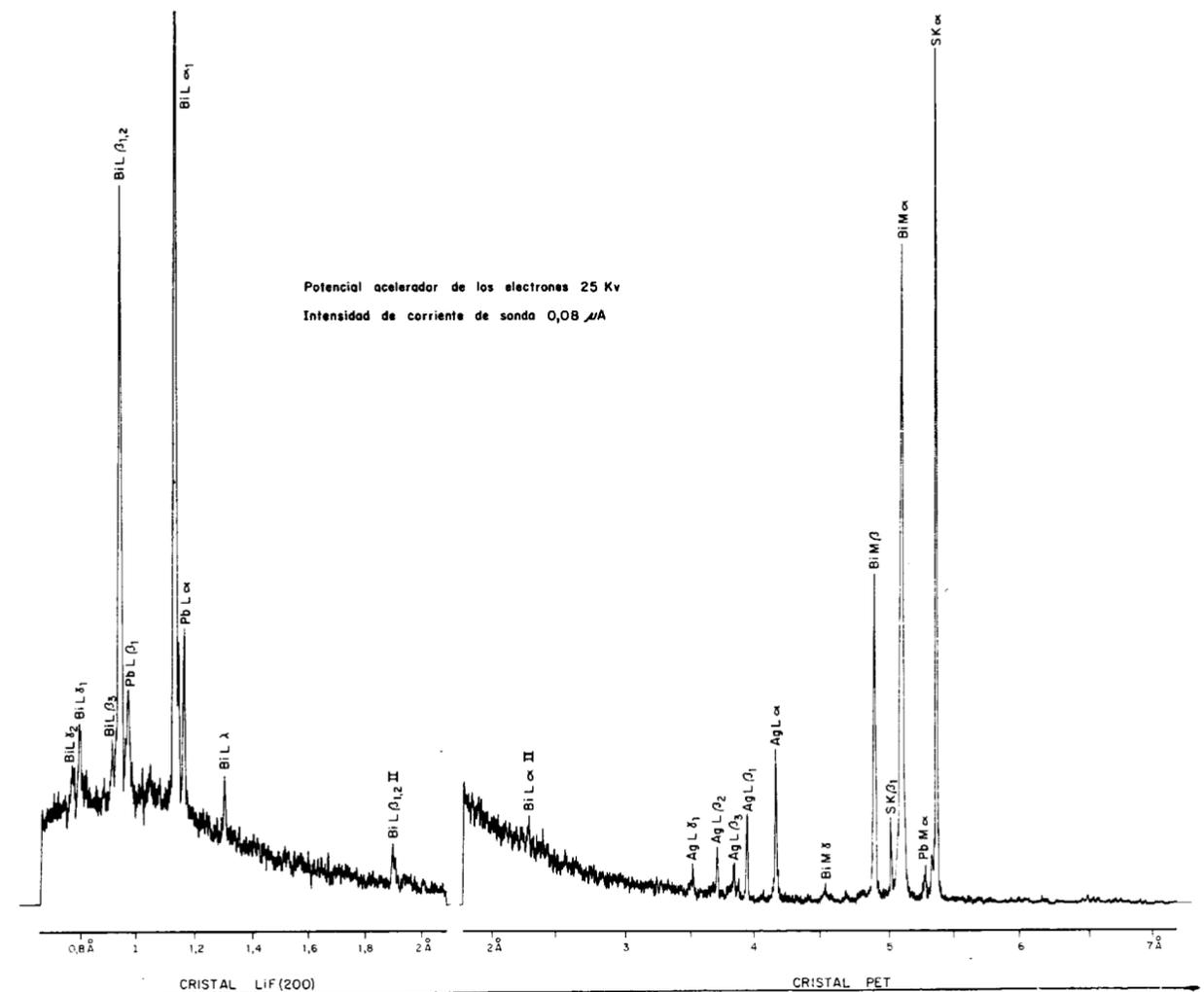


Figura 12.—Matildita muy entrecruzada con galena.

mente marcasitizados. Asimismo, la marcasita se presenta en forma de cristales esqueléticos dentro de la blenda. La covellina sustituye a la blenda, calcopirita y galena a favor de finas fisuras, así como la goethita a la calcopirita. La escorodita reemplaza a la arsenopirita.

**Minerales de la ganga:** La ganga de la mineralización de Bustarviejo está constituida por agregados de micas —clorita, sericita— y por cuarzo. Se observan dos generaciones de cuarzo: una primera, posterior a la deposición de la arsenopirita, y una segunda, mayoritaria, que está constituida por cuarzo hidrotermal de baja temperatura, que rodea al resto de la mineralización.

La mineralización de Oteruelo del Valle es mucho más simple que la de Bustarviejo. La analogía fundamental entre ambas es que las dos presentan galena con matildita. Este mineral se encuentra en Oteruelo del Valle en cantidades mucho menores que en Bustarviejo.

La mineralogía que presenta el filón de Oteruelo del Valle es la siguiente:

**Minerales Hipogénicos:** ARSENOPIRITA, Pirrotina, Galena, Matildita.

**Minerales Supergénicos:** Piritita-Marcasita, Escorodita.

**Minerales de la ganga:** CUARZO.

**ARSENOPIRITA:** Constituye el 90 por 100 de la mineralización. Se presenta en granos muy heterométricos, cataclástica y muy fracturada. Estas fracturas favorecen la introducción de otros minerales, como galena con matildita, cuarzo y minerales supergénicos. Muestra un estado avanzado de alteración a escorodita.

**Pirrotina:** Es el primer mineral en depositarse. Se encuentra en forma muy accesoria, incluida en granos irregulares en la arsenopirita.

**Galena y matildita:** En pequeñas cantidades la galena rellena huecos y fisuras dentro de la arsenopirita. En la galena aparecen finas laminillas entrecruzadas de un mineral fuertemente anisótropo y pleocroico. Mediante análisis puntual por microsonda electrónica se ha detectado la presencia de Ag, Bi y S mayoritario. Esto, unido a los caracteres ópticos del mineral, ha permitido su determinación como matildita. La presencia de matildita en la galena ha hecho posible la correlación de esta mineralización con la de Bustarviejo.

**Minerales Supergénicos:** La pirita y la marcasita se encuentran íntimamente intercrecidas, formando masas arriñonadas, esqueléticas e irregulares, relleno de fisuras dentro de la arsenopirita, a la que reemplazan. Esta pirita, dada su textura coliforme y su estrecha relación con la

marcasita, es posiblemente de origen supergénico y por ello producto de la circulación de aguas descendentes a través de la fracturación de la arsenopirita.

La escorodita sustituye ampliamente a la arsenopirita a favor de fisuras y bordes de grano.

**Minerales de la ganga:** La única ganga que presenta esta mineralización es el cuarzo, que rellena fisuras dentro de la arsenopirita.

Se han citado otros minerales en Oteruelo del Valle (CANEPA, 1968), como son calcopirita, wolframita, covellina y posiblemente goldfieldita. Estos minerales, por otra parte muy escasos, no han sido encontrados por nosotros. Dado que el muestreo se ha realizado en un afloramiento del filón, es posible que estos minerales se encuentren en zonas más profundas del filón, cuyo acceso es actualmente impracticable.

**Caracteres metalogénicos: Paragénesis y sucesión mineral**

Del estudio de la paragénesis y sucesión mineral del yacimiento de Bustarviejo (fig. 13) se deducen las siguientes conclusiones:

— Este yacimiento presenta una paragénesis compleja, con un amplio rango de especies mine-

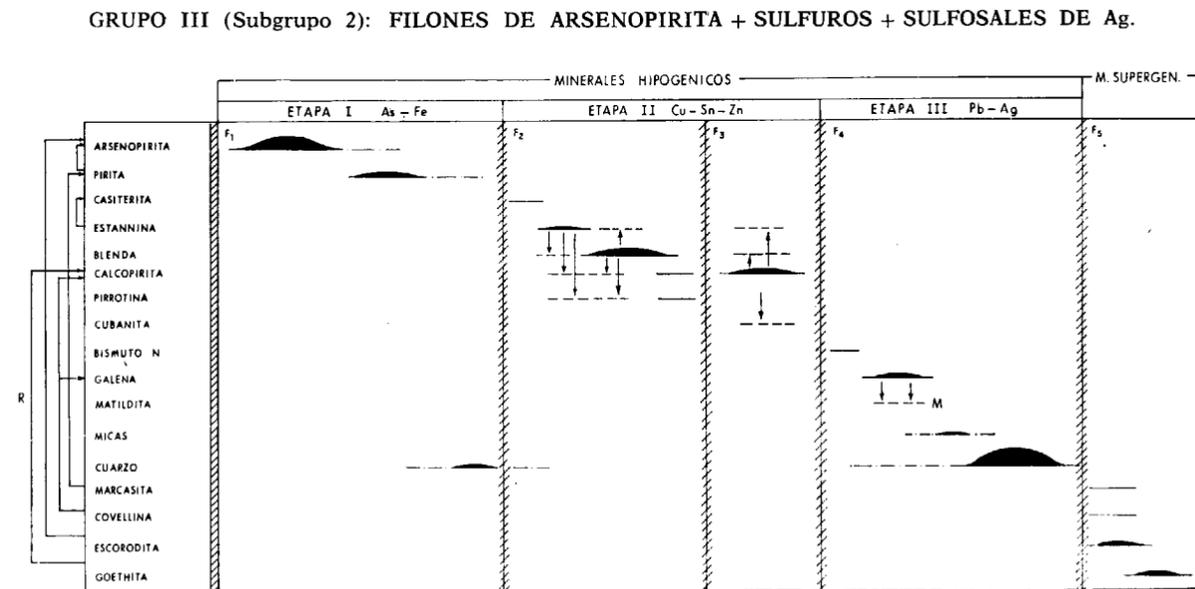


Figura 13.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Bustarviejo)

rales. Aparecen minerales de baja temperatura (matildita) y otros cuya aparición tiene lugar entre temperaturas medias y altas. Se han podido reconocer tres etapas metalogénicas: una primera de As-Fe, una segunda de Cu-Sn-Zn y una tercera de Pb-Ag.

— El primer mineral en depositarse es la arsenopirita y lo hace de forma mayoritaria. Después lo hace la pirita, sustituyendo en parte a la arsenopirita. Posteriormente se produce una importante fase de brechificación (F<sub>2</sub>). A favor de estas fracturas se van a depositar los restantes minerales.

— A continuación se va a depositar casiterita (masas arriñonadas formadas bajo condiciones hidrotermales), estannina y blenda. Acompañando a estos dos minerales se produce un complejo número de exsoluciones. En la estannina se originan desmezclas de blenda, calcopirita y pirrotina y en la blenda de estannina, calcopirita y pirrotina. Posteriormente se produce una removilización de calcopirita y pirrotina en fisuras en la blenda.

— Una tercera fase de brechificación (F<sub>3</sub>) marca el comienzo de la deposición de la calcopirita mayoritaria, en la que se producen fenómenos de desmezcla de estannina, blenda y cubanita.

— Posteriormente, se produce otra fase de fracturación (F<sub>4</sub>), que marca el comienzo de la deposición de minerales de Pb-Ag-Bi. La galena se introduce en las fisuras de los minerales previamente depositados y simultáneamente a su formación se producen exsoluciones de matildita según direcciones (100) y (111).

Las micas y el cuarzo son los últimos minerales hipogénicos en depositarse, si bien ha existido sílice anteriormente, en la primera etapa de formación de la mineralización.

— La desaparición del cuarzo coincide con la etapa F<sub>5</sub>, que señala el comienzo de la fase supergénica. La deposición de los minerales supergénicos, marcasita, covellina, escorodita y goethita se verifica a expensas del reemplazamiento de la pirita, calcopirita y galena, arsenopirita y calcopirita, respectivamente.

El esquema de paragénesis y sucesión mineral de la mineralización de Oteruelo del Valle (fig. 14) es, como se desprende de su mineralogía, mucho

más simple que el de Bustarviejo. No obstante, se han podido determinar dos etapas metalogénicas (As-Fe, Pb-Ag), que son evidentemente correlacionables con las de Bustarviejo.

— El primer mineral en depositarse es la pirrotina seguida de arsenopirita. Posteriormente a la deposición de la arsenopirita se produce una intensa fase de brechificación (F<sub>2</sub>), que es correlacionable con la fase F<sub>2</sub> de Bustarviejo.

— A continuación y a favor de las fisuras formadas durante esta fase F<sub>2</sub>, se deposita galena y simultáneamente se forman desmezclas de matildita. El cuarzo es el último mineral hipogénico en depositarse.

— La fase de brechificación F<sub>3</sub> marca el comienzo de la fase supergénica. En ella se forman pirita-marcasita y escorodita, que reemplazan a la arsenopirita. Esta fase (F<sub>3</sub>) es asimismo correlacionable con la F<sub>3</sub> del yacimiento de Bustarviejo.

— Comparando nuevamente con el yacimiento de Bustarviejo, hay que hacer notar que en Oteruelo del Valle se encuentran ausentes los sulfuros de Cu-Sn-Zn. Como ya se dijo anteriormente, es posible que estos minerales se encuentren en pequeñas cantidades en zonas del filón no exploradas.

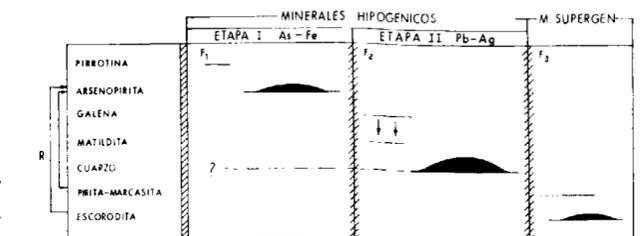


Figura 14.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (Oteruelo del Valle).

#### BIBLIOGRAFIA

ALDAMA, J.: *Sustancias minerales más notables del distrito de Madrid*. Rev. Minera, Serie A, t. XI, pp. 168-172 (1860).

APARICIO, A.: *Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo*. Est. Geol., 27, pp. 361-414 (1971).

- APARICIO, A., y BELLIDO, F.: *Geochemical features of the metamorphism in the Sistema Central (Spain)*. Chem. Geol. 17, pp. 281-293 (1976).
- APARICIO, A., y GALÁN, E.: *El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico (Sistema Central-Toledo)*. Bol. Geol. Min., 89, pp. 475-486 (1978).
- APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Estudio geológico de la zona metamórfica de Honrubia (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 26, pp. 297-315 (1970).
- APARICIO, A.; CASQUET, C., y BARRERA, J. L.: *Petrogénesis del stock granítico tardicinemático de Rascafría-El Paular (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 29, pp. 479-487 (1973).
- APARICIO, A.; GARCÍA CACHO, L., y PEINADO, M.: *Sobre la petrogénesis de las formaciones glandulares del Sistema Central Español*. Bol. Geol. Min., 86, pp. 416-427 (1975 a).
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAO, J. M.: *Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español*. Mem. Inst. Geol. Min. de España, 88, 145 pp. (1975 b).
- ARCINEGA, J.: *Informe acerca del estado de la industria minera en el distrito de Madrid*. Rev. Cient. Min. Form. t. 1, pp. 503-516 (1860).
- BABÍN, R. B.: *Estudio meso y microtectónico del macizo metamórfico de El Vellón*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 69, pp. 5-27 (1971).
- BARD, J. P.; CAPDEVILA, R., y MATTE, Ph.: *Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, metamorphiques et plutoniques de Sierra de Gredos et de Guadarrama (Espagne Centrale)*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 270, pp. 2630-33 (1970).
- BARD, J. P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, Ph., y RIBEIRO, A.: *Le Precambrien de la Peninsule Iberique*. Not. Serv. Geol. Maroc., 236, pp. 315-335 (1972).
- BISCHOFF, L.; SCHAFFER, G.; SCHMIDT, K., y WALTER, R.: *Zur Geologie der mittleren Sierra de Guadarrama (Zentralspanien)*. Forsch. Geol. Palaont. Munster, h. 82, 27 pp. (1973).
- 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).
- CALDERÓN, S.: *Datos sobre el mispíquel de España*. Bol. Rev. Soc. Esp. Hist., 5, pp. 312-317 (1905).
- CALDERÓN, S.: *Los minerales de España*. Tomo 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).
- CAPOTE, R.: *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del Norte de la provincia de Avila*. Bol. Geol. Min., 84, pp. 426-437 (1973).
- CAPOTE, R., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Las series anteorovicicas del Sistema Central*. Bol. Geol. Min., 86, pp. 581-596 (1975).
- CAPOTE, R., y VEGAS, R.: *El Paleozoico de los alrededores de Avila*. Est. Geol., 24, pp. 181-189 (1968).
- CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FERNÁNDEZ CASALS, M. J.; MORENO, F.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VEGAS, R.: *The precambrian in the Central Part of the Iberian Massif*. Est. Geol., 33, pp. 343-355 (1977).
- CASQUET, C.: *Metamorfismo plurifacial hercínico intermedio de baja presión en el macizo de San Vicente (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 31, pp. 217-239 (1975).
- DE PEDRO, F.: *Estudio geoquímico de los granitos de la Sierra de Guadarrama*. Tesis Doctoral. Univ. de Madrid (1956).
- EDWARDS, A. B.: *Textures of the ore minerals and their significance*. Austr. Inst. of Min. and Metal. Melbourne, 242 pp. (1960).
- ESCOCURA, L.: *Análisis de un mineral de Zn de la mina Cuadrón*. Rev. Min., Serie A, tomo III, p. 569 (1852).
- FEBREL, T.; FUSTER, J. M., y DE PEDRO, F.: *Explicación de la Hoja 1:50.000, n.º 484. Buitrago de Lozoya, IGME (1958)*.
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Significado geotectónico de la formación gneises de la Morcuera*. Stv. Geol. 7, pp. 87-106 (1974).
- 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 CASALS, M. J., y CAPOTE, R.: *La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago de Lozoya*. Bol. Geol. Min., 81, pp. 562-568 (1970).
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J., y CAPOTE, R.: *Los gneises glandulares del Guadarrama Oriental*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 69, pp. 69-80 (1971).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Notas geológicas y mineras-IV. Localidades españolas de minerales*. Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., t. III, pp. 253-260 (1903).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Las minas de El Espinar*. Bol. Rev. Soc. Esp. Hist. Nat., t. V, pp. 511-516 (1905).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Noticias sobre minerales de la Sierra de Guadarrama*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 16, pp. 278-279 (1916 a).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Molibdenita de Torreledones*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 16, pp. 181-182 (1916 b).
- FUSTER, J. M., y FEBREL, T.: *Explicación a la Hoja 1:50.000, número 509. Torrelaguna. IGME (1959)*.
- FUSTER, J. M., y GARCÍA CACHO, L.: *Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama Oriental (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 26, pp. 327-329 (1970).

- FUSTER, J. M., y MORA, A.: *El carácter del metamorfismo en el macizo de La Cañada (Sistema Central Español)*. Est. Geol., 26, pp. 317-321 (1970).
- FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, L.; MORA, A., y PEINADO, M.: *Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español*. Bol. Geol. Min., 85, pp. 595-600 (1974).
- GARCÍA CACHO, L.: *Evolución temporal del metamorfismo y procesos de blastesis sucesiva en el sector oriental del Sistema Central Español*. Tesis Doctoral. Universidad Compl. de Madrid (1973).
- 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 (1874).
- HEIM, R. C.: *Metamorfism in the Sierra de Guadarrama*. Min. Geologisch. Inst. Rijks. Univ. Utrech Holanda, 66 pp. (1952).
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: *Aportación a la bibliografía del estaño en España*. Notas y Com. IGME, 16 (1946).
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J.; RIBEIRO, A., y CONDE, L.: *Memoria explicativa del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. IGME (1974).
- LANDECHO, M.: *Criaderos de plomo del término de Navagalameda*. Jef. Minas. Madrid (1927).
- LANDECHO, M.: *El distrito minero de Madrid*. Direc. Gen. Minas y Com. Colección Distritos, núm. 10 (1947).
- LÓPEZ RUIZ, J., y GARCÍA CACHO, L.: *Origen de los granates de las rocas graníticas aplíticas de la Sierra del Guadarrama, Sistema Central Español*. Bol. Geol. Min., 86, pp. 614-618 (1975).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)*. Mem. Inst. Geol. Min. de España, 86, 127 pp. (1975).
- LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta*. Geotekt. Forsch, núm. 6, 78-92 pp., Berlín. (Traducido por J. M. Ríos: *Observaciones respecto a la división de las variscides de la Meseta Ibérica*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo V, 149-166 pp., Madrid, 1950.) (1945).
- MENDES, F.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E., y FERNÁNDEZ SANTÍN, S.: *L'age de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Système Central Espagnol)*. Revista de Faculdade de Lisboa, 2.ª, Serie C, XVII, Fasc. 1.º, pp. 345-365 (1972).
- MENÉNDEZ ORMAZA, J.: *Yacimientos de cobre en las cercanías de Colmenarejo*. Informe Jef. Minas, Madrid (1924).
- MENÉNDEZ ORMAZA, J.: *Criaderos de plomo de Garganta y Gargantilla*. Informe. Jef. Minas., Madrid (1926).
- MENÉNDEZ ORMAZA, J.: *Estudio de los criaderos metalíferos en las cercanías de Bustarviejo (Madrid)*. Cat. Dest. Cri. Min., t. 2, pp. 202-203 (1933).
- MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: *Una mina radiactiva 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. Fis. Quím., 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).
- NAVIDAD, M.: *Caracterización petrológica de los gneises glandulares del macizo de Hiedelaencina (Guadarrama Oriental)*. Est. Geol., 31, pp. 343-350 (1975).
- NAVIDAD, M., y PEINADO, M.: *Facies vulcano-sedimentarias en el Guadarrama Central (Sistema Central Español)*. Stv. Geol., 12, pp. 137-159 (1977).
- PARGA, I.; MATTE, P., y CAPDEVILA, R.: *Introduction a la geologie de l'Olla de Sapo. Formation popyroide anté-silurienne du Nord-Ouest de l'Espagne*. Notas y Com., 76, pp. 119-154 (1964).
- PEINADO, M.: *Evolución metamórfica en el macizo El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral. Univ. Compl. Madrid (1973).
- PÉREZ, P.: *Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia)*. Bol. Oficial Minas y Metalurgia, año IV, números 32 y 33, pp. 1-24 (1920).
- PÉREZ FOURNIES, M.: *Estudio de los criaderos de plomo de la zona de Robledo de Chavela y Colmenar de Arroyo*. Informe. Jef. Minas. Madrid (1924).
- PÉREZ MATEOS, J.: *Las scheelitas españolas*. Notas y Com. IGME, 50, pp. 333-349 (1938).
- PÉREZ REGODÓN, J.: *Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid*. Mem. Inst. Geol. Min. de España, t. 76 (1970).
- PÉREZ SÁNCHEZ, P.: *Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia)*. Cat. Des. Cri. Min., t. 1-2 (1933).
- PRADO, C. DE: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Edición del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Ciencia, Humanidades e Ingeniería, 352 pp. (1975) (1864).
- RAMDOHR, P.: *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, 1174 pp. (1969).
- SAMPER, J.: *Estudio metalogénico y evolución de la minería en la mina Mónica de Bustarviejo*. Tecniterrae, año IV, 19, pp. 14-22 (1977).
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M., y GARCÍA FIGUEROLA, L. C.: *Explicación de la Hoja 1:50.000, núm. 532. Navas del Marqués*. IGME (1960).

- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.; FUSTER, J. M., y DE PEDRO, F.: Explicación de la Hoja 1:50.000, núm. 533. San Lorenzo de El Escorial. IGME (1956).
- SÁNCHEZ DE LA FUENTE, J.; VALLEJO, G.; MARTÍNEZ LÓPEZ, R., y BAEZA, L. J.: *La serie metamórfica de Hiedelaencina y su cobertera paleozoica*. I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica. Sección 1, pp. 435-450 (1971).
- SCHAFER, G.: *Geologie and Petrographie in östlichen kastilischen Hauptscheidegebirge (Sierra de Guadarrama, Spain)*. Münster Forsch. Geol. Paläont., 10, pp. 1-207 (1969).
- SOERS, E.: *Stratigraphie et geologie structural de la partie orientale de la Sierra de Guadarrama (Espagne Centrale)*. Stvd. Geol., 4, pp. 7-94 (1972).
- SOMMER, W.: *Stratigraphie und Tectonik im östlichen Guadarrama Gebirge (Spanien)*. Arbeiten aus dem Geologisk-Paläontologischen Institut der Westf. Wilhelms Universität zu Munster, 159 pp. (1965).
- WAARD, D. DE: *Palingenetic structures in augengneis of the Sierra de Guadarrama, Spain*. Bull. Com. Geol. Finlande, núm. 150, t. 23, pp. 51-66 (1950).

Recibido: Mayo 1981.

## Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila (sistema central español)

Por F. BEA BARREDO \*

### RESUMEN

Se efectúa una revisión crítica del origen xenógeno de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila. Todas las líneas de evidencia consideradas (geológicas, geoquímicas y experimentales) indican una génesis esencialmente ortomagmática para la cordierita, debiéndose desechar la hipótesis del «resister» o xenocrystal, salvo en el caso de ciertos granitos de anatexia formados a baja  $T^*$ , cuya importancia volumétrica es muy escasa.

Se propone que la cordierita es el producto de la cristalización de un magma hiperalumínico a  $T^*$  elevada y moderada  $P$ . La cristalización a más bajas  $T^*$  y/o superior  $P$  conduce a la formación de moscovita en vez de cordierita.

### ABSTRACT

A critical review of the foreign origin of cordierite inside granitoids from the Avila batholith has been carried out. All the lines of evidence considered, involving geological, geochemical and experimental reasoning, suggest an ortomagmatic origin for cordierite. Thus, the xenocrystal or resister hypothesis must be neglected, excepting some low- $T$  anatectic granites of little volumetric importance.

It is proposed that cordierite is a product of the crystallization of a peraluminous magma at high- $T$  and moderate  $P$ . Crystallization of such a magma at lower  $T$  and/or intermediate  $P$ , leads to the formation of muscovite instead cordierite.

### INTRODUCCION

La existencia de cantidades apreciables de cordierita como fase integrante de la petrografía de los granitoides hercínicos del Sistema Central Español es conocida desde hace largo tiempo (KLOCKMANN & RAMDOHR, 1961; SÁNCHEZ CELA, 1962; BARD et al., 1970; CAPDEVILA et al., 1973; CAPOTE, 1973; PEINADO, 1973; UGIDOS, 1973 a, 1974 b, 1976; APARICIO et al., 1975), y sea cual fuere su significado preciso, es indudable que debe poseer un gran valor petrogenético.

Una gran mayoría de los autores que se han ocupado del tema, admiten la existencia de una relación causal entre la presencia de la cordierita en las rocas graníticas y algún tipo de reacción (en sentido amplio) de éstas con el encajante hi-

peralumínico, existiendo en principio dos posibilidades:

1. Persistencia de la cordierita metamórfica como xenocrystal en los procesos de asimilación, o bien como «resister» en los de palingénesis.
2. Enriquecimiento en  $Al_2O_3$  de la fase magmática y posterior cristalización de la cordierita a partir de un magma rico en «corindón normativo».

La primera hipótesis (xenógena) implica necesariamente la interacción entre magma granítico y encajante. Por el contrario, esta interacción no es imprescindible en el caso de la segunda hipótesis (endógena), ya que se puede llegar al enriquecimiento significativo en alúmina por otras vías distintas a la contaminación, inherentes a la propia evolución magmática.

En concreto, para las zonas orientales del ba-

\* Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad de Salamanca (España).

tolito de Avila, APARICIO et al. (*op. cit.*) mencionan ambas posibilidades, señalando que las relaciones texturales de la cordierita sugieren una cristalización ortomagmática tardía en un número importante de casos.

Sin embargo, en una serie de trabajos exhaustivos sobre el tema, UGIDOS (1974 a; 1974 b; 1976) se decanta decididamente por la primera hipótesis, esto es, el carácter residual o restítico de la cordierita, aun admitiendo la existencia de relaciones texturales que favorecen la hipótesis magmática (*ibid.*, 1976, p. 35).

Acceptada la hipótesis xenógena, y teniendo en cuenta el hecho indudable de que la gran blastesis regional de cordierita está ligada al metamorfismo post-fase II (UGIDOS, *op. cit.*; BABÍN VICH, 1974), se desprende la consecuencia inmediata de que los granitoides cordieríticos deben de ser postectónicos, idea que está implícitamente aceptada en UGIDOS & BEA (1976, 1979).

Pero, después de un gran número de observaciones de campo, el presente autor opina que la hipótesis de UGIDOS (1976) puede llevar a conclusiones aberrantes, al interpretar como granodioritas tardías, por el mero hecho de poseer cordierita, a rocas evidentemente precoces. Ejemplos pueden ser el ortoneis de Bercimuelle —cordierítico, y un caso claro de granodiorita precoz, véase G. DE FIGUEROLA & FRANCO (1975)— o bien las granodioritas de Hoyos del Espino, N de Barajas, Puerto de Mijares, etc..., que poseen foliación concordante con la esquistosidad de fase II del encajante, y también son cordieríticas (BEA, inédito). Por último, cabe destacar la existencia de granitos sincinemáticos diatexiticos, ricos en cordierita prismática, de tal manera que puede llegar a ser el fémico dominante (ej., al S de San Martín de la Vega, al SE de Hollos del Collado, etcétera..., BEA, inédito).

En este trabajo, pues, se pretende efectuar una revisión crítica del tema, aportando una serie de datos, en su mayoría inéditos, que pueden ser significativos al respecto.

#### LA CORDIERITA DE LAS ROCAS METAMORFICAS

A pesar de no entrar en discusión sobre el significado de este mineral en el metamorfismo regional hercínico, y dar por buenas las interpreta-

ciones efectuadas por los autores que se han ocupado de ello (*ops. cit.*), es necesario resaltar algunas cuestiones, con base, precisamente, en la excelente descripción efectuada por UGIDOS (1976).

Según este autor, existen tres tipos de cordierita metamórfica, a los que denomina «a», «b» y «c». Los tipos «a» y «b» corresponden a cornubianitas, y «...no forman parte nunca de la petrografía granítica como minerales aislados sino que, en todo caso, se encuentran en enclaves dentro de la masa granítica» (*ibid.*, p. 32).

El tipo «c» es la cordierita del neosome de las migmatitas; según la geometría del cristal, UGIDOS (*op. cit.*) distingue tres formas principales: c-1, cristales alargados; c-2, cordierita globular; y c-3, cordierita en cristales prismáticos aislados con fuerte tendencia automórfica. En cuanto a la abundancia relativa de cada uno de los tipos se señala que: «...en migmatitas de tipo nebulítico y próximos a éste son frecuentes las cordieritas c-2 y c-3, mientras que en las migmatitas que predomina el paleosome sobre el neosome es frecuente el tipo c-1 y en menor proporción el c-2, siendo muy raros los prismas euhedrales» (*ibid.*, p. 34).

Esto concuerda perfectamente con las observaciones del presente autor. En la figura 1 se mues-

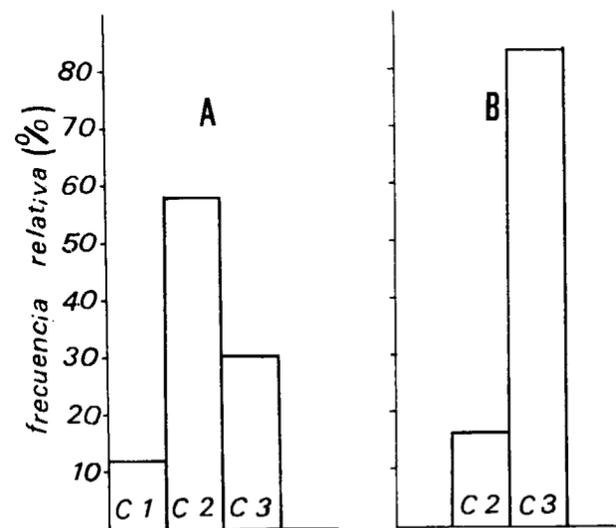


Figura 1.—Histograma de la forma de los cristales de cordierita en las rocas del batolito de Avila. (A) rocas metamórficas (nebulitas), construido por contaje de puntos sobre 21 láminas delgadas; (B) en granitoides construido por observación sobre 64 muestras de mano provenientes de toda el área estudiada.

tra un diagrama de frecuencias de cada uno de los tipos «c», construido a partir de contaje de puntos en lámina delgada.

#### LA CORDIERITA EN LOS GRANITOIDES

Desafortunadamente, nunca se encuentra fresca, sino retromorfoseada a mezclas complejas de filosilicatos y demás productos de alteración. Por tanto, no es posible determinar con precisión su composición química original o parámetros cristalográficos que permitiesen efectuar un estudio comparativo concluyente con la cordierita de las metamorfitas. Así pues, se intentarán otras líneas de argumentación:

##### Forma

A grandes rasgos, la cordierita se presenta de dos formas diferentes:

1. En enclaves. Generalmente de corneanas; se incluye la cordierita de los nódulos del granito de anatexia de Candelario (BEA & MALDONADO, in litt.), en los que se encuentra junto con biotita, sillimanita, etc..., y que constituyen el paleosome de una «gigantomigmatita» desarrollada a partir de un neis leptítico. Los enclaves en los granitoides calcoalcalinos no suelen ser cordieríticos, sino hipermicáceos.
2. En cristales aislados, muy frecuente en la mayor parte de las facies, y sobre la que se centra la presente discusión.

Los cristales aislados de cordierita suelen ser prismáticos, automórficos o subautomórficos, con formas similares a los tipos c-2 y c-3 de las nebulitas.

Se ha realizado un estudio cuantitativo de las frecuencias relativas con que ambos tipos aparecen dentro de los granitoides. En la figura 1 b se muestra el correspondiente histograma, cuya comparación con el efectuado para las nebulitas (fig. 1 a) indica que los modelos de distribución son bastante diferentes.

Si la hipótesis xenógena fuese cierta, la frecuencia de las formas de los cristales de cordierita en las rocas metamórficas y graníticas debería ser, sino idéntica, al menos comparable. Además, también se podrían encontrar los tipos de

cordierita «a» y «b», propios de las corneanas, lo que, según UGIDOS (1976), no ocurre.

No obstante, este estudio no se considera altamente significativo, ya que la determinación del grado de automorfismo de la cordierita en las facies microgranudas es difícil de precisar debido a la alteración y al pequeño tamaño de grano.

El hecho de que la cordierita se presente en cristales aislados sin síntomas de corrosión también merece ser considerado. Si se acepta la hipótesis xenógena, necesariamente hay que invocar un proceso de disolución diferencial del primitivo material metamórfico que respete únicamente y con toda precisión a la cordierita, que así quedaría liberada de su asociación petrográfica inicial. Además sería lógico esperar todos los términos intermedios entre enclaves de nebulitas sin digerir hasta xenocristales de cordierita (!al fin!) aislada.

Las observaciones de campo de ninguna manera confirman tal hipótesis. Por el contrario, tanto los enclaves enalógenos como los endopolígenos encontrados en zonas de granitos cordieríticos son esencialmente hipermicáceos, no cordieríticos. Nunca se han podido observar los términos intermedios de enclaves a medio digerir.

Cuando con observaciones de campo se puede demostrar que la cordierita metamórfica permanece cristalina dentro de un baño anatético, tal como el caso del granito de Candelario anteriormente mencionado, jamás lo hace como mineral aislado, sino que permanece en forma de nódulos acompañada del resto de los componentes de la paragénesis metamórfica.

##### Ocurrencia

Dentro del batolito de Avila, la cordierita se encuentra asociada a tres clases diferentes de granitoides:

1. Granitoides intrusivos.
2. Rocas filonianas.
3. Granitos diatexiticos.

Dentro de la primera clase se encuentran dos tipos fundamentales: granodioritas y adamellititas de grano medio a grano grueso, generalmente porfídicas; y leucogranitos de grano fino, intruidos en macizos circunscritos y sin conexión espacial aparente con el metamórfico (ej., granito de los

Boquerones, al E del Parador Nacional de Gredos; granito de grano fino al N de Navaluenga, etc...; BEA, inédito).

Uno de los argumentos clave de la hipótesis xenógena para demostrar el origen foráneo de la cordierita en las granodioritas y adamellitas biotíticas es su distribución espacial, tanto más abundante a medida que el metamórfico está más próximo. No obstante, este mismo hecho se puede explicar mediante cristalización ortomagmática condicionada por un enriquecimiento local en alúmina debido a reacción marginal con el encajante, o bien por el acúmulo en zonas de borde de un fluido residual rico en  $Al_2O_3$ .

Pero, además, este modelo de distribución espacial no es válido en todos los casos: existen granitos calcoalcalinos ricos en cordierita en los que no se observa una relación estrecha con el metamórfico, por ejemplo las facies situadas al sur de la Paramera. En cuanto a los microgranitos de macizos circunscritos, no se ha podido apreciar distribución preferente alguna; generalmente, suelen intruir facies calcoalcalinas con escasa o ninguna cordierita.

Otro aspecto esencial del problema es la presencia de cordierita prismática en las rocas filonianas, tal como pórfidos (ej., SO de Navalsáu), aplitas (S de Navadijos) o pegmatitas (O de El Barraco). En las fotos 1 y 2 se muestra un

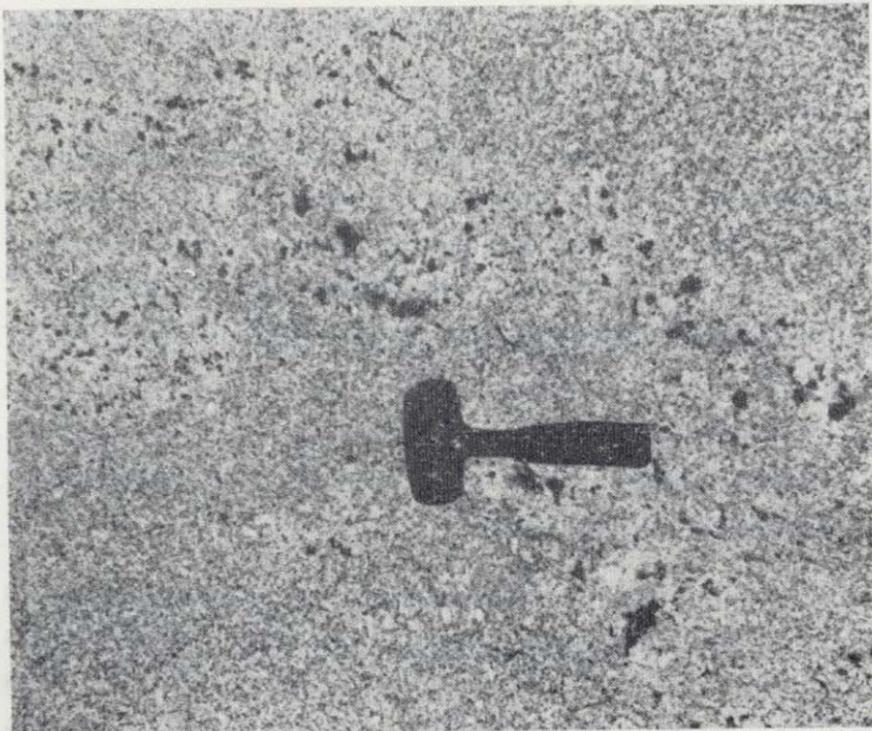


Foto 1.—Pegmatita cordierítica en una adamellita no cordierítica. O de El Barraco.

ejemplo clarificador: se trata de una pegmatita en «bolsillos» irregulares localizada dentro de una adamellita *no cordierítica*. En opinión del presente autor, resulta muy difícil explicar la presencia exclusiva de prismas de cordierita dentro de la pegmatita por cualquier otro mecanismo que no sea la cristalización magmática en sus estadios finales.

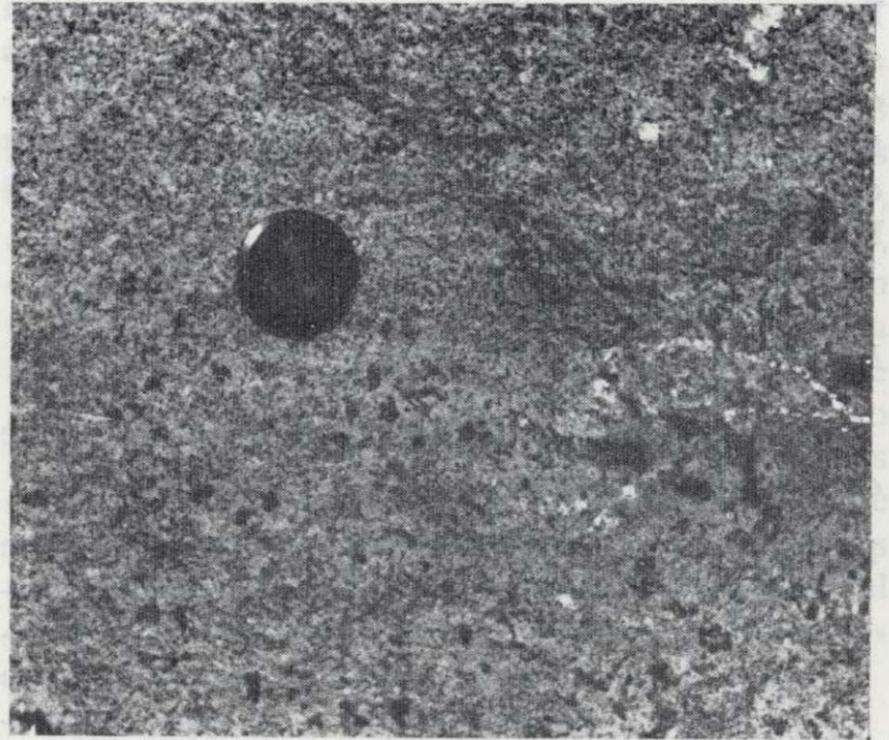


Foto 2.—Detalle de la anterior.

Por otra parte, resulta muy frecuente la presencia de fases minerales ricas en  $Al_2O_3$  dentro de las rocas filonianas del batolito de Avila. Sin considerar el caso de la moscovita, banal por frecuente, baste citar las aplitas con dumortierita localizadas en el contacto entre el granito de dos micas de Pedrobernardo y la granodiorita, o los granates de las pegmatitas del granito de Navalonguilla.

El tercer tipo de granitos ricos en cordierita son granitos diatexiticos, de sin a tardicinematícos, en los que puede llegar a ser extraordinariamente abundante (ej., mencionados anteriormente). El hecho más sorprendente de estos granitos es que se encuentran asociados a restos de paleosome generalmente sin cordierita; aceptando la idea de una fusión «in situ», sin aportes externos de Al y ferromagnesianos, no se puede explicar el paso diferencial de la cordierita como fase sólida del residuo refractario al fundido. Por el contrario, resulta fácil imaginar una fusión par-

Boquerones, al E del Parador Nacional de Gredos; granito de grano fino al N de Navaluenga, etc...; BEA, inédito).

Uno de los argumentos clave de la hipótesis xenógena para demostrar el origen foráneo de la cordierita en las granodioritas y adamellitas biotíticas es su distribución espacial, tanto más abundante a medida que el metamórfico está más próximo. No obstante, este mismo hecho se puede explicar mediante cristalización ortomagmática condicionada por un enriquecimiento local en alúmina debido a reacción marginal con el encajante, o bien por el acúmulo en zonas de borde de un fluido residual rico en  $Al_2O_3$ .

Pero, además, este modelo de distribución espacial no es válido en todos los casos: existen granitos calcoalcalinos ricos en cordierita en los que no se observa una relación estrecha con el metamórfico, por ejemplo las facies situadas al sur de la Paramera. En cuanto a los microgranitos de macizos circunscritos, no se ha podido apreciar distribución preferente alguna; generalmente, suelen intruir facies calcoalcalinas con escasa o ninguna cordierita.

Otro aspecto esencial del problema es la presencia de cordierita prismática en las rocas filonianas, tal como pórfidos (ej., SO de Navalsauz), aplitas (S de Navadijos) o pegmatitas (O de El Barraco). En las fotos 1 y 2 se muestra un



Foto 1.—Pegmatita cordierítica en una adamellita no cordierítica. O de El Barraco.

ejemplo clarificador: se trata de una pegmatita en «bolsillos» irregulares localizada dentro de una adamellita no cordierítica. En opinión del presente autor, resulta muy difícil explicar la presencia exclusiva de prismas de cordierita dentro de la pegmatita por cualquier otro mecanismo que no sea la cristalización magmática en sus estadios finales.

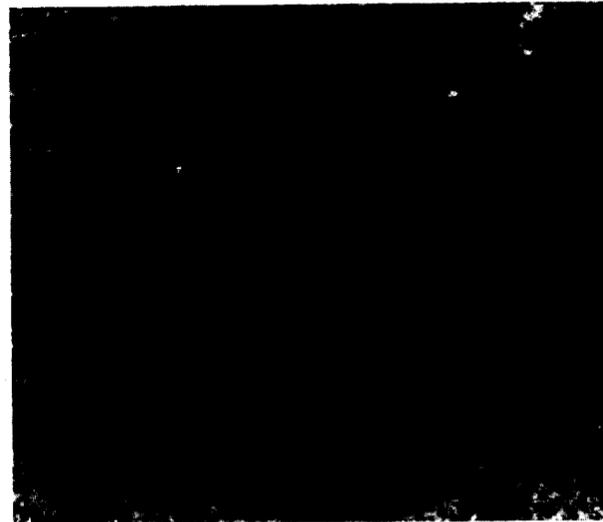


Foto 2.—Detalle de la anterior.

Por otra parte, resulta muy frecuente la presencia de fases minerales ricas en  $Al_2O_3$  dentro de las rocas filonianas del batolito de Avila. Sin considerar el caso de la moscovita, banal por frecuente, baste citar las aplitas con dumortierita localizadas en el contacto entre el granito de dos micas de Pedrobernardo y la granodiorita, o los granates de las pegmatitas del granito de Navalanguilla.

El tercer tipo de granitos ricos en cordierita son granitos diatexiticos, de sin a tardicinemáticos, en los que puede llegar a ser extraordinariamente abundante (ej., mencionados anteriormente). El hecho más sorprendente de estos granitos es que se encuentran asociados a restos de paleosome generalmente sin cordierita; aceptando la idea de una fusión «in situ», sin aportes externos de Al y ferromagnesianos, no se puede explicar el paso diferencial de la cordierita como fase sólida del residuo refractario al fundido. Por el contrario, resulta fácil imaginar una fusión par-

cial que involucre a la cordierita metamórfica, formación de un líquido de composición granítica hiperalumínico, y posterior cristalización de la cordierita. Tal como se expondrá más adelante, las condiciones térmicas requeridas a presiones discretas son del orden de 700° C.

Otro hecho que puede ser de utilidad, es la ausencia sistemática de cordierita en los granitos de dos micas, en los que, sin embargo, suele ser frecuente la aparición de pequeñas cantidades de andalucita y/o sillimanita. Este es el caso de los granitos de Plasencia-Montehermoso (UGIDOS, 1973 a; 1974 a) y de la Aliseda de Tormes, los cuales, paradójicamente, se encuentran en contacto íntimo con las nebulitas cordieríticas.

En caso de resultar cierta la hipótesis xenógena, la cordierita debería aparecer como xenocrystal en todos aquellos granitos capaces de asimilar al metamórfico cordierítico, así como en los desarrollados a partir de él por anatexia, salvo que se aduzca algún tipo de transformación posterior. Pero este argumento cae por su base al considerar que la cordierita de los granitoides calcoalcalinos sí ha experimentado tal transformación post-magmática, y sus pseudomorfos se conservan perfectamente y sin el menor síntoma de corrosión.

Se ha pretendido explicar la ausencia de cordierita en los granitos de dos micas aduciendo que pertenecen a una serie petrogenética diferente de la de los biotíticos con cordierita: alcalina o de tendencia alcalina en el primer caso, y calcoalcalina en el segundo (*ibid.*, UGIDOS & BEA, 1976). Sin embargo, tal distinción carece totalmente de fundamento desde un punto de vista geoquímico (BEA, in litt.), ya que los granitos de Plasencia-Montehermoso son tan calcoalcalinos como gran parte de los granitoides biotíticos, distinguiéndose de ellos por un grado de hiperaluminismo levemente superior.

#### Tamaño de grano

Como norma general, existe una buena correlación entre el tamaño de grano de la roca huésped y el de la cordierita incluida: grande en las facies groseras, pequeña en los microgranitos. En la figura 2 se muestra la proyección de la longitud del eje C de los prismas de cordierita frente al tamaño medio de los granos de cuarzo adya-

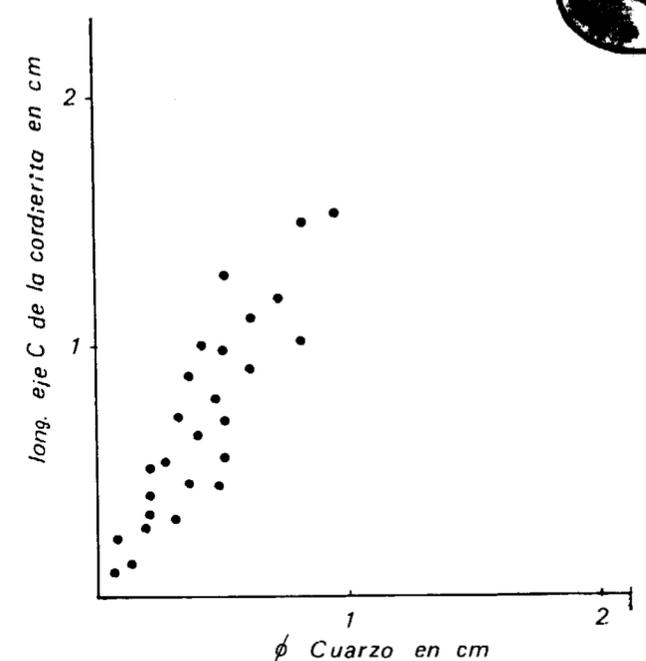


Figura 2.—Proyección de la longitud del eje C de los prismas de cordierita con respecto al diámetro medio de los granos de cuarzo adyacentes.

centes. El coeficiente de correlación obtenido es muy alto ( $R = 0,91$ ), por lo que parece clara una interdependencia lineal entre ambas variables, imposible de explicar a partir de la hipótesis xenógena, a menos que se invoque algún extraño mecanismo post-asimilación que equilibre su tamaño de grano con el del resto de los minerales netamente magmáticos.

Con respecto a las relaciones texturales que pueden indicar un origen magmático tardío, se remite al lector a las obras anteriormente mencionadas (APARICIO et al., 1975; UGIDOS, 1976).

#### EL QUIMISMO DE LOS GRANITOIDES

A los efectos aquí propuestos, baste considerar un solo aspecto de la composición química de los granitoides de Avila: su marcado carácter hiperalumínico (BEA, 1975; in litt.). La figura 3 muestra un histograma de la abundancia de corindón normativo (CIPW) en 455 muestras analizadas por este autor.

Con la excepción de las rocas vaugneríticas, de importancia volumétrica escasísima, todos los gra-



nitoides analizados son hiperalumínicos. Desde un punto de vista petrográfico, esto se traduce en la ausencia de otros ferromagnesianos (piroxenos, anfíboles) diferentes a la biotita. Además, si el grado de hiperaluminismo es lo suficientemente elevado como para no ser absorbido por la coordinación de  $Al^{VI}$  en la biotita, deben de aparecer fases ricas en  $Al_2O_3$ , tal como moscovita, cordierita, granate, etc...

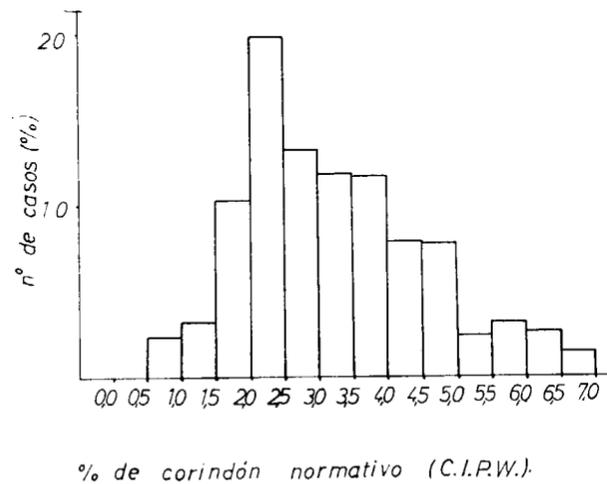
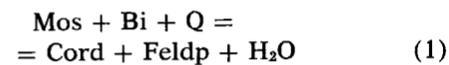


Figura 3.—Histograma de la abundancia de corindón normativo (CIPW) en los granitoides del batolito de Avila. No se han computado las rocas appiniticas.

Este hecho queda perfectamente reflejado en la norma de RITTMANN (1973), cálculo normativo flexible que aproxima la composición modal casi perfectamente, siempre y cuando la paragénesis sea estable y se efectúe el tipo de cálculo adecuado (norma volcánica o plutónica, y en cualquiera de los casos húmeda o seca), hasta tal punto que se puede usar en combinación con los triángulos de Streckeisen para la clasificación petrográfica de las rocas (*ibid.*). La modalidad plutónica-húmeda para rocas hiperalumínicas contempla un rango de condiciones PT en el que no se incluyen ni la cristalización a altas presiones, ni las transformaciones post-magmáticas. Así, se considera antitético al par biotita-moscovita, incompatibles a altas temperaturas y presiones moderadas, ya que reaccionan según el equilibrio:



que, a 4 Kb, ocurre en torno a 680°-690° C (WIN-

KLER, 1967). La moscovita únicamente puede aparecer como fase magmática primaria en condiciones de P bastante elevadas, por encima del campo de la estabilidad de la cordierita.

Se ha efectuado el cálculo de la norma de Rittmann para las 455 muestras anteriormente mencionadas, siendo constante la aparición de cordierita normativa; en la figura 4 se muestra el correspondiente histograma, a partir del cual resulta evidente que más del 90 por 100 de las muestras estudiadas tienen una composición química tal que *permitiría* la endoformación de cordierita sin acudir a ningún tipo de introducción, sea cristalina o iónica, proveniente del encajante.

Las facies marginales ricas en cordierita son las más hiperalumínicas, mostrando los mayores porcentajes de cordierita normativa. Este hecho puede interpretarse en dos formas diferentes:

1. Enriquecimiento en alúmina por reacción con el encajante.
2. Acúmulo del Al excedente de la cristalización de feldespatos y biotita en las fases líquidas residuales, que, como es bien sabido, suelen migrar hacia las zonas de borde de los plutones.

Evidentemente, ambas posibilidades no son excluyentes, sino complementarias, primando una o la otra en función de las condiciones geológicas locales. En las rocas filonianas está claro que la segunda es dominante, mientras que la primera es operativa en las hibridaciones marginales. El caso

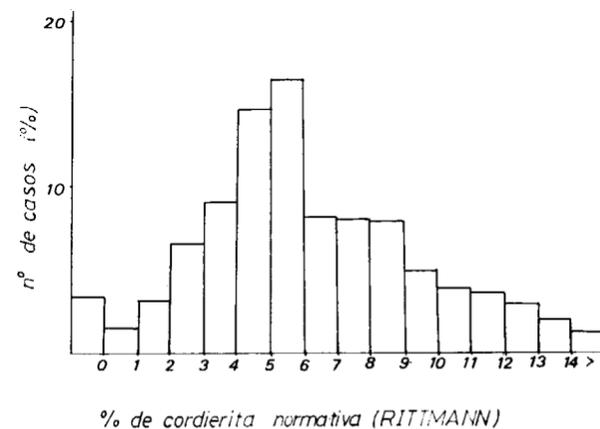


Figura 4.—Histograma de la abundancia de cordierita normativa (norma de Rittmann) en los granitoides del batolito de Avila. No se han computado las rocas appiniticas.

de los granitos diatexiticos representa la posibilidad extrema de cristalización a partir de un magma hiperalumínico formado «in situ».

#### EVIDENCIAS EXPERIMENTALES ACERCA DEL CAMPO DE ESTABILIDAD DE LA CORDIERITA

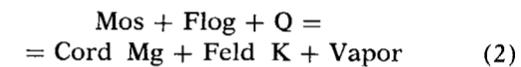
Otra de las líneas maestras de argumentación de la hipótesis xenógena es una interpretación de los datos experimentales según la cual es imposible que la cordierita cristalice magmáticamente a partir de un baño rico en soluciones potásicas (UGIDOS, 1976).

La petrología experimental de composiciones graníticas hiperalumínicas está aún muy mal conocida. Únicamente se han podido trazar con cierta precisión las relaciones de fase en el sistema haplogranito con exceso de alúmina (LUTH, 1976), donde se muestra la posibilidad anteriormente mencionada de cristalización de la moscovita como fase magmática principal a presiones relativamente elevadas. Pero no se efectúa ninguna indicación acerca del campo de la estabilidad de la cordierita, ya que el sistema haplogranito no contiene elementos cafémicos.

Por fortuna, se han estudiado con bastante precisión los límites de estabilidad de la cordierita en condiciones metamórficas, inclusive en el comienzo de la fusión parcial. En conocimiento del autor, el trabajo reciente más extensivo sobre el tema es uno de SCHREYER (1976), quien se refiere específicamente al sistema  $K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ , casi ideal para comparar con el problema que aquí nos ocupa.

En la figura 5 se ha reproducido parte del diagrama de fases del mencionado sistema, en el que, por sencillez, se han omitido algunas reacciones que no son del caso, e incluyendo la curva mínima de fusión del granito (TUTTLE & BOWEN, 1958). Existe también otra curva mínima de fusión, correspondiente al eutéctico -Cordierita-Feldespato potásico-Cuarzo, situada a temperaturas más altas (SCHAIRER, 1954).

La intersección de ambas curvas con el univariante correspondiente a la reacción:



define tres campos diferentes:

1. El campo A, donde la cordierita cristalina puede coexistir en equilibrio con un fundido granítico, e inclusive cristalizar a partir de él.
2. El campo B, donde la cordierita funde y se incorpora a la fase magmática.
3. El campo C, donde la cordierita ni es estable en condiciones metamórficas, ni puede aparecer como fase magmática primaria.

La mayor objeción que se puede poner a la aplicabilidad de estos datos a sistemas naturales es la ausencia de FeO; sin embargo, la inclusión de dicho componente debe de hacer variar muy poco las relaciones de fase, siempre y cuando  $f O_2$  se mantenga dentro de unos límites «normales» (SCHREYER, *op. cit.*). Una evidencia adicional de esto se obtiene comparando la temperatura que, a una presión dada, se producen las reacciones (1) y (2) anteriormente mencionadas. Así, a 4 Kb, ocurren respectivamente a 680°-690° C (WINKLER,

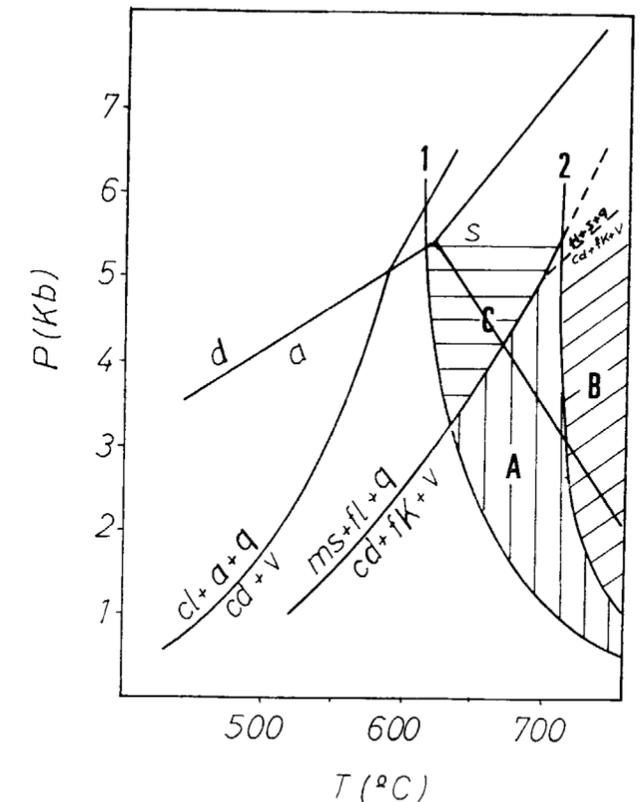


Figura 5.—Diagrama de fases (esquemático) del sistema  $K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$  (SCHREYER, 1976). La curva 1 corresponde a la fusión mínima del granito. La curva 2 al eutéctico Cord-Feld. K-Cuarzo (véase el texto).

op. cit.) y a 670° C (SCHREYER, op. cit.). Como se ve, la variación es mínima.

El supuesto de que la fugacidad de oxígeno se ha mantenido dentro de los límites «normales» (aprox. la definida por el tampón Cuarzo-Magnetita-Fayalita) se encuentra totalmente justificado: (a) las relaciones  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  de los granitos de dos micas son bajas o muy bajas (BEA, in litt.); (b) las biotitas son ricas en componente annítico (*ibid.*) y los óxidos metálicos son componentes petrográficos de poca importancia. Si la cristalización se realizase en condiciones de alta  $f_{O_2}$ , se produciría una deriva hacia el polo magnésico de los ferromagnesianos —biotita en este caso, que se enriquecería en componente flogopítico— y deberían de aparecer gran cantidad de óxidos metálicos (CZAMANSKE & WONES, 1973).

La temperatura de cristalización final de las masas calcoalcalinas debe situarse en torno a 700°-800° C, con lo cual caen dentro del campo B, en el que, si hay asimilación, la cordierita debe fundir e incorporarse al magma. Aceptando el razonamiento expuesto, la cordierita de las rocas calcoalcalinas de ninguna manera puede ser residual, y no existe ninguna dificultad experimental para que sea ortomagmática, cristalizando dentro del campo A.

Si la anatexia se produce dentro del campo A (en estas condiciones térmicas no parece posible la asimilación), la cordierita puede permanecer como residuo refractario, pero acompañada de otras fases que funden a temperaturas superiores, como biotita y aluminosilicatos. Sería el caso del granito de Candelario.

Por último, si la cristalización de un magma hiperalumínico se produce dentro del campo C, la cordierita no puede aparecer como fase magmática primaria, por lo que el magma granítico eliminará su excedente de aluminio en forma de moscovita. Esta parece ser la situación de los granitos de dos micas.

Otra línea de argumentación que conduce a las mismas conclusiones se obtiene al considerar la alteración de la cordierita dentro de los granitos mediante la cual se transforma a mezclas complejas de pinnita, andalucita y/o sericita.

Es evidente que la alteración no puede producirse durante el estadio magmático principal, inmediatamente tras la supuesta asimilación, ya

que el magma sobrecalentado (puesto que asimila) disolvería inmediatamente los productos de reación. De acuerdo con los datos de la figura 5 la alteración se debe producir a  $T^a$  del orden de 500°-550° C, durante la evolución post-magmática.

Por tanto, la cordierita ha debido coexistir en equilibrio con un líquido en que se encuentran disueltos sus componentes, en cuyo caso no hay ningún obstáculo termodinámico que se oponga a su cristalización, y sí al contrario. Es muy difícil invocar argumentos de metaestabilidad, ya que la facilidad de la alteración de la cordierita es un hecho claramente constatable y sobradamente conocido.

Como se ve, la hipótesis xenógena está en contradicción interna con la afirmación de que «los datos experimentales niegan la posibilidad de la cristalización de la cordierita a partir de un baño rico en soluciones potásicas».

## CONCLUSIONES

A la luz de todos los argumentos expuestos aparece la enorme dificultad existente al admitir un origen foráneo para los prismas automórficos de cordierita que se encuentran dispersos en una gran variedad de facies del batolito de Avila.

Todos los datos expuestos apuntan a que la cordierita es un producto relativamente tardío de la cristalización magmática, posteriormente transformada por reacciones sub-sólidas.

La cristalización de la cordierita representa una de las posibilidades de liberación del exceso de alúmina sobrante de la cristalización de feldespatos y biotita por parte de un magma hiperalumínico. La presencia de cordierita es indicativa de un magma con temperatura del sólido relativamente elevada y cristalice a bajas presiones.

Otra posibilidad de descarga del exceso de  $Al_2O_3$  está representada por la formación de moscovita, que indica condiciones de más baja  $T^a$  y/o P más elevada.

Si la composición química lo permite (elevados valores de la relación  $Fe^{2+}/Mg^{2+}$ ) puede aparecer granate en vez de cordierita, aunque sus límites de estabilidad no son idénticos. Este caso no es frecuente en la región considerada, salvo en ciertas aplitas y pegmatitas.

El carácter hiperalumínico puede adquirirse de varias formas diferentes: fusión parcial de materiales adecuados, sea en profundidad, tal como es el caso de los granitoides calcoalcalinos; o bien en el nivel de observación actual, como ocurre con los granitos diatexiticos. El mayor o menor grado de hiperaluminismo dependerá de la naturaleza del material de partida, condiciones P T, e incremento de fusión. Además, el carácter hiperalumínico de una masa intrusiva puede acentuarse por reacción marginal con el encajante pelítico (facies marginales) o por acúmulo en las fases residuales (aplititas, pegmatitas, pórfidos).

Finalmente, se sugiere que la cordierita c-3 del neosome de las migmatitas pueda tener el mismo origen. A este respecto sería muy interesante efectuar un estudio mediante microsonda electrónica de los diferentes tipos de cordierita encontrados en tales rocas.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer constar expresamente mi agradecimiento al Prof. G. DE FIGUEROLA por su revisión crítica del manuscrito y valiosas sugerencias. Asimismo, al señor CIVIETA, por su inestimable ayuda en las fotografías.

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAO, J. M.: *Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español*. Mem. Inst. Geol. Min. de España, 88 (1975).
- BABÍN VICH, R. B.: *Materiales metamórficos y plutónicos presentes en la región de Piedrahita-Barco de Avila-Béjar*. Stud. Geol., VII, pp. 41-62 (1974).
- BARD, J. P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, PH.: *Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne centrale)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 270, pp. 2630-2633 (1970).
- BEA, F.: *Tesis*. Univ. de Salamanca (1975).
- BEA, F. (in litt.): *Geochemical evolution of plutonism in an hercynotype batholith: The Avila batholith (Spain)*.
- BEA, F.; MALDONADO, C. (in litt.): *Los granitoides de nodulos del área Puente del Congosto-Barco de Avila-Candelario (España): Su geología, geoquímica y petrogenesis*.
- CAPDEVILA, R.; CORRETGE, L. G.; FLOOR, P.: *Les granitoïdes varisques de la Meseta ibérique*. B. S. D. F. (7), XV, núms. 3-4 (1973).
- CAPOTE, R.: *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del Norte de la Prov. de Avila*. Bol. Geol. Min. 84, pp. 426-437 (1973).
- CZAMANSKE, G. K.; WONES, D. R.: *Oxidation during magmatic differentiation, Finnmarka Complex, Oslo Area, Norway: Part 2, The mafic silicates*. J. Petrol., V, 14, p. 349 (1973).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.; FRANCO, P.: *Las formaciones infraoróvicas y el borde de las granodioritas al Este de Guijuelo (Salamanca)*. Est. Geol., XXXI, pp. 487-500 (1975).
- KLOCKMANN, F.; RAMDOHR, P.: *Tratado de mineralogía*. Ed. Gustavo Gili, S. A. Barcelona (1961).
- LUTH, W. C.: *Experimental Petrology: Igneous Rocks. P. I. Granitic Rocks*. En *The evolution of the Crystalline Rocks*; ed. D. K. Bailey & R. McDonald. Academic Press, Londres (1976).
- PEINADO, M.: *Tesis doctoral*. Univ. Madrid.
- PEINADO, M.: *Tesis doctoral*. Univ. Madrid (1973).
- RITTMANN, A.: *Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks*. Ed. Springer-Verlag. Berlin (1973).
- SÁNCHEZ CELA, V.: *Tesis de Licenciatura*. Univ. de Madrid (1962).
- SCHAIERER, J. F.: En Schreyer, 1976 (1954).
- SCHREYER, W.: *Experimental Metamorphic Petrology at Low Pressures and High Temperatures*. En *The evolution of Crystalline Rocks*; ed. D. K. Bailey & R. Macdonald. Academic Press, Londres (1976).
- UGIDOS, J. M.: *Tesis doctoral*. Univ. Salamanca (1973 a).
- UGIDOS, J. M.: *Los granitos aplíticos de nodulos en el área Béjar-Barco de Avila (Salamanca-Avila)*. Stud. Geol., 6, pp. 85-93 (1973 a).
- UGIDOS, J. M.: *Los granitos biotíticos ± cordierita de Béjar y áreas adyacentes*. Bol. Geol. Min., 85, pp. 66-74 (1974 a).
- UGIDOS, J. M.: *Metasomatismo y granitización en el complejo metamórfico de Béjar-Barco de Avila-Plasencia. Petrogénesis de los granitos de tendencia alcalina*. Stud. Geol., VIII, pp. 27-46 (1974 b).
- UGIDOS, J. M.: *Significado petrológico de cordierita, sillimanita y andalucita en migmatitas y granitos de Plasencia-Béjar y áreas adyacentes (Salamanca-Cáceres)*. Stud. Geol., X, pp. 31-43 (1976).
- UGIDOS, J. M.; BEA, F.: *Análisis comparativo de los granitos del área Béjar-Plasencia con otros granitos «younger» centro peninsulares: Precisiones sobre la serie mixta*. Stud. Geol., X, pp. 45-59 (1976).
- UGIDOS, J. M.; BEA, F.: *Ensayo sobre la génesis de las rocas graníticas del Macizo Hespérico*. Stud. Geol., XIV, pp. 35-77 (1979).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 2.ª ed. Springer-Verlag, Berlin (1967).

# Caracterización de gneises glandulares del alto valle del Lozoya (Sistema Central Español) en base al quimismo de las biotitas y estado estructural del feldespato potásico

Por F. TORNOS y C. CASQUET (\*)

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudian las litologías gneísicas glandulares que afloran en la ladera este del Macizo de Peñalara (Sistema Central Español), en base a la interpretación del quimismo de las biotitas de glándulas y mesostasia y del estado estructural del feldespato potásico que forma la mayoría de estas glándulas.

Se deduce a partir del estudio de las biotitas, que las glándulas se comportan como sistema cerrado para el Ti y abierto para el Al durante el metamorfismo regional. El contenido en Ti de las biotitas en el interior de las glándulas es, por tanto, heredado de la historia premetamórfica de éstas, y puede relacionarse con las temperaturas de cristalización ígnea. La relación Fe/Mg de la biotita depende de la composición de la roca total.

La variación estructural del feldespato potásico viene impuesta por la litología premetamórfica y por variaciones en el campo de esfuerzos.

A partir de estos datos se confirma un origen detrítico para los gneises glandulares de la Serie Calderuelas, mientras que los gneises del Reventón y Morcuera son ortoderivados.

## ABSTRACT

Augengneisses cropping out at the eastern slopes of the Peñalara Massif (Spanish Central System), are distinguished on the basis of chemical composition of biotites from groundmass and megacrysts and structural state of megacrysts forming K-feldspar.

It seems likely that megacrysts behave as a closed system for Ti in biotites and open for Al during regional metamorphism. Ti content of biotites trapped in megacrysts is therefore inherited from the previous premetamorphic story of the mineral and seems likely related to the temperatures of igneous crystallization. Fe/Mg ratios are controlled by bulk rock composition.

Structural state of K-feldspar making up most of the megacrysts is determined by premetamorphic lithology as well as stresses field.

A detrital origin for the Calderuelas augengneiss is concluded, whilst Morcuera and Reventon augengneisses are of plutonic provenance.

## INTRODUCCION

Este trabajo se centra en las formaciones gneísicas glandulares, tan abundantes en la Sierra del Guadarrama y concretamente en el alto Valle del Lozoya, donde han sido distinguidas en base a una detallada cartografía (TORNOS, 1981). El objetivo fundamental es el estudio comparativo de las composiciones de las biotitas atrapadas en el interior de las glándulas proterógenas de feldespato potásico respecto a las que forman la mesostasia.

Asimismo se realiza un estudio estructural del mismo feldespato potásico que constituye la mayor parte de las glándulas, generalmente monocristalinas, de estos gneises. Se persigue con todo ello establecer las semejanzas y diferencias entre facies gneísicas características, que han sido previamente diferenciadas en el campo en base a criterios geológicos tradicionales, así como arrojar alguna luz sobre la posible historia premetamórfica de estas rocas, esto es, sobre su origen.

El estudio composicional de las biotitas se ha realizado mediante microsonda electrónica, empleando para la reducción de los datos el método

\* Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid-3.

de BENCE y ALBEE (1969). La estructura del feldespato potásico se ha efectuado diafractométricamente, siguiéndose el método de GUITARD (1970) en cuanto a la determinación de triclinicidades y la clasificación de PARSONS y BOYD (1971) para establecer las relaciones cuantitativas entre las fases ortosa y microclina.

## ASPECTOS GENERALES

El Alto Valle del Lozoya se sitúa geológicamente en la parte estructuralmente más profunda del Sistema Central (fig. 1), dentro de la zona del Feldespato Potásico (+ Sill. + Cord.), tal como fue definida por FUSTER et al. (1974) y LÓPEZ RUIZ et al. (1975). En esta zona son generalizados los procesos de anatexia parcial en litologías apropiadas, que se traducen en estructuras migmatíticas de distintos tipos.

A excepción de los trabajos de CARANDELL (1914), FERNÁNDEZ NAVARRO (1915) y DE WAARD (1953),

este sector no había sido objeto de estudio detallado hasta el presente. Únicamente APARICIO et al. (1973) abordan el estudio del stock granítico de Rascafría-El Paular.

La cartografía (fig. 2) nos permite distinguir dos series litológicas con sentido estratigráfico, además de una serie de cuerpos ortogneísicos de derivación plutónica.

La serie estructuralmente superior, que hemos denominado Serie Calderuelas, la forman en la base un conjunto de gneises glandulares embrechíticos a los que se superponen gneises micáceos con intercalaciones de niveles de rocas de silicatos cálcicos. Esta serie es asimilable a los términos B1 y B2 de la Formación Buitrago, descrita más al este por CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS (1975).

Debajo de esta serie y ocupando el núcleo de la estructura tumbada que constituye el Macizo de Peñalara, producto de la superposición de dos primeras fases tangenciales y vergentes al este,

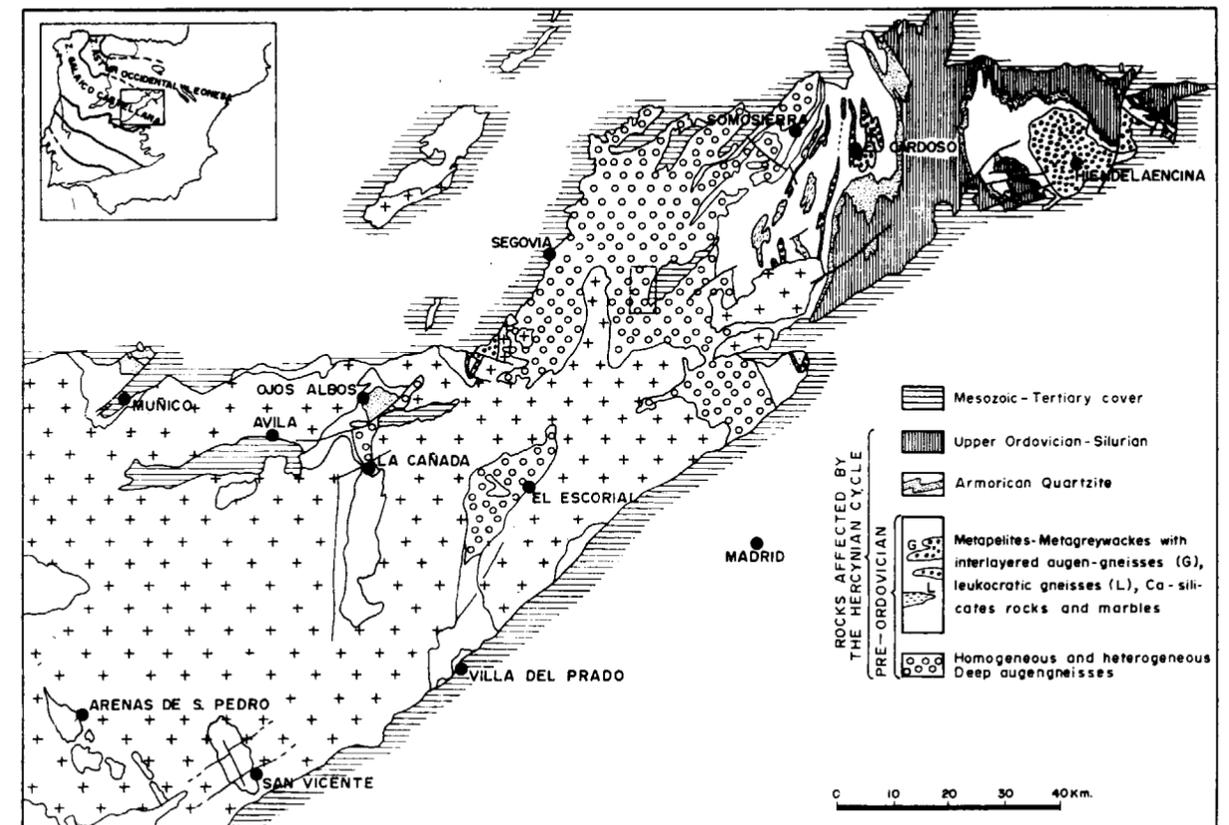


Figura 1.—Situación del área estudiada dentro del Sistema Central Español. Tomado de Capote et al. (1977).

aflora una sucesión composicionalmente más fémica que la anterior, a la que hemos denominado Serie Peñalara. Las litologías más profundas son también gneises glandulares, pero poco migmatizados y de matriz oscura, entre los que se intercalan hacia el techo potentes niveles de gneises félicos granoblásticos de probable derivación grauváquica. A estos niveles se asocian mármoles predominantemente dolomíticos y fuertemente engrosados en la zona de charnela, que en conjunto constituyen un elemento característico de esta serie. Rocas semejantes han sido descritas en Segovia por NAVIDAD y PEINADO (1977).

Respecto a los ortogneises, cuya presencia ya fue puesta de manifiesto en el área de Miraflores-Peñalara por DE WAARD (1953), se han distinguido varios cuerpos. Casi todos ellos tienen en común su estructura glandular, y dada su composición sálica muestran una intensa migmatización que llega a traducirse en la formación de nebulitas y de granitoides anatécicos autóctonos y para-autóctonos. El principal de estos gneises es el ortogneis del Reventón, que constituye un cuerpo masivo localizado en el núcleo del manto de Peñalara y que muestra contactos intrusivos respecto a las litologías encajantes. Se caracteriza por la homogeneidad en la distribución y tamaño de las glándulas (aprox. 2 cm.), que son de ortosa generalmente microclinizada. Este granito se emplaza posiblemente en la interfase F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>. Menos importantes son un cortejo de pequeños cuerpos ortoderivados más félicos y en los que llegan a conservarse zonales plutónicas. Tal es el caso de los ortogneises del Raso de la Cierva y de la Flecha, que muestran un borde leucocrático de grano fino, con turmalina y granate y un núcleo de grano más grueso y más biotítico. Al igual que el ortogneis del Reventón, estos cuerpos menores sólo muestran una foliación, por lo que cabe pensar que constituyen un cortejo sincrónico con el primero.

Por otro lado, en el núcleo de una antiforma de F<sub>1</sub> y bajo la serie Calderuelas aflora un segundo tipo de gneises asimilable a los que en la zona Lozoya-Miraflores han sido denominados Gneises de la Morcuera por FERNÁNDEZ CASALS y CAPOTE (1971) y FERNÁNDEZ CASALS (1974). Se trata de un gneis glandular en el que las glándulas, monocristalinas y de feldespato potásico, son generalmente heterométricas, pudiendo alcanzar grandes tamaños (excepcionalmente hasta 16 cm., aunque lo normal son 5-6 cm.). La composición mine-

ralógica es semejante a la de los otros gneises (Q, Pl<sub>an</sub> 20-22, FK, Bt, Sill ± Cord) aunque son más mesócratos que el ortogneis del Reventón. El carácter metagranítico de estos gneises ha sido reconocido por casi todos los autores (FERNÁNDEZ CASALS y CAPOTE, 1971; FERNÁNDEZ CASALS, 1974; BISCHOFF et al., 1973; NAVIDAD, 1979; TORNOS, 1981).

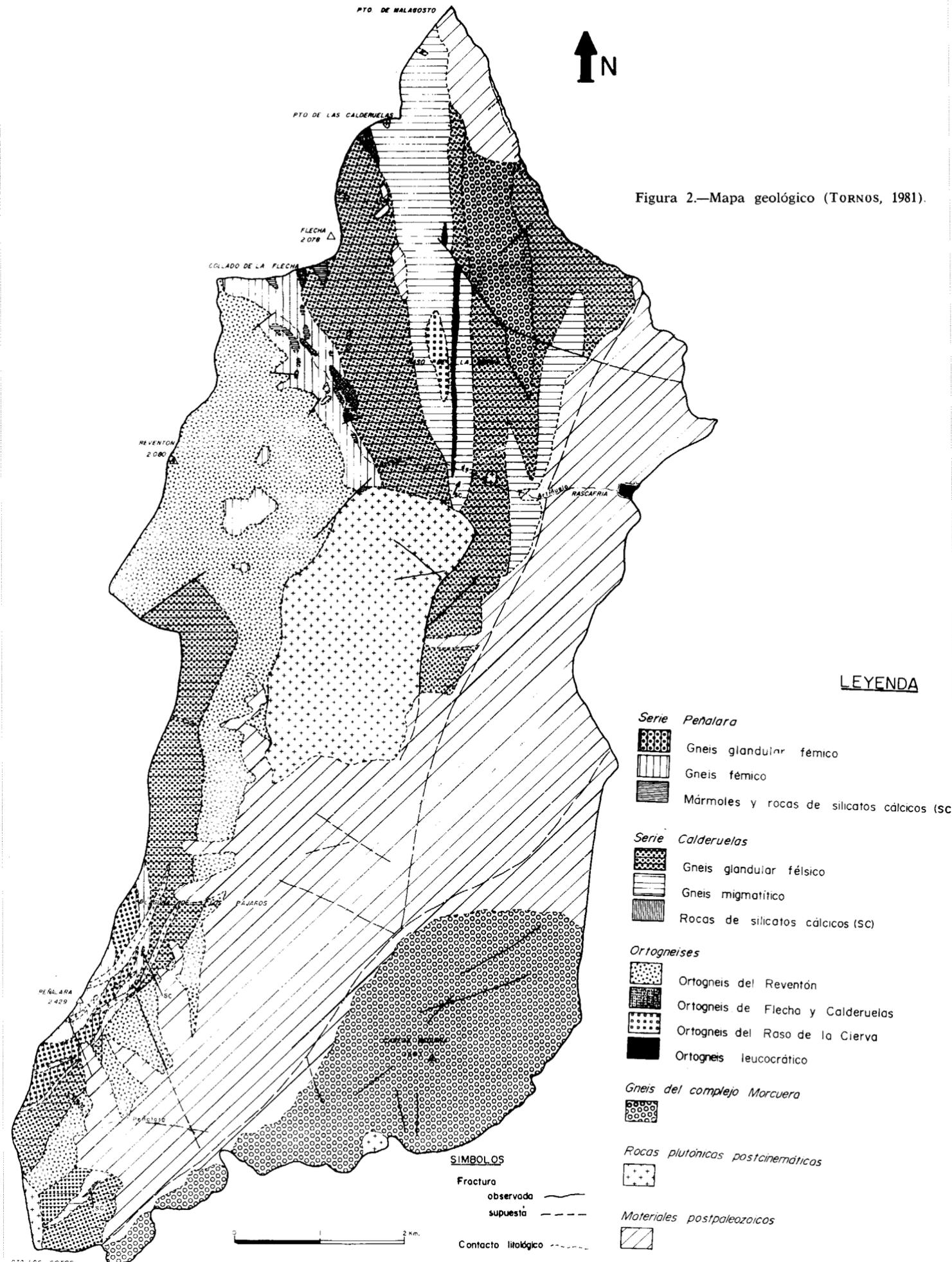
Respecto al metamorfismo regional en el Alto Valle del Lozoya, este es plurifacial con un primer evento M<sub>1</sub> del que se conservan relictos granate almandínico y estauroлита, y un segundo M<sub>2</sub> de tipo intermedio de baja presión con FK+Sill+Cord, durante el cual desaparece en todas las litologías la moscovita y se generalizan los procesos anatécicos. Las temperaturas alcanzadas durante este episodio en el Macizo de Peñalara, calculadas mediante el empleo de pares minerales (Cordierita-granate y granate-biotita) se han estimado en unos 750 ± 30° (TORNOS y CASQUET, in press.) a 5 kb, lo que las sitúa cerca del comienzo de las granulitas de alta T.

BIOTITAS

Se han estudiado las biotitas de 10 muestras pertenecientes a las ortogneises glandulares del Reventón y de la Morcuera, así como al ortogneis de la Flecha y al paragneis glandular de la base de la Serie Calderuelas (Cuadro I). Con la excepción de las muestras del ortogneis de la Flecha (no glandular), se han determinado en todos los casos las composiciones de las biotitas atrapadas en el interior de las glándulas (Bt-G) y las de la mesostasia (Bt-M).

En todos los gneises la biotita es prácticamente el único mineral ferromagnesiano primario presente en la roca, junto con contenidos nulos o insignificantes de opacos. Como fenómenos secundarios se observa en algún caso una moscovitización en los bordes de la biotita de la mesostasia con liberación de agujas de ilmenita, así como una transformación a Ms + Cord + Op en la ILM 51953 debido al efecto de contacto del granito de Rascafría-El Paular, que como veremos no influye en los parámetros empleados en este trabajo. También se observa, principalmente en el gneis Morcuera, fenómenos de cloritización tardía. La muestra ILM 68551 pertenece a la facies de borde del gneis de la Flecha y contiene abundante granate almandínico preF<sub>2</sub> que influye sobre el qui-

Figura 2.—Mapa geológico (TORNOS, 1981).



	1	2	3-M	3-G	4-M	4-G	5-M	5-G	6-M	6-G	7-M	7-G	8-M	8-G	9-M	9-G	10-M	10-G
SiO <sub>2</sub> ...	34.31	33.31	36.37	36.47	37.01	35.52	34.86	35.44	36.01	36.47	35.08	35.60	36.17	35.96	36.38	35.73	36.06	35.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	18.45	23.33	18.27	18.74	19.81	18.75	18.78	18.78	19.97	19.45	20.06	19.07	18.53	18.04	19.55	20.53	17.95	18.92
FeO ...	25.65	27.00	23.36	23.04	21.27	22.05	21.54	21.14	22.27	22.48	20.21	19.69	20.20	20.15	20.06	20.01	19.88	18.60
MnO ...	0.66	0.47	0.33	0.33	0.28	0.35	0.25	0.27	0.25	0.25	0.26	0.25	0.28	0.25	0.25	0.42	0.19	0.20
MgO ...	4.33	2.33	6.69	7.36	6.34	6.64	6.45	6.56	6.28	6.13	8.14	7.29	7.62	7.16	8.23	8.25	8.95	9.26
CaO ...	0.03	0.15	0.00	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.d.	n.d.
Na <sub>2</sub> O ...	0.17	0.00	0.21	0.14	0.12	0.19	0.24	0.16	0.15	0.28	1.50	0.85	0.21	0.19	0.16	0.05	n.d.	n.d.
K <sub>2</sub> O ...	9.87	8.23	9.93	9.92	7.78	0.81	9.84	9.64	9.31	9.19	9.75	9.74	10.05	10.03	9.77	9.82	8.76	9.30
TiO <sub>2</sub> ...	2.80	0.98	2.84	2.87	3.55	3.22	3.42	3.35	2.94	3.93	2.63	3.93	3.47	4.10	2.77	2.34	3.63	3.78
Total ...	96.27	96.08	98.00	98.87	96.18	96.53	95.39	95.34	97.18	98.18	97.63	96.42	96.53	95.88	97.17	97.15	95.42	95.33
K ...	1.97	1.64	1.91	1.89	1.49	1.91	1.94	1.89	1.79	1.75	1.87	1.88	1.94	1.95	1.86	1.87	1.73	1.80
Na ...	0.05	0.00	0.06	0.04	0.03	0.06	0.07	0.05	0.04	0.08	0.44	0.25	0.06	0.06	0.05	0.01	—	—
Ca ...	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
Fe <sup>2+</sup> ...	3.36	3.52	2.95	2.88	2.66	2.81	2.78	2.72	2.81	2.80	2.54	2.49	2.56	2.57	2.51	2.50	2.52	2.36
Mg ...	1.01	0.54	1.51	1.64	1.41	1.51	1.48	1.50	1.41	1.36	1.82	1.64	1.72	1.63	1.83	1.84	2.02	2.09
Mn ...	0.09	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03
Al <sup>VI</sup> ...	0.79	1.48	0.75	0.75	1.04	0.80	0.81	0.85	0.98	0.86	0.82	0.79	0.78	0.72	0.89	0.97	0.68	0.73
Ti ...	0.33	0.11	0.32	0.32	0.40	0.37	0.40	0.39	0.33	0.44	0.30	0.45	0.39	0.47	0.31	0.26	0.41	0.43
Si ...	5.38	5.19	5.50	5.45	5.54	5.42	5.39	5.45	5.43	5.44	5.27	5.39	5.47	5.48	5.44	5.35	5.47	5.35
Al <sup>IV</sup> ...	2.62	2.81	2.50	2.55	2.46	2.58	2.61	2.55	2.57	2.56	2.73	2.61	2.53	2.52	2.56	2.65	2.53	2.65

1.—Ortogneis de la Flecha (ILM 68542). 2.—Ortogneis de la Flecha (ILM 68551). 3.—Ortogneis de El Reventón (ILM 49222). 4.—Ortogneis de El Reventón (ILM 51621). 5.—Ortogneis de El Reventón (ILM 51953). 6.—Gneis Calderuelas (ILM 51946). 7.—Gneis Calderuelas (M-174). 8.—Gneis Morcuera (M-178). 9.—Gneis Morcuera (M-713). 10.—Gneis Morcuera (C-28). G: Biotita en glándula. M: Biotita en matriz. Fórmula estructural en base a 24 (O,OH). Analistas: Martín Fernández (IGME). Anal. 1 a 9. Julia de la Puente CSIC. Anal. 10.

mismo de la biotita en equilibrio con él (TORNOS, 1981).

Con la excepción de la muestra ILM 68551 parece, pues, lógico asumir que el quimismo de las biotitas está controlado principalmente por la composición global. El efecto de parámetros intensivos tales como P y T debe de ser muy pequeño debido, como hemos dicho, a la ausencia de otros minerales félicos primarios, así como al hecho de que el área estudiada es de reducida extensión.

En el diagrama de YODER (1959) (fig. 3), se aprecia que las biotitas analizadas con tipos aluminicos con sustituciones variables de Si por Al<sup>IV</sup> y de (Fe, Mg) por Al<sup>VI</sup>, de tal forma que son tipos intermedios entre las tres series: annita-flogopita, eastonita-Fe-eastonita y lepidomelana-siderofilita.

En el diagrama triangular Ti + Al<sup>VI</sup>-Mg-Fe<sup>2+</sup> + Mn (fig. 4) se observa que la relación F/M varía entre 2,0 y 6,6, siendo mínima en el gneis Morcuera y máxima en el ortogneis leucocrático de la Flecha. La influencia de la composición global sobre esta relación ha sido también puesta de manifiesto por IBARGUCHI (1979). Destacan en este diagrama la tendencia a la agrupación de las biotitas del

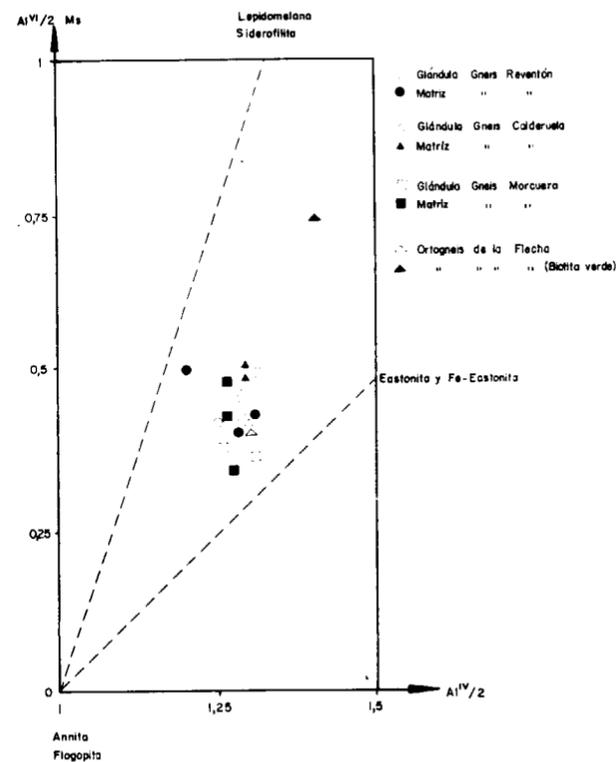


Figura 3.—Diagrama de Yoder (1959) para la composición de las biotitas estudiadas.

gneis Morcuera por un lado y las del Reventón por otro. Por otro lado, las dos muestras del gneis Calderuelas están más separadas indicando probablemente una heterogeneidad en las áreas de procedencia de las glándulas y en la composición de la mesostasia sedimentaria que las incluye.

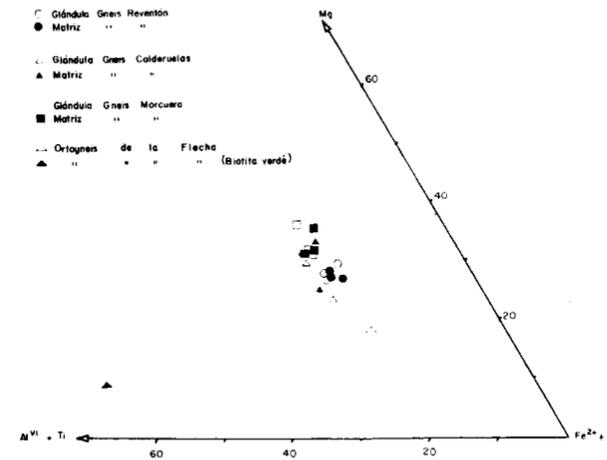


Figura 4.—Diagrama triangular Al<sup>VI</sup> + Ti-Mg-Fe<sup>2+</sup> + Mn.

Respecto a la suma Al<sup>VI</sup>+Ti, ésta varía en un pequeño intervalo, excepción hecha de la biotita muy aluminica en equilibrio con granate del ortogneis de la Flecha. En la figura 5-B se han enfrentado los valores de esta suma en la Bt-G respecto a los de la Bt-M. Se observa que este parámetro tiende a igualarse en ambos tipos de biotita, mientras que el contenido de Ti (fig. 5-A) puede ser claramente distinto.

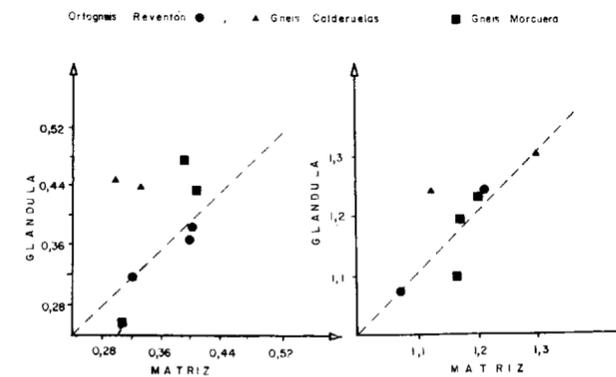


Figura 5.—Diagrama comparativo entre el contenido en Ti (5a) y Al<sup>VI</sup> + Ti (5b) de las biotitas de la glándula y de la matriz.

Teniendo en cuenta el comportamiento inerte del Ti en los procesos metamórficos (SOBOLEV, 1972) esto podría explicarse por un comportamiento abierto de la glándula respecto al aluminio. La movilidad de este componente, considerado tradicionalmente como inerte en el metamorfismo de pelitas (CARMICHAEL, 1969), se vería quizá favorecido por la elevada temperatura alcanzada en este sector. Las venas con silicatos aluminicos (andalucita-distena-sillimanita) del sector oriental del Guadarrama apuntan en este mismo sentido (ARENAS et al., 1980). La tendencia del parámetro Al<sup>VI</sup>+Ti a igualarse por movimiento del Al indicaría por otro lado que esta suma está controlada por algún parámetro intensivo externo a la roca. IBARGUCHI (1979) relaciona este parámetro con la T.

Por el contrario, el comportamiento del Ti parece más significativo en cuanto a significado genético. En el ortogneis del Reventón el contenido de este elemento en la Bt-G y la Bt-M es prácticamente igual (fig. 5-A). Por el contrario, en los gneises de la Serie Calderuelas la Bt-G es más rica en Ti que la Bt-M. En el gneis Morcuera se observa en dos casos una relación parecida, pero menos acusada. En el otro la relación es inversa (Ti<sub>Bt-G</sub> < Ti<sub>Bt-M</sub>).

Diferentes trabajos (p. e., ENGEL y ENGEL, 1960; KWAK, 1968; GHOSE, 1971) confirman que en rocas paraderivadas el contenido de Ti en la biotita aumenta con la temperatura, alojándose en la posición octaédrica a expensas del Al<sup>VI</sup>+Fe<sup>2+</sup>+Mg. Este aumento es independiente de la composición global de la roca y refleja la tendencia a la fraccionación progresiva del Ti en la biotita con respecto a otros minerales félicos, siempre presentes en la roca. En Somosierra, el E de la zona a la que se refiere este trabajo, LÓPEZ RUIZ et al. (1975, 1978) han confirmado este comportamiento en rocas metapelíticas, en las que siempre existe junto a la biotita un mineral ferromagnesiano como el granate, rico en almandino, estauroлита y opacos.

En litologías más feldespáticas, en que la biotita es el único ferromagnesiano, las diferencias en el contenido de Ti deben estar controladas por otros factores tales como:

1) Variaciones del coeficiente de reparto del Ti con la temperatura entre el magma y los fenocristales durante la cristalización magmática, apli-

cable a los ortogneises. En este sentido, las biotitas cristalizadas a altas T. (p. e., biotitas volcánicas) son más ricas en Ti que sus equivalentes plutónicos (DEER et al., 1965). La magnitud de la diferencia entre biotitas tempranas atrapadas en los fenocristales y biotita de la matriz en condiciones plutónicas de cristalización debe ser menos acentuada.

2) Transformaciones tardimetamórficas (por ejemplo, cloritización) que afectan sensiblemente la relación Al/Ti en la mica.

3) Procedencia ígnea de las glándulas (Ti más alto) y sedimentaria de la matriz (Ti más bajo). En este caso el gneis sería una roca detrítica.

El diagrama de GUITARD (fig. 6) que separa las biotitas «orto» de las «para» en base a la relación Al/Ti, dentro de ciertos límites composicionales de la roca huésped, confirma, a excepción del ortogneis de la Flecha, que tanto las biotitas del gneis Morcuera como del Reventón son de origen ígneo. Por el contrario, en el gneis de Calderuelas las Bt-G son de origen ígneo, mientras que las de la mesostasia se sitúan claramente en el campo «para». Esta es en nuestra opinión la explicación de las diferencias observadas en el contenido de Ti en la biotita de estas rocas. Las glándulas, pro-

cedentes probablemente de la erosión de un área emergida cristalina conservarían en sus biotitas incluidas la herencia ígnea. La mesostasia pelítico-arcósica formaría biotitas menos titanadas. En el ortogneis del Reventón, la igualdad entre la Bt-G y la Bt-M confirma su origen ígneo y apunta hacia la idea de que el coeficiente de reparto del Ti entre magma y fenocristales varía poco en condiciones plutónicas. Respecto al gneis Morcuera es necesario tener en cuenta las características petrográficas. A diferencia del gneis del Reventón, las glándulas del Morcuera pueden llegar a tener varios centímetros de tamaño. La diferencia temporal entre la cristalización de la Bt-G y la Bt-M es, pues, mayor, por lo que también debe serlo el efecto del coeficiente de reparto. La pequeña cantidad de cordierita observada en la muestra M-178 no afecta sensiblemente al contenido de Ti en la biotita de la mesostasia, ya que este mineral tiene contenidos muy bajos en este elemento. La muestra M-175 muestra una débil cloritización de la Bt-G, lo que explicaría el descenso relativo del contenido de Ti.

#### FELDESPATO POTÁSICO: ESTADO ESTRUCTURAL Y DISTRIBUCION

En base a los trabajos de TOURET (1967), GUITARD (1970) y PARSONS y BOYD (1971) se ha tratado el estudio de las glándulas de feldespato potásico que contienen la mayoría de las litologías aflorantes.

El muestreo se ha realizado en distintos afloramientos de gneises glandulares, procurando que la roca fuera representativa del área estudiada. Se han tomado varias glándulas en cada punto, a fin de establecer la variación a escala afloramiento y de distintos afloramientos entre sí.

Las distintas triclinicades de los feldespatos son debidas a distinto grado de ordenación del Al y Si en la posición Z (tetraédrica). La máxima ordenación se alcanza en la microclina, fase de baja temperatura, mientras que el desorden máximo se encuentra en la sanidina. La ortosa representa un estado de desorden intermedio.

La triclinicidad,  $\Delta$ , definida por primera vez por GOLDSMITH y LAVES (1953), se basa en considerar que un feldespato potásico tiene triclinicidad máxima ( $= 1$ ) cuando la diferencia entre los espaciados de las reflexiones  $\bar{131}$  y  $131$  es de  $0,08 \text{ \AA}$ .

Por el contrario, se define la triclinicidad mínima ( $= 0$ ) en la ortosa pura, existiendo entre ambos todos los términos intermedios.

La expresión de la triclinicidad es, por tanto:

$$\Delta = 12,5 (d_{\bar{131}} - d_{131})$$

obteniéndose estas reflexiones mediante la clásica fórmula de Bragg:

$$\lambda = \frac{2d \sin \Theta}{n}$$

siendo  $\lambda = 1,54178$  para el tubo de cobre.

La limitación del método viene impuesta por la superposición de los picos de la ortosa y microclina en los casos de baja triclinicidad.

Si  $\Delta$  varía entre 0 y 0,15, únicamente se observa el pico 131 de la ortosa, considerándose que en este caso el feldespato es ortosa pura.

Si  $\Delta$  está comprendida entre 0,15 y 0,6, se observan las reflexiones  $\bar{131}$  y  $131$  de la microclina superpuestas, apareciendo en este caso un pico muy ancho. Esta situación corresponde a los feldespatos «randomly disordered» de CHRISTIE (1962) y no se puede determinar su triclinicidad.

Únicamente si la triclinicidad es mayor de 0,6, ésta es medible hasta un máximo de 1.

La coexistencia de una fase microclina, más o menos desordenada, y ortosa en una misma glándula nos permite emplear la clasificación semicuantitativa de PARSONS y BOYD (1971), que representamos gráficamente en la figura 7.

En nuestro caso (Cuadro II) se ve que dominan los feldespatos potásicos de alta y baja triclinicidad, mientras que los términos intermedios, con triclinicidades entre 0,15 y 0,75 son muy raras. Feldespatos con triclinicidades entre 0,15 y 0,60 sólo han sido observados en un par de casos, en los cuales la triclinicidad no puede ser determinable. Ambos corresponden a gneises en facies Morcuera.

En los gneises glandulares de la serie Calderuelas las triclinicidades medias obtenidas en tres afloramientos son:

$$1. \quad (7 \text{ muestras}) \quad \bar{\Delta} = 0,58 \\ \delta = 0,37$$

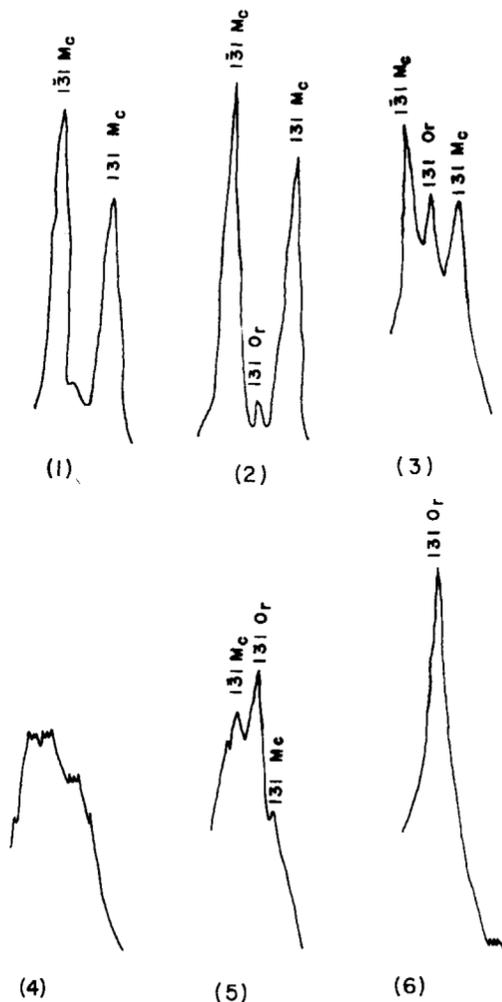


Figura 7.—Diagrama de estados estructurales del feldespato potásico de las glándulas (basado en la clasificación de Parsons y Boyd, 1971). (1) Microclina. (2) Microclina. (3) Microclina Ortosa. (4) Feldespato RD. (5) Ortosa Microclina. (6) Ortosa.  $2\Theta = 29-30,5^\circ$ .

$$2. \quad (4 \text{ muestras}) \quad \bar{\Delta} = 0,19 \\ \delta = 0,38$$

$$3. \quad (4 \text{ muestras}) \quad \bar{\Delta} = 0,37 \\ \delta = 0,43$$

A partir de estos datos y los recogidos en el Cuadro II, se observa una variación muy grande, tanto a escala de conjunto como de afloramiento.

En los gneises del Reventón la situación es diferente; en estos gneises las triclinicidades medias obtenidas son:

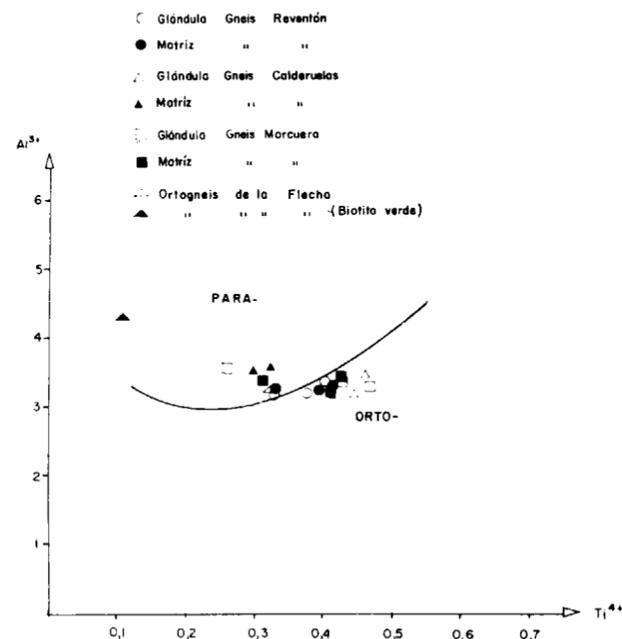


Figura 6.—Diagrama de Guitard (1970) para la discriminación de biotitas de rocas orto- y paraderivadas.

CUADRO II

**Triclinicidades y tipos de feldespato potásico (según Parsons y Boyd, 1971) de las glándulas de los gneises glandulares estudiados.**

N.º Estación	Tipo Fto. K.	Triclinicidad
a) Ortogneis del Reventón		
39	Or	0
39	Or	0
39	Or	0
60	Or	0
60	Mc	0,92
60	Mc	0,96
60	Mc>>Or	0,94
60	Mc>>Or	0,94
60	Mc>>Or	0,95
60	Mc	0,92
60	Mc>Or	0,98
60	Mc>>Or	0,90
60	Mc>>Or	0,95
60	Mc>>Or	0,97
108	Mc>>Or	0,90
108	Mc	0,93
108	Mc	0,91
105	Mc>>Or	0,88
105	Mc	0,88
b) Gneis Morcuera		
139	Or>>Mc	?
139	Or	0
139	Or	0
200	Mc>>Or	?
200	Or>>Mc	?
200	Or	0
c) Gneis glandular serie Calderuelas		
12	Or	0
17	Mc	1
18	Or	0
75	Mc>>Or	0,82
75	Or>>Mc	0,81
75	Mc>Or	0,75
75	Or	0
75	Or	0
75	Mc>Or	0,81
161	Or	0
161	Or	0
161	Mc>>Or	0,80
201	Mc>>Or	0,67
201	Or	0
201	Or	0
201	Or	0
201	Mc>>Or	0,75

La gran heterogeneidad de triclinicidades y tipos de feldespatos en los afloramientos del gneis glandular de la base de la serie Calderuelas hace pensar en procedencias distintas a las glándulas, que se manifiesta así en una distinta velocidad de inversión de ortosa a microclina.

En los gneises del Reventón las glándulas de feldespato potásico muestran una homogeneidad

1. (11 muestras)  $\bar{\Delta} = 0,94$   
 $\delta = 0,02$

2. (3 muestras)  $\bar{\Delta} = 0$   
 $\delta = 0$

3. (3 muestras)  $\bar{\Delta} = 0,92$   
 $\delta = 0,02$

4. (2 muestras)  $\bar{\Delta} = 0,88$   
 $\delta = 0$

muestran que a gran escala la variación de triclinicidad es grande, mientras que a escala de afloramiento dicha variación es casi nula, a diferencia de lo que sucede en los gneises de la serie Calderuelas. Se puede considerar como dominios de tipo homogéneo a escala de afloramiento y heterogéneos a mayor escala.

En los gneises en facies de Morcuera las triclinicidades encontradas son:

1. (3 muestras)  $\bar{\Delta} = 0,88$   
 $\delta = 0,32$

2. (3 muestras)  $\bar{\Delta} = 0$   
 $\delta = 0$

Apareciendo en ambos afloramientos los únicos feldespatos con triclinicidades intermedias encontrados.

La inversión de ortosa a microclina viene condicionada por distintos parámetros (TOURET, 1967; PARSONS y BOYD, 1971), como son:

- la temperatura de cristalización,
- velocidad de enfriamiento,
- presencia fase fluida,
- composición de la litología,
- esfuerzos técnicos, etc...

Algunos de estos parámetros son internos a la glándula y heredados de la etapa ígnea de su historia. Por el contrario, otros son únicamente dependientes del medio en el que se encuentra la glándula cuando se produce la microclinización.

Estos parámetros externos (esfuerzos tectónicos, presencia fluidos, temperatura, etc...) se pueden considerar casi isótopos en dominios de pequeño tamaño, por lo que las variaciones estructurales a escala de afloramiento pueden atribuirse a parámetros internos y relictos de cada glándula.

grande a escala de afloramiento, que es característica de un medio donde los cristales son cogenéticos y tienen la misma historia geológica, tal como sería en el caso de una roca ortoderivada (metagranito).

La heterogeneidad a gran escala de estos gneises sólo es posible explicarla por la acción de parámetros intensivos ajenos a la propia litología, tal como una distinta intensidad de la deformación, que se manifestaría a lo largo de direcciones o áreas preferentes. La acción de estos parámetros llevaría consigo un aumento de velocidad de microclinización a lo largo de dominios preferentes.

La existencia de zonas de debilidad, en las que hay variación de  $\mu\text{H}_2\text{O}$ ,  $\mu\text{Al}$ ,  $\mu\text{Si}$ , es una razón apuntada por TOURET (1967) como favorecedora de la microclinización selectiva de las glándulas de feldespato potásico. Sin embargo, GUITARD (1970) rechaza esta hipótesis al no encontrar un desarrollo de la microclinización en zonas de debilidad. En nuestro caso, la existencia generalizada a escala microscópica, de fisuras en las glándulas que tienen microclinización asociada, nos hacen pensar que realmente sean estas zonas de debilidad, en parte, las responsables de un aumento de la velocidad de inversión.

Respecto al gneis Morcuera el primer afloramiento se encuentra muy próximo a un contacto litológico importante, por lo que la alta triclinicidad puede deberse a razones tectónicas. Por el contrario, el segundo afloramiento más representativo, en la zona de Cabeza Mediana, apunta, al igual que el gneis del Reventón, a un origen ortoderivado.

## CONCLUSIONES

La conclusión fundamental que se obtiene es que en gneises glandulares, la composición de la biotita así como el estado estructural de las glándulas está muy condicionado por la historia premetamórfica de la roca (composición, estructura y origen).

En el paragneis glandular de la serie Calderuelas destaca la heterogeneidad composicional de las biotitas, las acentuadas diferencias en el contenido de Ti entre Bt-G y Bt-M y la heterogeneidad estruc-

tural a todas las escalas del feldespato potásico que forma las glándulas. Estos fenómenos son compatibles con una procedencia ígnea de las glándulas y sedimentaria de la mesostasia.

En los ortogneises del Reventón y Morcuera hay una mayor homogeneidad en la composición de la biotita. El contenido de Ti tiende a ser igual, o bien muestra una diferencia poco acusada entre la Bt-G y la Bt-M. Igualmente, el estado estructural de las glándulas es homogéneo en grandes dominios. Estas características parecen coherentes con el origen ortoderivado deducido con criterios geológicos tradicionales.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Prof. José María Fuster Casas por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

Las determinaciones mediante microsonda se realizaron en el IGME por el Dr. Martín Fernández y en el Instituto de Geología de Madrid por doña Julia de la Puente. A las instituciones y personas nuestro agradecimiento. El Dr. J. L. Brell llevó a cabo con gran amabilidad parte de las determinaciones difractométricas.

La mecanografía fue realizada por Mónica Tornos y colaboró Gloria Segovia. La delineación es obra de J. Pedraza. A todos, nuestro agradecimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; CASQUET, C., y BARRERA, J. L.: *Petrogénesis del stock granítico tardicinemático de Rascafría-El Pualar*. Estudios Geol., 29, 479-487 (1973).
- ARENAS, R.; CASQUET, C., y PEINADO, M.: *El metamorfismo del sector de Riaza(Somosierra, Sistema Central Español). Implicaciones geoquímicas y petrológicas*. Cuad. Lab. Geol. Lage, 1, 117-146 (1980).
- BENCE, A. E., y ALBEE, L.: *Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides*. Jour. Geol., 76-4, 382-403 (1966).
- BISCHOFF, L.; SCHAFER, G.; SCHMIDT, K., y WALTER, R.: *Zur Geologie der mittleren Guadarrama (Zentralspanien)*. Munster. Forsch. Geol. Palaont. 28, 27 pp. (1973).

- CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FERNÁNDEZ CASALS, M. J.; MORENO, F.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VEGAS, R.: *The Precambrian in the Central Part of the Iberian Massif*. Estudios Geol., 33, 343-355 (1977).
- CAPOTE, R., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Las series anteorovícicas del Sistema Central Español*. Bol. Geol. y Min., 86-6, 581-596 (1975).
- CARANDELL, J.: *Las calizas cristalinas del Guadarrama*. Trab. Mus. Nac. Cien. Nat. de Madrid., Sec. Geol., 8, 67 pp. (1914).
- CARMICHAEL, D. M.: *On the mechanism of prograde metamorphic reactions in quartz bearing pelitic rocks*. Contr. Mineral Petrol., 20, 244-267 (1969).
- CHRISTIE, O.: *Observation on natural feldspars: randomly disordered structures and a preliminary suggestion to a plagioclase thermometer*. Norsk. Geol. Tidsskr., 47-2, 383-388 (1962).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., y ZUSSMAN, J.: *Rock Forming Minerals*, vol. 3, 55-84 (1965).
- ENGEL, A. E. J., y ENGEL, C.: *Progressive metamorphism and granitization of the major paragneisses, northwest Adirondack Mountains New York. Part II: Mineralogy*. Geol. Soc. Amer. Bull., 71, 1-58 (1960).
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J., y CAPOTE, R.: *Los gneises glandulares del Guadarrama Oriental*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 69, 69-80 (1971).
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Significado geotectónico de la Formación Gneises de la Morcuera*. Studia Geol., 7, 87-106 (1974).
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Monografía geológica del Valle del Lozoya*. Trab. Mus. Nac. Cien. Nat., Madrid. Sec. Geol., 12, 100 pp. (1915).
- FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, L.; MORA, A., y PEINADO, M.: *Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español*. Bol. Geol. y Min., 85-5, 595-600 (1974).
- GOLDSMITH, J., y LAVES, F.: *Potassic feldspars structurally intermediate between microcline and sanidine*. Geo. Cosmo. Acta 6, 110-118 (1954).
- GHOSE, N. C.: *Chemical composition of biotite in the metamorphic and granitic rocks of Richughute, district Palamau, Bihar (India)*. Chem. Petrol., 7, 107-121 (1971).
- GIL IBARGUCHI, I.: *Estudio petrográfico de la región Mu-  
xía-Finisterre (NW España)*. Tesis Doctoral. Univ. Auton. Barcelona, 220 pp. Inédita (1979).
- GUIARD, G.: *Le metamorphisme hercynien mesozonal et les gneisses ocellés du massif du Canigou (Pyrenees Orientales)*. Mem. BRGM, 63, 350 pp. (1970).
- KWAK, T. A.: *Ti in biotite and muscovite as an indication of metamorphic grade in almandine amphibolite facies rocks from Sudbury (Ontario)*. Geo. Cosmo. Acta, 32, 1222-1229 (1968).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *El metamorfismo de la Sierra del Guadarrama, Sistema Central Español*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., 78, 127 pp. (1975).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Chemical variations in biotites during prograde metamorphism, Sierra de Guadarrama, Sistema Central, Spain*. Chem. Geol., 21, 113-129 (1978).
- NAVIDAD, M.: *Las series glandulares del sector Central del Macizo Ibérico (Guadarrama Centro-occidental)*. Estudios Geol., 35, 31-48 (1979).
- NAVIDAD, M., y PEINADO, M.: *Facies vulcanosedimentarias en el Guadarrama Central (Sistema Central Español)*. Studia Geol., 12, 137-159 (1977).
- PARSONS, I., y BOYD, R.: *Distribution of potassium feldspar polymorphs in intrusive sequences*. Min. Magazine, 38, 295-311 (1971).
- SOBOLEV, V. S.: *The facies of metamorphism*. Publ. Dep. Geol. Univ. Cambera, 417 pp. (1972).
- TORNOS, F.: *Petrología de las rocas metamórficas del Alto Valle del Lozoya (Sistema Central Español)*. Tesis de Licenciatura. Univ. Compl. Madrid. Inédita, 152 pp. (1981).
- TORNOS, F., y CASQUET, C.: *Metamorfismo regional e implicaciones geotermométricas en el alto Valle del Lozoya (Sistema Central Español)*. Cuad. Geol. Iber. (in press.) (1982).
- TOURET, J.: *Les gneisses ocellés de la region Vegrshai-Gjerstad (Noruega Orientale)*. Norsk. Geol. Tidss., 47-3, 275-282 (1967).
- WAARD, D. de: *Estructuras palingénicas en los gneis de la Sierra de Guadarrama*. Publ. Extr. sobre Geol. de Esp., 7, 3 (1953).
- YODER, H. S.: *Experimental studies on micas: a synthesis*. Proc. Sixth Natl. Conf. Clays and Clay minerals, 42-60 (1959).

Recibido: julio de 1981

## INFORMACION

### Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXVII Campamento para Prácticas de Geología «Bielsa 1981».

Por L. M. RIOS y F. BODEGA

#### 1. INTRODUCCION

El XXVII «Campamento para Prácticas de Geología» se ha desarrollado, durante los días 5 al 23 de julio de 1981, teniendo como base la localidad de Bielsa (Huesca), y tomando como eje el curso del río Cinca.

El equipo encargado ha tenido este año la satisfacción de ver incrementado el número de asistentes procedentes de la Escuela; a ello ha contribuido decisivamente el interés demostrado por nuestro Director, Emilio Llorente, que no sólo facilitó la celebración de exámenes, sino que asistió a la jornada de clausura, siendo la primera vez que un Director de la Escuela toma contacto directo con esta actividad.

Como contrapartida, aunque como queda dicho es motivo de satisfacción, al haber asistido 19 alumnos, y ser la aportación de las empresas un poco menor que el pasado año, se ha llegado a un saldo negativo que de alguna manera habrá que superar.

En este campamento participaron, como codirector, Fernando Bodega Barahona, Dr. Ingeniero de Minas, de la Empresa Nacional Adaro y colaborador de la Cátedra,

y como instructores, Luis María Ríos Aragués, Dr. Ingeniero de Minas, y Ricardo Manso Casado, Ingeniero de Minas, de los Grupos de Trabajo de la Cátedra de Geología de la Escuela de Minas de Madrid.

Actuó como secretario Julián Vega Esteban, Maestro de Laboratorio de la Cátedra, y como conductor Antonio Lara del Instituto Geológico y Minero de España.

#### 2. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO

La base estuvo establecida en el Hotel Valle de Pineta —Bielsa—, que ya lo había sido en campamentos anteriores.

Según las normas establecidas por el Prof. Ríos, después de las marchas de entrenamiento y charlas sobre el Pirineo, se formaron los equipos de tres personas, distribuyéndose el material y asignándoles el trabajo previsto.

No hubo dificultades con la climatología, y ello contribuyó a que no hubiera cambios de planes.

Como notas a destacar, fuera de la actividad geológica, en primer lugar, el accidente aparatoso del Land-Rover en la última excursión, que gracias a Dios no tuvo consecuencias importantes por la pericia del conductor.

También el partido de fútbol, jugado en Lafortunada, donde el equipo del campamento no logró la victoria, pero no por falta de ardor de los jugadores, sino porque no hubo tiempo para que el «míster» en funciones impartiera eficazmente sus instrucciones a la plantilla.

Además de agradecer a todas las empresas su participación económica, es necesario destacar otras extraordinarias:

- Dirección General de Minas, que, como siempre, constituye una ayuda eficaz.
- Empresa Nacional Adaro, que, además de prestación de personal, ofreció su participación para el retorno del Land-Rover accidentado.
- Instituto Geológico y Minero de España, que cedió un Land-Rover y conductor.
- ENIPEPSA, que tomó a su cargo el retorno del material de acampada.

En la cena de clausura, destacar la asistencia de D. Emilio Llorente, D. Juan Antonio Comba y D. Juan Pantoja.

### 3. RESULTADOS

Este campamento tuvo como objetivo dos temas muy concretos.

Por una parte la revisión de la cartografía del Paleozoico del manto de Gavarnie al N del valle de Pineta (Paleozoico de La Larri-La Munia) con el fin de tratar de situar la llamada «serie de Sia» (pizarras con gran desarrollo de cuarcitas) en el marco de la estratigrafía. Una vez resuelto este problema, ello nos permitiría volver en el futuro otra vez a la base de Torla con el fin de completar la cartografía del Paleozoico del río Ara parcialmente realizada en el XXVI Campamento (1980).

Por otro lado, y aprovechando la base de Bielsa, nos propusimos estudiar el Eoceno del río Cinca al Oeste y Sur de la Peña Montañesa, con el propósito de encontrar una solución a la terminación occidental del manto del Cotiella, siguiendo el hilo del modelo adoptado en la hoja de Broto para la terminación occidental de otra unidad corrida (la unidad de Monte Perdido).

#### 3.1. Paleozoico de La Larri-La Munia

Por la cartografía realizada (figura 2) se deduce la serie (figura 1) que describimos someramente a continuación:

- H. Pizarras negras y grauwacas micáceas (dm-m) gris-oscuro con elementos blandos resedimentados y restos de plantas. Hemos encontrado *Calamites sukowi* BRONG, por lo que el Namuriense alto o Westfaliense está presente (determinación de I. QUINTERO). Los 20 m. basales están constituidos por pizarras.

D<sub>6</sub>-H. Serie calcárea de tránsito del Devónico al Carbonífero con nivel de liditas. Fameniense a Viseisiense (VAN LITH, 1965).

D<sub>5-6</sub>. Pizarras predominantes con tramos alternantes con calizas (dm) y tramos alternantes con areniscas (cm-dms) de cemento más o menos calcáreo y cuarcitas. Lenticular-bedding. ¿Serie del pic Larrue?

D<sub>5</sub>. Caliza gris de aspecto masivo con fauna arrecifal (VAN LITH, 1965). Hacia las partes alta y baja, caliza de pátina amarillenta con intercalaciones (cms) pelíticas y aspecto «pseudogriotto» por esquistosidad de presión-disolución. En el pico de La Canau: Devónico Medio a Frasnense (J. JOSEPH, 1973, citado por MAJESTE-MENJOUAS, 1979).

D<sub>4</sub>. Alternancia de pizarras y cuarcitas en general bas-

CARBONIFERO		NAM.-WESTF.	H
		VISEIEN.	D <sub>6</sub> -H
		TOURNAIS.	
		FAMENIEN.	
DEVONICO	SUPERIOR	FRASNIEN.	D <sub>5-6</sub>
			D <sub>5</sub>
			D <sub>4</sub> <sup>q</sup>
	MEDIO		D <sub>3-4</sub>
			D <sub>2</sub>
	INFERIOR		D <sub>1</sub>
SILURICO			S

Figura 1.—Esquema litoestratigráfico del Paleozoico del manto de Gavarnie en la región de La Larri-La Munia. H. Pizarras y grauwacas con plantas. D<sub>6</sub>-H. Serie de tránsito del Devónico al Carbonífero con nivel de liditas. D<sub>5-6</sub>. Pizarras predominantes. Areniscas, calizas. D<sub>5</sub>. Calizas del pico de La Canau. D<sub>4</sub><sup>q</sup>. Pizarras y cuarcitas a veces potentes (punteado). D<sub>4</sub><sup>q</sup>. A veces diferenciable en parte alta de D<sub>4</sub>. D<sub>3-4</sub>. Pizarras y calizas. D<sub>4</sub>. Caliza del pico Gabiedou. D<sub>2</sub>. Caliza de aspecto masivo de pátina blanca. D<sub>1</sub>. Alternancia de caliza con niveles pelíticos. S. Pizarras ampelíticas.

tante puras (dms-ms). Algún banco de espesor pluridecamétrico (trama de puntos en el mapa). Niveles con lenticular-bedding (cm). Considerada como «serie de Sia» (síntesis cartográfica de MAJESTE-MENJOUAS, 1979).

D<sub>4</sub><sup>q</sup>. A veces diferenciable en la parte superior de la unidad D<sub>4</sub> por: el menor espesor de los bancos de cuarcita, presencia de pizarras verdes cloritosas y tramos de alternancia de calizas (dm) y arenisca marrón calcárea (dm). «Green formation» de VAN LITH.

D<sub>3-4</sub>. Pizarras con tramos de alternancia de caliza (dms) y niveles pelíticos (cms); uno de estos tramos tiene mayor entidad y relieve hacia la parte alta de la unidad (p. ej., al Oeste del lago superior de La Munia). Tanto por la posición litoestratigráfica como por la fauna citada por VAN LITH se correlaciona bien con niveles comparables (D<sub>3</sub>+D<sub>4</sub><sup>v</sup>) del área del valle del Gállego (L. M. RÍOS *et al.*, 1980) y del valle del Ara (F. BODEGA *et al.*, 1980).

D<sub>4</sub>. Caliza del pico Gabiedou. Siguiendo a VAN LITH consideramos a esta caliza como equivalente del tramo superior («upper limestone formation») de unidad anterior, si bien hay que admitir un cambio hacia caliza más masiva así como un aumento de potencia tanto en este tramo como en las pizarras infrayacentes del pico de Bouneu.

D<sub>2</sub>. Caliza masiva de pátina blanca. Corresponde a la «dalle» de BRESSON (1903). Regionalmente, se presenta con espesor considerable (100-200 m.) desde el área del río Gállego (formación Pacino de VALERO, 1974), área del río Ara (F. BODEGA *et al.*, 1980), hasta la región de Benasque (formación Castanesa o Basibé de los geólogos de Leiden). Datada como Devónico Inferior (BOERSMA, 1973) en regiones más orientales.

D<sub>1</sub>. Alternancia (dm-m) de calizas con niveles pelíticos («barrégienne»). Se la observa al pie del escarpe de la caliza D<sub>2</sub> en el circo Barrosa. Correlacionable con la formación Mandillar de VALERO (1974) y con la formación Rueda en la región de Benasque.

S. Pizarras ampelíticas fisibles. Aparece en el circo de Barrosa en la base del manto, así como en pequeños afloramientos en la misma posición estructural en la ventana de La Larri.

En la «serie de Sia» hay presentes potentes niveles de cuarcita análogamente a como observamos en el río Ara durante el XXVI Campamento. Esta serie viene por debajo de calizas en las que está datado el Devónico Medio y por encima de niveles igualmente atribuibles al Devónico Medio.

La interpretación de VAN LITH, el cual consideraba a esta serie como Carbonífero, le obligaba a trazar fallas delimitando el contorno de cada una de sus áreas cartográficas. Esta solución es artificiosa y complicada. Los hechos de observación aparecen de manera más simple.

En algún caso, como al N de Comodoto, la potencia de la «serie de Sia» está muy disminuida por causas tectónicas, pero aun así se conserva la relación de super-

posición de la caliza del Comodoto (igual a la caliza de La Canau) sobre la serie con cuarcitas.

En otros casos se producen disarmonías entre las formaciones de diferente comportamiento tectónico, pero en conjunto se conservan las situaciones relativas como en el corte de la figura 3. Asimismo, la caliza D<sub>5</sub> está mucho más plegada y es disarmonica con relación a la formación calcárea D<sub>6</sub>-H del pico Chinipro. La disarmonía se produce a favor de la unidad D<sub>5-6</sub> (de abundante pizarra), que además del plegamiento presenta diversas dislocaciones. Además, la formación D<sub>6</sub>-H probablemente se despegó de esta serie infrayacente D<sub>5-6</sub>, como parece indicar la ausencia, en algunos puntos, de sus términos basales probablemente por laminación tectónica. (Señalemos que el sinclinal visible en la serie D<sub>6</sub>-H del Chinipro se produjo tardíamente estando la esquistosidad principal basculada al sur en el flanco norte).

Aun en este caso y en general como muestra la cartografía (fig. 2), se mantienen las situaciones relativas del cuadro litoestratigráfico de la figura 1.

Así pues, la edad de la «serie de Sia», al menos de la así denominada en la zona por nosotros estudiada (fig. 2), es Devónico, lo que nos reafirma en nuestra primera impresión (L. M. RÍOS *et al.*, entregado en 1978, libro homenaje al profesor Solé Sabarís, Acta Geológica, en prensa) y más precisamente Devónico Medio. Esta serie hay que situarla en el marco de un detritismo (pelítico, pero también arenoso, según cambios laterales de facies) importante dentro del Devónico (L. M. RÍOS *et al.*, entregado en 1979, Memoria de la Hoja de Bielsa 1:50.000, IGME, en prensa; L. M. RÍOS *et al.*, entregado en 1980, Alto Gállego, libro homenaje al profesor J. M. RÍOS, IGME, en prensa) y que tiene un desarrollo considerable en el Devónico Medio del Pirineo Central persistiendo en el Devónico Superior.

Ello no tiene nada que ver con el Carbonífero detrítico, el cual es grauwacoso, de colores oscuros, con restos de plantas, elementos blandos en algunos bancos psamíticos, y presenta en suma una facies perfectamente análoga a la de otras partes del Pirineo, donde es bien conocido y datado.

Por otra parte recalquemos que el Devónico Inferior, clásicamente considerado como pelítico, es en su mayor parte calcáreo como en las zonas de los ríos Gállego y Ara y del río Esera, así como en regiones más orientales.

#### 3.2. Terminación occidental del manto del Cotiella

En el Eoceno del área de Escalona y de Ceresa, por debajo del contacto tectónico de base del semi-klippe de la caliza de Peña Montañesa, hemos cartografiado varias escamas tectónicas en las que se repite la sucesión anormal: margas de plataforma sobre margas de talud. La flecha acumulada de desplazamiento es de unos 6 Km. como mínimo. Ese desplazamiento del manto del Cotiella es anterior al corrimiento y arco tectónico de la unidad de Monte Perdido, ya que al Noroeste de Ceresa un eje anticlinal N-S de este arco deforma el contacto de base

de una de esas escamas. Dicho desplazamiento del manto del Cotiella, por consideraciones más amplias, se deduce que:

- 1) Sería posterior al cabalgamiento de La Atiart, el cual fue bien visto por SOLER y GARRIDO (1970).
- 2) Es el responsable del arco tectónico de la cuenca de Ainsa.
- 3) Es inmediatamente anterior al depósito de los conglomerados de Campanué, de acuerdo con la idea de SEURET (1970), los cuales ya no se ven afectados por los ejes N-S.

En lo que se refiere a esa componente (mayor de 6 Km.) del desplazamiento del Cotiella, el contacto tectónico de base no puede salir de nuevo al aire hacia el Sur y permanece intracutáneo, análogamente a lo que ocurre con el contacto tectónico de base de la unidad de Monte Perdido en la Hoja de Broto (L. M. RÍOS *et al.*, 1980, MAGNA).

La brevedad de esta memoria no nos permite extendernos en más explicaciones. No obstante, en un trabajo de próxima publicación, presentamos estos resultados de manera más detallada y encuadrándolos dentro de los rasgos más generales de la tectónica del área.

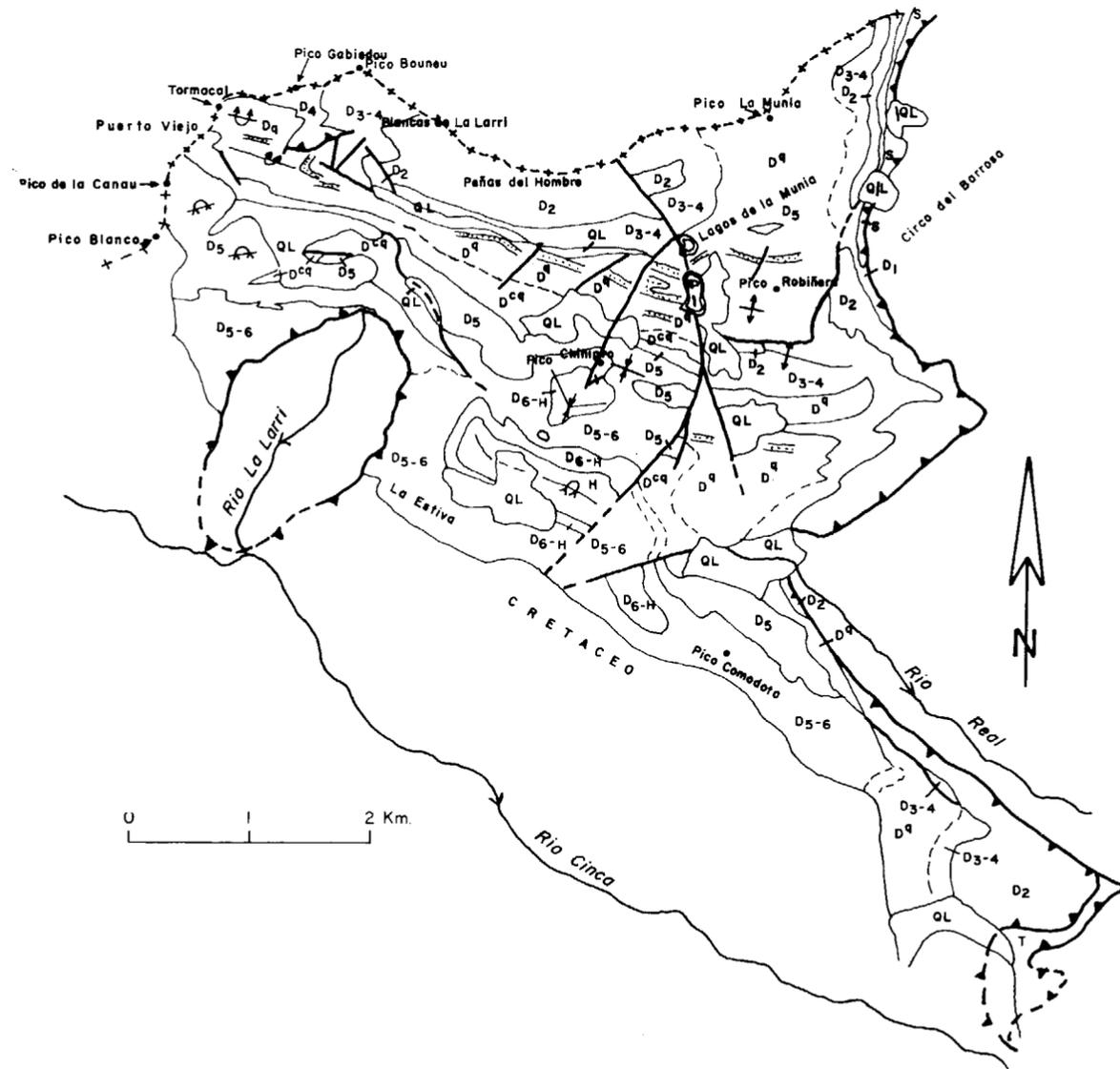


Figura 2

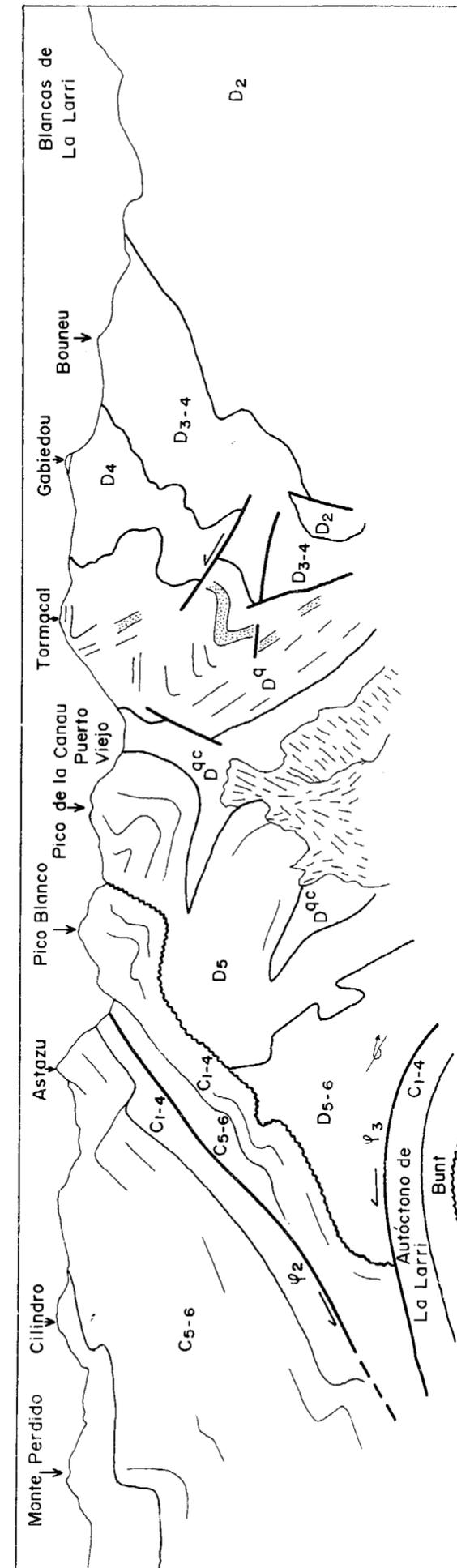


Figura 3.—Esquema sobre foto panorámica tomada desde el pico Chimpro hacia el Oeste. Serie del Devónico según la transversal de la cresta fronteriza al Oeste de La Larrri (explicación de símbolos en fig. 1).  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  y  $\phi_3$ , contacto tectónico de base de las unidades de Monte Perdido y de Gavarnic, respectivamente.

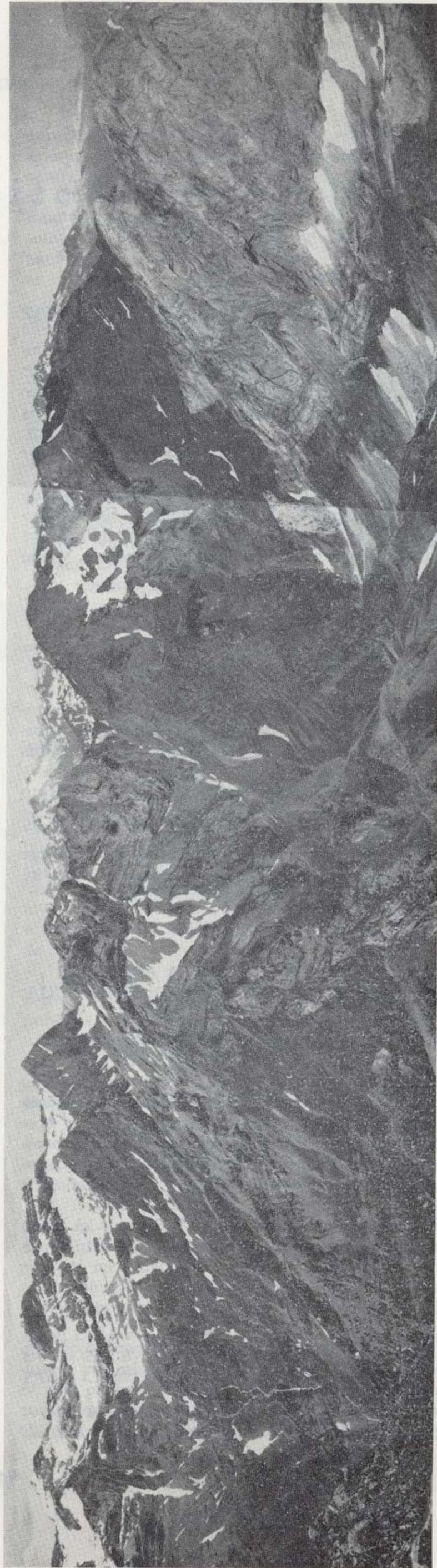
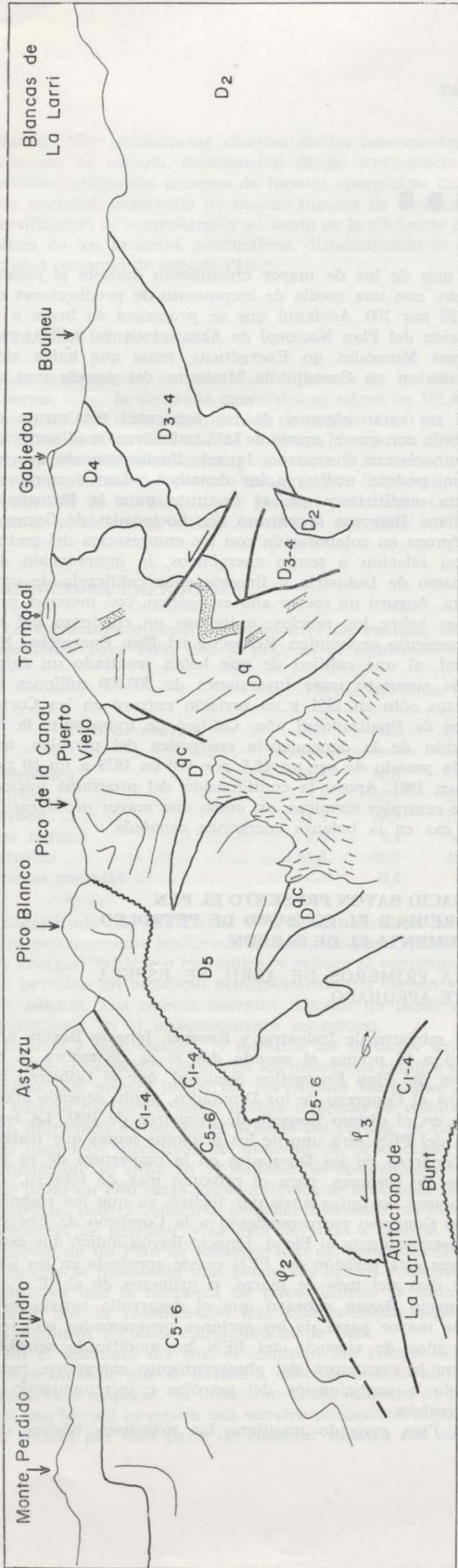


Figura 3.—Esquema sobre foto panorámica tomada desde el pico Chinipro hacia el Oeste. Serie del Devónico según la transversal de la cresta fronteriza al Oeste de La Larri (explicación de símbolos en fig. 1).  $\varphi_2$  y  $\varphi_3$ , contacto tectónico de base de las unidades de Monte Perdido y de Gavarnie, respectivamente.

## Noticias

### EXPLORACION EN EL MAR

El Servicio de Geología Marina del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha iniciado la prospección de la plataforma continental en la costa de Almería. Se intentará con estos trabajos, entre otros, determinar si los yacimientos auríferos de Rodalquilar, cuya mina terrestre ha sido explotada durante largo tiempo con contenidos superiores a 10 gramos por tonelada en algunos casos, ha podido dar nacimiento a los aluviones mineralizados en el mar.

La misión en el mar, que se ha desarrollado a principios de 1981, ha permitido la realización de 500 kilómetros de perfiles «uniboom» sobre líneas perpendiculares a la costa, espaciadas aproximadamente 500 metros, yendo hasta la isobara menos 80 metros.

### APARECE AGUA SUBTERRANEA EN MUNIESA (TERUEL)

Ha aparecido en Muniesa (Teruel) un caudal subterráneo de agua de 28 litros por segundo, debido a las prospecciones realizadas en la zona que, como otros lugares de España, viene sufriendo una gran sequía.

Estos sondeos, que han sido realizados por el Instituto Geológico y Minero, lograrán que estos lugares sufran en menor proporción la sequía existente.

Por su parte, la Diputación Provincial piensa realizar en los próximos meses los trabajos necesarios para incorporar este caudal a la red de abastecimiento.

### DURANTE SU INTERVENCION EN LA APERTURA DEL CURSO 81-82 DEL CLUB ESPAÑOL DE LA MINERIA: IGNACIO BAYON AUGURO UN MEJOR AÑO ENERGETICO Y MAS AYUDAS PARA LA MINERIA

Dentro de una intervención muy genérica y en la que abordó temas muy relacionados con la industria española en general, Ignacio Bayón auguró un relanzamiento económico, una mejor situación energética y una mayor prosperidad para la minería en el conjunto de su intervención en la apertura del curso 81-82 del Club Español de la Minería.

Si bien su disertación estaba programada bajo el título «Perspectivas de los Minerales Españoles», Ignacio Bayón realizó un resumen general de las actividades en las que está actuando su departamento, por lo que abordó temas como el de la alimentación, electrónica, tecnología industrial, entre otros.

En relación con el tema minero, que se abordó con mayor profusión dentro del coloquio celebrado con posterioridad a la intervención del ministro, Ignacio Bayón aseguró que el sector minero era uno de los que mayor apoyo había recibido de la Administración, además de

ser uno de los de mayor crecimiento durante el pasado bienio, con una media de incremento de producciones de un 20 por 100. Adelantó que se procederá en breve a la revisión del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no Energéticas, tema que había sido tratado en un Consejo de Ministros del pasado mes de julio.

Al no estar algunos de los asistentes totalmente de acuerdo con que el apoyo de la Administración al sector de la minería era el acuerdo, Ignacio Bayón anunció que, en breve, podrán utilizarse los derechos mineros como garantía crediticia y que el Instituto para la Pequeña y Mediana Empresa organizará dos Sociedades de Garantía Recíproca en colaboración con los empresarios del sector.

Con relación a temas energéticos, la intervención del ministro de Industria y Energía cabe calificarla de optimista. Auguró un mejor año energético, con menores presiones sobre los precios, e incluso un comienzo del relanzamiento económico. Respecto del Plan Energético Nacional, al que calificó de que había resultado un éxito, había supuesto unas inversiones de 500.000 millones de pesetas sólo en 1981 y su revisión entrará en las Cortes antes de finalizado el año. Calificó de importante la reducción de la dependencia energética del petróleo, que había pasado de ser un 68,5 por 100 en 1979 a un 60 por 100 en 1981. Apoyó la continuación del programa nuclear y de centrales térmicas, así como una mayor proliferación del gas en la balanza energética española.

### IGNACIO BAYON PRESENTO EL PEN SE REDUCE EL CONSUMO DE PETROLEO Y AUMENTA EL DE CARBON

PARA PRIMEROS DE ABRIL SE ESPERA ESTE APROBADO

El ministro de Industria y Energía, Ignacio Bayón, presentó a la prensa el pasado día 30 de diciembre la revisión del Plan Energético Nacional, que el Gobierno remitirá al Congreso de los Diputados, según acuerdo adoptado en el último Consejo de Ministros de 1981. La revisión del PEN será uno de los primeros temas que tratará el Congreso de los Diputados en la reapertura de su período de sesiones, para el próximo mes de febrero.

Aunque no quiso adelantar fechas, ya que los trabajos en el Congreso corresponderán a la Comisión de Energía y posteriormente al Pleno, Ignacio Bayón indicó que espera que esta revisión del PEN quede aprobada en los últimos días del mes de marzo, o primeros de abril.

Ignacio Bayón subrayó que el desarrollo satisfactorio de la mayor parte de las acciones programadas en estos dos años de vigencia del PEN ha modificado sensiblemente la estructura del abastecimiento energético, reduciendo la participación del petróleo e incrementando la del carbón.

El Plan revisado mantiene los principios básicos del

Plan de 1979: moderación efectiva de los incrementos de consumo de energía, disminución de la dependencia del petróleo, utilización máxima de fuentes energéticas de origen nacional, desarrollo de nuevas fuentes de energía, diversificación de suministros y aumento de la eficiencia energética en los procesos productivos, disminuyendo la elasticidad consumo de energía-PIB.

### DEMANDA DE ENERGIA

Las estimaciones actuales del Ministerio de Industria y Energía sobre la demanda energética se cifran en 105,1 millones de toneladas equivalentes de carbón (tec) en 1981; 124,2 millones en 1985 y 152,1 millones de tec en 1990. El incremento del autoabastecimiento deberá alcanzar, como mínimo, al final del período cubierto por la previsión, el 45 por 100 de las necesidades globales de energía (actualmente, la cobertura interior es del 34 por 100).

### ESTRUCTURA ENERGETICA

La estructura porcentual de fuentes de energía, en estimaciones para 1981, 1985 y 1990, es la siguiente:

Tipo de energía	Participación en %		
	1981	1985	1990
Hidráulica ... ..	11,3	10,0	9,2
Nuclear ... ..	3,4	10,6	15,1
Carbón ... ..	21,3	24,3	22,8
Gas natural ... ..	2,6	5,4	6,1
Petróleo ... ..	61,4	49,3	45,2
Nuevas energías ... ..	—	0,4	1,6

Comparada con el PEN de 1978, la actualización de 1982 deja prácticamente inalterada la cuota de participación de las energías nuclear e hidráulica, y reduce la participación del petróleo, en beneficio principalmente del carbón y del gas natural. Las nuevas energías jugarán un papel complementario en el abastecimiento energético.

Explicó a continuación el ministro las distintas tendencias que el Gobierno seguirá en los diferentes campos energéticos. En primer lugar, las previsiones realizadas para la energía hidráulica están hechas teniendo en cuenta un año hidráulico medio. En el aspecto del carbón, se tratará por medio de incentivos de aumentar la producción, que actualmente se sitúa en 34 millones de toneladas, y tiene que llegar en 1990 hasta los 40 millones de toneladas. Como contraste, deberá reducirse considerablemente nuestra dependencia de petróleo, y se está llevando a cabo la construcción de un Plan de Reconversión de Refinerías (FCC), para que se produzcan más productos ligeros y menos pesados, ya que la demanda de estos últimos es cada vez menor por la reconversión que está teniendo lugar en los distintos sectores consumidores de fuel.

En el apartado del gas, el ministro dio cuenta del esfuerzo inversor que se llevará a cabo durante el año que ahora va a empezar. Se invertirán 23.000 millones de pesetas, con lo cual se espera que nuestra producción aumente. Se tratará por otra parte de conectar nuestra red con la

européa, a fin de asegurar nuestros suministros. En cuanto a la nuclear, se continuará con el plan de construcción de centrales de este tipo, que nos permitirá que, en 1990, no se consuma en España nada de fuel con fines eléctricos. Finalmente, en nuevas tecnologías, se espera que las fuentes solar y eólica tengan, dentro de ocho años, una participación importante.

### 1981, AÑO CLAVE EN LA EJECUCION DEL PEN

Días antes a la finalización de 1981, el ministro de Industria y Energía hizo también una valoración del recién acabado 1981, sobre el que destacó la importancia que había tenido para el lanzamiento de la situación económica española en el próximo año. «En primer lugar —dijo— ha sido un año clave en la ejecución del Plan Energético Nacional en el que se han obtenido unos resultados alentadores en lo que respecta a la disminución de la dependencia del petróleo, de ahorro de energía, de aplicación de una política de precios realistas y de preparación de la revisión del propio PEN.

En segundo lugar dijo que había sido el año en que se ha hecho el planteamiento de la reconversión industrial. Y no sólo se ha quedado esto en el planteamiento —dijo el señor Bayón— sino que se han aprobado las normas de rango de ley necesarias para poner en funcionamiento ese plan de reconversión industrial.»

### APOYAR LA INICIATIVA PRIVADA: OBJETIVO DE 1982

El titular de Industria y Energía, señor Bayón, se reunió también con representantes de la Junta directiva de la Confederación Empresarial Independiente de Madrid (CEIM) ante los que dijo que uno de los objetivos prioritarios para 1982 sería el de apoyar en nuevos campos a la iniciativa privada y pública con el fin de dinamizar la economía industrial. Para lograrlo citó las siguientes líneas de actuación:

1. Impulsar los planes de inversión, por medio de la reconversión industrial, el PEN, los planes de empresas públicas y los de acción territorial.
2. Renovación tecnológica para que nuestras empresas sean competitivas en el exterior. En este tema, el Estado colaborará para disminuir el riesgo del empresario a la hora de realizar esta innovación.
3. Apoyo especial a las pequeñas y medianas empresas. El ministro hizo especial referencia al fomento de las sociedades de garantía recíproca.
4. Nuevos sectores industriales. El señor Bayón resaltó la dificultad de aportar por los sectores con más futuro, pero dijo que «el sector de la electrónica e informática tiene indudablemente una gran capacidad de expansión».

### GARCIA-LOYGORRI EN EL CLUB DE LA MINERIA: BUENAS PERSPECTIVAS, A MEDIO PLAZO, PARA LA MINERIA ESPAÑOLA

«La Administración está apostando fuerte por el sector minero, tanto en lo que se refiere a los minerales energé-

tics como a los no energéticos, porque está convencida de que, a pesar de las crisis industriales que padecemos, la minería es uno de los sectores con más futuro de nuestra economía», ha manifestado el Director General de Minas, Adriano García-Loygorri, en el curso de su intervención en el Club de la Minería.

Tras referirse a las notorias dificultades que, de un tiempo a esta parte, como consecuencia de una recesión de la demanda de minerales, se viene observando en los mercados internacionales, Adriano García-Loygorri ha subrayado los estímulos presupuestarios (33.658 MP para 1982) a la minería del carbón, la investigación geológica y tecnológica y a las ayudas que tanto el Plan Energético Nacional como el Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no energéticas dedican a la minería. Estas ayudas se complementan con una generosa política de exenciones fiscales y créditos oficiales que se justifican en estos momentos ante la necesidad de prever una salida a la crisis económica; la sustitución de importaciones (50 por 100 del consumo nacional), y las posibilidades que desde el punto de vista minero supone la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea.

En este contexto, hay que recordar que durante el bienio 79-80 el valor de la producción minera no energética ha crecido un 20 por 100 en términos reales. En cuanto a la producción de carbón, los resultados de 1981 suponen un crecimiento del 52 por 100 sobre la producción de 1979, como un paso importante del esfuerzo que ha permitido duplicar la producción nacional de carbón en los últimos cinco años.

Por todas estas razones, el Director General de Minas ha formulado un llamamiento a los industriales mineros para realizar un esfuerzo inversor en unas condiciones aparentemente adversas, desde el punto de vista de las dificultades que se observan coyunturalmente en algunos subsectores, toda vez que hay motivos que justifican a medio plazo una política de crecimiento.

Adriano García-Loygorri ha concluido su intervención afirmando que, «más allá de los problemas que hoy tiene el mineral de hierro, las potasas o algunos metales básicos la minería española tiene ante sí un horizonte tan dilatado, al menos, y tan brillante como el que ha quedado atrás».

## INFORME

El Instituto Geológico y Minero de España ha presentado su memoria correspondiente al año 1980. De ella se ofrece, en el presente informe, el capítulo dedicado a Recursos Minerales y a algunos de los resultados obtenidos por el IGME en la investigación de nuevos recursos. Las actuaciones del Instituto Geológico se han desarrollado en inventarios de minerales como el wolframio, plomo, cinc, hierro, estaño, manganeso, entre otros, con actividades importantes en Galicia y Andalucía.

## RECURSOS MINERALES

Las acciones en el campo de Recursos Minerales durante 1980 se enmarcaron dentro del Plan Nacional de

Abastecimiento de Materias Primas Minerales (PNAMPM) y del Plan Energético Nacional (PEN).

## INFRAESTRUCTURA METALOGENETICA Y MINERA

Se han realizado trabajos de exploración sistemática del territorio nacional que han comprendido concepción, organización, asesoramiento del programa, actividades de campo, con formación de personal, trabajos de análisis e informática, con adquisición de aparatos de espectrómetros de plasma y otro de absorción atómica, acondicionándose un laboratorio, y se han iniciado los intercambios de tecnología entre España y Francia, tanto en los aspectos anteriores como en los de interpretación geoquímico-metalogénica, en los que se programaron acciones piloto.

## MAPA MINERO, ESCALA 1:1.000.000

Dentro del Programa de actuaciones de carácter general que recomienda el PNAMPM, en el capítulo de Cartografía Básica y Estudios Generales, por lo que respecta a la Cartografía Metalogénica y Minera a diversas escalas, se han preparado para su publicación el mapa minero de España, a escala 1:1.000.000 en el que, sobre una base geológico-estructural, se representan las minas existentes en España, mediante círculos para la minería activa y triángulos para la minería básica: el color las sustancias beneficiadas y el diámetro la importancia del depósito.

## MAPA METALOGENETICO DE LA CORUÑA

Igualmente y sobre una base litoestratigráfica en la que resaltan con tramos los dominios orogénicos, se ha preparado para su publicación el mapa metalogénico de la provincia de La Coruña a escala 1:200.000 en el que representan los indicios minerales conocidos y se resaltan los diferentes metalotectos.

Siguiendo en la línea de actuación de 1979, se inició la revisión de las Hojas números 79 (Murcia) y 84-85 (Almería-Garrucha) del mapa metalogénico, a escala 1:200.000.

## ESTUDIOS MINEROS DE GALICIA Y ANDALUCIA

Se ha realizado el análisis gráfico de la cobertura por estudios mineros en Galicia y Andalucía. Los mapas temáticos dibujados han sido los siguientes: mapa de situación de los estudios de cartografía; mapa de situación de los estudios de geoquímica; mapa con la situación de los estudios de geofísica terrestre; mapa con la situación de los estudios de evaluación y geofísica aérea; mapa con la situación de los estudios de mineralometría; mapa con la situación de sondeos, balsas y escombreras mineras; mapa con la situación de las Hojas de rocas industriales y metalogénicas.

Los estudios generales más sobresalientes consisten en la selección de áreas cubiertas con posibilidades mineras, en el noroeste de España, en el que mediante la superposición de estudios geomorfológicos, de actividad sísmica, de datos geofísicos y el reconocimiento de imágenes de satélite, se deducen cuáles son las áreas recubiertas que,

aparentemente ofrecen mayor interés minero y por consiguiente deben ser objeto preferente de futuras investigaciones.

Otro estudio de carácter general, de gran interés, es el realizado en la región extremeña, de análisis, valoración y ordenación de la potencialidad minera de la región.

## INVENTARIOS DE WOLFRAMIO, PLOMO, CINCO Y HIERRO

En el capítulo de Inventario y Exploración de recursos geológicos y mineros, se terminó el inventario del wolframio, iniciado en 1979 en el que se determinaron unos recursos seguros, económicamente explotables de 7.600 toneladas de WO<sub>3</sub> y unos recursos probables de 17.500 toneladas WO<sub>3</sub>.

Igualmente se ha realizado el inventario de los recursos nacionales de plomo y cinc, incluidos los contenidos en sulfuros polimetálicos obteniéndose como recursos seguros, económicamente explotables 3.331.339 toneladas de plomo y 7.785.305 toneladas de cinc.

Otro inventario finalizado en 1980 es el de recursos nacionales de hierro, del que se han determinado 270 millones de toneladas de recursos seguros, económicamente explotables.

## INVESTIGACION DE RECURSOS MINERALES

Dentro del Plan de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no Energéticas, durante 1980 se ha proseguido la investigación de distintos recursos minerales entre los que destacan los siguientes:

### ESTAÑO Y MANGANESO

En la investigación para estaño, manganeso y otros elementos, en la reserva «Alcañices» (Zamora) se han localizado 101 indicios de diversas sustancias, de los que la mayoría corresponden a manganeso. De ellos se han seleccionado unos 12 en los que hay que realizar una más detallada investigación.

### WOLFRAMIO EN SALAMANCA Y EXTREMADURA

En Salamanca se ha dedicado especial atención a las mineralizaciones de scheelita del área de Santa Genoveva. La existencia de zonas con mineralizaciones en principio interesantes hace necesario proseguir las labores de investigación iniciadas, con el fin de determinar las posibilidades de algunas de dichas zonas.

En Extremadura se ha descubierto un total de 5.278 toneladas WO<sub>3</sub> que se consideran como recursos y que precisan de una más detallada investigación para la confirmación de su existencia y economicidad.

### SULFUROS POLIMETALICOS

En la reserva de «Cerro Muriano» se ha descubierto y delimitado, por geofísica y sondeos mecánicos, una masa

de sulfuros con unos recursos de 250.000 toneladas, con el 0,5 por 100 Cu: otros sondeos localizados al norte de la citada masa, han cortado una zona mineralizada en piritacalcopirita que pudiera corresponder a una nueva masa, que se proyecta investigar en un futuro próximo.

En la reserva «Suroeste» se ha completado la investigación del área Castaño del Robledo-Fuenteheridos, habiéndose abandonado la misma, pues si bien se han localizado determinadas áreas mineralizadas, la ley de las minas no permite su explotación económica.

### INDICIOS DE CROMITA Y MAGNETITA

En la provincia de Badajoz, se ha localizado un indicio de cromita y magnetita que puede resultar de gran interés, habiéndose abandonado la zona cromífera de Cabo Ortegá, tras ponerse de manifiesto su baja economicidad.

Finalmente se han desarrollado trabajos para rocas ornamentales, caliza y caolín en diversas provincias.

### EXPLORACION DE CUENCAS LIGNITIFERAS

Dentro del Plan Energético Nacional se ha proseguido la exploración e investigación general de lignitos, hullas y antracitas, además de la delimitación de áreas con posibilidades de rocas bituminosas.

Se ha proseguido con intensidad el plan general iniciado en 1979 habiéndose desarrollado trabajos de investigación en cuencas intramontanas de la región gallega, áreas pirenaicas y subpirenaicas en Tuixent, San Lorenzo de Morunys, Tremp Montsech, Laguarres-Cajigar Sosis, Cordillera Ibérica, área de Foz-Calanda, Alcaudete en Jaén-Málaga y Mazagón (Huelva). Se han iniciado los trabajos en la zona de Uña (Cuenca) y Loja-Santa Fe (Granada).

En Galicia, se han cartografiado 12 cuencas, se han estudiado por geofísica otras 10 y se han sondeado en otras 5.

También se van a comenzar trabajos más localizados en San Lorenzo de Morunys donde los sondeos han puesto de manifiesto la continuidad en profundidad de los horizontes lignitíferos.

En Foz-Calanda tras la determinación de los diferentes ambientes sedimentarios, se deducen mejores posibilidades para el área de Estercuel-Gargallo.

### INVESTIGACION GENERAL DE HULLAS Y ANTRACITAS

Se ha dedicado gran esfuerzo al estudio a escala 1:100.000 de la cuenca de El Bierzo, en razón de su elevado potencial de reservas.

Se ha aplicado a este área el estudio general realizado en 1979 sobre viabilidad de explotación a cielo abierto de parte de los paquetes de carbón; las posibilidades son interesantes pues la determinación previa permite estimar como «reservas muy probables», de acuerdo con la catalogación hecha en el Inventario de Recursos de Carbón, 3.219.430 toneladas.

Otras áreas investigadas han sido: La Justa Aramil en la cuenca central asturiana; Viñón Libardon, también en Asturias y Barruelo en Palencia.

Se han obtenido resultados positivos en la primera, pues

se piensa en el flanco oeste del sinclinal de La Justa, en las proximidades del río Nalón, que alberga buenas posibilidades con vistas a un yacimiento oculto y hay también posibilidades de explotación a cielo abierto.

#### EXPLORACION DE ROCAS BITUMINOSAS

Finalizada la exploración general, se estudiaron durante 1980 las zonas indicadas en las recomendaciones obtenidas a lo largo de la ejecución de la misma.

En la cuenca Terciaria de Rubielos de Mora, se ha logrado definir una zona concreta de buenas perspectivas. Se están ultimando los cálculos para determinar el potencial de roca conteniendo una media cercana a los 40 litros/tonelada.

#### DESARROLLO MINERO Y MINERALURGICO

Dentro del PNAMPM se han desarrollado las siguientes actividades:

- Ensayos de los aprovechamientos de los carbonatos de plomo de la zona de Santa Eufemia (Córdoba) de la reserva de Almadén, en los que se han logrado recuperaciones de plata entre el 74 y 77 por 100 con leyes comprendidas entre 2.480 gramos Ag/tonelada y 2.210 gramos Ag/tonelada permiten deducir que, hasta 200 metros de profundidad existe un potencial recuperable posible de unas 32.000 toneladas de Pb y 80.000 kilogramos de Ag.
- Estudios sobre concentración y recuperación de los finos de scheelita en depósitos minerales españoles. Se ha determinado que, si bien las recuperaciones obtenidas son aceptables, las leyes de los concentrados difícilmente alcanzan contenidos comerciales.
- Para aumentar estas leyes, sería necesario acudir a molineras especiales y alto consumo de reactivos, cuyos altos costes no haría económica su recuperación.
- Se proseguirá con la revisión y actualización de la metalogenia de áreas seleccionadas, en las que se desarrollará el Programa de Exploración Sistemática del Territorio Nacional.

Dentro del PEN se han realizado cuatro proyectos con el objetivo común de conseguir el ahorro energético concretamente de fuel-oil, en la industria cerámica.

En ellos se han inventariado más de 2.500 yacimientos de arcilla, valorándose para obtener formulaciones cerámicas que produzcan ahorro energético.

La temperatura de cocción en la actualidad es de 950° C; se consigue un ahorro energético que supone una reducción estimada de un 20 por 100 de combustible.

Actualmente se está procediendo a su verificación en proceso industrial.

#### DESARROLLO DE LAS NORMAS UNE PARA MINERIA

El catálogo actual de Normas UNE para minería es escaso y la mayor parte de las normas existentes han quedado anticuadas.

El IGME en cumplimiento de sus fines se propone colaborar en la elaboración de un cuerpo de Normas UNE que permita alcanzar los objetivos del PEN, y sirva de apoyo tanto a la Administración como al fabricante y al exportador. En este sentido, se ha iniciado con la colaboración de ENADIMSA y de AITEMIN, la redacción de una serie de normas sobre elementos de mecanización de laboreo, elementos de sostenimiento, cables eléctricos para interior y desmuestre de carbones. En la actualidad siete Normas han superado la fase de elaboración y serán enviadas al Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) para seguir la tramitación normal previa a su publicación.

#### INFORMES PRECEPTIVOS

Durante el transcurso del año 1980 se comprobaron, prepararon y tramitaron expedientes, informes y escritos sobre los asuntos que a continuación se relacionan:

50 informes preceptivos sobre expedientes de concesiones directas de explotación.

4 informes preceptivos sobre prórrogas de permisos de investigación.

2 informes preceptivos sobre expedientes de Reservas Definitivas.

10 informes preceptivos sobre expedientes de Reservas Provisionales.

10 solicitudes de inscripción de Reservas Provisionales.

4 solicitudes de transferencia de investigación de Reservas Provisionales.

5 solicitudes de cancelación de inscripción de Reservas Provisionales.

3 solicitudes de levantamiento de Reservas Provisionales.

30 informes sobre permisos de investigación.

5 informes sobre permisos de exploración.

32 informes sobre Reservas Provisionales.

También se celebraron varias reuniones sobre coordinación de investigación en reservas del estado preparando cuadros y planos informativos.

#### RESULTADOS OBTENIDOS EN INVESTIGACION DE RECURSOS MINERALES

##### HIERRO

###### Reserva del Suroeste

334 perfiles.  
76.733 estaciones.  
14.455 metros perforados.  
Recursos: 98 millones de toneladas.

###### Subsector I —Vizcaya y Santander—

9.983 metros perforados en 41 sondeos.  
Recursos: 50 millones de toneladas.

###### Noroeste

72 km<sup>2</sup> de magnetometría terrestre.  
5.500 m<sup>3</sup> de calicatas.  
25.000 metros perforados en 200 sondeos.  
Recursos: 100 millones de toneladas.

###### Subsector V —Málaga («Sierras Blancas»)—

1.554 metros perforados en 13 sondeos.  
Recursos: 6 millones de toneladas.

###### Subsector VI —Granada-Almería («Zona Alquife-Marquesado y Sierra Nevada»)—

66 perfiles.  
5.664 estaciones.  
42 sondeos.  
Recursos: 65,15 millones de toneladas.

###### Subsector VII —Centro-Levante («Almohaja-Sierra Menera-Pedregals»)—

7.000 metros perforados en 92 sondeos.  
42.900 metros de calicatas eléctricas y SEV.  
Recursos: 6,5 millones de toneladas.

###### Moncayo

2.750 metros perforados.  
Recursos: 910.000 toneladas.

###### Sierra de la Demanda

97 sondeos eléctricos y 20 mecánicos.

###### Subsector VIII —Murcia-Albacete-Córdoba-Jaén—

Se han estimado Reservas de:

	Toneladas
Murcia-Albacete ... ..	14.440.000
Córdoba ... ..	6.650.000
Jaén ... ..	10.210.000

#### PLATA Y ORO

###### Reserva de Hiendelaencina (Guadalajara)

3.316 metros de sondeos.  
Resultados: Probar la continuidad del filón en una longitud de 1.200 metros y la existencia de Ag en profundidad.

#### CARBON

###### Lignitos (Meirama)

1,24 km<sup>2</sup> de superficie.  
90 sondeos.  
5.000 metros perforados.  
100 millones de toneladas cubicadas.

#### TURBA

25 millones de toneladas en todo el país.

#### ROCAS BITUMINOSAS

###### Puertollano

200 millones de toneladas con contenido medio de 100 litros/tonelada de aceite.

#### ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS

##### ESTANO-WOLFRAMIO

###### Galicia

79 sondeos.  
3.438 metros perforados.  
Reservas: 88.200 kilogramos de W y 15.000.000 kilogramos de Sn.

###### Subsector IV —Extremadura—

20 sondeos.  
3.900 metros perforados.  
6.294 km<sup>2</sup> estudiados.  
Recursos minerales: 5.000 toneladas de W.

#### PLOMO-CINC-COBRE

###### Reserva Azuaga-Fuenteovejuna-Cerro Muriano (Badajoz-Córdoba)

2.200 metros de sondeos.  
Recursos: 240 toneladas de Zn, 1.200 toneladas de Pb.

###### Zona de Navalespino

9 filones.  
22 sondeos.  
2.060 metros perforados.

###### Zona de Alanis-Cerro Muriano (Córdoba-Badajoz-Sevilla)

5 sondeos.  
880 metros perforados.

###### Valle Alcudia

170 SEV sobre 2.250 hectáreas.

###### Reserva sur de Murcia

40 sondeos.  
8.173 metros perforados.  
95.000 toneladas de Pb metal en La Unión.  
Recursos: 165.000 toneladas de Zn metal en Mazarrón.

###### Reserva estatal del SO (Huelva-Sevilla-Badajoz)

Reservas de 300.000 toneladas de mineral de alta ley en Pb-Zn.

#### III CURSO DE POSTGRADUADOS SOBRE FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOLOGICA

La Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, a través del Departamento de Geomorfología y Geotecnia, organiza el III Curso de Postgraduados sobre Fundamentos de Ingeniería Geológica.

Este Curso tiene por finalidad prestar una formación básica en Geología Aplicada a la Ingeniería y sus principales aspectos relacionados con la Geotecnia.

El Curso está dirigido a titulados superiores con amplia formación geológica.

El Curso tendrá lugar entre el 29 de marzo y el 4 de mayo de 1982.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA GENERAL

11385. **Sistema Geodésico de Referencia 1980 y Datum Europeo 1979**, CATURLA, J. L.

*Bol. Inf. Serv. Geográf. Ejército* (1981), núm. 49, pp. 9-15, esp., ref. (3), bibl. IGME.

\* Geodesia, Geoda, Elipticidad, Red geodésica, Sistema Geodésico de Referencia 1981.

11386. **El Sistema Geodésico de Referencia 1980 (Conclusión)**, PALADINI, A.

*Bol. Inf. Serv. Geográf. Ejército* (1981), núm. 49, pp. 17-24, esp., bibl. IGME.

\* Geodesia, Elipticidad, Red Geodésica, Ecuación matemática, Potencial terrestre, Elipsoide equipotencial, Campo gravimétrico, Sistema Geodésico de Referencia 1980.

11387. **XIV Congreso Internacional de Fotogrametría en Hamburgo**, OREJA, V.

*Bol. Inf. Serv. Geográf. Ejército* (1981), núm. 49, pp. 45-54, esp., bibl. IGME.

\* Reunión, Fotogrametría, Cartografía automática, Instrumentación, Inventario, Hamburgo 1980, Alemania RFA.

11416. **Bibliografía de Don Jesús Eloregui Izazusta**, MA-RIEZKURRENA, K.

*Munibe* (1980), 32, núms. 3-4, pp. 169-177, esp., ref. 179, bibl. IGME.

\* Paleontología, Arqueología, Geología, Bibliografía personal.

11628. **Sobre los recursos minerales de la provincia de Salamanca. Métodos de investigación: Métodos de exploración**, GARCIA SANCHEZ, A.; SAAVEDRA ALONSO, J., y GARCIA PLAZA, A. S.

*Temas de divulgación* (1980), núm. 2, pp. 22-31, esp., bibl. IGME.

\* Monografía, Prospección biogeoquímica, Prospección hidrogeoquímica, Prospección minera, Método geofísico, Muestreo.

### GEOLOGIA REGIONAL

11417. **Les Systems Urgoniens et les Paysages du Guipúzcoa (Pays-Basque)**, RAT, P.

*Munibe* (1980), 32, núms. 3-4, pp. 179-193, fra., ref. (28), bibliografía. IGME.

\* Relieve estructural, Caliza, Marga, Arcilla, Aptiense, Albiense, Urgoniense, Sedimentación bioquímica, Medio

agua poco profunda, Tectónica de zócalo, Tectónica de covertera, Provincia Burgos.

11429. **Els aspectes de la historia geologica de la Mediterrania Occidental fins al Mioceno mitja**, FONTBO-TE, J. M.

*Trab. Inst. Cat. Hist. Nat* (1981), núm. 9, p. 7, cat., ref. (11), bibl. IGME.

\* Bibliografía Mioceno sup., Mar Mediterráneo Oeste.

11430. **Particularitats de las comunitats dels esculls Messinians (Mioceno superior) i significacio de llur preservacio parcial a la Mediterrania actual**, ESTEBAN, M.

*Trab. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), núm. 9, p. 9, cat., ref. (9), bibl. IGME.

\* Bibliografía, Mioceno sup., Mar Mediterráneo Oeste.

### ESTRATIGRAFIA

11384. **Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajo realizado en el 26 Campamento para prácticas de Geología «Torla 1980»**, BODEGA, F.; RIOS, L. M.; LANAJA, J. M., y FRUTOS, E.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 6, pp. 760-762, esp., bibl. IGME.

\* Corte geológico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, Río Ara, Torla, Provincia Huesca, Pirineos Españoles.

11435. **Canvis de nivell y de salinitat de la mediterrania occidental durant el Neogen i el quaternari**, RIBA, O.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), núm. 9, pp. 45-62, cat., res. fra., ref. (113), bibl. IGME.

\* Transgresión, Regresión, Agua mar, Salinidad, Temperatura, Eustatismo, Neógeno, Cuaternario, Fauna, Cataluña, Región Valenciana, Baleares, Mar Mediterráneo oeste.

11444. **Recopilación y análisis de datos. Estudios y trabajos realizados para petróleo, agua y minería**, ENADÍMSA.

*Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha. Informe 10633* (1979), pp. 25-86, esp., bibl. IGME.

\* Síntesis bibliográfica, Sondeo, Geofísica, Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Secundario, Paleógeno, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Roca volcánica, Roca ígnea, Orogenia Alpina, Puertollano, Provincia Ciudad Real.

11551. **Inaugural adress. The concepts of biostratigraphy: The viewpoint of a stratigrapher**, REGUANT, S.

*Acta Geol. Hisp.* (1981), 16, núms. 1-2, pp. 3-5, ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Estratigrafía, Biofacies, Teoría, Bioestratigrafía.

11564. **Estudio geológico en el sector de Carce-Salinas. Zona prebética (provincias de Murcia y Alicante)**, RODRIGUEZ ESTRELLA, T.; GRANADOS, L.; SAAVEDRA, J. L., y GONZALEZ ASENSIO, A.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 4, pp. 527-548, esp., res. fra., ref. (5), bibl. IGME.

\* Corte geológico, Corte sondeo, Secundario, Terciario, Cuaternario, Cabalgamiento, Falla horizontal, Diapiro, Corrimiento gravedad, Zona Bética, Provincia Murcia, Provincia Alicante.

11582. **Investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero. Sistemas núms. 8 y 12. Características generales de la región**, IGME.

*Colecc. Inf.* (1980), pp. 23-26, esp., bibl. IGME.

\* Terciario, Cuaternario, Sedimentación detrítica, Evaporación, Eluvión granítico, Conglomerado, Terraza, Climatología, Cuenca Duero, Taux sedimentación, Provincia León, Provincia Burgos, Provincia Palencia, Provincia Valladolid, Provincia Salamanca, Provincia Zamora.

11598. **La sucesión estratigráfica del complejo esquisto-grauwáquico al sur de Salamanca**, DIAZ BALDA, M. A.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 131-138, esp., res. ing., ref. (16), bibl. IGME.

\* Sinclinal, Corte geológico, Esquisto, Grauwaca, Conglomerado, Nivel guía, Correlación, Cámbrico, Formación Aldeatejada, Formación Monterrubio, Provincia Salamanca.

### GEOMORFOLOGIA

11436. **Els canyons submarins del margen continental Catala**, SERRA, J.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), núm. 9, pp. 63-67, cat., res. fra., ref. (9), bibl. IGME.

\* Cañón marino, Morfología, Marga continental, Batimetría, Mioceno sup., Plioceno, Cuaternario, Mar mediterráneo, Cataluña.

11566. **Determinación de ciclos geomorfológicos mediante análisis estadístico. Aplicación a la zona de Don Benito (Badajoz)**, RECREO, F.; SOLA, R., y TENA, J.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 4, pp. 558-567, esp., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Ciclo erosión, Teoría, Ecuación matemática, Programa ordenador, Provincia Badajoz, Don Benito, Programa Topo.

### GEOLOGIA MARINA

11413. **Aspectes de la geologia marina de la conca mediterranea Balear durant el Neogen**, RIBA, O.

*Mem. R. Acad. Cienc. Artes. Barc.* (1981), 45, núm. 1, pp. 3-115, cat., res. ing., esp., ref. (700), bibl. IGME.

\* Neógeno, Relieve submarino, Método sísmico, Transgresión, Regresión, Eustatismo, Mioceno sup., Messiniense, Meotense, Andalucense, Correlación, Evaporita, Petróleo, Reserva, Estudio crítico, Bibliografía personal, Mar Mediterráneo oeste.

### GEOLOGIA DEL INGENIERO

11263. **El método de la convergencia-confinamiento y las soluciones de Ruppelinet, Stavroguin y Fotiyeba**, SANTOS MIÑON, J., y QUERA MIRO, J.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 11, esp., res. ing., ref. (16), bibl. IGME.

\* Método matemático, Deformación, Túnel, Propiedad geotécnica, Roca, Estabilidad, Ruppelinet, Stavroguin, Fotiyeba, Convergencia-confinamiento.

11264. **Medidas constructivas especiales utilizadas en un túnel de la variante de Villena. CN-330**, ALBEROLA NAVARRO, J.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 5, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Inyección, Túnel, Carretera vía, Anticlinal, Fractura, Caliza, Cretáceo sup., Villena, Provincia Alicante.

11265. **Técnicas modernas de excavación. Experiencias en la perforación de túneles de sección reducida**, GUI-TART, J. L., e IBARROLA, A.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 5, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Perforación, Túnel, Propiedad geotécnica, Roca, Ensayo laboratorio, Subterráneo, Sección reducida.

11266. **Comportamiento del bulonado en función de la calidad de la roca**, MORENO TALLON, E.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 7, esp., res. ing., ref. (2), bibl. IGME.

\* Anclaje, Túnel, Carretera vía, Propiedad geotécnica, Roca, Clasificación Bieniawski.

11267. **Excavación con topo, sostenimiento y revestimiento. Túneles de Regueral y Carbayín**, RODRIGUEZ DE LA RUA, A.; RODRIGUEZ SANCHEZ, J., y FERNANDEZ MARTINEZ, R.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 6, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Excavación, Estabilización, Túnel, Vía comunicación, Caliza, Arenisca, Devónico, Pizarra, Carbonífero, Ferrocarril, Candas, Carbayín, Asturias.

11268. **Comunicaciones sesión técnica núm. 2. Urbanismo subterráneo**, SOCIEDAD ESPAÑOLA MECANIA DE ROCAS.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 44, esp., res. ing., ref. (23), bibl. IGME.

\* Reunión, Túnel, Propiedad geotécnica, Subterráneo.

11269. **Criterios para la elección de una máquina integral de ejecución de túneles en arcillas**, MONTEJO URIOL, R., y GONZALEZ-GARZON MONTES, E.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 5, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Perforación, Túnel, Propiedad geotécnica, Arcilla, Productividad, Subterráneo.

11270. **Túneles urbanos recientemente perforados con «topos» en ciudades de los EE. UU. Técnicas convencionales y no convencionales.** ASKILSRUD, O. G., y KENNEDY, E. R.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Perforación, Túnel, Instrumentación, Propiedad geotécnica, Roca, Subterráneo.

11271. **Predicción de asientos producidos por la excavación de túneles.** MOYA, J. F.; OTEO, C., y SAGASETA, C.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 9, esp., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Asiento, excavación, Túnel, Acción preventiva, Subterráneo.

11272. **Métodos utilizados para predecir los efectos en construcciones próximas, originadas por la apertura de un túnel urbano.** PEREZ SAIZ, A.; OTEO MAZO, C., y SAGASETA MILLAN, C.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 8, esp., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.

\* Túnel, Metro, Gneis, Micaesquisto, Propiedad geotécnica, Asiento, Piezometría, Arcilla, Arena, Subterráneo, Caracas, Venezuela.

11273. **Obras subterráneas en zonas urbanas: reducción de los asentamientos y de las perturbaciones en el entorno.** LOUIS, C., y VIDAL FONT, J.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 3, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Asiento, Estabilidad, Túnel, Roca, Suelo, Subterráneo.

11274. **Ruido y vibraciones producidas por la circulación de trenes de metro.** VALERIO, J., y OTEO, C.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 9, esp., res. ing., ref. (10), bibl. IGME.

\* Propagación ruido, Onda acústica, Propiedad acústica, Suelo, Protección medio ambiente.

11275. **Comunicaciones sesión técnica núm. 3. Almacenamientos subterráneos.** SOCIEDAD ESPAÑOLA MECANICA DE ROCAS.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 52, esp., res. ing., ref. (24), bibl. IGME.

\* Reunión, Almacenamiento subterráneo, Mecánica de rocas.

11276. **Los condicionantes geológicos, geotécnicos y mineros para la constitución de almacenamientos subterráneos en España.** AYALA CARCEDO, F. J., e HIDALGO BAYO, E.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 8, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Inventario, Almacenamiento subterráneo, Hidrocarburo, España.

11277. **Estudio de viabilidad técnico-económico para un almacenamiento subterráneo de hidrocarburos en Vigo.** FERNANDEZ ARRIBAS, J. R., y ALVAREZ IGLESIAS, G.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 7, esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Estudio viabilidad, Almacenamiento subterráneo, Hidrocarburos, Gneis, Propiedad geotécnica, Ensayo in situ, Ensayo laboratorio, Estabilidad, Vigo, Provincia Pontevedra.

11278. **Almacenamiento de residuos radiactivos en macizos graníticos: Análisis de la microfisuración térmica.** MONTOTO, M.; MONTOTO, L.; ROSHOFF, K.; LEIJON, B., y BEL-LAN, A.

*Simposio sobre uso industrial del subsuelo* (1981), 15, esp., res. ing., ref. (16), bibl. IGME.

\* Almacenamiento subterráneo, Desecho radiactivo, Granito, Microfisura, Acción calor, Petrofábrica, Dato microscopio electrónico, Tratamiento dato, Imagen, Sección pulida, Lámina delgada, Análisis digital de imágenes, Stripa, Suecia.

## PALEONTOLOGIA. GENERALIDADES

11428. **Biogeografía de la Mediterraña occidental.**

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 1-181, cat., ref. (disem), bibl. IGME.

\* Reunión, Biogeografía, Mar Mediterráneo oeste.

11433. **Microdispersio i especiaco de planaires d'aigues dolces a la Mediterraña occidental: El paper de la fragmentación i la migració de microplaques.** BAGUNA, J.; SALO, E., y ROMERO, R.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 23-38, cat., res. ing., ref. (23), bibl. IGME.

\* Fósil viviente, Filogenia, Distribución espacial, Teoría, Tectónica placa, Microplaca, Terciario, Mar Mediterráneo oeste.

11437. **La distribució de la Nematofauna muscicola y l'iquenícola als illots del País Valencià.** GADEA, E.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 69-73, cat., res. ing., ref. (6), bibl. IGME.

\* Fósil viviente, Medio litoral, Distribución espacial, Isla, Nematofauna, Región Valenciana, Mar Mediterráneo oeste.

11441. **Distribució dels Diaptomíds Iberics en relació amb arees geogràfiques properes: factors històrics i ecològics.** ALONSO, M., y ARMENGOL, J.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 135-145, cat., ref. (12), bibl. IGME.

\* Copepoda, Fósil viviente, Distribución espacial, Migración, Paleocología, Diaptómidos, Europa, España, África del Norte.

## PALEONTOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS

11438. **Dades mineralògiques del jaciment fòssilífer de la Font del Talló per a l'estudi paleoecològic de la cunxa**

**miocènica de Bellves.** BECH, J.; TOMAS, J., y VALLEJO, V. R.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 78-82, cat., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Yacimiento fosilífero, Nódulo, Arcilla, Génesis, Composición mineralógica, ATD, ATG, Microfósil, Mioceno, Provincia Gerona.

11601. **Sobre dos Nautilídeos Aptienses hallados en el nordeste español.** CALZADA, S., y VIADER, J. M.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 163-167, esp., res. ing., ref. (10), bibl. IGME.

\* Nautiloidea, Aptiense, Biometría, Cymatoceras Neckarianum, Encymatoceras Plicatum, Morella, Garraf, Provincia Castellón, Provincia Barcelona.

11602. **Protogrammoceras y Fuciniceras (Ammonoidea, Hildoceratacea) del Carixiense superior en las Cordilleras Béticas (Andalucía, España).** BRAGA, J. C., y RIVAS, P.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 169-176, esp., res. ing., ref. (15), bibl. IGME.

\* Ammonoidea, Hildoceratacea, Biometría, Bioestratigrafía, Pliensbachense, Carixiense, Protogrammoceras, Fuciniceras, Zona Bética, Provincia Granada.

11603. **Una interpretación de la ornamentación en el N. striatus (Brug.), B. MASACHS, V.**

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 177-180, esp., res. ing. fra., ref. (2), bibl. IGME.

\* Nummulitidae, Nummulites, Concha, Ornamentación exterior, Nummulites striatus.

## PALEONTOLOGIA DE LOS VERTEBRADOS

11380. **Nuevos datos sobre la bioestratigrafía del Ampurdán.** GIBERT, J.; AGUSTI, J., y MOYA, S.

*Bol. Geol. Min.* (1981), 91, núm. 6, pp. 705-712, esp., res. ing., ref. (9), bibl. IGME.

\* Lagomorfa, Insectívora, Miomorfa, Mioceno sup., Vallesiense, Plioceno medio, Prolugus, Galerix, Hispanomys, Megacricetodon, Kowalskia, Cricetus, Valerimys Occitanomys, Castillomys, Paraethomys, Parapodemus, Muscardinus, Turolense inf., Ruscinense, inf., La Bisbal, Olivas, Camallera, Vilafant, Ampurdán, Provincia Gerona.

11381. **Algunas observaciones al artículo un ave y otras especiales fósiles nuevas.** LACASA RUIZ, A.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 6, pp. 713-715, esp., res. fra., ref. (7), bibl. IGME.

\* Estudio crítico, Aves, Taxinomia, Barriasiense, Purbekiense, Paleoutina, La Pedrera de Meia, Provincia Lérida.

11420. **Icnitas de Dinosaurios en Bretun (Soria).** AGUIRREZABALA, M., y VIERA, L. I.

*Munibe* (1980), 32, núms. 3-4, pp. 257-279, esp., res. ing. baq., fra., ref. (2), bibl. IGME.

\* Ichnites, Dinosauria, Arenisca, Neocomiense, Weald, Microfósil, Bretun, Provincia Soria.

11431. **Migracions i endemismes de Mamífers a la Península Ibérica durant el neogen.** AGUSTI, J., y GIBERT, J.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 11-17, cat., res. fra., ref. (10), bibl. IGME.

\* Mammalia, Migración, Neógeno, Hippomorfa, Deinotherioidea, Elephantioidea, Ruminantia, Ceratomorfa, Miomorfa, Suiforme, Fissipeda, Insectívora, España, Asia, Europa, África.

11432. **Variants del poblament entomològic de la Península Ibérica.** ESPANOL, F.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 19-22, cat., bibl. IGME.

\* Fósil viviente, Coleopteroida, Distribución espacial, Paleogeografía, Terciario, Cuaternario, España.

11434. **Les formigues granívores de la Mediterrània occidental.** ESPADALER, J.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, pp. 39-44, cat., res. ing., ref. (44), bibl. IGME.

\* Fósil viviente, Hymenopteroidea, Distribución espacial, Migración, Paleogeografía, Terciario, España, Italia.

11599. **Camelido finimioceno en Venta del Moro. Primera cita para Europa Occidental.** MORALES, J.; SORIA, D., y AGUIRRE, E.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 139-142, esp., res. ing., ref. (21), bibl. IGME.

\* Tilopoda, Camelidea, Biogeografía, Mioceno sup., Provincia Valencia.

11600. **Percrocuta y Adcrocuta (Hyaenidae, mammalia) en el mioceno superior del área de Teruel.** SORIA, A.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 143-161, esp., res. ing., ref. (28), bibl. IGME.

\* Fissipeda, Hyaenidae, Diente, Mandíbula, Biometría, Bioestratigrafía, Mioceno sup., Percrocuta minor, Percrocuta gigantea, Adcrocuta eximia, Provincia Teruel.

## TECTONICA

11376. **Estructura de superposición de plegamientos en el borde NE de la cadena Ibérica.** SIMON GOMEZ, J. L.

*Acta Geol. Hisp.* (1980), 15, núm. 5, pp. 137-140, esp., res. ing., ref. (8), bibl. IGME.

\* Tectónica cobertura, Tectónica superpuesta, Pliegue, Pliegue superpuesto, Pliegue flexura, Despegue, Modelo físico, Secundario, Terciario, Tectónica de plegamiento, Alaiya, La Cañadilla, Los Olmos, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

11379. **Estructura de superposición compleja en la Cordillera Bética, Región de los Montes de Málaga.** GALVEZ, R., y OROZCO, M.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 6, pp. 697-704, esp., res. ing., ref. (4), bibl. IGME.

\* Tectónica superpuesta, Pliegue, Pliegue isoclinal, Pliegue asimétrico, Pliegue conjugado, Pliegue superpuesto, Esquistosidad, Lineación, Tectónica de plegamiento, Montes de Málaga, Provincia Málaga, Zona Bética.

11479. **Area de Jabacas. 2.2. Tectónica y metamorfismo.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina Ma-*

ría Luisa (Huelva). *Memoria* (1980), pp. 23-27, esp., bibl. IGME.

\* Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Pliegue, Pliegue isoclinal, Falla, Escala, Metamorfismo progresivo, Paragénesis, Area de Jabacas, Provincia Huelva.

11482. **Area de Mina María Luisa. 3.2. Tectónica y metamorfismo.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva). Memoria* (1980), pp. 47-50, esp., bibl. IGME.

\* Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Esquistosidad, Pliegue, Metamorfismo, Paragénesis, Mina María Luisa, Provincia Huelva.

11591. **El sistema de diques cónicos de Gran Canaria y la estimación estadística de sus características.** HERNAN, F., y VELEZ, R.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 65-73, esp., res. ing., ref. (16), bibl. IGME.

\* Dique, Roca volcánica, Estructura anular, Hipocentro, Modelo matemático, Ecuación matemática, Canarias, Gran Canaria.

11597. **Determinación puntual del elipsoide de deformación hercínico que afectó a braquiópodos y nódulos ordovícicos (puerto de San Vicente, sinclinal de Guadarrama) en los Montes de Toledo occidentales.** MARTIN SCORZA, C., y MARTIN MONTALVO, I.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núm. 1-2, pp. 123-129, esp., res. ing., ref. (20), bibl. IGME.

\* Sinclinal, Deformación, Braquiópodo, Nódulo, Geometría, Representación gráfica, Microtectónica, Elipsoide de deformación, Provincia Toledo.

## HIDROGEOLOGIA

11390. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 1-78, esp., bibl. IGME.

\* Provincia hidrogeológica, Acuífero, Recursos agua, Demanda, Previsión, Provincia Málaga, Provincia Cádiz, Provincia Granada.

11391. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental: 2. Marco físico.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 15-22, esp., bibl. IGME.

\* Provincia hidrogeológica, Precipitación atmosférica, Acuífero, Geología estructural, Provincia Málaga, Provincia Cádiz, Provincia Granada.

11392. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental: 3. Demandas. 4. Recursos hidráulicos. 5. Grado de adecuación de los recursos a las demandas.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 23-60, esp., bibl. IGME.

\* Provincia hidrogeológica, Planificación cuenca hidrológica, Recursos agua, Demanda, Previsión, Mapa agua, Mapa provisional, Año 2000, Provincia Málaga, Provincia Cádiz, Provincia Granada.

11393. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del**

**Sur de España. Sector Occidental: Serranía de Ronda.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 63-64, esp., bibl. IGME.

\* Acuífero, Recursos agua, Mármol, Trías, Caliza, Jurásico, Marga, Cretácico, Flysch, Cabalgamiento, Mapa hidrogeológico, Serranía de Ronda, Ronda, Provincia Málaga.

11394. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental: El alto Guadalhorce.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 65-66, esp., bibl. IGME.

\* Acuífero, Mármol, Trías, Caliza, Jurásico inf., Calcarenita, Mioceno, Bombeo, Agotamiento, Calidad agua, Cuenca alta río Guadalhorce, Provincia Málaga, Provincia Granada.

11395. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental: Los Torcales.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 67-68, esp., bibl. IGME.

\* Acuífero, Karst, Caliza, Jurásico inf., Recursos agua, Manantial, Caudal, Mapa hidrogeológico, Sierra del Valle de Abdalagis, Sierra de Chimenea, Sierra del Torcal de Antequera, Sierra de las Cabras, Sierra de Camarolas, Provincia Málaga.

11396. **Investigación hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España. Sector Occidental: Bajo Guadalhorce.** IGME.

*Colecc. Inf.* (1981), pp. 69-70, esp., bibl. IGME.

\* Manto aluvial, Manto cautivo, Marga, Plioceno, Exploración, Reserva, Recurso agua, Calidad agua, Cuenca baja río Guadalhorce, Málaga, Provincia Málaga.

## MINERALOGIA. GENERALIDADES

11401. **Electrogen: Equipo para la medición de índices de refracción a partir de la reflectancia. Descripción técnica.** VENDRELL SAZ, M.; PAGES, A. y ALBARFONTE, F.

*Gemología* (1980), 13, núms. 47-48, pp. 5-9, esp., bibl. IGME.

\* Diamante, Índice refracción, Propiedad óptica, Metodología, Electrogen, Reflectancia.

11402. **Defectos reticulares y color de las gemas.** SOLANS HUGUET, J., y DOMENECH, M. V.

*Gemología* (1980), 13, núms. 47-48, pp. 9-22, esp., ref. (6), bibl. IGME.

\* Gema, Color, Defecto cristalino, Amazonita, Topacio, Diamante, Fluorita, Cuarzo.

11403. **CIBJO: Reglas en el comercio de los diamantes.** FARRAS, J.

*Gemología* (1980), 13, núms. 47-48, pp. 23-31, esp., bibl. IGME.

\* Diamante, Calidad, Normalización.

11594. **Estudio de cristalizaciones naturales. II Evolución morfológica en cristales zonados.** AMOROS, J. L., y BARRERA, J. L.

*Estud. Geol., Esp.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 93-102, esp., res. ing., ref. (13), bibl. IGME.

\* Cristal zonado, Crecimiento cristalino, Plagioclasa, Velocidad, Geometría, Interfase, Grupo plagioclasa.

## PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

11373. **Volcanismo jurásico del sector valenciano de la Cordillera Ibérica. Distribución y trama estructural.** ORTI CABO, F., y VAQUER NAVARRO, R.

*Acta Geol. Hisp.* (1980), 15, núm. 5, pp. 127-130, esp., res. ing., ref. (11), bibl. IGME.

\* Piroclástico, Traciblastico, Lineamiento, Manifestación volcánica, Jurásico, Tectónica roca, Tectónica de fractura, Orogenia hercínica, Tardihercínica, Provincia Teruel, Provincia Castellón, Provincia Valencia, Macizo Ibérico.

11377. **Observaciones petrográficas y tectónicas sobre las ofitas del área de Aulet, Prepirineo meridional, prov. de Huesca.** LAGO SAN JOSE, M., y POCOVI JUAN, A.

*Acta Geol. Hisp.* (1980), 15, núm. 5, pp. 141-151, esp., res. fra., ref. (31), bibl. IGME.

\* Dolerita, Ofita, Textura, Paragénesis, Composición mineralógica, Análisis mayores, Cálculo petrográfico, Datación, Birrefringencia, Microtectónica, Fractura, Dinámica, Trías superior, Aulet, Provincia Huesca.

11383. **Rocas carbonatadas de la zona de Ivrea, Norte de Italia.** AREVALO, P.; SCHMID, R., y WEIBEL, M.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 6, pp. 732-759, esp., res. ing., ref. (33), bibl. IGME.

\* Roca carbonatada, Composición mineralógica, Dato mineral, Aureola metamórfica, Inclusión, Química, Piroxeno, Anfíbol, Calcita, Escapolita, Feldespato, Análisis químico, Fórmula, Propiedad óptica, Pie de monte, Marmore, Kalksilikatfelse, Ivrea.

11478. **2. Area de Jabacas. 2.1. Estratigrafía y Petrología.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva). Informe 10634* (1980), pp. 3-23, esp., bibl. IGME.

\* Roca metamórfica, Génesis, Anatexia, Metagabro, Ortoanfíbolita, Metabasita, Plagioclasa, Minerales accesorios, Paragénesis, Area de Jabacas, Provincia Huelva.

11481. **3. Area de Mina María Luisa. 3.1. Estratigrafía y Petrología.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva). Informe 10634* (1980), pp. 38-47, esp., bibl. IGME.

\* Roca metamórfica, Vulcanosedimentario, Composición mineralógica, Metabasita, Dolerita, Metadiabasa, Mina María Luisa, Provincia Huelva.

11486. **3. Características geológicas de los depósitos sedimentarios de La Laguna.** GONZALEZ DE VALLEJO, L.

*Influencia de la génesis mineralógica y fábrica en las propiedades geotécnicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife)* (1979), pp. 57-180, esp., bibl. IGME.

\* Rift, Roca volcánica, Composición alcalina, Mioceno, Análisis mayores, Morfodinámica, Manto colgado, Sedimentación albufera, Medio albufera, Arcilla, Granulometría, Difracción RX, Diagrama polvo, Espectrometría IR, Composición mineralógica, Estructura suelo, Microestructura, Tesis, La Laguna, Canarias Tenerife.

11568. **Las rocas plutónicas de Colmenar Viejo (Madrid).** OCHOA, G.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 4, pp. 586-599, esp., res. ing., ref. (14), bibl. IGME.

\* Roca ígnea, Adamellita, Granodiorita, Granitización, Génesis roca ígnea, Alta temperatura, Orogenia hercínica, Calculo petrográfico, Composición mineralógica, Análisis modales, Colmenar Viejo, Provincia Madrid.

11590. **La región volcánica neógena del sureste de España.** LOPEZ RUIZ, J., y RODRIGUEZ BADIOLA, E.

*Estud. Geol.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 6-36, esp., res. ing., ref. (150), bibl. IGME.

\* Roca volcánica, Composición calcoalcalina, Composición alcalina, Composición potásica, Neógeno, Andesita, Dacita, Clasificación, Nomenclatura, Composición mineralógica, Diagrama equilibrio, Metamorfismo progresivo, Génesis, Enclave roca, Análisis mayores, Paragénesis, Orogenia Alpina, Zona Bética, Provincia Almería, Provincia Murcia.

11593. **Estudio del metamorfismo de contacto producido por la intrusión del plutón granítico de La Cabrera (Sistema Central Español).** BELLIDO, F.

*Estud. Geol.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 85-92, esp., res. ing., ref. (23), bibl. IGME.

\* Pizarra, Esquisto, Metamorfismo contacto, Plutón, Facies metamorfismo, Transformación, Diagrama equilibrio, Presión, Temperatura, Orogenia hercínica, Provincia Madrid.

## SILICATOS

11567. **Mineralogía y mineralogénesis de los depósitos de talco de la Serranía de Ronda (Málaga).** RODAS, M.; GALAN, E., y LA IGLESIA, A.

*Bol. Geol. Min.* (1980), 91, núm. 4, pp. 568-585, esp., res. ing., ref. (24), bibl. IGME.

Talco, Grupo clorita, Difracción RX, Error, ATG, Espectrometría IR, Microsonda electrónica, Análisis mayores, Composición mineralógica, Serranía de Ronda, Provincia Málaga.

11569. **La arcilla líftica en la obtención de porcelanas de alta resistencia mecánica. I. Materias primas.** SANDOVAL, F., y GONZALEZ PENA, J. M.

*Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio* (1981), 20, núm. 2, pp. 105-112, esp., res. ing. fra., alen., ref. (13), bibl. IGME.

\* Arcilla, Caolín, Grupo arcilla mineral, Propiedad fisicoquímica, Composición mineralógica, Análisis mayores, Difracción RX, Granulometría, Superficie específica.

11570. **Estudio de pastas de loza feldespato-calcáreas. I. Características de las materias primas utilizadas.** RIO, F. del; ALARCON, J., y GUILLEM, C.

*Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* (1981), 20, núm. 2, pp. 93-98, esp., res. ing., fra., alem., ref. (4), bibl. IGME.

Arcilla, Caolín sustancia, Análisis mayores, ATD, ATG, Difracción RX, Composición mineralógica, Grupo arcilla mineral.

11596. **Cloritas en sedimentos postorogénicos de las depresiones de Granada y Guadix-Baza. Estudio Cristalográfico.** NIETO, F.; ORTEGA, M., y SEBASTIAN, E.

*Estud. Geol.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 111-121, esp., res. ing., ref. (10), bibl. IGME.

\* Clorita, Clasificación, Alteración, Alteración química, Hierro, Oxidación, Constante reticular, Parámetro cristalino, Grupo clorita, Depresión Granada, Depresión Guadix-Baza, Zona Bética, Andalucía.

## NO SILICATOS

11595. **Deformación de sulfuros: Estudio de las texturas de deformación de la arsenopirita (FeAs<sub>2</sub>); Análisis de los sistemas de dislocación.** CAMPA, V. A.

*Estud. Geol.* (1980), 36, núms. 1-2, pp. 103-100, esp., res. ing., ref. (17), bibl. IGME.

Arsenopirita, Deformación, Macla, Grupo espacio, Constante reticular, Parámetro cristalino.

## YACIMENTOLOGIA. GENERALIDADES

11571. **Los procesos de formación de arcillas y su importancia en la utilización industrial.** CAMPOS, M.

*Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr.* (1981), 20, núm. 2, pp. 89-92, esp., res. ing., fra., alem., ref. (8), bibl. IGME.

Roca ígnea, Composición ácida, Arcilla, Génesis, Alteración, Alteración química, Hidratación, Hidrólisis, Ion, Movilidad.

11616. **Aún es una incógnita el futuro minero de Guinea Ecuatorial.**

*Minerpress* (1980), núm. 25, esp., bibl. IGME.

Acuerdo internacional, Prospección minera, Programa, ENADIMSA, Madrid, GEMSA, España, Guinea Ecuatorial.

11627. **Sobre los recursos minerales de la provincia de Salamanca. Métodos de investigación: Potencial minero de la provincia y tipos de yacimientos.** GARCIA SANCHEZ, A.; SAAVEDRA ALONSO, J., y GARCIA PLAZA, A. S.

*Temas de divulgación* (1980), núm. 2, pp. 11-21, esp., bibl. IGME.

Inventario, Yacimiento mineralógico, Génesis yacimiento, Morfología yacimiento, Índice mineral, Provincia Salamanca.

## YACIMENTOLOGIA DE MINERALES

11375. **Nota sobre las mineralizaciones de fluorita del Tagamanent, Barcelona.** FONT, X., y VILADEVALL, M.

*Acta Geol. Hisp.* (1980), 15, núm. 5, pp. 135-136, esp., res. ing., ref. (4), bibl. IGME.

Fluorita sustancia, Filón campo, Geometría, Roca encajante, Paragénesis, Minerales coexistente, Tagamanent, Provincia Barcelona.

11477. **Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva). Memoria.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva)*, Informe 10634 (1980), pp. 1-61, esp., bibl. IGME.

Yacimiento volcánico, Volcán sedimentario, Roca metamórfica, Roca carbonatada, Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Sulfuro de cobre, Sulfuro de hierro, Magnetita, Esfalerita, Provincia Huelva.

11480. **2. Area de Jabacas. 2.3. Mineralización. 2.4. Conclusiones.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva)*, Informe 10634 (1980), pp. 27-37, esp., bibl. IGME.

Paragénesis, Singénesis, Alta temperatura, Presión, Yacimiento diseminación, Sulfuro de cobre, Sulfuro de hierro, Magnetita, Blenda, Prospección minera, Programa, Provincia Huelva.

11483. **3. Area de Mina María Luisa. 3.3. Mineralización. 3.4. Conclusión y recomendaciones.** INGEMISA.

*Exploración minera en las áreas de Jabacas y Mina María Luisa (Huelva)*, Informe 10634 (1980), pp. 50-61, esp., bibl. IGME.

Sulfuro de cobre, Sulfuro de hierro, Esfalerita, Magnetita, Yacimiento diseminación, Paragénesis, Reserva, Mina María Luisa, Provincia Huelva.

## CARBON

11445. **Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha. Informe.** ENADIMSA.

*Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha*. Informe 10633 (1979), pp. 1-93, esp., ref. (58), bibl. IGME.

Carbón, Ciclo sedimentario, Reserva, Producción, Síntesis bibliográfica, Escala estratigráfica, Prospección minera, Programa, Sondeo, Geofísica, Pliégue, Sinclinal, Falla, Estefaniense, Corte geológico, Orogenia hercínica, Orogenia Alpina, Puertollano, Provincia Ciudad Real.

## GEOFISICA. GENERALIDADES

11476. **Exploración magnética.** LOGACHEV, A. A., y ZAJAROF, V. P.

*Exploración magnética* (1978), esp., ref. (16), bibl. IGME.

Planeta Tierra, Campo magnético, Roca, Propiedad magnética, Método magnético, Lava magnética, Magnetometría, Instrumentación, Metodología.



## SISMOLOGIA

11372. **Propagación y atenuación de las ondas Rayleigh en el Océano Atlántico.** CANAS, J. A.

*Acta Geol. Hisp.* (1980), 15, núm. 5, pp. 121-126, esp., res. ing., ref. (32), bibl. IGME.

Onda Rayleigh, Atenuación onda, Velocidad grupo, Velocidad fase, Factor Q, Modelo regionalizado, Océano Atlántico.

## ENERGIA

11609. **Real Decreto 483/1981.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

*Legis. ind.* (1981), pp. 701-702, esp., bibl. IGME.

Legislación, Fiscalía, Importación, Carbón, Política estado.

11614. **Política española del carbón. España producirá este año unos 26 millones de toneladas.**

*Minerpress* (1980), núm. 17, esp., bibl. IGME.

Carbón, Producción, Investigación, Política estado, España.

11615. **Modificación de la ley de Minas con especial atención a los recursos minerales energéticos.** CONGRESO DE DIPUTADOS.

*Minerpress* (1980), núm. 25, esp., bibl. IGME.

Legislación minera, Energía, Política estado, España.

11617. **Resumen de la intervención del Comisario de Energía ante el Club Español de la Minería.**

*Minerpress* (1980), núm. 26, p. 7, esp., bibl. IGME.

Energía, Política estado, Carbón, Importación, España.

11620. **Los cambios en los programas de abastecimiento de petróleo en el mundo.** ZAKI YAMANI, S. A.

*Minerpress* (1980), núm. 49, 14, esp., bibl. IGME.

Histórico, Petróleo, Política estado, Nacionalización, Mercado, Previsión, OPEP.

11621. **La producción del carbón aumentó en un 17,1 por 100.**

*Minerpress* (1981), núm. 51, pp. 5-6, esp., bibl. IGME.

Antracita, Lignito, Carbón vapor, Producción, Productividad, Mano de obra, 1979, 1980, España.

11623. **Símpoio sobre la disponibilidad y uso del carbón.** Rocas miner. (1981), núm. 113, pp. 20-24, esp., bibl. IGME.

Carbón, Utilización sustancia. Energía, Perspectivas.

## ECONOMIA. GENERALIDADES

11388. **Financiación de los Proyectos Mineros.** DIEZ VIEJOBUEÑO, C.

*Cant. Explot.* (1981), núm. 169, pp. 12-25, esp., bibl. IGME.

Mina, Financiación, Investigación, Préstamo, Subvención.

11608. **Resolución de 29 de enero de 1981 de la Dirección General de Minas 3-5-55.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

*Legis. Ind.* (1981), 693, esp., bibl. IGME.

Concesión minera, Política estado, Energía geotérmica, Provincia Huesca, Provincia Zaragoza.

11610. **Resolución de 6 de febrero de 1981 de la Dirección General de Minas 3-5-53.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

*Legis. Ind.* (1981), 681, esp., bibl. IGME.

Concesión minera, Política estado, Plomo sustancia, Cinc sustancia, Cobre sustancia, Bismuto sustancia, Antimonio sustancia, Estaño sustancia, Wolframio sustancia, Plata sustancia, Oro sustancia, Níquel sustancia, Cobalto sustancia, Carbón, Uranio sustancia, Barita sustancia, Fluorita sustancia, Caolín sustancia, Valdelacasa, Provincia Ciudad Real, Provincia Toledo, Provincia Cáceres, Provincia Badajoz.

## MAPAS

11440. **Algunas observaciones sobre els sols roig de Catalunya (Resum).** BECH, J.

*Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* (1981), 9, p. 113, cat., bibl. IGME.

Suelo, Suelo rojo, Suelo ferralítico, Rubefacción, Estructura suelo, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno, Cataluña.

11447. **Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha. Planos I.** ENADIMSA.

*Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha*. Informe 10633 (1979), esp., bibl. IGME.

Atlas, Carbón, Mapa geológico, Mapa tectónico, Corte sondeo, Mapa geofísico, Mapa estratigráfico, Provincia Ciudad Real.

11448. **Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha. Planos II.** ENADIMSA.

*Estudio de posibilidades de hullas y antracitas en La Mancha*. Informe 10633 (1980), esp., bibl. IGME.

Mapa geofísico, Carbón, Provincia Ciudad Real.

11485. **Estado del conocimiento de los suelos de origen volcánico.** GONZALEZ DE VALLEJO, L.

*Influencia de la génesis, mineralogía y fábrica en las propiedades geotécnicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife)* (1979), pp. 8-56, esp., bibl. IGME.

Suelo, Suelo ferralítico, Andosol, Arcilla mineral, Alteración química, Laterita, Composición mineralógica, Propiedad geotécnica, Límite Atterberg, Permeabilidad, Compresibilidad, Tesis, Canarias, Tenerife.

# 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

## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 1.—1.º Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa: 1.650 ptas.

### Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 550 ptas.

### Tema 3.—I.ª Reunión de Mineralogía y Metalogénia del hierro

Precio: 550 ptas.

### Tema 4.—1.ª Reunión sobre la Geología de Ossa-Morena.

Precio: 550 ptas.

### Tema 5.—Evolución sedimentológica y Tectónica del ciclo alpino en el tercio noroccidental de la rama castellana de la Cordillera ibérica

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

### Tema 6.—1.ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero Salamanca, 1979

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 x 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etc., harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

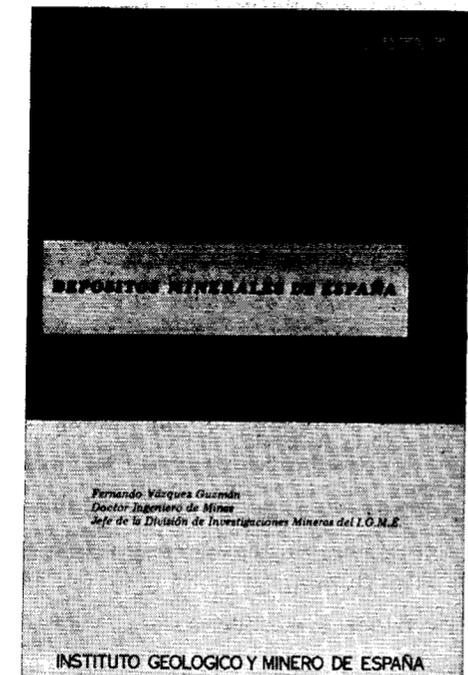
El primer volumen se ha dedicado al primer Curso Rosso de Luna.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico-Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogénia del hierro» en la Península Ibérica (Granada, en octubre de 1978).

El cuarto tema recoge los trabajos presentados en la Primera Reunión sobre la Geología de Ossa Morena y finalmente los temas V y VI se refieren, respectivamen-

te, a las Actas de la Primera Reunión de la Geología de la Cuenca del Duero (Salamanca, 2-7 de julio de 1978) y a la «Evolución Sedimentológica y Tectónica del ciclo Alpino del tercio Noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica».



## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 1.—1.<sup>er</sup> Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa: 1.650 ptas.

### Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 550 ptas.

### Tema 3.—I.<sup>a</sup> Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 550 ptas.

### Tema 4.—1.<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de Ossa-Morena.

Precio: 550 ptas.

### Tema 5.—Evolución sedimentológica y Tectónica del ciclo alpino en el tercio noroccidental de la rama castellana de la Cordillera ibérica

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

### Tema 6.—1.<sup>a</sup> Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero Salamanca, 1979

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 x 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etc., harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

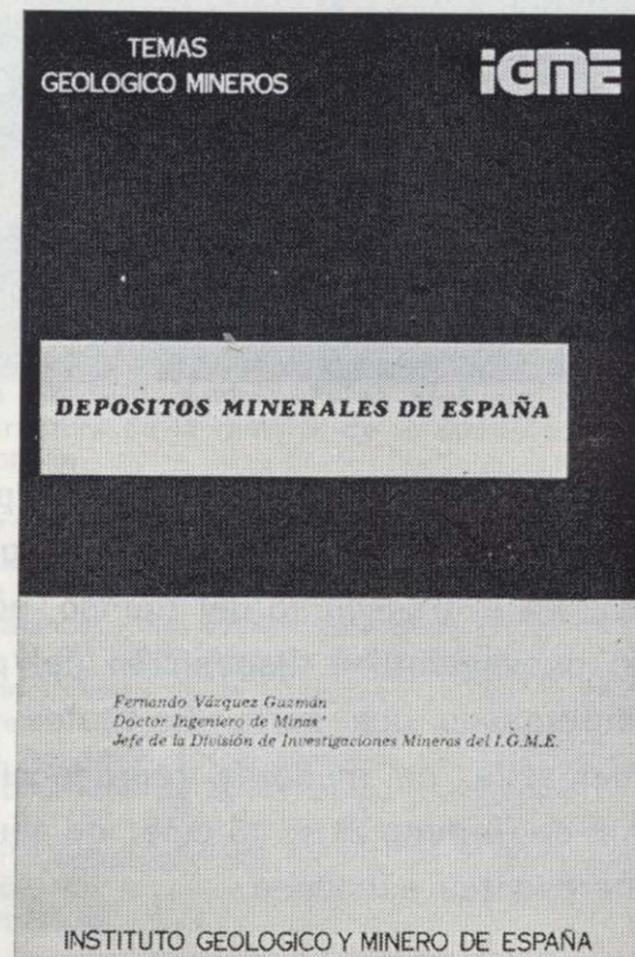
El primer volumen se ha dedicado al primer Curso Rosso de Luna.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico-Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro» en la Península Ibérica (Granada, en octubre de 1978).

El cuarto tema recoge los trabajos presentados en la Primera Reunión sobre la Geología de Ossa Morena y finalmente los temas V y VI se refieren, respectivamen-

te, a las Actas de la Primera Reunión de la Geología de la Cuenca del Duero (Salamanca, 2-7 de julio de 1978) y a la «Evolución Sedimentológica y Tectónica del ciclo Alpino del tercio Noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica».



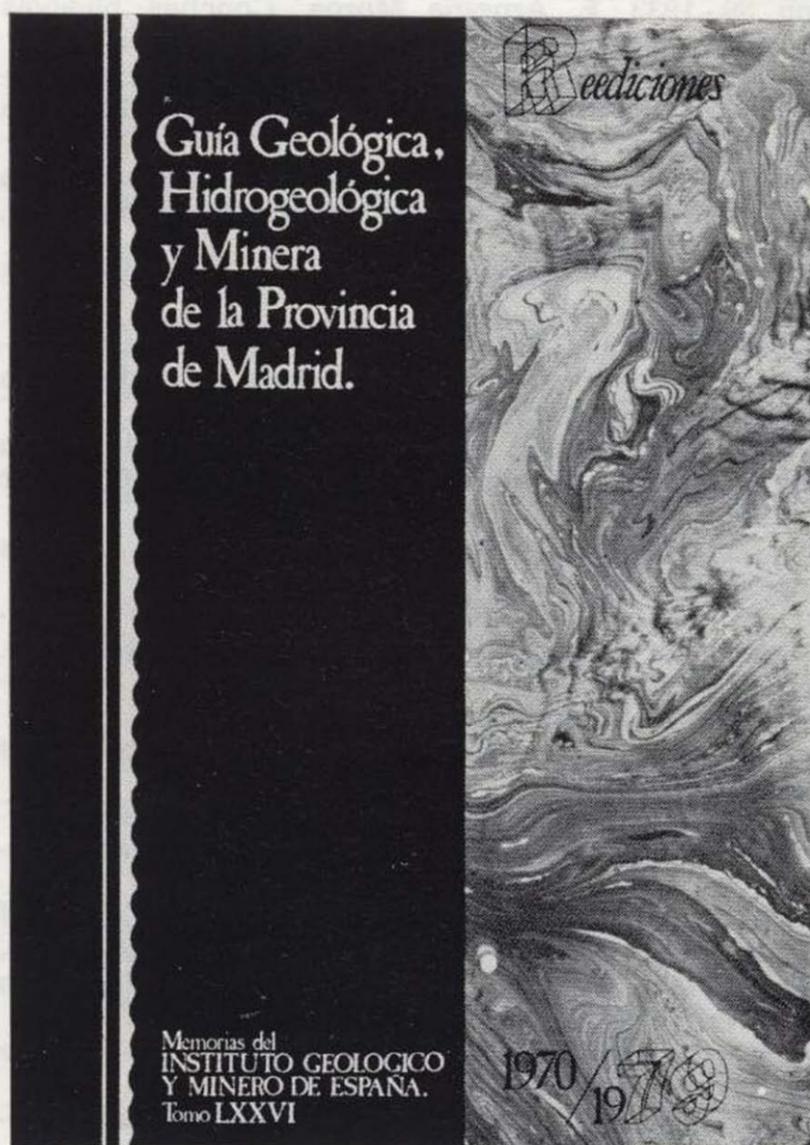
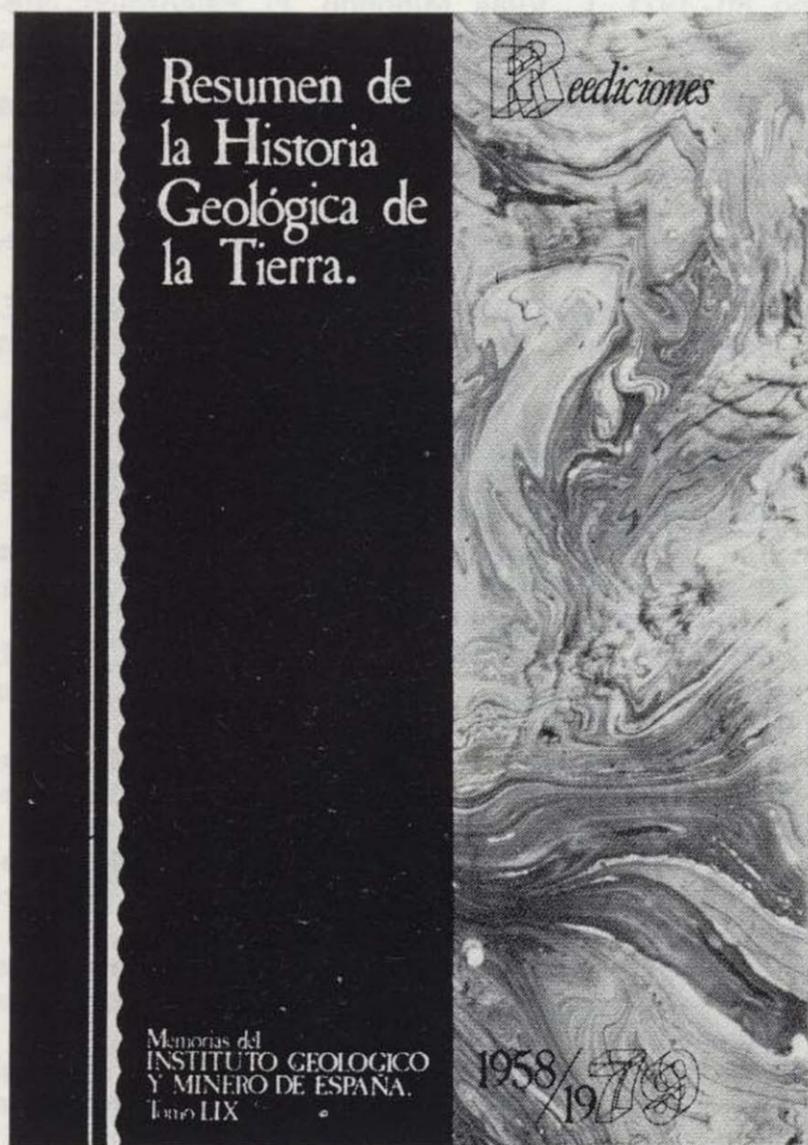
## COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación y dentro de su Departamento de Publicaciones, lanza una nueva colección que, bajo

Esta colección se inicia en este año de 1979 con cuatro títulos, número que irá ampliándose en los próximos años.

Los títulos elegidos para este inicio han sido los siguientes:



el título genérico de Reediciones, recoge las más importantes obras publicadas por el IGME a lo largo de su existencia, que agotadas en el transcurso del tiempo, pondrá así nuevamente a disposición del público interesado una serie de títulos de gran demanda, en moderna reproducción facsímil, en formato 21 x 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

- Resumen de la Historia Geológica de la tierra.
- El petróleo.
- El Cretáceo en España.
- Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid.

En prensa quedan nuevos títulos para publicar en el próximo año de 1980.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

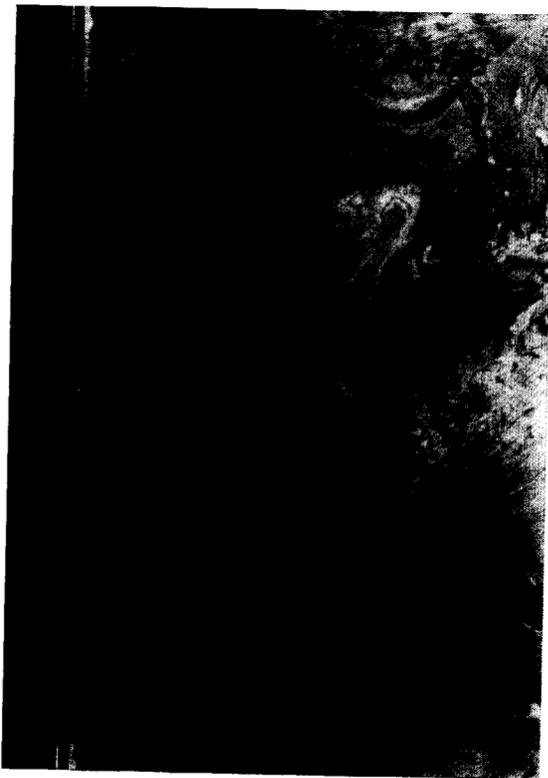
## COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar. 550 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación, lanza una nueva colección que, bajo el título genérico de Reediciones, recoge

Esta colección, iniciada en el año de 1979 con cuatro títulos, número que irá ampliándose en los próximos años.

Los títulos elegidos para este inicio han sido los siguientes:



las más importantes obras publicadas por el IGME a lo largo de su existencia, que agotadas en el transcurso del tiempo, pondrá así nuevamente a disposición del público interesado una serie de títulos de gran demanda, en moderna reproducción facsímil, en formato 21 x 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

- Resumen de la Historia Geológica de la tierra.
- El petróleo.
- El Cretáceo en España.
- Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid.

En prensa quedan nuevos títulos para su publicación en próximos años.

## COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 500 ptas.; extraordinario (\*), 1.100 ptas.; especial (\*\*), 1.650 ptas.

- Tomo 26 - 1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 36 - 1929. **F. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40 - 1933. **J. García Siñériz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen I.
- Tomo 41 - 1935. **Varios**. Explicación del nuevo Mapa geológico de España, escala 1:1.000.000. Volumen I. Sistema Cambriano.
- Tomo 43 - 1944. **P. Fallot y A. Marín**. La Cordillera del Rif. Volumen I, II y Atlas.
- Tomo 48 - 1944. **J. García Siñériz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56 - 1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60 - 1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61 - 1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62 - 1961. **Febrel Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **J. M.ª Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65 - 1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66 - 1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW, Spain.
- Tomo 67 - 1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69 - 1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70 - 1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrenées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71 - 1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72 - 1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73 - 1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74 - 1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75 - 1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 77 - 1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de piritita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (\*\*)- 1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (\*\*)- 1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80 - 1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (\*) - 1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (\*\*)- 1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (\*) - 1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (\*) - 1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86 - 1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87 - 1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88 - 1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª Caraballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89 - 1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90 - 1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91 - 1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.
- Tomo 92 - 1978. **Andrés Pérez Estaun**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93 - 1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.
- Tomo 94 - 1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón**. Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.
- Tomo 95 (\*) - 1979. **Antonio Pulido Bosch**. Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nor-Oriental (Provincias de Valencia y Alicante).
- Tomo 96 - 1979. **Luisa Martínez Chacón**. Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.
- Tomo 97 (\*\*)- 1979. **Tomás Rodríguez Estrella**. Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.

# COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 550 ptas.

## VOLUMENES PUBLICADOS

- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
  - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
  - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
  - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
  - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
  - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
  - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
  - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
  - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
  - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
  - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
  - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
  - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
  - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Área del Valle del Tiétar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Área de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la Investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Área 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I», Golfo de Cádiz.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Área 1. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación Minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca (Málaga).
- Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos. Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.
- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Alta del Guadiana.
- Investigación Hidrogeológica en la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana.
- Calidad de las Aguas Subterráneas en las Cuencas del Sur de España.
- Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Baja del Segura y Costeras de Alicante.
- El Sistema Hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental).
- Calidad de las Aguas Subterráneas en la Isla de Mallorca.
- Investigación Hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España (Sector Occidental).
- Libro de Contaminación de las Aguas Subterráneas (Tecnología, Economía y Gestión).
- Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Estudio sobre calidad química de las Aguas Subterráneas en la Isla de Mallorca.

# MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

## De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 900 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000).

## Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

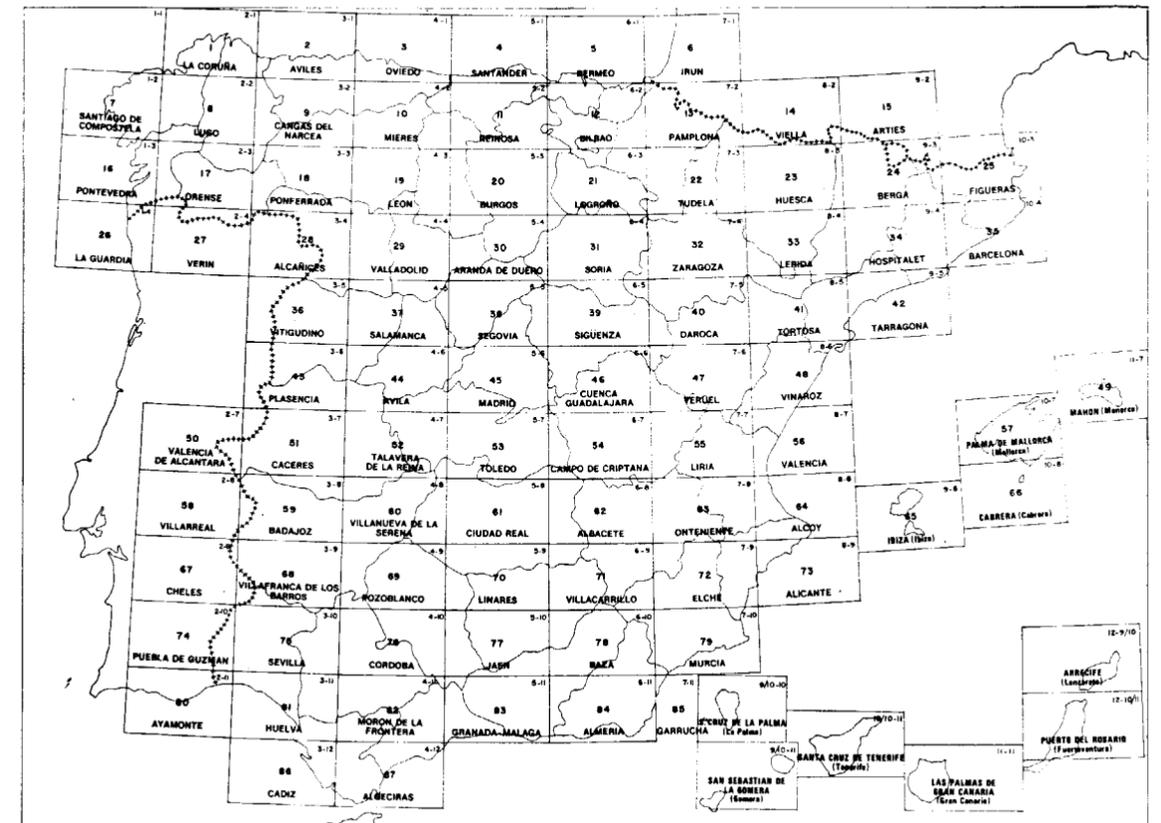
## Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria.

## De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria.

## División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



# MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

## 2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

Precio de cada ejemplar: 800 ptas.

1. Cariño.	141. Pamplona.	397. Zamora.	695. Liria.
2. Cillero.	142. Aoiz.	398. Castronuño	696. Burjasot.
3. San Ciprián.	143. Navascués.	409. Calatayud.	701. Valencia de Alcántara.
6. San Salvador de Serantes.	151. Puebla del Caramiñal.	410. La Almunia de Doña Godina.	702. San Vicente de Alcántara.
7. Cedreira.	154. Lalín.	417. Espluga de Francolí.	711. Las Guadaizeras
8. Vivero.	155. Chantada.	418. Montblanch.	718. Inlesta.
9. Foz.	156. Monforte de Lemos.	419. Villafranca del Panadés.	719. Venta del Moro.
10. Ribadeo.	157. Oencia.	420. Hospitalet de Llobregat.	720. Requena.
11. Luarca.	158. Ponferrada.	421. Barcelona.	721. Cheste.
12. Busto.	159. Bembibre.	426. Fuentesauco.	722. Valencia.
13. Avilés.	168. Briviesca.	444. Filx.	726. Pino de Valencia.
14. Gijón.	169. Casalarreina.	445. Cornudella.	727. Alburquerque.
15. Lastres.	170. Haro.	446. Valls.	740. Villarrobledo.
21. La Coruña.	175. Sigües.	447. Villanueva y Geltrú.	741. Minaya.
22. Puente deume.	187. Orense.	448. Prat de Llobregat.	743. Madrigueras.
23. Puentes de García Rodríguez.	188. Nogueira de Ramuín.	460. Hiendelaencina.	744. Casas Ibáñez.
24. Mondoñedo.	189. Puebla de Trives.	461. Sigüenza.	745. Jalance.
25. Vegadeo.	190. El Barco de Valdeorras.	462. Maranchón.	746. Llombay.
26. Boal.	191. Silván.	463. Milmarcos.	747. Sueca.
27. Tineo.	192. Lucillo.	467. Minuesa.	761. Llanos del Caudillo.
28. Grado.	204. Logroño.	468. Albalate del Arzobispo.	763. Socuéllamos.
29. Oviedo.	205. Lodosa.	471. Mora de Ebro.	766. Valdeganga.
30. Villaviciosa.	207. Sos del Rey Católico.	472. Reus.	767. Carcelén.
32. Llanes.	225. Ribadavia.	473. Tarragona.	768. Ayora.
33. Comillas.	226. Allariz.	488. Ablanque.	769. Navarrés.
34. Torrelavega.	227. Manzaneda.	489. Molina.	770. Alcira.
35. Santander.	228. Viana.	492. Segura de los Baños.	771. Levesa.
36. Castro Urdiales.	229. La Baña.	493. Oliete.	788. El Bonillo.
37. Algorta.	230. Castrocontrigo.	494. Calanda.	789. Lezuza.
38. Bermeo.	236. Astudillo.	495. Castellserás.	791. Chinchilla de Monte Aragón.
39. Lequeitio.	237. Castrogeriz.	497. Perelló.	792. Alpera.
40. Jaizquibel.	239. Pradoluengo.	498. Hospitalet del Infante.	793. Almansa.
41. Irún.	240. Ezcaray.	510. Marchamalo.	794. Canals.
45. Belanzos.	243. Calahorra.	513. Zaorejas.	795. Játiva.
46. Guitiriz.	244. Alfaro.	514. Taravilla.	796. Gandía.
47. Villalba.	245. Sádaba.	517. Argente.	814. Villanueva de la Fuente.
48. Meira.	261. Tüy.	518. Montalbán.	815. Robledo.
49. San Martín de Oscos.	263. Celanova.	519. Aguaviva.	816. Peñas de San Pedro.
50. Cangas de Narcea.	264. Ginzo de Limia.	520. Peñarroya de Tastavins.	817. Pétrola.
51. Belmonte de Miranda.	265. Laza.	522. Tortosa.	819. Caudete.
52. Proaza.	266. La Gudiña.	523. Buda.	820. Onteniente.
53. Mieres.	267. Puebla de Sanabria.	540. Checa.	821. Alcoy.
57. Cabezón de la Sal.	268. Molezuelas de la Carballeda.	543. Villarluengo.	823. Jávea.
58. Los Corrales de Buelna.	269. Arrabalde.	544. Forcall.	826. Cheles.
59. Villacarriedo.	270. Benavente.	545. Morella.	827. Alconchel.
60. Valmaseda.	271. Valderas.	546. Ulldesona.	828. Barcarrota.
61. Bilbao.	274. Torquemada.	547. Alcanar.	831. Zalamea de la Serena.
62. Durango.	275. Santa María del Campo.	548. Alcalá de la Selva.	832. Monterrubio de la Serena.
63. Eibar.	277. Salas de los Infantes.	569. Mosqueruela.	841. Alcaraz.
64. San Sebastián.	278. Canales de la Sierra.	570. Albocácer.	842. Liétor.
65. Vera de Bidasoa.	279. Villoslada de Cameros.	571. Vinaroz.	846. Castalla.
66. Maya del Baztán.	280. Enciso.	571 bis. Con la 571.	847. Villajoyosa.
68. Camariñas.	281. Cervera del Río Alhama.	577. Bohoyo.	851. Rabito.
69. Santa Comba.	282. Tudela.	578. Arenas de S. Pedro.	852. Villanueva del Fresno.
70. Ordenes.	299. Tomiño.	582. Getafe.	853. Burguillos del Cerro.
71. Sobrado de los Monjes.	300/301. Lovios.	583. Arganda.	858. Magullia.
72. Lugo.	302. Baltar.	584. Mondéjar.	867. Eiche de la Sierra.
73. Castroverde.	303. Verín.	592. Villahermosa del Río.	869. Jumilla.
74. Fonsagrada.	304. Hermisende.	593. Cuevas de Vinromá.	871. Elda.
75. Naviego.	305. Calabor.	594. Alcalá de Chisvert.	872. Alicante.
78. Pola de Lena.	306. Villardeciervos.	606. Chinchón.	884. La Carolina.
83. Reinosa.	307. Micereces de Tera.	607. Tarancón.	885. Santisteban del Puerto.
84. Espinosa de los Monteros.	309. Villalpando.	612. Ademuz.	887. Orcera.
85. Villasana de Mena.	318. Almarza.	613. Camarena de la Sierra.	888. Yetas de Abajo.
86. Landaco.	319. Agreda.	614. Manzanera.	889. Moratalla.
87. Elorrio.	320. Tarazona de Aragón.	615. Alcora.	890. Calasparra.
88. Vergara.	321. Tauste.	616. Villafames.	891. Cieza.
90. Sumbilla.	329. Pons.	617. Faro de Oropesa.	892. Fortuna.
91. Valcarlos.	330. Cardona.	631. Ocaña.	893. Eliche.
91 bis. Mendizar.	331. Puigreig.	632. Horcajo de Santiago.	894. Cabo de Santa Pola.
95. El Pino.	336. Portela d'Home.	635. Fuentes.	903. Montoro.
96. Arzúa.	337/338. Latedo-Alcañices.	636. Villar del Humo.	905. Linares.
97. Guntín.	339. Moreruela de Tabara.	637. Landete.	906. Ubada.
98. Baralla.	340. Manganeses de la Lampreana.	638. Alpuente.	907. Villacarrillo.
99. Becerreá.	341. San Pedro de Latace.	639. Jérica.	908. Santiago de la Espada.
100. Degaña.	348. San Leonardo de Yagüe.	640. Segorbe.	909. Nerpio.
108. Las Rozas.	349. Cabrejas del Pinar.	641. Castellón de la Plana.	910. Caravaca.
109. Villarcayo.	351. Olvega.	642. Islas Columbretas. Con la 641.	911. Cehégín.
110. Medina de Pomar.	352. Tabuena.	659. Lillo.	912. Mula.
111. Orduña.	362. Calaf.	663. Valera de Abajo.	913. Orihuela.
112. Vitoria.	363. Manresa.	664. Enguñados.	914. Guardamar del Segura.
113. Salvatierra.	364. La Garriga.	665. Mira.	919. Almadén de la Plata.
115. Gulina.	367. Castro de Alcañices.	666. Chelva.	920. Constantina.
116. Garralda.	368. Carbajales de Alba.	667. Villar del Arzobispo.	921. Navas de la Concepción.
117. Ochagavía.	369. Corese.	668. Sagunto.	922. Santa María de Trassierra.
124. Sarriá.	370. Toro.	669. Moncófar.	923. Córdoba.
125. Los Nogales.	381. Illueca.	674/675. Sever-Santiago de	924. Bujalance.
126. Vega de Espinareda.	391. Igualada.	Alcántara.	930. Puebla de Don Fadrique.
135. Sedano.	392. Sabadell.	690. Santa María del Campo Rus.	931. Zarcilla de Ramos.
136. Oña.	393. Mataró.	691. Matilla del Palancar.	932. Coy.
137. Miranda de Ebro.	394. Calella.	692. Campillo de Altobuey.	933. Alcantarilla.
138. Puebla de Arganzón.	395. Muga de Sayago.	693. Utiel.	934. Murcia.
139. Eulate.	396. Pereruela.	694. Chulilla.	935. Torrevieja.

# Mapa Geológico Nacional E. 1:50.000 (Continuación)

936. Paymogo.	973. Chirivel.	1.001. Almonte.	1.030. Tabernas.
939. Castillo de las Guardas.	974. Vélez-Rubio.	1.002. Dos Hermanas.	1.031. Sorbas.
940. Castilblanco de los Arroyos.	975. Puerto Lumbreras.	1.003. Utrera.	1.032. Mojácar.
941. Ventas Quemadas.	976. Mazarrón.	1.004. Marchena.	1.033. Palacio de Doñana.
942. Palma del Río.	977. Cartagena.	1.010. La Peza.	1.034. Lebrija.
943. Posadas.	978. Llano del Beal.	1.011. Guadix.	1.039. Colmenar.
944. Espejo.	983. Sanlúcar la Mayor.	1.012. Fihana.	1.040. Zafarraya.
951. Orce.	984. Sevilla.	1.013. Macael.	1.041. Dúrcal.
952. Vélez Blanco.	986. Fuentes de Andalucía.	1.014. Vera.	1.042. Lanjarón.
953. Lorca.	987. El Rubio.	1.015. Garrucha.	1.052. Alora.
954. Totana.	993. Gor.	1.016. Los Caños. Con la 999.	1.053-1.067. Málaga-Torremolinos.
955. Fuente Alamo de Murcia.	994. Baza.	1.017. El Abalarío.	1.054. Vélez-Málaga.
956. San Javier.	995. Cantoria.	1.018. El Rocío.	1.055. Motril.
961. Aznalcóllar.	996. Huerca Overa.	1.019. Los Palacios y Villafranca.	1.056. Albuñol.
962. Alcalá del Río.	997. Aguilas.	1.026. Padul.	1.065. Marbella.
963. Lora del Río.	997 bis. Cope.	1.027. Güejar-Sierra.	1.066. Coín.
964. La Campana.	999. Huelva - Los Caños.	1.028. Aldeire.	1.072. Estepona.
965. Ecija.	1.000. Moguer.	1.029. Gergal.	

# MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:25.000 (TENERIFE)

2.ª Serie. 1.ª Edición (proyecto MAGNA) Precio del ejemplar: 800 ptas

1.096. II Tejina.	1.104-1.105. I-IV Santa Cruz de Tenerife.	1.118-1.124. II-I Valle de San Lorenzo.
1.096. III Valle Guerra.		
1.097. III-IV Punta de Anaga.	1.111. I-IV Güimar.	1.118-1.124. III-IV Los Cristianos.
1.104. II Barranco Hondo.	1.111. III Fasnia.	1.119. III Las Montañas.
1.104. III La Orotava.	1.118. I Granadilla de Abona.	1.119. IV Lomo de Arico.
1.104. IV Tacoronte.	1.118. IV Adeje.	

# MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

## 1.ª Serie (a extinguir)

Consta de Hoja y Memoria descriptiva. La edición completa se compone de 1.130 hojas, a extinguir. Esta 1.ª Serie tiene su continuación en la 2.ª Serie, Proyecto MAGNA. En existencia las siguientes:

Precio del ejemplar: 550 ptas.

31. Ribadesella.	561. Pastrana.	845. Yecla.
45. Betanzos (Hoja).	564. Fuertescusa.	857. Valsequillo.
46. Guitiriz (Hoja).	573. Gata.	858. El Viso.
54. Rioseco.	588. Zafrilla (Hoja).	859. Pozoblanco.
67. Mugla.	591. Mora de Rubielos.	864. Venta de los Santos.
77. Plaza Tavera.	610. Cuenca (Hoja).	865. Siles.
79. Puebla de Lillo.	611. Cañete.	876. Fuente de Cantos.
128. Riello.	643. La Calobra.	886. Beas de Segura.
160. Benavides.	644. Pollensa.	899. Guadalcanal.
161. León (Hoja).	650. Cañaveral.	917. Arcena.
162. Gradefes.	653. Valdeverdeja.	937. El Cerro de Andévalo.
163. Villamizar.	670. Sóller.	938. Nerva.
206. Peralta.	671. Inca.	946. Martos.
210. Yebra de Basa.	672. Artá.	959. Calañas.
211. Boltaña.	688. Quintanar de la Orden.	967. Baena.
241. Anguiano.	693. Utiel.	985. Carmona.
252. Tremp.	695. Liria.	989. Lucena (Hoja).
260. Oya.	699. Porreras.	991. Iznalloz.
273. Palencia (Hoja).	700. Manacor.	1.018. El Rocío (Hoja).
284. Ejea de los Caballeros.	705. Trujillo.	1.025. Loja.
297. Estarrit.	723. Cala Figuera.	1.046. Carboneras.
298. La Guardia.	724. Luchmayor.	1.047. San Lúcar de Barrameda (Hja).
313. Antigüedad.	725. Felanix.	1.059. El Cabo de Gata.
322. Remolinos.	731. Zorita.	1.060. El Pozo de los Frailes.
323. Zuera.	738. Villarta.	1.079/80. Alegranza.
324. Grañén.	743. Madrigueras.	1.081. Montaña Clara.
325. Peralta de Alcofea.	745. Jalance.	1.082. Graciosa.
327. Os de Balaguer.	746. Llombay.	1.083. Teguiuse.
347. Peñaranda de Duero.	748. I. Conejera (Hoja).	1.084. Haría.
355. Lecifena.	750. Gallina.	1.087. Punta Pechiguera.
356. Lanaja.	751. Villar del Rey.	1.088. Arrecife.
369. Corese.	754. Madrigalejo.	1.089. El Charco.
374. Peñafiel.	759. Piedrabuena (Hoja).	1.092. Cottoilo.
388. Lárda (Hoja).	764. Munera.	1.093. Lobos.
488. Hospitalet (Hoja).	765. La Gineta.	1.096. Tegueste.
500. Villar del Ciervo.	766. Valdeganga (Hoja).	1.097. Punta de Anaga.
501. La Fuente de San Esteban.	772. San Miguel.	1.098. La Oliva.
502. Matilla de los Caños del Río.	773. San Juan Bautista.	1.099. Puerto de Lajas.
503. Las Veguillas.	776. Montijo.	1.102. Punta de Teno.
525. Ciudad Rodrigo.	790. Albacete (Hoja).	1.106/07. Puerto de las Cabras.
526. Serradilla del Arroyo.	798. Ibiza.	1.109. Los Carrizales.
527. Sequeros.	799. Santa Eulalia.	1.111. Güimar.
536. Guadalajara.	818. Montealegre.	1.114. La Pared.
537. Auñón.	824/849. San Francisco Javier.	1.115. Tuñeje.
539. Peralejo Truchas (Hoja).	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.119. Lomo de Arico.
541. Santa Eulalia.	840. Bienservida.	1.122. Jandia.
550. Fuente Guinaldo.	844. Ontur.	

# MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

Precio: 500 ptas.

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aun eliminada la causa productora, es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que estos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamental, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 («B. O. del E.» del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas,

ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son mucho más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1:50.000, comprende los siguientes:

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblos de la Mancha.

## MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

BURJASOT HOJA 696

Escala, 1:50.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

# MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

Precio: 500 ptas.

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aun eliminada la causa productora, es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que estos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamental, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 («B. O. del E.» del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

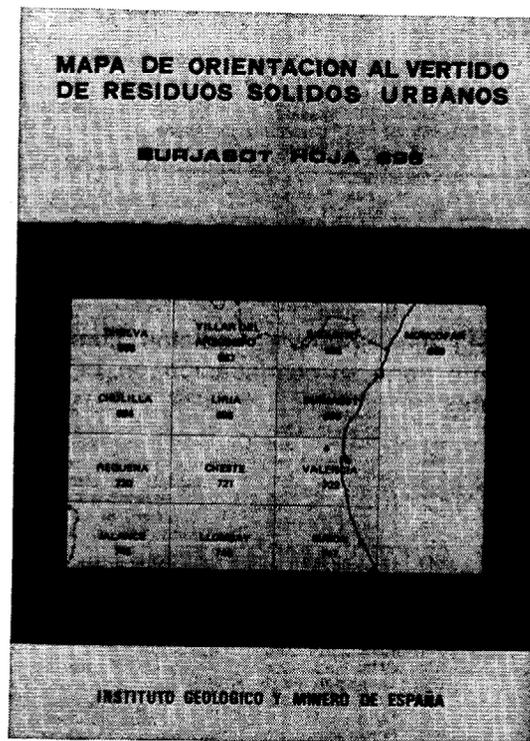
El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas,

ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son mucho más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1:50.000, comprende los siguientes:

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblos de la Mancha.



# MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

E. 1:50.000

Hojas publicadas.

Precio del ejemplar: 550 ptas.

545. Morella.	695. Liria.	796. Gandía.
546. Uldecona.	696. Burjasot.	820. Onteniente.
547. Alcanar.	698. Palma.	821. Alcoy.
568. Mosqueruela.	699. Porreras.	822. Benisa.
570. Albocacer.	720. Requena.	823. Jávea.
571. Vinaroz.	721. Cheste.	847. Villajoyosa.
593. Cuevas de Vinroma.	722. Valencia.	848. Altea.
594. Alcalá de Chisvert.	724. Lluchmajor.	872. Alicante.
616/617. Villafames-Faró de Orpesa.	737. Villarrubia de los Ojos.	893. Elche.
640. Segorbe.	746. Llombay.	Guadalhorce Bajo (Málaga).
641. Castellón de la Plana.	747. Sueca.	Llanos de Antequera, zona oriental.
667. Villar del Arzobispo.	760. Daimiel.	Llanos de Antequera, zona occidental.
668. Sagunto.	769. Navarra.	Zona de Almería
669. Moncófar.	770/771. Alcira-Levesa.	
671. Inca.	794. Canals.	
	795. Játiva.	

## OTRAS PUBLICACIONES CARTOGRAFICAS

### Mapas Geológicos Varios

	Ptas.
— Geológico de la Isla de Fuerteventura - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000	550
— Petrográfico y estructural de Galicia - Esc. 1:400.000	550
— Sismotectónico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	350

### Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 550 ptas.
1/2. La Coruña.	
4. Costa de Santander y Vizcaya.	
9/10. Pontevedra, Lugo y Orense.	
11. León.	
12. Vizcaya y Burgos.	
14. Pirineo Leridano y Oscense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

### Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000

En existencia los siguientes: Ejemplar: 550 ptas.

Hoja n.º	Ejemplar: 550 ptas.
1. Almería.	8. Murcia.
3. Cáceres.	9. Salamanca.
4. Cádiz.	10. Valencia.
5. La Coruña.	

### Mapas Geológicos - Escala 1:1.000.000

- Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (1.ª edición). Año 1980. Plano sin plegar. 1.000 ptas.
- Idem, id. Plano plegado y Nota de Autores ... 1.100 ptas.
- Idem, id. Plano sin plegar, con cuadrícula división en Hojas Escala 1:200.000 ... 1.100 ptas.
- Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición). Año 1966 (a extinguir). 700 ptas.
- Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias ... 700 ptas.
- Tectónico de la Península Ibérica y Baleares ... 700 ptas.
- de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos ... 700 ptas.

### Mapa Metalogénico de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 550 ptas. La colección completa consta de 17 hojas y memorias referidas a las siguientes sustancias:

Hoja n.º	Hoja n.º	Hoja n.º
1. Aluminio.	7. Flúor.	13. Níquel.
2. Azufre.	8. Fosfatos	14. Oro.
3. Bismuto.	9. Hierro.	15. Potasa-Sal común.
4. Plomo-Cinc.	10. Hulla.	16. Titanio.
5. Cobre.	11. Manganeso.	17. Wolframio.
6. Estaño.	12. Mercurio.	

## ANTIGUOS BOLETINES DEL IGME

## NOTAS Y COMUNICACIONES

## BOLETINES DE SONDEOS

Quedan algunos ejemplares de los antiguos Boletines del IGME (tomo, 500 ptas.), así como números de la revista «Notas y Comunicaciones» (200 ptas. número) y de los «Boletines de Sondeos» (200 ptas. fascículo).

**Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000**

Realizado por la División de Geotecnia del IGME  
Mapas y Memorias publicados:

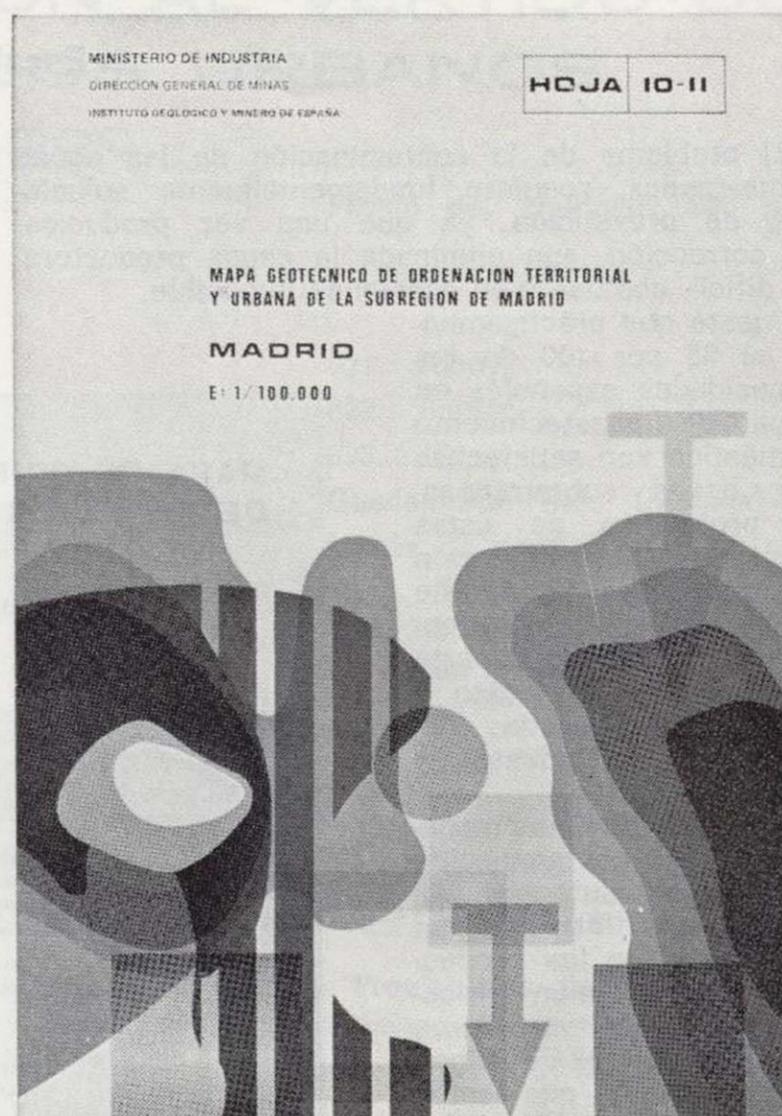
Hoja n.º		Hoja n.º	
8/11	Avila de los Caballeros.	10/9	Riaza.
8/12	Arenas de San Pedro.	10/10	Torrelaguna.
8/13	Talavera de la Reina.	10/11	Madrid.
9/10	Segovia.	10/12	Getafe.
9/11	San Lorenzo de El Escorial.	10/13	Mora.
9/12	Navalcarnero.	11/9	Sigüenza.
9/13	Toledo.	11/10	Brihuega.
		11/11	Guadalajara.
		11/12	Tarancón.

Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

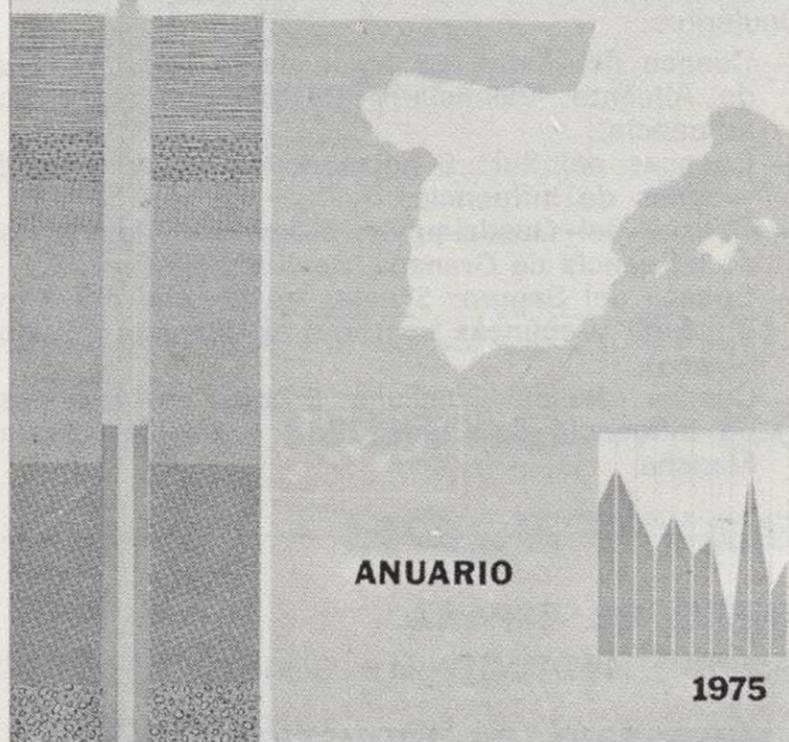
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS**

**CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR**



**Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.**

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

# MAPA GEOLOGICO DE LA PENINSULA IBERICA, BALEARES Y CANARIAS - E. 1:1.000.000

1.<sup>a</sup> Edición. Año 1980

Precio del ejemplar: Sin plegar .....	900 ptas.
Idem. Plano plegado y Nota de Autores .....	975 ptas.
Idem. Plano sin plegar, con cuadrícula división en Hojas Escala 1:200.000 .....	975 ptas.

Este Mapa es un ensamble de las Hojas de la Síntesis Geológica a escala de 1:200.000, completado con el Proyecto MAGNA iniciado en 1971, que comprende la ejecución de 1.130 Hojas que abarcan la totalidad del territorio español y de las que hasta el presente se han realizado 531 Hojas geológicas, que equivalen al 48 por 100 del territorio nacional.

Además se han utilizado, de forma muy especial, los siguientes Mapas:

- 1) Mapa Geológico Internacional de Europa a escala 1:1.500.000 (1973-74). A5 La Coruña; B5 París-Sud.
- 2) Carta Geológica de Portugal. Escala 1:1.000.000 (1968).
- 3) Cartografía Geológica del Macizo Hespérico del Sudoeste de la Península Ibérica E. 1:500.000 (1975).
- 4) Carte Géologique du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique E. 1:500.000 (1967).
- 5) Carte Géologique d'une partie de la Serranía de Cuenca et des Montes Universales. P. A. VIALARD (1965-1971).

Se han tenido en cuenta los elementos según los cuales fue confeccionada la leyenda general del Mapa Geológico Internacional de Europa a escala de 1:1.500.000, según versión de 1962 y revisada en 1970.

Una vez realizado este primer trabajo de síntesis, se confeccionaron unos bocetos que se distribuyeron a las distintas cátedras geológicas del país para que corrigiesen posibles errores



y completasen las zonas de trabajo de las correspondientes áreas de desarrollo de sus actividades.

Estas correcciones y mejoras dieron lugar a un boceto definitivo, que sirvió para la confección de este nuevo mapa.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

# MOSAICO FOTOGRAFICO DE LA PENINSULA IBERICA E ISLAS BALEARES

## MAPA DE LINEAMIENTOS DEDUCIDOS DE LAS IMAGENES LANDSAT

ESCALAS 1:1.000.000

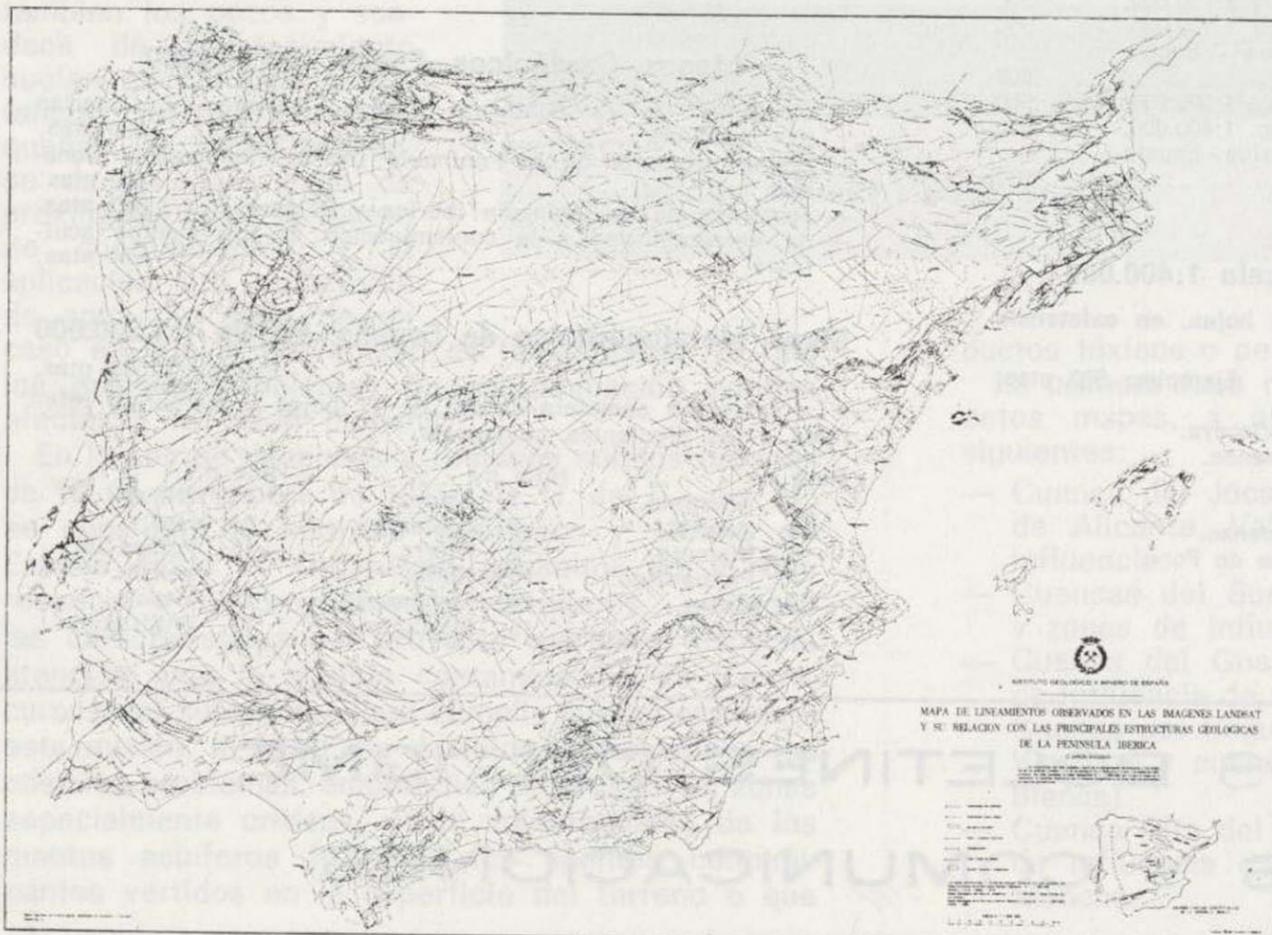
Precio 3.900 ptas.

Las nuevas técnicas de Teledetección y en particular la observación y registro desde satélite de las características de la superficie de nuestro Planeta, están poniendo de manifiesto una gran variedad de aplicaciones en las distintas disciplinas que estudian el medio natural.

Desde que en 1972 fuese lanzado el primer satélite de la generación Landsat, concebido por la NASA para la investigación de recursos naturales, se han obtenido de forma sistemática cientos de miles de imágenes de la superficie terrestre.

Las características orbitales de estos satélites y su sistema de sensores han permitido obtener una información muy adecuada para el estudio de grandes áreas. Cada imagen registrada por el sistema de barrido multispectral (MSS) cubre una superficie de 185 Km. x 185 Km., permitiendo la observación integral de los grandes fenómenos re-

Precio 3.500 ptas.



gionales. La realización de mosaicos fotográficos a partir de estas imágenes, registradas en análogas condiciones de iluminación solar, hace posible esta integración a escala continental.

El mosaico fotográfico de la Península Ibérica y Baleares, confeccionado a partir de catorce mosaicos parciales de escala 1:500.000, muestra con gran detalle las grandes unidades geoestructurales de este área.

Este documento, de gran belleza plástica, además de permitir la fácil observación de los grandes rasgos estructurales de la Península, pone de manifiesto, al ser detenidamente analizado, una serie de discontinuidades lineales o lineamientos, muchos de ellos no identificados con fracturas geológicas conocidas. El lineamiento, tal y como generalmente se acepta internacionalmente, es un ras-

go rectilíneo o ligeramente curvado de la superficie terrestre, cuya expresión es en general de tipo morfológico y que probablemente refleja un fenómeno profundo.

El mapa de lineamientos ha sido realizado a partir de la interpretación individual de cincuenta y tres imágenes en bandas 5, 6 y 7 (0,6 a 1,1  $\mu$ m). Los calcos de interpretación se han ajustado a la base topográfica de escala 1:1.000.000, por lo que este mapa no coincide totalmente con el mosaico fotográfico al no tener éste una proyección cartográfica convencional. La importancia del papel jugado por los lineamientos en la exploración de hidrocarburos y yacimientos minerales ha sido ampliamente probada en la literatura geológica. De otra parte es de destacar la contribución de estos fenómenos al mejor conocimiento estructural de la Península y en particular a los estudios de ciertas áreas de actividad tectónica reciente, aportando nuevos datos para la mejor ubicación geográfica de determinadas obras civiles.

# 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

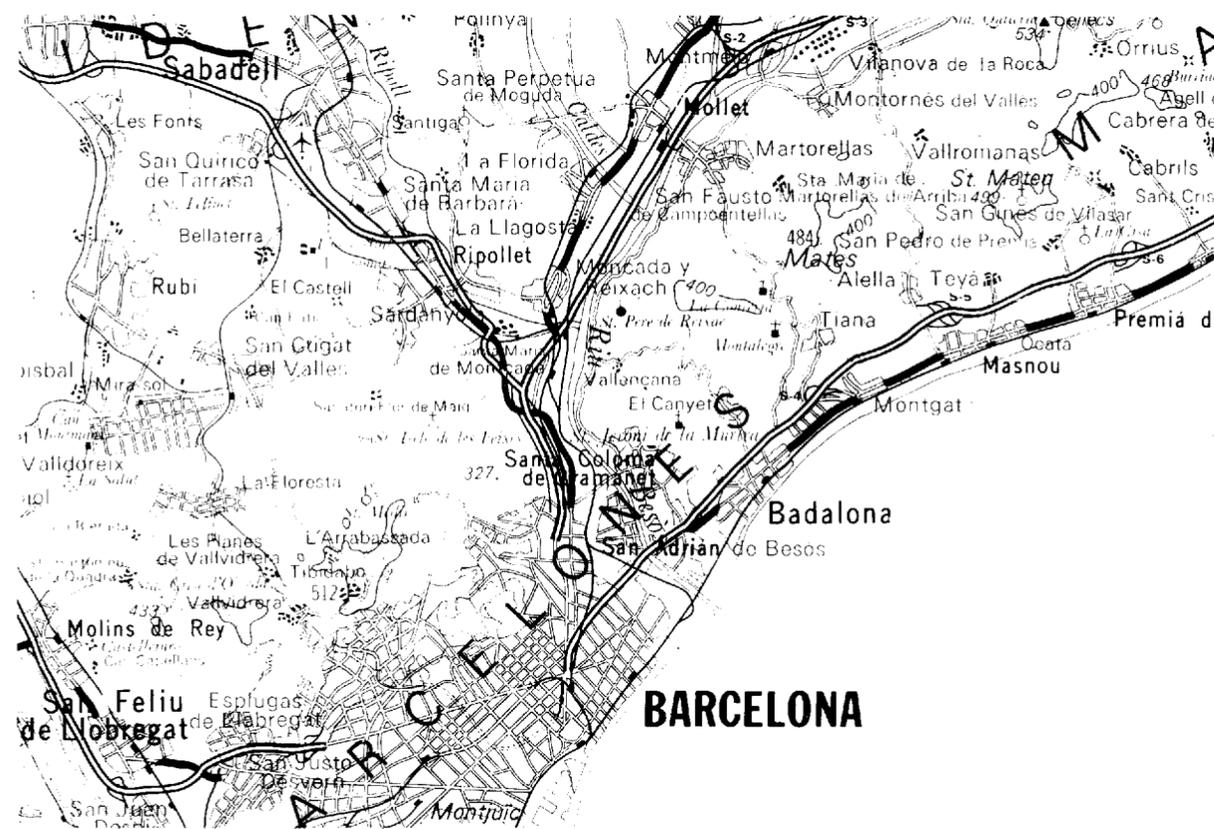
Contra reembolso.

Talón nominativo.

# 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.S. 234 81 86 - 234 79 72

*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)