

En este número:

- Los Mamíferos de las Cuencas de Cerdanya y Seu d'Urgell (depresiones pirenaicas) y sus yacimientos; Vallesiense Medio-Superior.
- Los glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lérida).
- Los Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Inferior y Medio de España.
- Papel de la karstificación de la génesis de los yacimientos de hierro de Sierra Menera (Teruel y Guadalajara).
- Las corrientes del Estrecho de Gibraltar como una importante fuente de energía. Ampliación del esquema sobre un proyecto para su aprovechamiento. Nuevas perspectivas para instalaciones maremotrices.
- Significado petrogenético de la coexistencia de micas con diferente composición o de diferente pseudomorfosis de estauroлита en las rocas metamórficas de la región de Finisterre (Galicia Occidental).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCII, Segundo Fascículo. Marzo-Abril 1981

# 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.

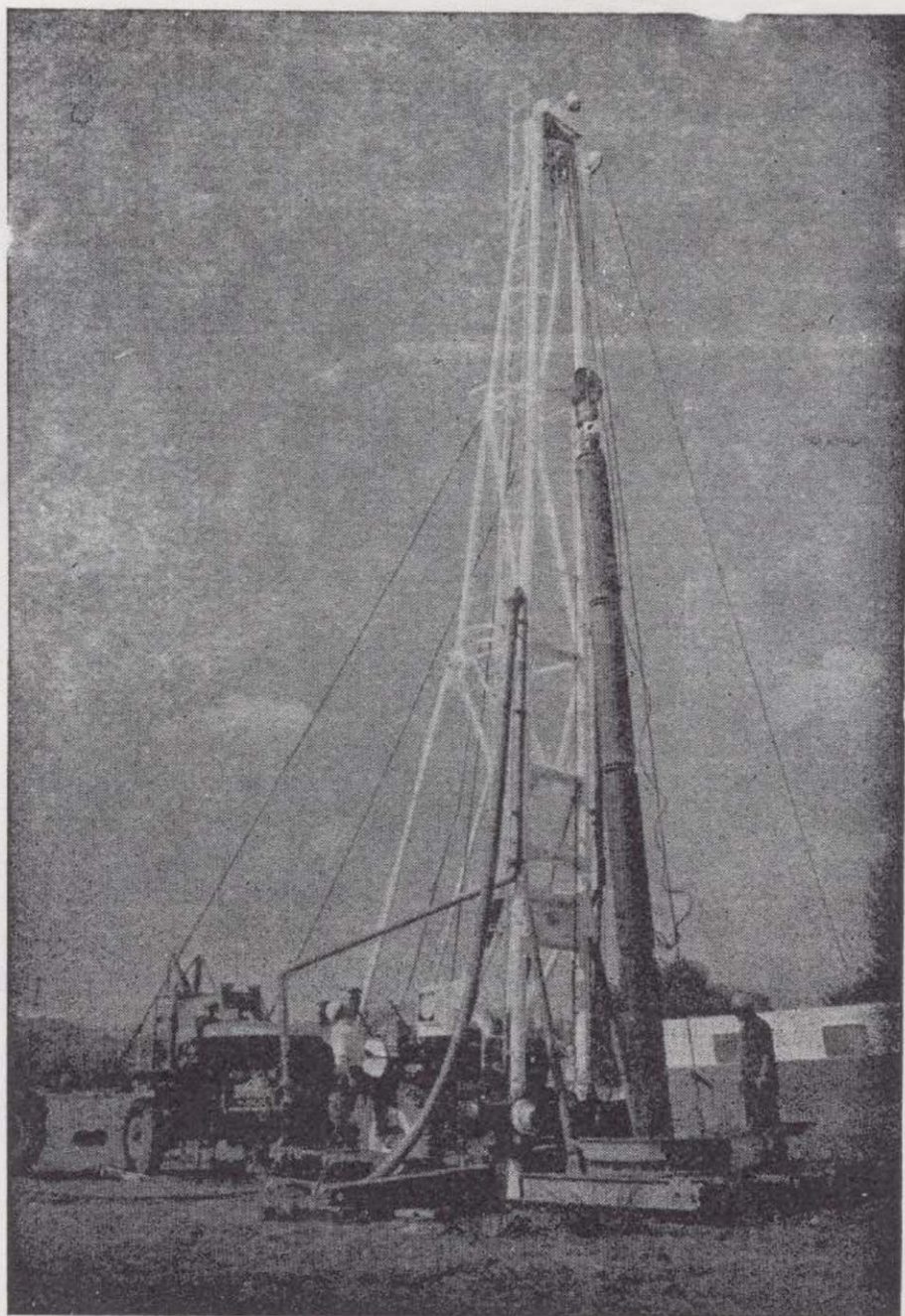
**FINANCIACION  
DE INVERSIONES**

- 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**

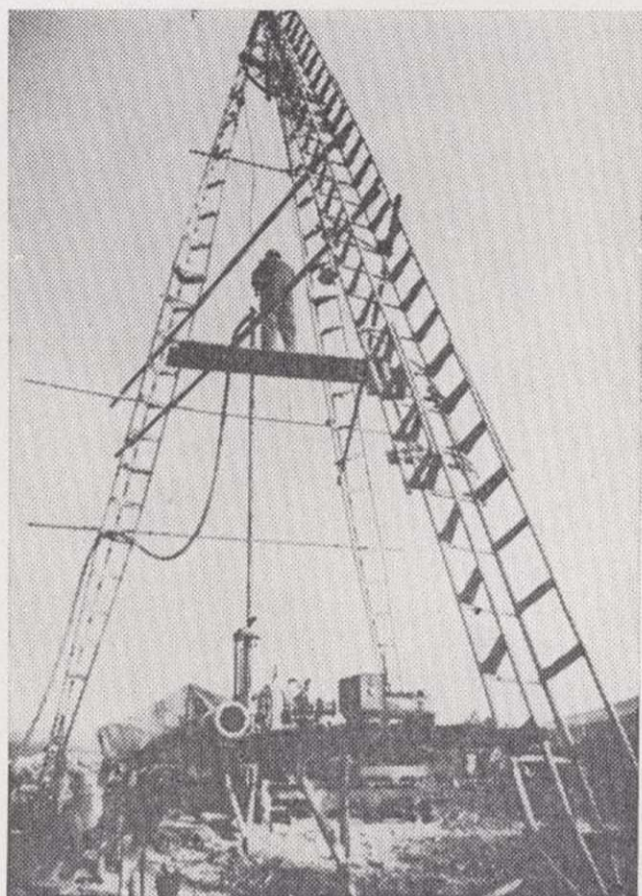
Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

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.

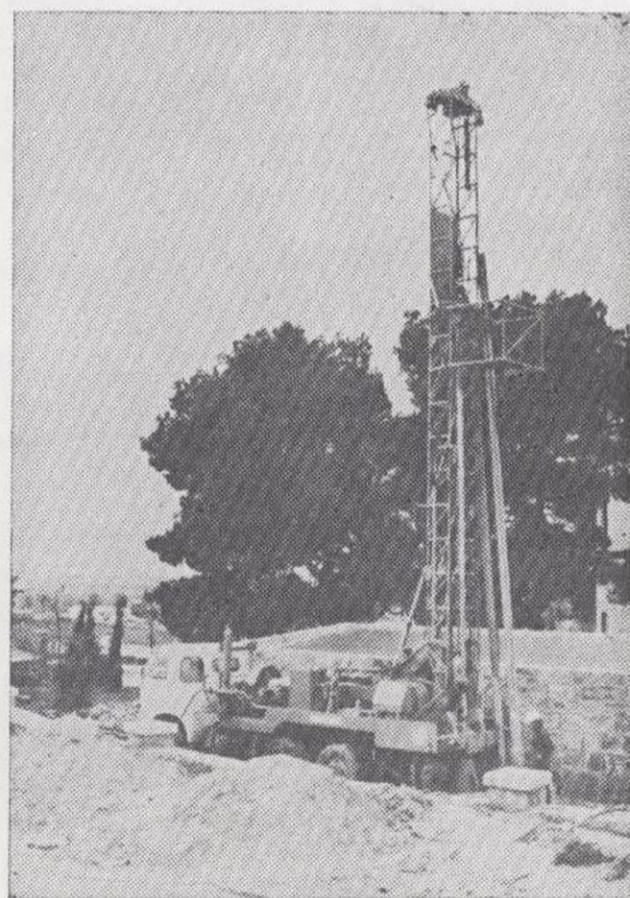
Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier  
problema de perforación.

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

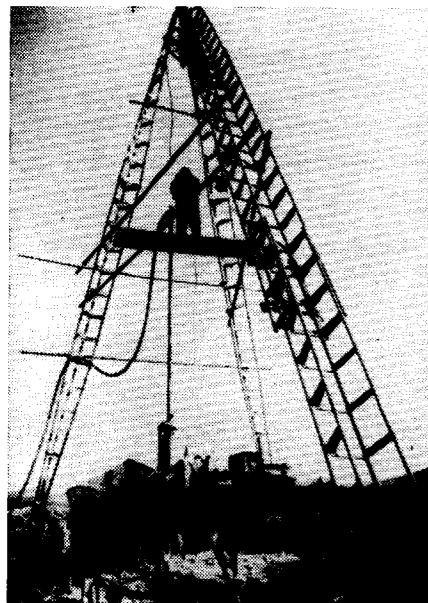
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.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

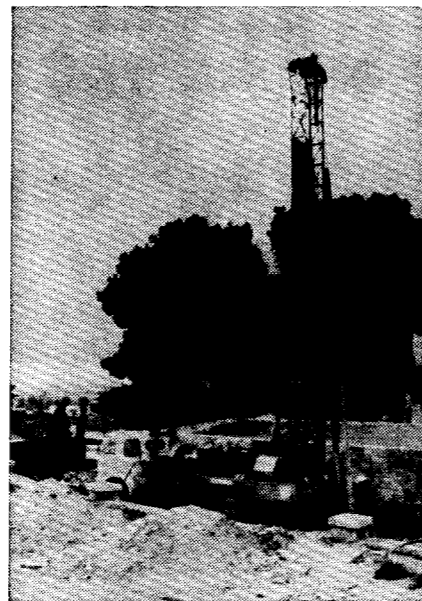
# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

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:

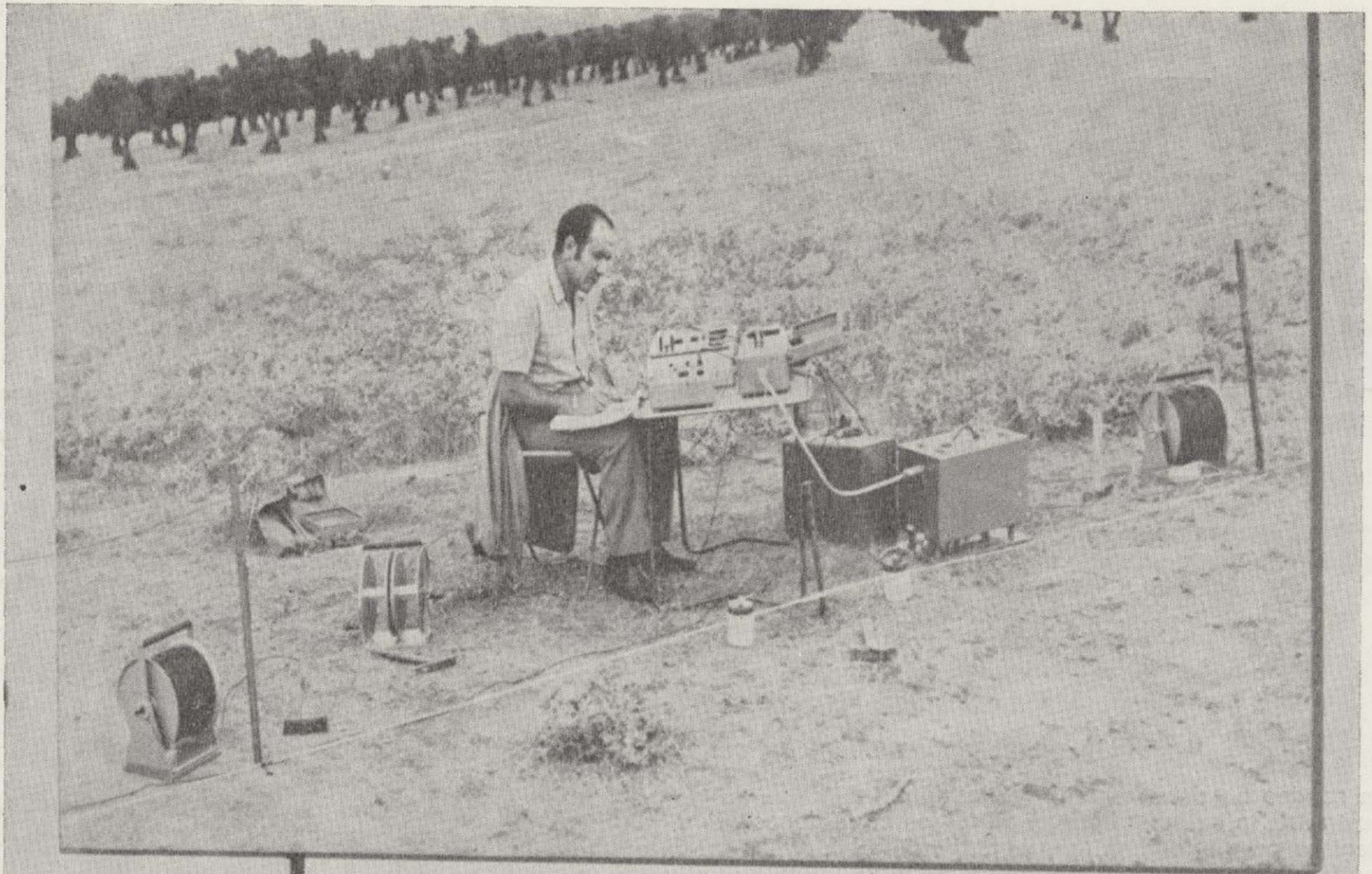
- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA-METALOGENIA.
- PROYECTOS MINEROS.
- CONTROL DE COSTOS.

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

# GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 404 85 34



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN  
A.C. Y D.C.

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

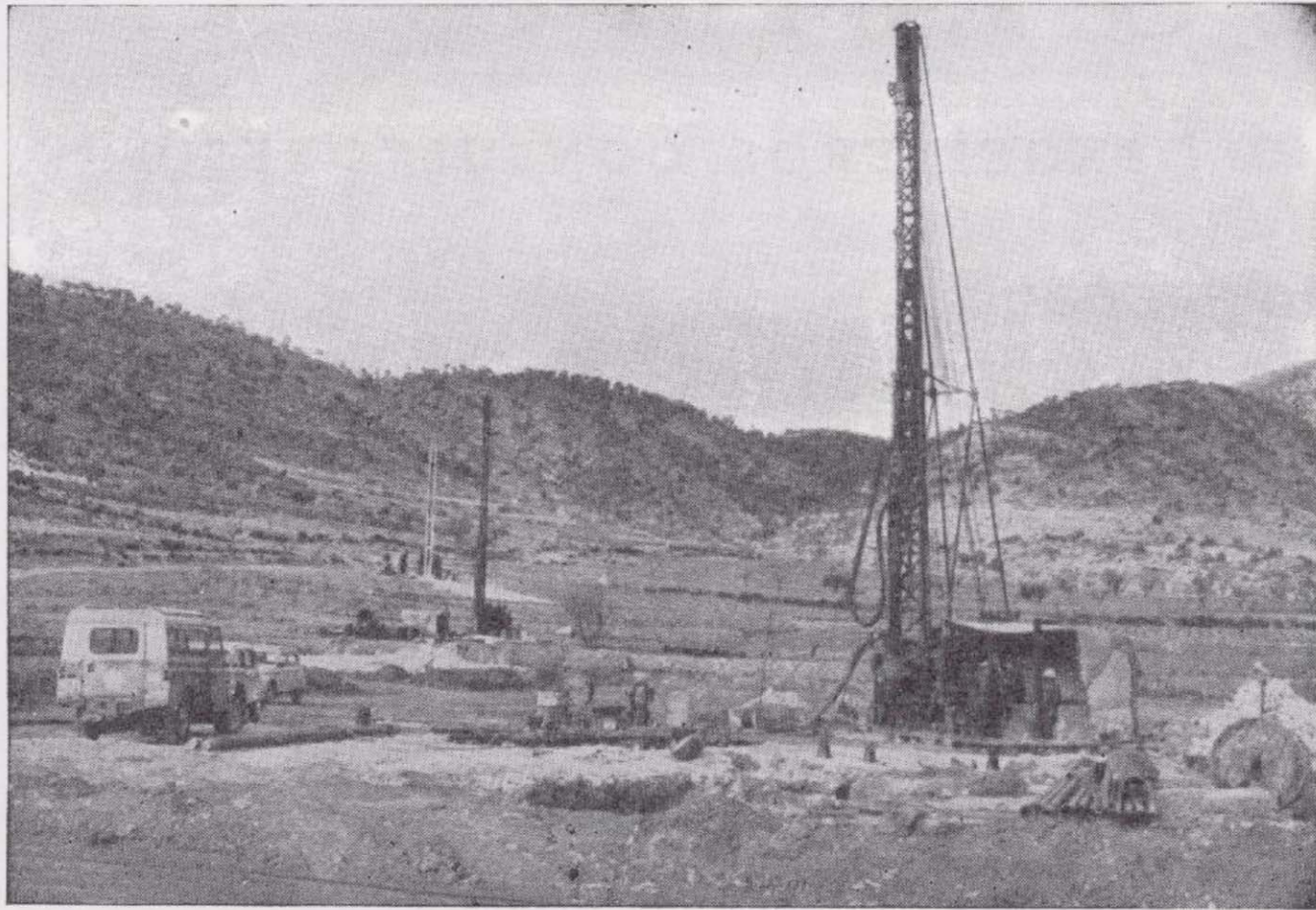
HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS  
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

# SONDEOS RODES



**SONDEOS PARA**

**CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, INVESTIGACIONES GEOLOGICAS Y ELIMINACION DE AGUAS RESIDUALES.**

**ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.**

**ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.**

**EQUIPOS DE PERFORACION A PERCUSION Y ROTACION PARA PROFUNDIDADES HASTA 1.400 METROS.**

★ ★ ★

**Consúltenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria**

★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

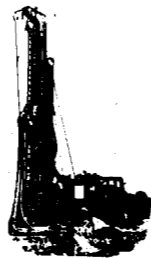
**Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359**

**VILLENA (Alicante)**



# 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 92  
Fascículo II  
Marzo - Abril 1981

# 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>	J. M. GOLPE POSSE: Los Mamíferos de las Cuencas de Cerdanya y Seu d'Urgell (depressiones pirenaicas) y sus yacimientos; Vallesiense Medio-Superior ... ..	1
	M. GUTIÉRREZ ELORZA y J. L. PEÑA MONNE: Los Glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lérida) ... ..	11
	MARÍA DOLORES GIL CID: Los Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Inferior y Medio de España ... ..	21
<b>Minería</b>	C. FERNÁNDEZ NIETO, R. FERNÁNDEZ RUBIO, M. GUTIÉRREZ ELORZA y F. ARRESE SERRANO: Papel de la karstificación de la génesis de los yacimientos de hierro de Sierra Menera (Teruel y Guadalajara) ... ..	37
<b>Energía</b>	F. CAÑADA GUERRERO: Las corrientes del Estrecho de Gibraltar como una importante fuente de energía. Ampliación del esquema sobre un proyecto para aprovechamiento. Nuevas perspectivas para instalaciones maremotrices ... ..	51
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	J. L. GIL IBARGUCHT: Significado petrogenético de la coexistencia de micas con diferente composición o de diferentes pseudomorfosis de estauroлита en las rocas metamórficas de la región de Finisterre (Galicia Occidental) ... ..	61
<b>Información</b>	Noticias.—Notas bibliográficas ... ..	73

### 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

Placa con Trilobites (*Pseudolenus glaber*, Sdzuy, 1961)  
de las areniscas de Cortijos de Malagón  
(× 2,3)                      Cámbrico Inferior-alto  
Foto: M.ª Dolores Gil Cid

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

# Los Mamíferos de las Cuencas de Cerdanya y Seu d'Urgell (depresiones pirenaicas) y sus yacimientos; Vallesiense Medio-Superior

Por J. M. GOLPE POSSE (\*)

## RESUME

On donne ici une analyse des Mammifères cités dans ces Bassins et une précision de la chronostratigraphie des terrains des formations étudiées. L'existence du Suidé *Microstonyx antiquus* a permis attribuer une âge Vallésien moyen aux niveaux inférieurs.

## ABSTRACT

The new asigination of the big Suid, found in these Basins, to the species *Microstonyx antiquus* confert a new point of view on the age of the sites; it suggest a middle Vallesian one, for the lower levels.

## INTRODUCCION

Con motivo de un amplio estudio, sobre los Mamíferos fósiles, principalmente de los Suidos, de las Cuencas de Cerdanya s.a. (Cuencas de Bellver y Cerdanya s.s.) y Seu d'Urgell, se hizo una revisión, bibliográfica y directa, de los fósiles de la región, así como de los datos estratigráficos, faunísticos y florísticos. El análisis de los Suidos del yacimiento de Das permitió la asignación de algunos materiales a *Microstonyx antiquus*, descartando así una edad inferior al Vallesiense Medio para los niveles que los contenían.

Se llegó también a la conclusión de la existencia de dos niveles estratigráficos claros en estas Cuencas, delimitados entre el Vallesiense Medio y el Superior. Destacan principalmente los restos de Mamíferos en el tramo inferior y los de abundantes Plantas en el superior; aunque, en realidad, aparte de los lignitos en sí mismos, haya algunas Plantas en la facies inferior lignitosa, *Hipparion* en las arcillas superiores con Vegetales de Prats, falte la Flora en las capas altas de Estavar «por encima de los Lignitos» y se haya encontrado Fauna y Flora abundantes en Ballestar, nivel alto de Seu d'Urgell.

Por otra parte, y como consecuencia del hallazgo en los alrededores de Terrassa de elementos esqueleticos y craneanos de un Suido grande, asignado el género *Microstonyx* (GOLPE, SANTAFÉ y CASANOVAS, 1978, *in lit.*), se reconsideraron todos los fósiles españoles vallesienses, atribuidos por los autores a *Sus major*, contando ahora con los buenos elementos de comparación, proporcionados por los datos de los restos de Terrassa.

Entre estos fósiles vallesienses de *Sus major* figuran los encontrados en Cerdanya y Seu d'Urgell, que en la síntesis de los Suiformes de España (GOLPE, 1971) se hicieron constar como «no comprobados». Siguiendo un criterio estratigráfico-ecológico, se atribuyeron a *Hyotherium palaeochoerus?*, aunque éste es más pequeño, pero de un hábitat parecido al de *Microstonyx antiquus*, y común en España en yacimientos sincrónicos; se descartó «*Sus major*, hoy integrado en *Microstonyx majorerymarthius*, por ser propio de niveles turolenses; tampoco se pensaba que los restos pudiesen pertenecer a *Microstonyx antiquus* porque éste no se conocía en ningún yacimiento del W de Europa.

Al profundizar en el estudio directo del material de «*Sus major*» de los lignitos de Das, existente en el Museo del Seminario Conciliar de Barcelona

(\*) Instituto de Paleontología de Sabadell (Barcelona).

—gracias a las facilidades dadas por el Director del Centro, Dr. Vía Boada— y ya estudiado en parte por BATALLER (1921), el Suido quedó diferenciado como *M. antiquus*, como el de Terrassa, pero más parecido a la especie típica de Eppelsheim que a la del Vallès.

Esta especie, conocida escasamente en otros yacimientos europeos (Eppelsheim, Wissberg, Westhofen, Sophades, Stratzing), quedaba así incluida en las formas fósiles de España, ampliando su área de distribución.

Otras referencias interesantes paleobiológicas en la Cuenca de Cerdanya s.a. se expresaron en un trabajo anterior (ALV., GOL. y SANZ, 1971, *in lit.*). Aquí se dan más precisiones sobre la separación de los dos niveles estratigráficos del Vallesiense de las Depresiones Pirenaicas, y se incluyen algunos comentarios sobre el análisis de las biocenosis y de sus relaciones con otras faunas contemporáneas.

## LOS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS

La determinación, como *Microstonyx antiquus*, del Suido grande en las Depresiones Pirenaicas planteó también la necesidad de completar el estudio de los yacimientos y el análisis de los documentos bioestratigráficos relativos a los terrenos que lo contenían.

Los niveles de Cerdanya, que proporcionaron los restos del Suido, fueron conocidos por LYELL (1834) como los «lignitos de Cerdanya». En ellos, particularmente en Estavar y Sanabastre, LEYMERIE (1869) distinguió varias capas, estableciendo, al mismo tiempo y para toda la Cuenca, dos secciones estratigráficas en la laguna «diluvienne» pliocena, que presentaba semejanzas con el sector del Rosellón; citó Moluscos, restos vegetales y huesos indeterminados en el tramo inferior; tallos de Plantas, en el superior.

REROLLE (1884-1885) aportó datos más concretos sobre los fósiles de Cerdanya: un gran *Felis* en Estavar e *Hipparion gracile* en Prats. Este autor y DÉPERET (1885) hicieron un claro progreso en el conocimiento de los mamíferos fósiles ceretanos, así como su relación con otros animales y plantas, que coexistieron en esta época boscosa del Vallesiense Medio en la Cuenca, como lo atestiguan también los lignitos; los restos vegetales indivi-

dualizados son escasos en estas capas y mal determinables.

ALMERA y BOFILL en 1887 y 1889 señalaron nuevos géneros de Mamíferos en Estavar (*Deinotherium* y *Mastodon*, respectivamente) y BOFILL (1889) añadió *Hipparion gracile* a la lista de Sanabastre. En la bibliografía posterior se encuentran citas de los Mamíferos «de Cerdanya», sin especificar, y nombres para lugares poco precisos, como «Termino de Alp», que se considerarán aquí como válidos si en otras publicaciones se pudieron concretar los datos.

BATALLER (1921) dio a conocer la existencia de los lignitos de Das con los restos *Sus major*, a los que ya se hizo alusión más arriba, y precisó que *Cervulus dicranoceros*, dado por él como de los «lignitos de Cerdanya» anteriormente, había sido encontrado en «Llivia».

Otras nuevas especies entraron a formar parte de las listas de faunas cuando VILLALTA y CRUSAFONT (1947) y estos dos autores y BATALLER (1948) dieron noticia de la presencia de *Palaeomys castoroides* en Das; los dos primeros también citaron *Macrotherium grande* en Estavar y *Dicerorhinus schleiermacheri* en Estavar y Prats.

Posteriormente, se publicaron algunos otros datos que añadieron pocas novedades a los ya existentes y, algunas veces, las citas se limitaron a un cambio de nombre en las especies de Mamíferos, de acuerdo con la edad admitida por los autores para las capas que las contenían.

La aproximación a una cronología más exacta de la formación de Cerdanya ya fue planteada por LEYMERIE (1869) y REROLLE (1884). Este, haciéndose eco de las ideas del primero, distinguió: A) la «assise lacustre supérieure», atribuida al Plioceno, de aspecto rojizo y sin fósiles, y B) la «assise lacustre inférieure», a la que también llamó «profonde», de una edad fijada en la base del Plioceno, Messiniense, Mio-Plioceno, o Capas con Congerías, a juzgar por las Plantas. Dentro de esta última división, B), separó un nivel superior, con arcillas arenosas y Plantas en Bellver, *Hipparion* en Prats y un gran *Felis* en Estavar; en el nivel inferior especificó arcillas grasas y lignitos; pero, no dejó concretamente definidos los niveles de Prats y Estavar.

DÉPERET y REROLLE (1885) completaron las nociones anteriores con algunas cuestiones nuevas,

como: la equiparación del tramo lacustre superior con las capas de Mont Luberon y Pikermi; la asignación de los niveles altos del tramo inferior a los de Oeningen, cuando se comparaban floras, y a los de Eppelsheim, por parecidos faunísticos; sólo se conoce *Hipparion* y en la base *Amphicyon* sp., poco determinantes; la homologación de los niveles subyacentes, por sus Mamíferos, acompañados de pocos vegetales, con los de Eppelsheim, Coirons y Orignac; y la expresión clara de que las dos secciones de este grupo inferior no eran del nivel de Pikermi.

ASTRE (1927) dividió la «assise supérieure» en tres zonas; adjudicó la inferior de ellas, o «moyenne» del autor, a un Pontense Superior, sin fósiles; se definió por una edad Pontense Inferior para la parte alta de la «assise» inferior, equiparable al horizonte de Orignac y por un Sarmatiense, o Vindoboniense final, para la parte baja; especificando para Bellver, un Sarmatiense, horizonte de Saint-Gaudens, y para la base de la formación, Estavar, Sarmatiense Superior?. Es la primera vez que aparece en la bibliografía la denominación Vindoboniense, que será retomada por SOLÉ y LLOPIS (1947) para Estavar y por VILLALTA y CRUSAFONT (1947) para Estavar y Llivia; SOLÉ (1970) especificó también que la base de la formación, Estavar, era Vindoboniense Medio; GOLPE (1971) refirió este yacimiento al Vindoboniense terminal.

Las ideas de BOISSEVAN (1934) son paralelizables a las de DÉPERET y REROLLE; el primero hizo constar que Santa Eugenia, techo del nivel bajo de la «assise inférieure», sería Sarmatiense.

Del estudio comparado de los datos bioestratigráficos expresados, de los obtenidos de otras fuentes diversas sobre macrovegetales, microfósiles y lignitos, así como de los análisis hechos en la revisión de *Microstonyx* y de los otros restos, que se consiguió ver, se puede inferir que estos niveles con mamíferos fósiles pertenecientes al tramo inferior de la formación ceretana pueden incluirse en la biozonación continental dentro del Vallesiense.

Se considera el tramo fosilífero, N1 más N2, comprendido en las biozonas de Mamíferos 20 a-«Sabadell» (Vallesiense Inferior y Medio) y 20 b-«Viladecavalls» (Vallesiense Superior) (GOLPE, 1971 y 1974; CRUSAFONT y GOLPE, 1974). La Sección intermedia de diversos autores, Santa Eugenia

(Bellver) con *Microstonyx* y Estavar (Cerdanya s.s.) con *Amphicyon*, se reporta aquí a la zona 20 a.

Se intenta también en este trabajo hacer una homologación de los yacimientos de Cerdanya con los de la misma época de la zona Sabadell-Terrassa en el Vallès, de acuerdo con datos recopilados recientemente en esta última zona.

En el Vallès se establecieron, dentro de la biozona continental 20, tres niveles en los alrededores de Sabadell (GOLPE, 1979a y b, *in lit.*): Vallesiense Superior (Terrassa) con restos vegetales y animales, biozona 20 b-«Viladecavalls»; Vallesiense Medio (Can Llobateres) con Mamíferos abundantes y Plantas muy escasas, biozona 20 a-superior; Vallesiense Inferior (Can Ponsic) con bastantes Mamíferos y sin Plantas.

La bioestratigrafía de Cerdanya s.s. y Bellver puede ser referida a las cenozonas 20 b y 20 a-superior, que tendrían por encima la facies de Mont Luberon, equiparable a las del Turolense? del Vallès (Can Baiona), Turolense del Penedès (Piera) y del Valle del Rhône (Diversas localidades). La exclusión del Vallesiense Inferior (biozona 20 a-inferior) en Cerdanya s.a. se basa en la presencia de *Microstonyx antiquus* en los lignitos de Santa Eugenia y Das. Este Suido, que no está registrado en el Vallesiense Inferior, no fue encontrado en Can Llobateres y sí en Terrassa; el cráneo encontrado en los alrededores de esta última ciudad manifiesta caracteres evolucionados con respecto al ejemplar de la misma especie extraído en Stratzing (Pannoniense de Austria) y descrito por THENIUS (1972), encajando bien en un Vallesiense Superior.

De los restos de Cerdanya sólo se puede decir que pertenecen a *M. antiquus*; es decir, de los fósiles existentes no se puede asegurar que sus caracteres sean más evolucionados que los de la especie típica de Eppelsheim, donde tampoco se conocen elementos craneanos; pero, la fauna acompañante es equivalente a la del yacimiento alemán.

Los datos obtenidos abogan para los lignitos ceretanos una edad Vallesiense Medio, pudiendo descartar en ellos el Vallesiense Superior; mientras que los materiales suprayacentes con Vegetales serían atribuibles a este tramo más alto del Vallesiense, por debajo de la facies turolense.

Los yacimientos de Cerdanya con Mamíferos fósiles o bien están ubicados en las explotaciones ligníferas, dentro de las galerías de las minas,

trabajadas a intervalos distanciados y algunas ya abandonadas por completo, o bien los restos surgieron en algunas de las simples prospecciones en pozos. Los datos sobre las localizaciones y sus fósiles están diseminados en la literatura, más o menos concretamente definidos, y, la mayor parte de las veces, no paralelizados entre ellos.

Esta correspondencia entre las capas con fósiles es uno de los objetivos de esta nota, ya que se procuró hacer, siempre que los datos lo permitieron, una correlación con otros yacimientos fosilíferos de las Cuencas, incluidos los que proporcionaron restos vegetales.

Estos afloramientos están distribuidos, siguiendo un orden geográfico de Oeste a Este, como se expresa a continuación:

**Bellver**

- N2) «Bellver» con plantas abundantes, Insectos, Pisciformes, Anfibios; «Padró superior»; «Vilella superior»; «Pi»; «Badès» sup. (?).
- N1) Con dos localizaciones de Vertebrados: «Santa Eugenia», lignitos, Gasterópodos, *Microstonyx antiquus* y «Monterrós», lignitos, Vegetales, Huesos indeterminados; «Padró, mina de lignitos»; «Vilella inferior»; «Badès»; «Valltarga, lignitos».

**Prats**

- N2) «Prats», arcillas amarillas o azuladas, que alternan con capas de arenisca micácea, o capas rojizas superpuestas a los lignitos, Plantas, Moluscos, *Hipparion catalaunicum*, *Dicerorhinus schleiermacheri*?
- N1) Capa muy débil; «Prats», lignitos, Moluscos, Plantas; «Sampor», lignitos negro-marrón, Moluscos, ramas vegetales, pero, ni raíces, ni troncos, individualizados; «Coll de Saig», Plantas.

**Sanabastre**

- N2) «Sanabastre», arcillas, Moluscos, Plantas.
- N1) «Sanabastre», lignitos rojos esquistosos, Vegetales indeterminados, *Hipparion catalaunicum*.

**Das**

- N2) ?
- N1) «Das», «Mina Dasense», lignitos negro-marrón, intercalados con arcillas, Plantas, *Palaeomys castoroides*, *Microstonyx antiquus*,

*Tetralophodon longirostris?*, *Chalicotherium goldfussi?*, «Sus» sp. (?).

**Alp**

- N2) ?
- N1) «Término de Alp», Mamífero grande indeterminado; «Alp» (?), *Tetralophodon longirostris?* (podría ser la misma localización anterior).

**Llivia**

- N2) ?
- N1) «Llivia», lignitos, *Dicroceros dicranocerus*.

**Estavar**

- N2) «Estavar», arcillas azules y limos más arcillosos que arenosos, por encima de los lignitos, sin Plantas, Moluscos abundantes.
- N1) «Estavar», lignitos negros, Moluscos, *Amphicyon major* var. *pyrenaicus*, *Steneofiber jaegeri*, *Progenetta* sp., *Tetralophodon longirostris*, *Deinotherium laevium?*, *Chalicotherium golgfussi*.

En la Cuenca de la Seu d'Urgell los afloramientos, que han proporcionado los escasos restos de *Sus major* de los autores, así como otros restos interesantes, están ubicados en las inmediaciones de El Firal, muy cerca de la capital de la región. Están constituidos, como en Cerdanya s.a., por capas lignitíferas, que alternan con conglomerados groseros, cementados con arcillas rojizas. La fauna es más completa que en las otras Cuencas, en conjunto, pero con más escasa representación del Suido grande.

La biocenosis conocida en El Firal permite hacer una mejor comparación faunística con la de Eppelsheim, a la que se parece mucho. Aparte de otros géneros, ambos yacimientos tienen en común: *Tapirus*, excepcional en España, ya que el otro yacimiento que lo contiene es Can Llobateras y en Ballestar se citó con dudas; *Dryopithecus*, mejor representado en la Península, que también se encontró en Can Llobateres.

Si bien la consideración de los yacimientos de El Firal no se pudo hacer tan completa como en Cerdanya y Bellver, sus terrenos se asignan a un Vallesiense Medio por paralelismo con los de estas dos últimas Cuencas y por el parecido de su fauna con la de Eppelsheim.

Además, en la misma Cuenca de la Seu d'Urgell hay otro yacimiento de Vertebrados, Ballestar, co-

nocido ya por CHEVALIER (1909), que hoy cuenta con una significativa fauna de Mamíferos más recientes que los de «El Firal». Por otra parte, en lugares muy cercanos al yacimiento de los animales, y en la misma formación, se conocen diversos afloramientos con restos vegetales abundantes más recientes también (SANZ DE SIRIA, 1974, 1977 y 1978).

Los yacimientos de Terrassa de la misma edad que los de Ballestar proporcionaron *Microstonyx* y no *Hyotherium*, por el momento; de todos modos, las condiciones ecológicas son diferentes para ambos yacimientos, siendo más húmedo el medio habitacional en la Seu d'Urgell que en el Vallès, lo que pudo condicionar la existencia, o la exclusión, de un género u otro en los hábitats (GOLPE, 1979c, *in lit.*).

Así, pues, por el hecho de que la fauna de El Firal es comparable a la de Eppelsheim y de que existe otro yacimiento de edad más reciente en la misma formación, con una fauna equivalente a la de Terrassa, se atribuyeron (GOLPE, 1979 c) las capas lignitíferas de El Firal, donde se ha exhumado el *Sus major* de ALMERA y CHEVALIER, al nivel N1 de la Cuenca de Cerdanya y la clasificación del Suido se refirió a *Microstonyx antiquus*, aunque los materiales de la literatura antigua no fueran vistos; mientras que el yacimiento de Ballestar sigue siendo asignado al Vallesiense Superior como ya se había hecho (CRUS. y GOLPE, 1979), o a N2 al paralelizarlo con los niveles de Cerdanya; los restos de *Hyotherium* fueron conservados como *Hyotherium palaeochoerus*; del mismo modo, ya se hizo en otras publicaciones anteriores, o con su denominación más moderna *Korynochoerus palaeochoerus*, y no como *H. soemmerringi*.

Los yacimientos de la Cuenca de la Seu d'Urgell están representados de la forma siguiente:

**Ballestar**

- N2) «Ballestar», arcillas rojizas, intercaladas entre cantos pizarrosos y pequeñas gravas con *Steneofiber* sp., *Hemicyon* sp., *Dinocyon?* sp., *Indarctos vireti*, *Pseudailurus* sp., *Progenetta montadai urgellensis*, Mustélido indeterminado, Carnívoro indet., talla media, *Hipparion catalaunicum*, *Tapirus priscus?*, *Chalicotherium* sp., *Dicerorhinus* sp., *Tetralophodon* sp., *Hyotherium palaeochoerus*, *Dorcatherium* sp., *Miotragoerus chantrei*, *Euprox* sp., *Palaeomeryx* sp.,

*Micromeryx flourensianus*, Jiráfido indet., *Palaeotryx miocaena*, *Testudo* sp., *Lacerta* sp.; aunque hay Micromamíferos determinados en el yacimiento aquí no se tienen en cuenta por el hecho de que en los otros afloramientos no se conocen; «La Bastida», «Campo de Tiro», «Alàs», «Castellciutat», «Acueducto», «Torrente», «Monte», «Can Petit», «Carretera», «Ballestar» y «Campo», arcillas blanco azuladas con abundantes Plantas.

**El Firal**

- N1) Lignitos alternando con conglomerados groseros, cementados con arcillas rojizas, sin Plantas, con *Dryopithecus fontani*, *Castor vidali*, *Steneofiber jaegeri*, *Amphicyon pyrenaicus*, *Progenetta* sp., *Tetralophodon longirostris*, *Deinotherium* sp., *Hipparion catalaunicum*, *Chalicotherium* sp., *Tapirus priscus*, *Aceratherium incisivum*, *Dicerorhinus schleiermacheri*, *Hyotherium palaeochoerus*, *Microstonyx antiquus*, *Dicroceros dicranocerus*.

**LOS MAMIFEROS DE LAS DEPRESIONES PIRENAICAS**

La fauna representativa de los Mamíferos de la Cuenca de Cerdanya s.a. sería la extraída del nivel N1, ya que en N2 solamente hay *Hipparion* en Prats, que también está en N1, y por sí sólo pocos datos añadiría a la interpretación del nivel superior. La enumeración de la fauna responde al cuadro siguiente:

	Bellver.....	Prats.....	Sanabastre.....	Das.....	Alp.....	Llivia.....	Estavar.....
<i>Microstonyx antiquus</i>	&.....&						
<i>Hipparion catalaunicum</i>	.. & . &						
<i>Steneofiber jaegeri</i>	.....&						
<i>Palaeomys castoroides</i>	..... &						
<i>Amphicyon</i> var. <i>pyrenaicus</i>	.....&						
<i>Progenetta?</i> sp.	.....?						
<i>Tetralophodon longirostris?</i>	..... & . & . &						
<i>Deinotherium laevium?</i>	.....&						
<i>Chalicotherium goldfussi</i>	..... & . &						
<i>Dicerorhinus schleiermacheri</i>	..... &						
<i>Dicroceros dicranocerus</i>	..... &						

Del hecho de la existencia de *Microstonyx*, y a la luz del análisis de otras especies existentes en las faunas vallesienses españolas, se puede decir, en especial:

*Hipparion catalaunicum*. Registrado por REROLLE como *Hipparion gracile* y durante mucho tiempo se consignó así; se conservó como *Hipparion catalaunicum* en muchas publicaciones, porque se consideró como una forma propia del Vallesiense de la región nordeste española.

*Steneofiber jaegeri*. Castórido figurado por DÉPERET y REROLLE (1885) como *Castor (Chalicomys) jaegeri*, que luego pasó a ser *Steneofiber*.

*Palaeomys castoroides*. Castórido, encontrado en Das, cuya descripción completó la diagnosis del taxon creado por KAUP para restos de Weisenau.

*Amphicyon major* var. *pyrenaicus*. Denominación dada en 1885 para el carnívoro grande de ESTAVAR, que REROLLE (1884-85) había llamado *Felis grande*; a veces, sólo figuró la especie *A. major*, sin aclarar en las citas por qué no se tenían en cuenta las diferencias que los autores franceses dieron como válidas para el establecimiento de la variación.

?*Progenetta*. El otro carnívoro, pequeño; en la monografía de 1885 fue dado como ?*Ictitherium* sp. por falta de elementos definitorios de especie, y aun los autores hicieron con dudas su asignación al género; apareció muchas veces sin la interrogación. Hay que hacer constar que en el trabajo original no tiene asignado yacimiento de manera especial, aunque del contexto se pueda pensar que su localización fuera Estavar y así fue considerado siempre.

?*Tetralophodon longirostris*. Llamado por DÉPERET y REROLLE (o. c.) *Mastodon* sp. en Estavar; después, se citó al conjunto formado con otros fósiles asignados a *Mastodon* de los otros yacimientos como «*Mastodon trilofodonto*», *Trilophodon*, *Mastodon angustidens*, *Gomphotherium angustidens* var. *minor*, *Gomphotherium olissiponensis*, *Zygalophodon pyrenaicus*, *Zygalophodon pyrenaicus* var. *aurelianensis* y *Tetralophodon longirostris*. Aquí se asignan todos los restos a una misma forma, por el hecho de que si fueron interpretados de estas diversas maneras quiere decir que los fósiles no son significativos en sí y lo único que atestiguan es la presencia de un Proboscideo, *Gomphotherium* o *Tetralophodon*; se

citan como ?*Tetralophodon* en razón de la edad vallesiense clara, dada al conjunto; así lo hizo también MAZO (1977).

Únicamente, en el caso de un endemismo, o supervivencia de formas, se podría admitir que fuera *Gomphotherium angustidens* siempre que se hubiera encontrado en los niveles basales y/o sin competencia con *Tetralophodon*; extremos que por ahora no se pueden precisar. Teniendo en cuenta la presencia de *Microstonyx antiquus* parece ser una región aún claramente abierta a las inmigraciones, y por tanto una persistencia de *Gomphotherium* no parece probable.

?*Deinotherium laevium*. Asignado a *D. bavarium*, cuando se consideró que los niveles eran vimbobonienses y a *D. giganteum*, en el caso de tomarlos como vallesienses; se podría aplicar aquí un razonamiento paralelo al anterior, que, junto al criterio de algunos sistemáticos, fundamenta la titulación expuesta.

*Chalicotherium goldfussi*. Se consigna así siguiendo el parecer de algunos autores que conceden preferencia a este nombre respecto a *Macrotherium grande*; fueron citados de Estavar en la literatura; aquí se mencionan en Das, basándose en trozos de esmalte de un molar visto en las colecciones del Seminario Conciliar de Barcelona.

*Dicerorhinus schleiermacheri*. Dado por BATALLER (1924) como *Rhinoceros* sp., fue atribuido más tarde (VILL. y CRUS., 1947) como aquí se consigna.

*Dicroceros dicranocerus*. Es el *Cervulus dicranocerus* de BATALLER (1918) de Llivia y *Dicroceros furcatus* de VILLALTA y CRUSAFONT (1947). El cambio de nombre responde a que se tuvo en cuenta algunos puntos de vista de los Sistemáticos.

El estudio conjunto de la fauna de Cerdanya s. a. permite hablar de un ambiente boscoso; por tanto, húmedo, como se desprende también de las formaciones lignitosas y de los animales herbívoros determinados, que requieren grandes cantidades de biomasa vegetal; aun cálido, porque las condiciones de la época así lo exigen; la presencia de *Hipparion catalaunicum*, habitante más adecuado para bosques abiertos, lo testificaría también.

Esta circunstancia habitacional de bordes de bosques sabanoides es, por otra parte, idónea para *Microstonyx*, que también frecuentaría las

riberas de agua, tanto lagunares como fluviales; éstas convendrían también a los Castóridos, moradores de bordes de aguas tranquilas, pero en movimiento, en corrientes débiles, que, en este caso, podrían estar ligadas a la red emisaria del lago supuesto. Los Castóridos fueron encontrados en los límites dibujados para la mancha de agua (Das y Estavar), igual que el Suido (Das y Santa Eugenia).

Los Carnívoros, grande y pequeño, representan elementos necesarios para mantener un equilibrio biótico. *Progenetta* es un buen representante de la vida en el bosque.

Las dos faunas de la Cuenca de Seu d'Urgell hay que considerarlas por separado, ya que pertenecen a épocas distintas y sólo la del nivel inferior servirá para hacer comparaciones directas con los fósiles de las otras Cuencas; el análisis de la biota del nivel superior se utilizará como elemento de referencia del habitat más reciente, que se paraleliza con los niveles altos del Vallès, aunque algo diferente en ciertos aspectos particulares.

En el yacimiento de El Firal hay, además de las especies de Cerdanya, *Dryopithecus fontani*, que abona aún más la existencia de árboles; *Tapirus priscus*, que vive mejor en terrenos blandos y pantanosos que en suelos duros; lo mismo que *Chalicotherium* y los Rinocerótidos también existentes en Cerdanya y Seu. Los Cérvidos son más abundantes en esta última Cuenca; posiblemente, influyen en los datos la riqueza del yacimiento en relación con los afloramientos ceretanos; se citó *Hyotherium*, no presente en Cerdanya, así como *Castor vidali*; en cambio falta en El Firal *Palaeomys castoroides*.

En el yacimiento de Ballestar hay algunos animales que le dan una impronta algo diferente y más moderna; así, *Progenetta*, si bien está presente en los otros puntos fosilíferos, aquí *P. montadai urgellensis* muestra ciertos caracteres evolucionados con respecto a las Progenetas del Vallès, que son más «hienoides» (CRUSAFONT y GOLPE, 1973). Los Jiráfidos de Ballestar y un Antilopido grande harían el afloramiento algo más moderno (GOLPE, 1974; CRUSAFONT y GOLPE, 1974), colocándolo por encima, estratigráficamente, del nivel NI, indicando una vida más sabanoide.

## COMPARACIONES Y RELACIONES CON OTROS YACIMIENTOS CONTEMPORANEOS

Se hizo un análisis comparativo de las localidades de Mamíferos de NI de Cerdanya y Seu d'Urgell con otros yacimientos vallesienses, Orignac, Montredon y Valle del Rhône, geográficamente más cercanos, Eppelsheim, típico de un medio fluvial del norte de Alemania, y algunos otros clásicos del sudeste europeo, que, aunque muestran algunas diferencias en las facies, presentan unos conjuntos faunísticos bien comparables. La confrontación de los yacimientos permitió hacer equivalencias y establecer así correlaciones aproximadas entre ellos.

Se reunieron, en especial, afloramientos dados como del Vallesiense Medio, biozona 20 a-superior, «Sabadell-Can Llobateres», por contener Mamíferos de capas más o menos correspondientes al nivel NI de Cerdanya y Seu d'Urgell. Los yacimientos incluidos en estos sedimentos presentan facies de medios lacustres o pantanosos, lignitosas, arcillosas y/o arenosas, interesando, a veces, facies gravosas con claras influencias fluviales, más o menos potentes.

Hay que tener en cuenta que la nomenclatura estratigráfica, usada por los diversos autores, no es la misma; a veces, resulta difícil sincronizar yacimientos, cuando se quiere utilizar zonaciones continentales; incluso, en algún caso, se tomó la decisión de subir o bajar algo en la escala del tiempo algunos de ellos, calibrando las características faunísticas y/o las apreciaciones de los autores, explicables hoy por criterios más en uso, que pueden precisar algo más las definiciones dadas por ellos.

El medio sedimentario común para todos ellos es el lacustre-palustre con influencias fluviales, o no; excepto para Eppelsheim y Stratzing que están considerados como de régimen fluvial típico, así como Belvedere (estos dos últimos austriacos) y St. Jean de Bournay (Isère). Las capas están formadas por arcillas; en general, oscuras y, muchas veces, lignitosas.

Las facies de este último tipo son abundantes: Orignac, Montredon, Soblay, Tersanne, Oeningen, Bacinello V<sub>1</sub> (?), Sophades (?); serían las más idóneas para las comparaciones directas con los medios de sedimentación de Cerdanya, donde los

afloramientos considerados están formados por lignitos con restos de animales y plantas. Aunque éstas no están bien conservadas, existen, al menos, en algunas de las capas del yacimiento (Bellver, Prats, Sampsor, Sanavastre, Alp y Das) y sólo animales en Llivia y Estavar.

Las facies no lignitosas de los yacimientos sincrónicos están señaladas en: Región de Azambuja, Can Llobateres, Croix-Rousse inferior, Mollon inferior, St. Jean de Bournay, Eppelsheim, Belvedere y Stratzing, que sirven para homologar las biotas, sobre todo Oeningen y Brunn-Vösendorf, ambos con flora y fauna, que quizá estarían más acertadamente incluidas en este nivel que en el N2.

De todos modos, aunque las condiciones de sedimentación no son idénticamente comparables en todos los yacimientos, por el hecho de que los fenómenos particulares abren el abanico de posibilidades de interpretación de faunas y floras en yacimientos más o menos sincrónicos, se consideraron en las comparaciones hechas aquí muchas características de las extraídas en estas localizaciones de Mamíferos de esta época, conocidas en Portugal, España, Francia (Pirineos y Rhône), Alemania, Suiza, Italia, Austria y Grecia, que están unidas por el fenómeno de la regresión marina generalizada del Tetis en el Tortonense Superior («Vindoboniense» terminal-Vallesiense), que instauró este régimen lacustre-fluvial en la región situada al norte del mar.

La comparación de los yacimientos, que pueden ser integrados en el nivel superior N2, de Cerdanya, tanto de España como del resto de Europa, se hizo muy ampliamente, ya que el único afloramiento con Mamíferos de este nivel N2 de esta Cuenca es Prats, donde sólo se encontró *Hipparion*, cuyos restos fueron extraídos en arcillas amarillas junto a plantas y Gasterópodos, alterando con capas micáceas.

Varios yacimientos españoles, atribuibles a esta biozona 20 b-«Viladecavalls», proporcionaron gran cantidad de Mamíferos; se tendrán en cuenta especialmente los ubicados en los alrededores de Terrassa (Vallès) y Ballestar (Seu d'Urgell) donde obtuvieron Mamíferos y Plantas y que serían mejor comparables con los afloramientos de Höwenegg y Brunn-Vösendorf, si éstos se consideran como pertenecientes al Vallesiense alto y ambos caracterizados también con abundantes faunas y

floras; si se establece que estos últimos pertenecen al Vallesiense Medio, o N1, serían interesantes yacimientos de control en la evolución de animales y plantas en tiempos sucesivos a lo largo de la geografía siguiendo la dirección este-oeste de traslación faunística acostumbrada.

Los depósitos con Mamíferos de esta época Vallesiense Superior son menos abundantes y difíciles de extraer en la literatura, porque son dados frecuentemente como vallesienses, en general; pocas veces están especificados como pertenecientes al Vallesiense Superior. Atendiendo a la composición de sus faunas, se pueden señalar: Azambuja superior, Azambujeira medio, zona de Terrassa-Viladecavalls, zona de Ballestar, Aubignas, Croix-Rousse superior, Mollon-Ravin, Lobrieu, Höwenegg (?), Bacinello V2 (?), Sophades (?).

En muchos de estos yacimientos está citado *Microstonyx antiquus*, dado como típico, o como *Sus major*, y, de momento, sólo el de Terrassa es evolucionado; únicamente en Bacinello hay *Microstonyx choeroides*. Por tanto, el criterio de zonación, basado en este Suido, sólo vale para situar las localidades en un Vallesiense Medio-Superior; sin embargo, otras formas (Gacelas, Jiráfidos, Antílopes grandes, p. e.) inclinan a considerarlas como pertenecientes a los niveles altos N2.

El estudio escueto de la representatividad ecológica, hecha a través de los Mamíferos existentes en Cerdanya, s. a., no dio amplios límites de interpretación; pero, su análisis, tampoco está en desacuerdo con los otros datos obtenidos de los Moluscos, Plantas, Diatomeas y Polen. Las conclusiones elaboradas a partir de los Mamíferos y otros restos fósiles definen bien a N1; mientras que el análisis de las Plantas informan mejor de la vida en N2 y proporcionan datos ambientales más precisos del clima, en general, y de los pisos de condiciones bióticas de todo el conjunto, en particular.

Si la lista de estos animales ceretanos se completa con los fósiles de la Cuenca de la Seu d'Urgell inferior, de edad y ambiente parecidos y cuyos afloramientos están muy próximos en la geografía, el panorama se amplía; en Cerdanya s. a. y en El Firal no hay, hasta el momento, Antílopes, Gacelas, ni Jiráfidos; en Ballestar sí, junto a otros animales más típicos del Vallesiense Medio-Superior.

La paralelización de las conclusiones obtenidas

en las Depresiones Pirenaicas con las deducidas en otras faunas españolas, así como en algunas otras europeas de la época, autorizaron a extender ciertas apreciaciones a la síntesis elaborada con los, en realidad, escasos Mamíferos de estos yacimientos pirenaicos.

En resumen, la fauna del nivel N1 de las Depresiones Pirenaicas queda bien enmarcada dentro de las biocenosis representadas por los fósiles de otros yacimientos típicos de medios sedimentarios análogos, en los que no habría bosques muy densos, como Can Llobateres, Orignac, Montredon, Soblay (en estos últimos coexisten los del Suidos, *Microstonyx* e *Hyotherium* como en El Firal y algún otro animal más moderno), St. Jean de Bournay, Eppelsheim (con *Dryopithecus*, coexistencia de ambos Suidos, pero no Antílopes grandes, Gacelas ni Jiráfidos, como en El Firal).

Hay que destacar: Por una parte, la ausencia de estos últimos Mamíferos, considerados de ambientes más abiertos, en Cerdanya, Seu d'Urgell inferior y Eppelsheim, que puede ser debida a su edad más antigua o/y, en España, a su localización montañosa, y en Alemania, a ser un yacimiento más al norte que los demás. Por otro lado, la existencia en ellos de *Tapirus*, *Dryopithecus* e *Hyotherium* explicaría ambientes más boscosos.

Estas dos coincidencias corroboran para estos yacimientos, junto a las otras especies típicas, una edad vallesiense clara y no vindoboniense; un medio más de acuerdo con un Vallesiense Medio para este nivel N1 y otro más sabanoide, Vallesiense Superior, para el N2.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMERA, J., y BOFILL, A.: *Descubrimiento de grandes mamíferos fósiles de Cataluña*. Crónica Científica, t. X, núm. 220, pp. 1-4, Barcelona (1887).
- ALMERA, J., y BOFILL, A.: *Recientes descubrimientos paleontológicos en Cataluña*. Crónica Científica, t. XII, núm. 268, pp. 1-5, Barcelona (1889).
- ALVAREZ-RAMIÑ, C.; GOLPE-POSSE, J. M., y SANZ-PECIÑA, A.: *Sobre la Paleobiología de la Cuenca de Cerdanya (Depresiones Pirenaicas)*. IV Reunión Bienal R.S.E.H.N. Valencia, octubre 1979 (in lit).
- ASTRE, G.: *Le Bassin néogène de Bellver*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. 56, 2ième ann., pp. 331-258, Toulouse (1927).

BATALLER, J. R.: *Mamífers fòssils de Catalunya*. Treballs de l'Inst. Cat. Hist. Nat., vol. IV, pp. 111-271, Barcelona (1918).

BATALLER, J. R.: *Mamífers fòssils de Catalunya. Nota paleontològica*. Bull. Inst. Cat. Hist. Nat., 2.ª sèrie, t. XXI, pp. 80-86, Barcelona (1921).

BATALLER, J. R.: *Contribució a l'estudi de nous Mamífers fòssils de Catalunya*. Arx. Inst. de Ciències, any XII, núm. 1, pp. 1-53, Barcelona (1924).

BOFILL, A.: *Sobre la presencia de Hipparion gracile KAUP, en la mina de lignito denominada «Mercedes» de Sanabastre, Cerdaña*. Bol. R. Acad. C. y Art. de Barcelona, 3.ª época, t. I, p. 567, Barcelona, 1892-1900 (1899).

BOISSEVAIN, H.: *Etude géologique et géomorphologique d'une partie de la Vallée de la Sègre (Pyrénées Catalans)*. Bull. Soc. Hist. Mat. Toulouse, t. 66, 69ième ann., pp. 33-170, Toulouse (1934).

CHEVALLER, M.: *Contribution à l'étude des Pyrénées. Note sur les terrains néogènes de la Cerdagne*. Bull. Inst. Cat. Hist. Nat., 2.ª sèrie, t. 25, pp. 126-138, Barcelona (1909).

CRUSAFONT, M., y GOLPE, J. M.: *Nuevos hallazgos de Progenetta montadai en el Mioceno de Cataluña*. Bol. Geol. y Min. t. 84, II, pp. 105-113, Barcelona (1973).

CRUSAFONT, M., y GOLPE, J. M.: *El nuevo yacimiento vallesiense de Ballestar (Lérida) (nota preliminar)*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 72: 67-73, Madrid (1974).

CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F. de, y BATALLER, J. R.: *Los castores fósiles de España. I. Parte general y descriptiva*. Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp., t. LXI, pp. 321-423, Madrid (1948).

DEPERET, Ch. et REROLLE, L.: *Note Sur la Géologie et sur les Mammifères fossils du Bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne*. Bull. Soc. Géol. France, t. XIII, 3ième Série, pp. 488-506, París (1885).

GOLPE-POSSE, J. M.: *Suiformes del terciario español y sus yacimientos (Tesis)*, pp. 1-558 (mec.). Barcelona-Sabadell (1971).

GOLPE-POSSE, J. M.: *Faunas de yacimientos con Suiformes en el Terciario español*. Pal. y Evolu. VIII (Publ. Inst. Prov. Paleontología de Sabadell), pp. 1-87, Sabadell (1974).

GOLPE-POSSE, J. M.: *Presencia del género Microstonyx PILGRIM, 1926, en el Vallesiense superior de Terrassa (Barcelona, Cuenca del Vallès)*. Bol. Inf. Inst. Prov. Paleontología de Sabadell, año X, núm. 1-2, pp. 28-22, Sabadell (1978).

GOLPE-POSSE, J. M.: *Panoràmica vivent del subsòl de Sabadell, deu milions d'anys enrera. Ponència llegida a la «Fundació Bosch i Cardellac de Sabadell»*. Quaderns d'Arxiu, in lit. (1979 a).

GOLPE-POSSE, J. M.: *Yacimientos con restos fósiles del Vindoboniense superior al Vallesiense superior de la región Sabadell-Terrassa*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., int lit. (1979 b).

- GOLPE-POSSE, J. M.: *Le genre Microstonyx en Espagne et ses relations avec les autres espèces du même genre dehors d'Espagne*. Jubilé scientifique de René Lavocat, Montpellier, juin, 1979. Palaeovertebrata, in lit. (1979 c).
- GOLPE, J. M.; SANTAFÉ, J. V., y CASANOVAS, M.: *Datos sobre el Vallesiense medio-superior de los alrededores de Terrassa*. Tomo-Homenaje Dr. Solé Sabarís, Barcelona (1978, in lit.).
- LEYMERIE, A.: *Récit d'une excursion géologique de la Vallée de la Sègre*. Bull. Soc. Géol. France. 2nd série, t. XXVI, pp. 604-666, Paris (1869).
- MAZO, A.: *Revisión de los Mastodontes de España (Tesis doctoral)*. Madrid (1977).
- REROLLE, L.: *Etude sur les Vegetaux fossiles de Cerdagne*. Revue des Sciences Nat. de Montpellier, 3ième sér., fasc. IV, pp. 167-191, 252-298, 368-386, pl. III-VI, IX-XIV, Montpellier (1884-85).
- SANZ DE SIRIA, A.: *Estudio de la flora terciaria de Bailestar*. Pub. Inst. Prov. Pal. Sabadell. Bol. Inf. (1974).
- SANZ DE SIRIA, A.: *Estudio de la flora terciaria de la Cuenca de Seu d'Urgell (Resumen tesis doctoral)*. Publ. Inst. Prov. Pal. Sabadell Pal. y Ev. IX (1977).
- SANZ DE SIRIA, A.: *La flora miocénica de las Cuencas Catalanas*. Publ. Inst. Prov. Pal. Sabadell. Bol. Inf. año X, núm. 1-2, pp. 52-62 (1978).
- SOLÉ-SABARIS, L.: *Leyenda de la hoja 217 (Puigcerdá) del Mapa Geológico de España*. 1:50.000, IGME, Madrid (1970).
- SOLÉ SABARIS, L., y LLOPIS LLADÓ, N.: *Sobre la tectónica del Alto Valle del Segre*. Est. Geol., núm. 6, pp. 3-53, 14 fig., Madrid (1947).
- VILLALTA, J. F. DE, y CRUSAFONT, M.: *La flora miocénica de la Depresión de Bellver*. Ilerda, núm. 3, fasc. 2, Lérida (1945).
- VILLALTA, J. F. DE, y CRUSAFONT, M.: *Les gisements de Mammifères du Néogène espagnol. IV, Bassins de la Cerdagne et de La Seu d'Urgell*. C. R. Somm. de la Soc. Géol. France, núm. 1-2, pp. 28-30, Paris (1947).
- THENIUS, E.: *Microstonyx antiquus aus dem Alt-Pliozän Mittel-Europas. Zur Taxonomie und Evolution der Suidae (Mammalia)*. Ann. Naturhistor. Mus. Wien, 76, 539-586, Wien. (1972).

Recibido: Junio de 1980

## Los glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lérida)

Por M. GUTIERREZ ELORZA (\*) y J. L. PEÑA MONNE (\*\*)

### RESUMEN

Se estudia el modelado glacial y periglacial en el área de la Bonaigua (Pirineo leridano), especialmente las formas menores de erosión glacial y los glaciares rocosos, diferenciándose dos tipos: glaciares rocosos en lengua y lobados. Por distintas consideraciones, se deduce que se trata de glaciares rocosos fósiles tardiglaciares.

### ABSTRACT

Glacial and periglacial landforms from Bonaigua area (Lerida Pyrenees), especially the small-scale features of glacial erosion and rock glaciers are distinguished: Tongue-shaped rock glaciers and lobate rock glaciers. In base of several considerations these rock glaciers are inferred as fossil and late glacial forms.

### 1. SITUACION GEOGRAFICA

El área de estudio está situada (fig. 1) en el norte de la provincia de Lérida, en plena zona axial pirenaica, unos 15 Km. al sur de la frontera francesa. Ocupa parte del sector centro-septentrional de la Hoja núm. 181 (Esterra de Aneu) del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000. Asimismo, constituye la divisoria hidrográfica entre las cuencas del río Garona y Noguera Pallaresa, con alturas entre 1.600 y 2.903 metros (pico de Bassiero). Está surcada por el río de Ruda, afluente del Garona, en la cabecera del valle de Arán, y por el río Bonaigua, que vierte sus aguas al Noguera Pallaresa, en la comarca del Pallars Sobirà.

### 2. RASGOS GEOLOGICOS

Geológicamente, el área forma parte de la región central del Pirineo axial. Este sector ha sido analizado fundamentalmente por SCHMIDT, H. (1931) y por los geólogos de la Universidad de Leiden, dirigidos por los profesores DE SITTER y ZWART du-

rante las décadas de 1950 y 1960 (SITTER, L. U. DE, 1959; ZANDVLIERT, J., 1960; KLEINSMIEDE, W. J. F., 1960; SITTER, L. U. DE, y ZWART, H. J., 1962; ZWART, H. J., 1963a; MEY, P. H. W., 1967, 1968; etc.). La zona estudiada está constituida por una serie monótona de pizarras y pizarras arenosas, grises y verdosas, con lechos de areniscas y cuarcitas, en finos estratos. Dentro de este conjunto, se intercalan niveles de calcoesquistos y calizas. También se indentan en la serie niveles de conglomerados con cantos de cuarzo y cuarcita empastados en una matriz pizarrosa, muy esquistosada, y presentando los cantos un fuerte grado de aplanamiento. Estos conglomerados afloran en la margen izquierda del río de la Bonaigua. La formación cambro-ordovícica no presenta ningún resto fosilífero y todos los autores les atribuyen esa edad al estar por debajo de formaciones fosilíferas silúricas. Es posible, según los investigadores del área, que parte de la misma pueda pertenecer a un Precámbrico Superior. Dado el fuerte replegamiento de la serie y la carencia de niveles-guía que permitan efectuar perfiles estratigráficos detallados, es difícil obtener una potencia aproximada para esta formación. Se estima en unos pocos miles de metros.

(\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Zaragoza.

(\*\*) Departamento de Geografía. Colegio Universitario de Teruel.

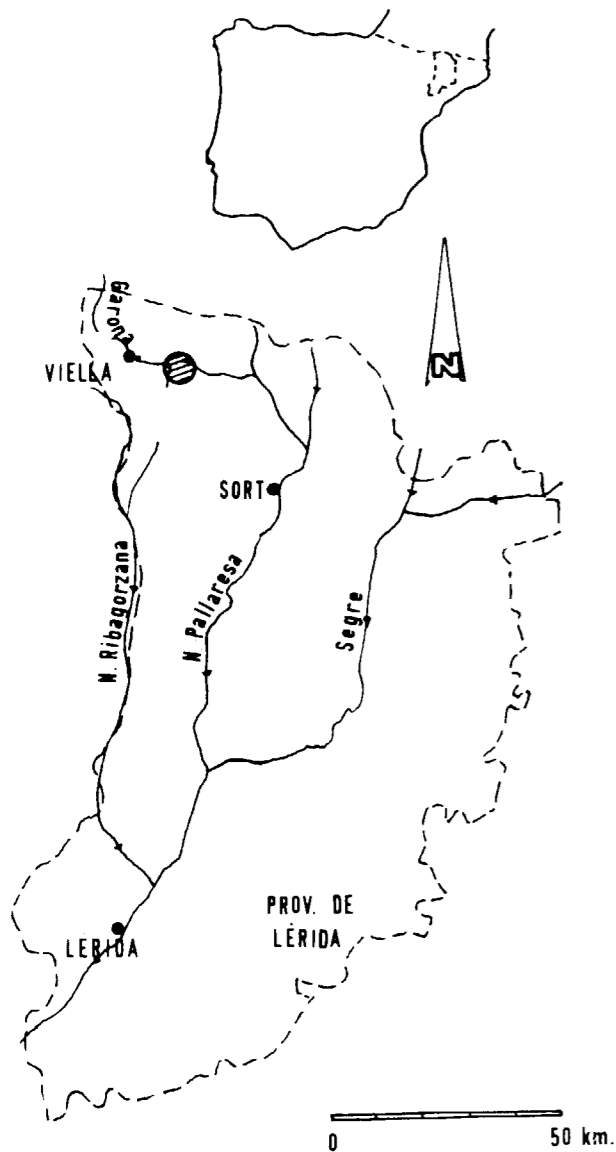


Figura 1.—Mapa de situación.

Todos estos materiales y las formaciones silúricas, devónicas y carboníferas que se superponen están instruidos por un gran batolito granítico, denominado «granodiorita de la Maladeta». Esta granodiorita es de grano medio, presenta algunos enclaves básicos y está atravesada en todas direcciones por frecuentes diques de muy poca potencia de composición aplítica y de cuarzo. El diaclasado que presenta tiene, por lo general, un amplio espaciado, lo que es importante de cara a la acción de los procesos de crioclastia, que generan

los grandes bloques de los glaciares rocosos y de otras formas periglaciares.

Desde un punto de vista tectónico, ya hemos señalado que las rocas cambro-ordovícicas están afectadas por un repliegamiento intenso en el que se observan claramente dos fases sinésquistas unidas a pliegues isoclinales de direcciones variables de NW-SE hasta E-W y siendo la vergencia de estos pliegues respectivamente Suroeste o Sur. La intrusión de la granodiorita de la Maladeta es posterior a estas fases sinésquistas. Los autores que han estudiado el área señalan una fase de plegamiento posterior manifestada por el cabalgamiento local hacia el sur del batolito de la Maladeta y el repliegamiento de los diques ligados al mismo. Finalmente, se aprecia una deformación más tardía manifestada por kink-bands. Todas estas deformaciones corresponden a la orogenia hercínica. Es lógico que este área también haya estado sometida a las deformaciones alpinas, fundamentalmente por reactivación de fallas hercínicas.

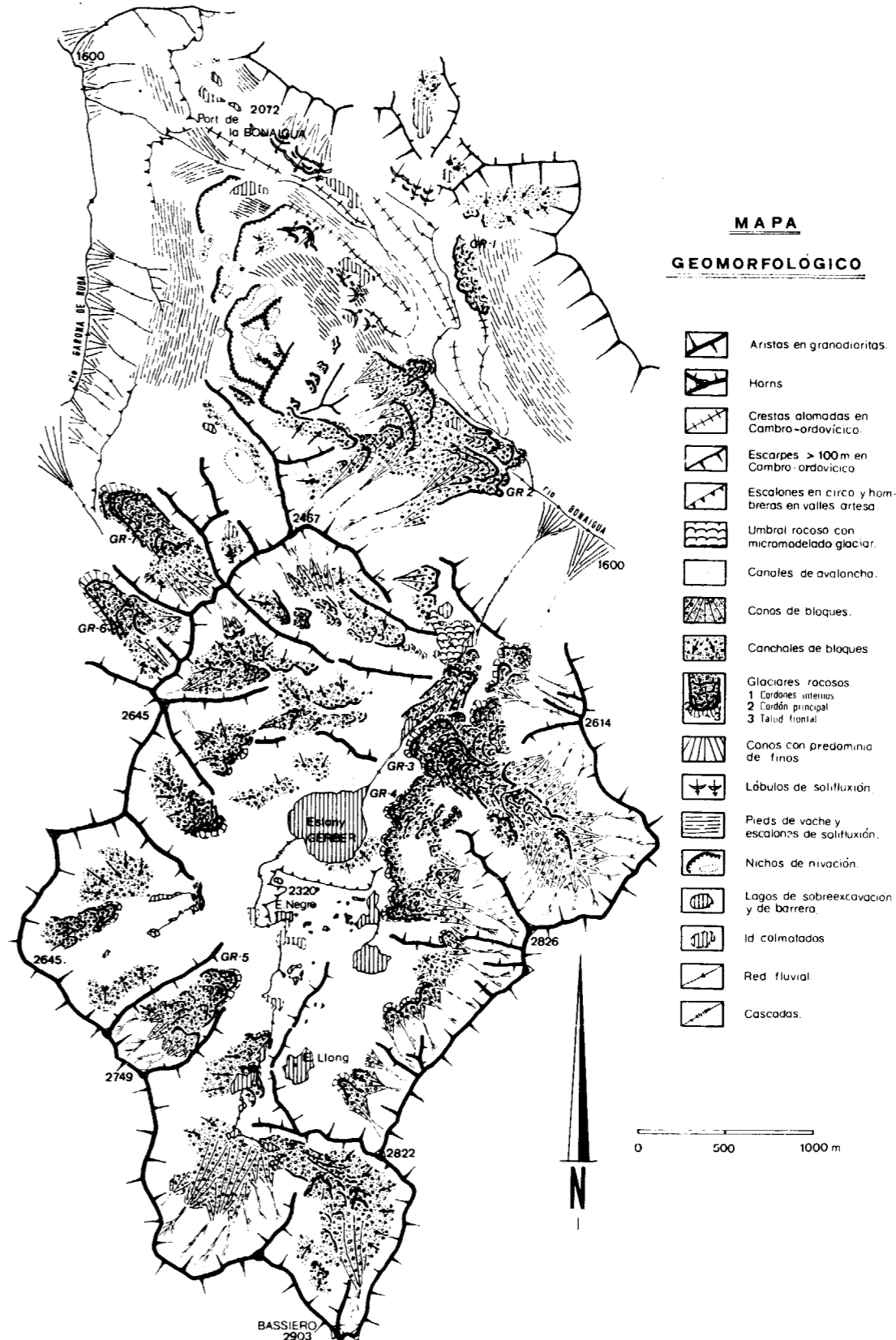
El metamorfismo que afecta al conjunto cambro-ordovícico es epizonal en este área, no así en otros puntos del Pirineo axial, próximos a la región estudiada (por ejemplo, área de Bossost), donde se han realizado excelentes estudios de relación deformación-metamorfismo (ZWART, H. J., 1962, 1963b).

Finalmente, indicaremos que el área estudiada está comprendida entre la granodiorita de Mariña y la de la Maladeta, ocupando también parte de esta última. Tectónicamente, se sitúa en el tránsito del Anticlinorio Septentrional al Sinclinal de Llavorsí, señalados por SITTEr, L. U. DE (1959).

### 3. EL MODELADO GLACIAR

La observación del relieve de la zona de estudio muestra la importancia de los procesos glaciares cuaternarios, que se manifiesta fundamentalmente en un macro y micro-modelado de erosión glaciar.

Las formas glaciares mayores corresponden a circos y valles en artesa, limitados por enérgicos relieves en agudas aristas, algunas de las cuales culminan en pequeños horn, en donde se localizan las máximas alturas. Se reconocen claramente dos circos: el de Gerber y el de Saboredó, aunque nuestro estudio se centra especialmente en el primero de ellos. Ambos se excavan en las grano-



#### MAPA

#### GEOMORFOLOGICO

- Aristas en granodioritas
- Horns
- Crestas alomadas en Cambro-ordovícico
- Escarpes > 100 m en Cambro-ordovícico
- Escalones en circo y hornbreras en valles artesa
- Umbral rocoso con micromodelado glaciar
- Canales de avalancha
- Conos de bloques
- Canchales de bloques
- Glaciares rocosos
  - 1 Cordón interno
  - 2 Cordón principal
  - 3 Talud frontal
- Conos con predominio de finos
- Lóbulos de soliflucción
- Piedes de vache y escalones de soliflucción
- Nichos de nivación
- Lagos de sobreexcavación y de barrera
- Lóbulos colmatados
- Red fluvial
- Cascadas



dioritas de la Maladeta. El circo de Gerber es relativamente de pequeñas dimensiones, unos 12 kilómetros cuadrados, teniendo en planta una forma subcircular, que en detalle consiste en un circo compuesto por varios anfiteatros semiesféricos separados por aristas intermedias de carácter secundario. El fondo del circo está salpicado por pequeñas depresiones cerradas, en la actualidad ocupadas por lagos, destacando por su tamaño el Estany Gerber. Estos lagos tienen génesis muy variadas, correspondiendo a zonas de sobreexcavación glaciaria, a represamientos producidos por los cordones arqueados de los glaciares rocosos e, incluso, algunos de ellos están relacionados con posibles nichos de nivación. Longitudinalmente, el circo presenta cinco netos *escalones* (*rock steps*), estando el más próximo a la pared del circo en torno a los 2.400 metros. Entre los escalones aparecen fuertes rupturas de pendiente, con ángulos que en algunos casos sobrepasan los 50-60°. La salida del circo hacia el valle de la Bonaigua presenta un neto umbral con numerosas huellas de micromodelado de erosión glaciaria, quedando suspendido unos 400 metros por encima del fondo de la artesa glaciaria del valle de la Bonaigua, valle glaciario tributario del glaciario del Noguera Pallaresa.

El circo de Saboredo conforma el área de alimentación del valle glaciario del Garona de Ruda, en el que se observa un espectacular valle en U. Es posible que la lengua de este glaciario presentara una difluencia hacia el valle de la Bonaigua, tal como señalan MASACHS, V., y MONTORIOL, J. (1961). En este sector, nuestro estudio se limita exclusivamente a parte de la margen derecha del valle, en donde existen varios *valles suspendidos*, en los que se han desarrollado glaciares rocosos de una perfecta identificación geomorfológica.

Los glaciares del valle de la Bonaigua y del Garona de Ruda presentaban una altura de la masa de hielo que fluctuaba entre los 400 y 500 metros. En ninguna de estas dos artesas glaciares se han observado depósitos morrénicos, a no ser los controvertidos depósitos de los glaciares rocosos, que han sido interpretados por algunos autores como morrenas glaciares. Ambos valles carecen de umbrales internos, desarrollándose, sin embargo, más al Este y fuera del estudio, en la confluencia de los valles glaciares de la Bonaigua y del Noguera Pallaresa, una zona de micro-modelado glaciario erosivo (estrías, pulido, etc.), que debió corresponder a un extenso umbral.

En el umbral existente a la salida del circo de Gerber se desarrollan muy buenos ejemplos de micro-modelado glaciario. Sobre la granodiorita de grano medio de la Maladeta destaca un amplio conjunto de *rocas aborregadas*, en cuya superficie se observan algunas *estrías* y *acanaladuras* glaciares (foto 1). Aparecen, además, otras huellas de micro-modelado de erosión glaciaria. Se trata de distintos tipos de *hendiduras de fricción* (*friction cracks*), que como señalan los autores especialistas se producen más claramente en rocas de grano medio. Este tipo de microformas resultan de la acción opresora de bloques transportados por el hielo sobre el sustrato rocoso, aunque su génesis detallada está sometida a numerosas controversias. Para su descripción seguiremos la diferenciación realizada por EMBLETON, C., y KING, C. A. M. (1975a), en cuyo tratado se pueden consultar los diferentes problemas existentes en la interpretación y origen de este micromodelado. Las hendiduras de fricción más frecuentes son las *muescas crecientes* (*crescentic gouges*) (foto 2), que aparecen sobre los lados de menor pendiente de las rocas aborregadas, situadas, por tanto, en contrapendiente del avance del hielo. Su tamaño oscila entre los 20 y 60 cm. Son formas de media luna

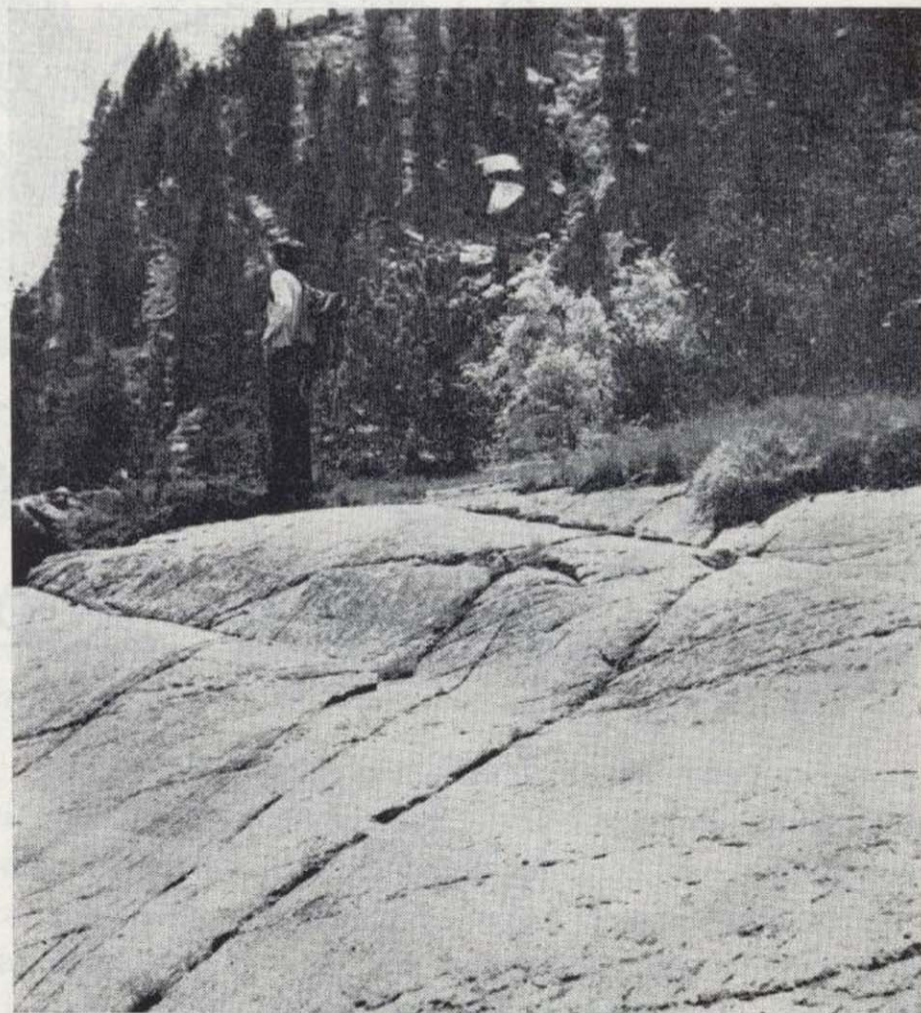


Foto 1.—Acanaladuras glaciares. Umbral de salida del circo de Gerber.



Foto 2.—Muescas crecientes. Umbral rocoso del circo de Gerber.

con los cuernos mirando en dirección contraria al sentido de avance del hielo y presentan un plano de fractura de poca inclinación que buza siempre aguas abajo del avance del hielo. Aparecen formando sistemas de varias muescas crecientes y, en algún caso, se produce la intersección de un sistema con otro, con el consiguiente entrecruzamiento de las formas lunadas. En la mayoría de ellas, ha saltado una pequeña lasca de piedra, al haberse producido un plano de fractura vertical que corta a la otra fractura de bajo ángulo (en una de estas hendiduras se conservaba esta lasca de piedra). Otro tipo de hendidura de fricción son las *fracturas en media luna (lunate fractures)*, de las que se han observado muy pocos ejemplos. Este tipo presenta los mismos tamaños, fracturas y asociaciones que las muescas crecientes, pero los cuernos de la media luna miran aguas abajo del avance del hielo. Como la anterior, el sentido del movimiento del hielo viene expresado por el buzamiento de la fractura de bajo ángulo. En una pared subvertical lateral de estas rocas aborregadas se ha observado, además, *sichelwannen*, no muy bien desarrollado, consistente en pequeñas depresiones orientadas en el sentido de flujo del hielo. También aparecen hendiduras de fricción del tipo *fractura concoidea (conchoidal fracture)* que es una oquedad cóncava hacia arriba.

#### 4. LOS GLACIARES ROCOSOS

Un glaciar rocoso, definido por POTTER, N. (1972), es «una masa por lo general de bloques angulosos, en forma de lengua o lobada, que parece un pequeño glaciar, que generalmente se encuentra en terrenos de alta montaña y tiene frecuentemente cordones, surcos y, algunas veces, lóbulos sobre su superficie y también posee un frente escarpado con ángulo de reposo». Estas formas son poco conocidas en los Pirineos. Han sido citadas someramente por los autores holandeses, que han estudiado la geología de la región central de los Pirineos (ya citados en un capítulo anterior) y también han sido descritos por SERRAT, D. (1979), y SOUTADE, G. (1980), en el Pirineo Oriental. La problemática de los mismos aparece bien reflejada en los tratados de geomorfología periglacial de EMBLETON, C., y KING, C. A. M. (1975b), y WASHBURN, A. L. (1979). No obstante su poco conocimiento, estimamos que son formas relativamente frecuentes en la cadena pirenaica y sería interesante la realización de un estudio sobre los mismos a lo largo de toda la cadena mediante una cartografía a partir de la fotografía aérea, lo que permitiría realizar estudios estadísticos como los efectuados por LUCKMAN, B. H., y CROCKETT, K. J. (1978) en Canadá. Mucho más numerosos son los estudios de glaciares rocosos realizados en los Alpes, de los que se tiene un conocimiento morfológico muy amplio, habiéndose establecido una buena cuantificación de las masas rocosas movilizadas y una precisa diferenciación de su nivel de actividad, sobre todo en los Alpes suizos (BARSCH, D., 1977).

Los glaciares rocosos presentan, para algunos autores, una problemática en cuanto a su clasificación como formas glaciares o periglaciares. Así, por ejemplo, TRICART, J., y CAILLEUX, A. (1962), página 432, señalan que «los glaciares rocosos son una forma de transición entre los glaciares puros y los fenómenos periglaciares».

Por otra parte, existe también un cierto confusiónismo en la diferenciación entre corrientes y vertientes de bloques y glaciares rocosos. De este modo, CORTE, A. E. (1967) señala que ha observado todas las etapas desde vertientes de bloques a gla-

ciaras recosos en los Andes. Así pues, a pesar de las numerosas investigaciones que se han realizado en los últimos años, los glaciares rocosos siguen siendo, en muchos aspectos, formas controvertidas, como a continuación seguiremos señalando.

Los glaciares rocosos de la zona estudiada se encuentran situados al pie de fuertes paredes escarpadas que constituyen los bordes de los anfiteatros de circo o, en otros casos, forman parte

de las abruptas vertientes de valles en artesa. Los de mayor desarrollo se encuentran en las vertientes orientadas al Norte y Noroeste, aunque también existen formas de poco recorrido en vertientes que miran a Sur y Sureste (véase Mapa Geomorfológico).

En la tabla adjunta se enumeran las características morfológicas de los principales glaciares rocosos analizados:

Nombre	Características morfológicas de los principales glaciares rocosos					
	Crestas Alt. máx.	Raíz G. rocoso	Frente G. rocoso	Longitud G. rocoso	Anchura G. rocoso	Superficie G. rocoso
Fuente Collada (GR 1)	2.320 m.	2.000 m.	1.960 m.	120 m.	480 m.	0,05 Km <sup>2</sup>
Virgen de Ares (GR 2)	2.360 m.	2.100 m.	1.700 m.	1.320 m.	290 m.	0,21 Km <sup>2</sup>
Circo de Gerber (GR 3)	2.822 m.	2.400 m.	2.100 m.	1.680 m.	290 m.	0,36 Km <sup>2</sup>
Lago Gerber (GR 4)	2.822 m.	2.340 m.	2.260 m.	340 m.	360 m.	0,07 Km <sup>2</sup>
Puis de Gerber (GR 5)	2.660 m.	2.400 m.	2.300 m.	600 m.	240 m.	0,11 Km <sup>2</sup>
Dcha. Garona I (GR 6)	2.520 m.	2.300 m.	2.180 m.	480 m.	250 m.	0,08 Km <sup>2</sup>
Dcha. Garona II (GR 7)	2.520 m.	2.300 m.	2.200 m.	650 m.	250 m.	0,09 Km <sup>2</sup>

Aparte de estos glaciares principales, existen formas de menor tamaño, la mayoría de ellas colgadas en la vertiente, y que en algunos casos pueden confundirse con protilus ramparts. Todos los glaciares acaban en un frente muy nítido y de gran pendiente, en torno a los 35-40°. Respecto a la pendiente global del glaciar rocoso, señalaremos que es muy variable de unas formas a otras e, incluso, dentro de un mismo glaciar, donde se pueden llegar a encontrar pendientes próximas a la horizontal, por lo general, en las partes más distales.

En base a las características morfológicas indicadas en la tabla, se puede efectuar una clasificación morfológica de los glaciares rocosos. Esta diferenciación la realizan WAHRHAFTIG, C., y COX, A. (1959) y es utilizada por todos los autores que se han ocupado de este tema. Diferencian *glaciares rocosos en lengua*, si la longitud es mayor que la anchura, *glaciares rocosos lobados*, cuando la anchura supera a la longitud, y *glaciares rocosos en espátula*, que son similares a los glaciares rocosos en lengua pero que se ensanchan bruscamente en las proximidades de sus frentes. La observación del Mapa Geomorfológico y de la tabla acompañante permite diferenciar claramente dos tipos de glaciar rocoso en este área: glaciares rocosos en lengua y glaciares rocosos lobados. Los primeros son mucho más abundantes y de mayor desarrollo

que los segundos. No aparecen los glaciares rocosos en espátula ni tampoco el otro tipo que diferencia WASHBURN, A. L. (1979), el *glaciar rocoso compuesto*, formado por la superposición de varias lenguas de glaciar rocoso.

Ambos tipos de glaciares rocosos están constituidos por material procedente de la meteorización de la granodiorita, excepto para el glaciar rocoso lobado de la Fuente de la Collada (GR 1), que está formado por bloques de conglomerados pizarrosos. En todos ellos, el tamaño de los clastos es el de bloque, dominando siempre en superficie los bloques decimétricos y métricos (foto 3), que alcanzan tamaños máximos de hasta seis metros. La textura superficial es claramente abierta, formada por un caos de bloques, sin ninguna orientación aparente y con total carencia de finos, excepto en las áreas frontales de algunos glaciares rocosos. Esta carencia de finos se interpreta, al igual que para las corrientes de bloques, como debida a un lavado superficial de las mismas y a un enriquecimiento de las granulometrías menores en profundidad al percolar por los huecos existentes. Por la ausencia de cortes, no hemos podido observar la clasificación en sentido vertical que señalan todos los autores que han estudiado este tipo de formas y que suele manifestarse por una mayor abundancia de los finos en profundidad. La ausencia superficial de los finos es usada como criterio de

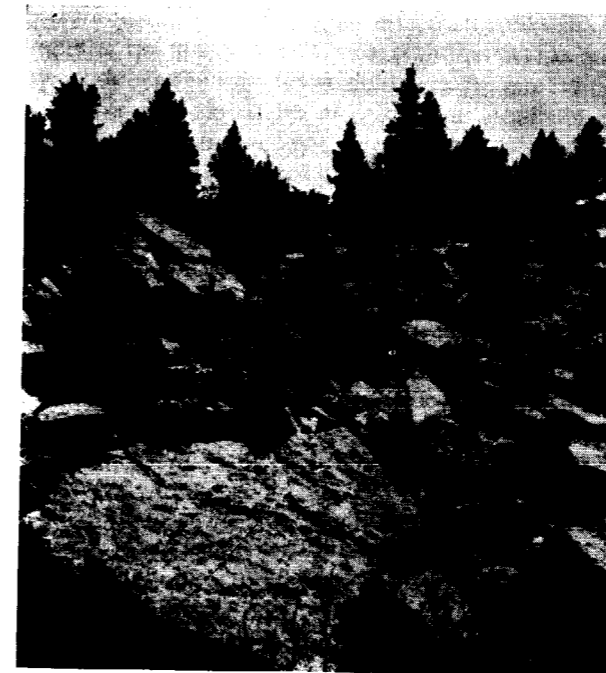


Foto 3.—Superficie del glaciar rocoso en lengua del circo de Gerber (GR 3).

senectud por algunos autores (LLIBOUTRY, L., 1965), aunque tenemos dudas sobre el particular.

Los glaciares rocosos se diferencian muy bien en fotografía aérea vertical por presentar numerosas lobulaciones sobre su superficie. Se observan dos tipos de cordones: transversales a la dirección de desplazamiento de la masa del glaciar rocoso y longitudinales. Los primeros tienen claras ondulaciones (foto 4), mientras que los segundos suelen ser más o menos rectilíneos. Entre los cordones se sitúan surcos paralelos a éstos, que suelen tener forma de V, a diferencia de los cordones, que suelen tener perfil redondeado. En algunas partes, aparecen pequeñas depresiones de bordes suaves y escasa profundidad, siendo difícil precisar si en su génesis han intervenido procesos de termokarst o criokarst. Como es lógico, tanto las depresiones como los surcos están cubiertos de nieve persistente la mayor parte del año.

Los glaciares rocosos exigen para su formación una serie de factores básicos: necesitan situarse al pie de paredes escarpadas, en circo o valle, precisan de unas litologías determinadas que permitan la generación de gelifractos de gran tamaño, para lo cual, a su vez, es necesario que los planos

de fisibilidad existentes en la roca tengan un espaciado adecuado. Además de estos factores morfológicos y geológicos, son fundamentales algunas circunstancias climáticas específicas que vienen manifestadas por temperaturas medias anuales en torno a los 0° y precipitaciones niveles de 1.000 milímetros para LLIBOUTRY, L. (1965) y de 1.200 milímetros para POTTER, N. (1972). Indican para su época de actividad, al menos un permafrost discontinuo (BARSCH, D., 1977). Estas circunstancias climáticas favorecieron los procesos de crioclastia y la generación de gelifractos que se movilizan por caída gravitacional, avalanchas, etc., desarrollando un extenso talus a su pie y protilus rampart. A veces, este material detrítico recubre hielo glaciar y se trata entonces de glaciar rocoso con núcleo de hielo, que son formas similares al tipo de glaciar negro o morrenas con núcleo de hielo. En otros casos, la nieve y el agua de fusión penetra en los intersticios de la masa rocosa y se hiela, obteniéndose entonces un glaciar rocoso cementado por el hielo. Esta clasificación basada en el tipo de hielo existente en el interior del glaciar rocoso activo se debe a POTTER, N. (1972). CORTE, A. E. (1976) denomina a los glaciares rocosos con núcleo de hielo, tipo Secundario o tipo S y a los cementados por el hielo, tipo Primario o P.

El movimiento del glaciar rocoso se realiza por el flujo del hielo, que es lo que denominan los autores «creep de glaciar rocoso» (WASHBURN,

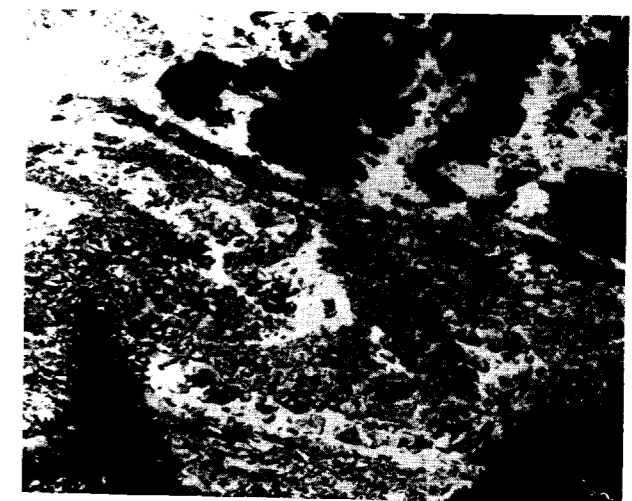


Foto 4.—Cordones transversales en el glaciar rocoso GR 7 del Alto Garona. Los surcos están parcialmente recubiertos de nieve.

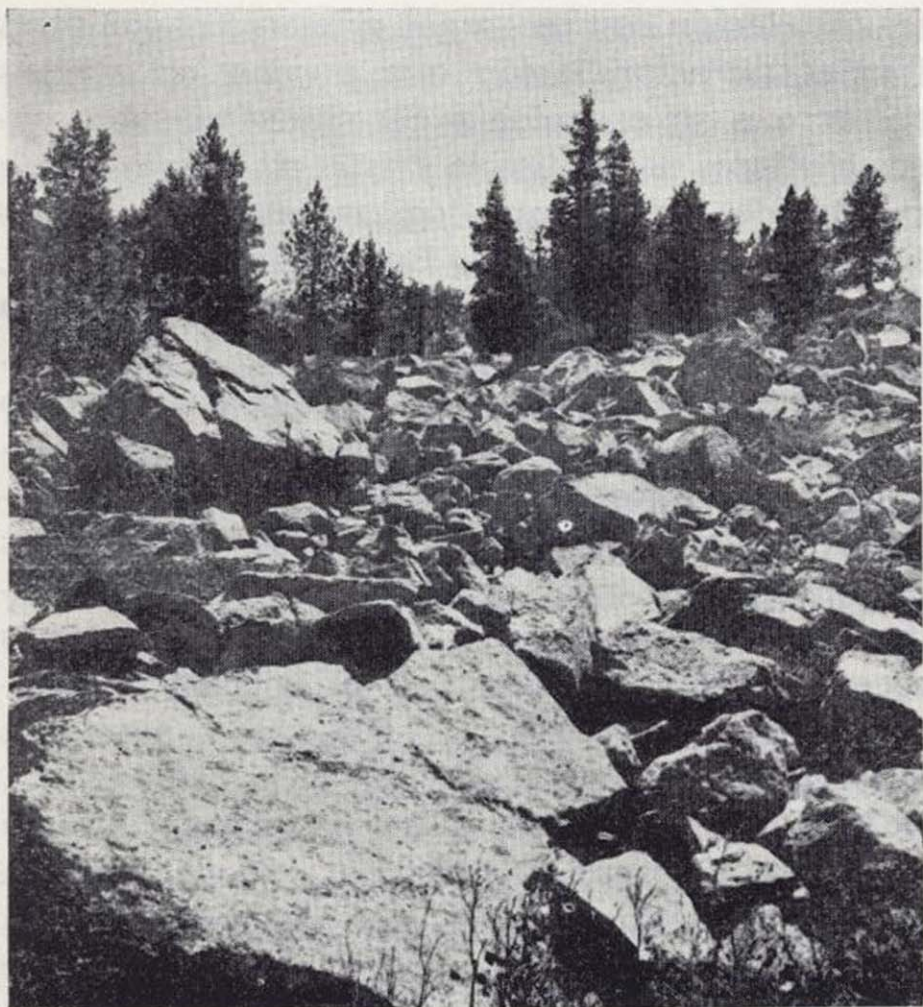


Foto 3.—Superficie del glaciar rocoso en lengua del circo de Gerber (GR 3).

senectud por algunos autores (LLIBOUTRY, L., 1965), aunque tenemos dudas sobre el particular.

Los glaciares rocosos se diferencian muy bien en fotografía aérea vertical por presentar numerosas lobulaciones sobre su superficie. Se observan dos tipos de cordones: transversales a la dirección de desplazamiento de la masa del glaciar rocoso y longitudinales. Los primeros tienen claras ondulaciones (foto 4), mientras que los segundos suelen ser más o menos rectilíneos. Entre los cordones se sitúan surcos paralelos a éstos, que suelen tener forma de V, a diferencia de los cordones, que suelen tener perfil redondeado. En algunas partes, aparecen pequeñas depresiones de bordes suaves y escasa profundidad, siendo difícil precisar si en su génesis han intervenido procesos de termokarst o criokarst. Como es lógico, tanto las depresiones como los surcos están cubiertos de nieve persistente la mayor parte del año.

Los glaciares rocosos exigen para su formación una serie de factores básicos: necesitan situarse al pie de paredes escarpadas, en circo o valle, precisan de unas litologías determinadas que permitan la generación de gelifractos de gran tamaño, para lo cual, a su vez, es necesario que los planos

de fisibilidad existentes en la roca tengan un espaciado adecuado. Además de estos factores morfológicos y geológicos, son fundamentales algunas circunstancias climáticas específicas que vienen manifestadas por temperaturas medias anuales en torno a los 0° y precipitaciones niveles de 1.000 milímetros para LLIBOUTRY, L. (1965) y de 1.200 milímetros para POTTER, N. (1972). Indican para su época de actividad, al menos un permafrost discontinuo (BARSCH, D., 1977). Estas circunstancias climáticas favorecieron los procesos de crioclastia y la generación de gelifractos que se movilizan por caída gravitacional, avalanchas, etc., desarrollando un extenso talus a su pie y protalus rampart. A veces, este material detrítico recubre hielo glaciar y se trata entonces de glaciar rocoso con núcleo de hielo, que son formas similares al tipo de glaciar negro o morrenas con núcleo de hielo. En otros casos, la nieve y el agua de fusión penetra en los intersticios de la masa rocosa y se hiela, obteniéndose entonces un glaciar rocoso cementado por el hielo. Esta clasificación basada en el tipo de hielo existente en el interior del glaciar rocoso activo se debe a POTTER, N. (1972). CORTE, A. E. (1976) denomina a los glaciares rocosos con núcleo de hielo, tipo Secundario o tipo S y a los cementados por el hielo, tipo Primario o P.

El movimiento del glaciar rocoso se realiza por el flujo del hielo, que es lo que denominan los autores «creep de glaciar rocoso» (WASHBURN,



Foto 4.—Cordones transversales en el glaciar rocoso GR 7 del Alto Garona. Los surcos están parcialmente recubiertos de nieve.

A. L., 1979), siendo el resultado de la suma vectorial del creep de helada más la gelifluxión. Este movimiento es ayudado por el propio peso del glaciar rocoso y por el empuje del talus sobre la zona de arranque del glaciar. BLAGBROUGH, J. W., y FARKAS, S. E. (1968) señalan que los glaciares en forma de lengua se desarrollan por coalescencia de lóbulos de protalus y los glaciares rocosos lobados están formados por lóbulos de protalus individualizados. Sin embargo, WAHRHAFTIG, C., y COX, A. (1959) precisan que el origen de los cordones se debe a las diferencias de velocidad existentes entre el material rocoso de superficie y el de profundidad, medidas que ellos cuantifican en su detallado estudio. Por otra parte, POTTER, N. (1972) indica también que en los glaciares rocosos con núcleo de hielo las velocidades son mayores en la cabecera que en la lengua; esto trae como consecuencia que se produzcan empujes diferenciales que originan los cordones e incluso cabalgamientos entre los mismos.

Los glaciares rocosos estudiados en el presente trabajo presentan claros síntomas de una total carencia de actividad, y se trata, por tanto, de *glaciares rocosos fósiles* en la clasificación de BARSCH, D. (1977), en la que diferencia, además, los tipos activos e inactivos. Corresponden también a *glaciares rocosos muertos* de MARNEZY, A. (1977). Los síntomas de inactividad más evidentes que hemos observado son los de colonización por vegetación, tanto en la parte frontal de la lengua de los glaciares rocosos, en donde existe una vegetación arbórea y prado alpino, como en los bloques que forman la superficie del glaciar, colonizados por líquenes. Por otra parte, si comparamos la altura a que se encuentran estos glaciares rocosos con la altitud sobre la que se presentan activos en los Alpes (por encima de los 2.900 m., según MARNEZY, A., 1977) es lógico pensar que los glaciares rocosos estudiados sean fósiles o muertos.

Es difícil saber si, en su origen, se trataba de glaciares con núcleo de hielo o cementados por el mismo. No obstante, la carencia de depresiones en forma de cuchara en la zona de arranque, típicas de antiguos glaciares rocosos con núcleo de hielo, nos hace pensar que se trata del tipo de cementados por el hielo.

Con respecto a la edad de conformación de estos glaciares rocosos tenemos pocos criterios en los que poder respaldarnos, ya que no hemos encon-

trado relación con morrenas glaciares ni con otras formas de acumulación que puedan orientarnos respecto a su cronología. Su situación sobre circos glaciares nos indica la existencia de una previa morfología glaciaria, que lógicamente debe ser situada en el Würmiense. En el Pirineo Oriental, SERRAT, D. (1979) los data como debidos a la pulsación tardiglaciaria del Würm y SOUTADE, G. (1980) como Neo-Würmienses. Estamos de acuerdo con estas dataciones, dado que los estudios palinológicos y de otras ciencias en los Pirineos demuestran que, tras el retroceso de los glaciares würmienses, se produjeron circunstancias climáticas favorables para el desarrollo de glaciares rocosos. Debió coincidir con el tardiglaciario würmiense, hace de 10.000 a 14.000 años y quizá con el Dryas Superior (LUMLEY, H. et al., 1976; LAMB, H. H., 1977). Hasta que no se encuentren relaciones con otros tipos de sedimentos, que permitan la datación con Carbono 14, por ejemplo turberas, será difícil precisar con seguridad la edad de formación de los glaciares rocosos pirenaicos.

##### 5. OTRAS FORMAS PERIGLACIARES

Junto a los glaciares rocosos aparecen otras formas periglaciares muy variadas, cuyas características vamos a analizar. En el área en que afloran las series cambro-ordovícicas, los procesos de gelivación tienen distinto carácter que en las áreas de afloramiento de la granodiorita, en función de la litología y del espaciado entre los planos de fisibilidad existentes en la roca. Así, mientras en la granodiorita de la Maladeta la crioclastia proporciona fundamentalmente, como ya se ha indicado, detritus de tamaño bloque, las series cambro-ordovícicas generan gelifractos menores y sus detritus contienen siempre importantes porcentajes de finos. Estas diferentes circunstancias traen como consecuencia la presencia de muy variadas formas periglaciares en las vertientes, según nos encontremos con uno u otro tipo de roca.

En las vertientes de los materiales cambro-ordovícicos y aprovechando los aspectos citados, se reconocen numerosas formas periglaciares: aparecen algunos *lóbulos de gelifluxión*, en estado degradado, debido a su relativa antigüedad. Localmente, se han encontrado también superficies con *césped almohadado*. Sin embargo, las formas más destacables son los escalonamientos de ver-

tiente que, en la mayoría de los casos, corresponde a *pieds de vache* (TRICART, J., 1967), constituyendo gradas decimétricas separadas por taludes abruptos. Ligadas a estas formas nos encontramos, en algunos puntos con *escalones no clasificados* en el sentido de WASHBURN, A. L. (1979) correspondiendo a un graderío en vertiente de mucho mayor tamaño que los anteriormente señalados. Es bastante frecuente, y en muchos casos espectacular (foto 5), la presencia de bloques aislados que han deslizado en la ladera, produciendo en su desplazamiento un pequeño canal trasero y un montículo frontal originado por el empuje del bloque. Estas formas se denominan *bloques de arrastre (ploughing blocks)* (WASHBURN, A. L., 1979). Dispersos en la vertiente y, en algunos casos, en collados, se desarrollan *nichos de nivación* de dimensiones decamétricas y de formas elipsoidales. En gran parte de los casos tienen claros condicionamientos de tipo estructural. Prácticamente todos ellos corresponden en la actualidad a cubetas lacustres. Como ya hemos señalado anteriormente, los niveles de conglomerados pizarrosos intercalados en las series cambro-ordovícicas proporcionan en la gelivación grandes bloques y alimentan a un pequeño glaciar rocoso.

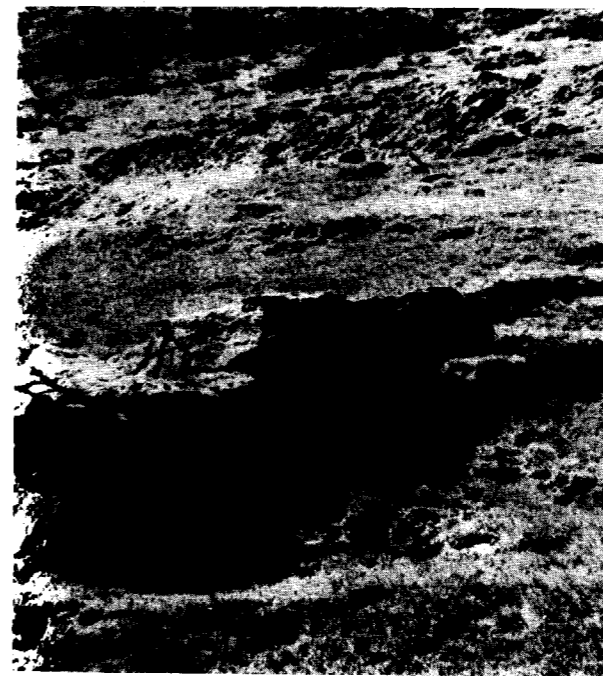


Foto 5.—Bloques de arrastre con surco y umbral frontal, en la cabecera del valle de la Bonaigua.

En la granodiorita de la Maladeta, las formas periglaciares son diferentes a las acabadas de describir. Los gelifractos, de todo tamaño, pero con predominio de los grandes bloques, se movilizan vertiente abajo originando canchales a su pie. Cuando las vertientes son muy escarpadas, la movilización de los clastos se realiza mediante *canales de avalancha*, con frecuencia muy entallados, que a su pie desarrollan *conos de derrubios* que coalescen entre sí. Cuando el tamaño de los bloques es suficientemente grande nos encontramos con *vertientes de bloques* y, en algunos casos, *ríos o corrientes de bloques* que se alojan en valles en vertiente. En algunas zonas se desarrolla, al pie de las vertientes, un cordón de detritus constituido sobre todo por bloques, que queda en posición distante respecto a los conos y canchales. Esta forma se denomina *protalus rampart* (BLAGBROUGH, J. W., y BREED, W. J., 1967) y en general se está de acuerdo en que se producen a partir de la caída de bloques sobre bancos de nieve en vertiente. Todas estas formas están íntimamente ligadas a la alimentación de los glaciares rocosos anteriormente analizados.

En la actualidad, la acción periglaciaria se manifiesta básicamente por la solifluxión en las vertientes de sustrato cambro-ordovícico. La movilización de masas se hace más patente en las épocas de deshielo, en que la plasticidad del material aumenta considerablemente. Los bloques de arrastre observados tienen también funcionalidad actual. Por otra parte, se han observado levantamientos de piedras por *pipkrake* y los típicos huecos alrededor de cantos, debido al empuje y posterior asentamiento por hielo-deshielo. No hay duda de la existencia de funcionalidad de los canchales y canales de avalancha, así como de las avalanchas de nieve y detritus. Como ya hemos indicado, no ocurre lo mismo con los glaciares rocosos, que constituyen las formas periglaciares más antiguas de este sector pirenaico.

##### BIBLIOGRAFIA

- BARSCH, D.: *Nature and importance of mass-wasting by rock glaciers in alpine permafrost environments*. Earth Surface Processes, 2, pp. 231-245 (1977).
- BLAGBROUGH, J. W., y BREED, W. J.: *Protalus ramparts on Navajo Mountain, Southern Utah*. Amer. Jour. Sci., 265, pp. 762-772 (1967).

tiente que, en la mayoría de los casos, corresponde a *pieds de vache* (TRICART, J., 1967), constituyendo gradas decimétricas separadas por taludes abruptos. Ligadas a estas formas nos encontramos, en algunos puntos con *escalones no clasificados* en el sentido de WASHBURN, A. L. (1979) correspondiendo a un graderío en vertiente de mucho mayor tamaño que los anteriormente señalados. Es bastante frecuente, y en muchos casos espectacular (foto 5), la presencia de bloques aislados que han deslizado en la ladera, produciendo en su desplazamiento un pequeño canal trasero y un montículo frontal originado por el empuje del bloque. Estas formas se denominan *bloques de arrastre (ploughing blocks)* (WASHBURN, A. L., 1979). Dispersos en la vertiente y, en algunos casos, en collados, se desarrollan *nichos de nivación* de dimensiones decamétricas y de formas elipsoidales. En gran parte de los casos tienen claros condicionamientos de tipo estructural. Prácticamente todos ellos corresponden en la actualidad a cubetas lacustres. Como ya hemos señalado anteriormente, los niveles de conglomerados pizarrosos intercalados en las series cambro-ordovícicas proporcionan en la gelivación grandes bloques y alimentan a un pequeño glaciar rocoso.



Foto 5.—Bloques de arrastre con surco y umbral frontal, en la cabecera del valle de la Bonaigua.

En la granodiorita de la Maladeta, las formas periglaciares son diferentes a las acabadas de describir. Los gelifractos, de todo tamaño, pero con predominio de los grandes bloques, se movilizan en vertiente abajo originando canchales a su pie. Cuando las vertientes son muy escarpadas, la movilización de los clastos se realiza mediante *canales de avalancha*, con frecuencia muy entallados, que a su pie desarrollan *conos de derrubios* que coalescen entre sí. Cuando el tamaño de los bloques es suficientemente grande nos encontramos con *vertientes de bloques* y, en algunos casos, *ríos o corrientes de bloques* que se alojan en valles en vertiente. En algunas zonas se desarrolla, al pie de las vertientes, un cordón de detritus constituido sobre todo por bloques, que queda en posición distante respecto a los conos y canchales. Esta forma se denomina *protalus rampart* (BLACBROUGH, J. W., y BREED, W. J., 1967) y en general se está de acuerdo en que se producen a partir de la caída de bloques sobre bancos de nieve en vertiente. Todas estas formas están íntimamente ligadas a la alimentación de los glaciares rocosos anteriormente analizados.

En la actualidad, la acción periglacial se manifiesta básicamente por la solifluxión en las vertientes de sustrato cambro-ordovívico. La movilización de masas se hace más patente en las épocas de deshielo, en que la plasticidad del material aumenta considerablemente. Los bloques de arrastre observados tienen también funcionalidad actual. Por otra parte, se han observado levantamientos de piedras por *pipkrake* y los típicos huecos alrededor de cantos, debido al empuje y posterior asentamiento por hielo-deshielo. No hay duda de la existencia de funcionalidad de los canchales y canales de avalancha, así como de las avalanchas de nieve y detritus. Como ya hemos indicado, no ocurre lo mismo con los glaciares rocosos, que constituyen las formas periglaciares más antiguas de este sector pirenaico.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARSCH, D.: *Nature and importance of mass-wasting by rock glaciers in alpine permafrost environments*. Earth Surface Processes, 2, pp. 231-245 (1977).
- BLACBROUGH, J. W., y BREED, W. J.: *Protalus ramparts on Navajo Mountain, Southern Utah*. Amer. Jour. Sci., 265, pp. 762-772 (1967).

BLAGBROUGH, J. W., y FARKAS, S. E.: *Rock glaciers in the San Mateo Mountains, south-central New Mexico*. Amer. Jour. Sci., 266, pp. 812-823 (1968).

CORTE, A. E.: *Rock glaciers*. Biuletyn Peryglacjalny, 26, pp. 175-197 (1976).

EMBLETON, C., y KING, C. A. M.: *Glacial Geomorphology*. Ed. Arnold, 573 pp. London (1975 a).

EMBLETON, C., y KING, C. A. M.: *Periglacial Geomorphology*. Ed. Arnold, 203 pp. London (1975 b).

KLEINSMIEDE, W. J. F.: *The geology of the Valle de Aran, Central Pyrenees*. Leidse Geol. Med., 25, pp. 131-241 (1960).

LAMB, H. H.: *Climate: Present, past and future*. Vol. 2: Climatic history and the future. Ed. Methuen, 835 pp. London (1977).

LLIBOUTRY, L.: *Traité de glaciologie*. 2 tomos. Ed. Masson, 1040 pp. París (1965).

LUCKMAN, B. H., y CROCKETT, K. J.: *Distribution and characteristics of the rock glaciers in the southern part of Jasper National Park, Alberta*. Canadian J. Earth Sic., 15, n.º 4, pp. 540-550 (1978).

LUMLEY, H. de; RENAULT-MISKOVSKY, J.; MISKOVSKY, J. C., y GUILAINE, J.: *Le cadre chronologique et paléoclimatique du Postglaciaire*. La Prehistoire Française, t. II, pp. 3-16. C. N. R. S. París (1976).

MARNEZY, A.: *Glaciers rocheux et phénomènes périglaciaires dans le Vallon de la Rocheure (Massif de la Vannoise)*. Rev. Geogr. Alpine, 65 (2), pp. 147-165 (1977).

MASACHS, V., y MONTORIOL, J.: *Las formas periglaciares del Port de la Bonaigua y del circo dels Erculls (Pirineo de Lérida)*. Speleon, t. XII, n.º 3-4, pp. 23-38 (1961).

MEY, P. H. W.: *The geology of the Upper Ribagorzana and Baliera valleys, Central Pyrenees, Spain*. Leidse Geol. Med., 41, pp. 153-220 (1967).

MEY, P. H. W.: *Geology of the Upper Ribagorzana and Tor valleys, Central Pyrenees, Spain*. Leidse Geol. Med., 41, pp. 229-292 (1968).

POTTER, N.: *Ice-cored rock glacier, Galena Creek, Northern Absaroka Mountains, Wyoming*. Bull. Geol. Soc. Amer., 83, pp. 3025-3057 (1972).

SCHMIDT, H.: *Das Paläozoikum der Spanischen Pyrenäen*. Abh. Gess. Wiss. Göttingen Math.-Phys., Kl. III Folge H. 5, pp. 981-1065 (Trad. esp. M. San Miguel en «Publ. Extr. sobre Geol. España», 2, pp. 99-200) (1931).

SERRAT, D.: *Rock glacier morainic deposits in the eastern Pyrenees* (en Schlüchter, Ch. ed.: *Moraines and Varves*), pp. 93-100, A. A. Balkema. Rotterdam (1979).

SITTER, L. U.: *The structure of the axial zone of the Pyrenees in the province of Lerida*. Est. Geol., v. XIV, n.º 41-44, pp. 349-360 (1959).

SITTER, L. U. de, y Zwart, H. J.: *Geological Map of the Paleozoic of the Central Pyrenees*. Leidse Geol. Med., 27, pp. 191-236 (1962).

SOUTADE, G.: *Modèle et dynamique actuelle des versants supra-forestiers des Pyrénées Orientales*. Imp. Coop. du Sud-Ouest., 452 pp. Albi (1980).

TRICART, J.: *Le modèle des régions périglaciares*. S.E.D.E.S. 512 pp. París (1967).

TRICART, J., y CAILLEUX, A.: *Le modèle glaciaire et nival*. S.E.D.E.S., 508 pp. París (1962).

WAHRHAFTIG, C., y COX, A.: *Rock glaciers in the Alaska Range*. Bull. Geol. Soc. Amer., 70, pp. 383-436 (1959).

WASHBURN, A. L.: *Geocryology*. Ed. Arnold, 406 pp. London (1979).

ZANDVLIET, J.: *The geology of the Upper Salat and Pallaresa valleys, Central Pyrenees, France, Spain*. Leidse Geol. Med., 25, pp. 1-127 (1960).

ZWART, H. J.: *On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application to the Bosost Area (Central Pyrenees)*. Geol. Rundschau, 52, pp. 38-65 (1962).

ZWART, H. J.: *The structural evolution of the Paleozoic of the Pyrenees*. Geol. Rundschau, 53, pp. 170-205 (1963 a).

ZWART, H. J.: *Some examples of the relations between deformation and metamorphism from the Central Pyrenees*. Geol. in Mijnbouw, 42, pp. 143-154 (1963 b).

Recibido: Mayo de 1980

# Los Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Inferior y Medio de España

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

## RESUMEN

En este trabajo damos una síntesis de las especies de Agnóstidos encontrados en el Cámbrico Inferior y Cámbrico Medio de España; asimismo, hemos confeccionado un cuadro resumen de esta fauna de Trilobites, sus características y sus edades.

## RESUMEE

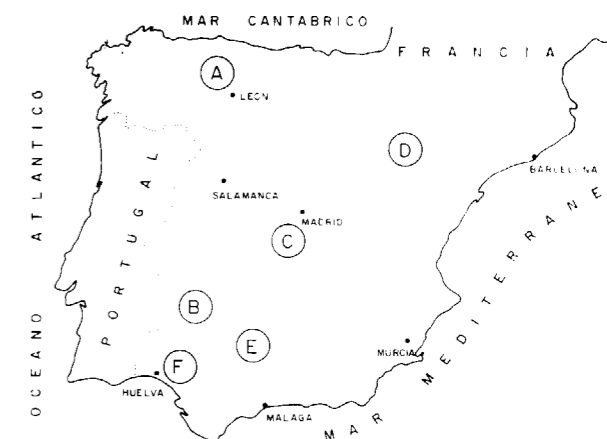
Dans ce travail nous avons fait une syntesis des spèces des Agnostides qu'on trouvée jusqu'a cet moment dans le Cambrien inferieur et le Cambrien moyen de l'Espagne; d'autre part nous avons confeccionée une cadre de cette faune de Trilobites avec ses caracteristiquyques et leur position stratigraphique.

## 1. INTRODUCCION

Entre los trilobites encontrados en los yacimientos cámbricos españoles (fig 1), quizá sean los Agnóstidos los que han quedado más marginados en las investigaciones, a pesar de estar presentes en las series del Cámbrico Medio y Ordovícico. Ya R. y E. RICHTER, en 1941, publican su trabajo sobre la fauna de Cala (Andalucía) y allí encontramos Agnóstidos de edad Cámbrico Inferior relacionados con los de Vila Boim (Portugal).

Posteriores trabajos se ocupan de este grupo de Trilobites, entre los que citaremos los de LOTZE y SDZUY para las Cadenas Celtibéricas y los de SDZUY para la Cordillera Cantábrica; también es interesante la aportación hecha por LIÑÁN, E., en su Tesis Doctoral, en la cual da la presencia de Agnóstidos en la zona de Córdoba, semejantes a los definidos por SDZUY para la Cordillera Cantábrica.

Por nuestra parte, hemos encontrado fauna de Agnóstidos tanto en Sierra Morena, en yacimientos citados por LOTZE en 1961, así como en localidades inéditas próximas, como en la zona de Zafra (Badajoz), y en Montes de Toledo, concretamente



- (A) Zona Cantábrica: Soto, Genestosa, Lánzara, Barrios de Luna, Riosal, Carangas, Sebares. (Asturias - León)
- (B) Zona Extremeña: Zafra (Badajoz)
- (C) Zona Montes de Toledo: Tostanés (Toledo)
- (D) Zona Ibérica: Murero (Zaragoza)
- (E) Zona Sierra Morena oriental: Fuente Bernardo (Córdoba)
- (F) Zona Sierra Morena occidental: Cañoveral, Guadalcanal, Aianis, Arroyo Viar (Sevilla - Huelva)

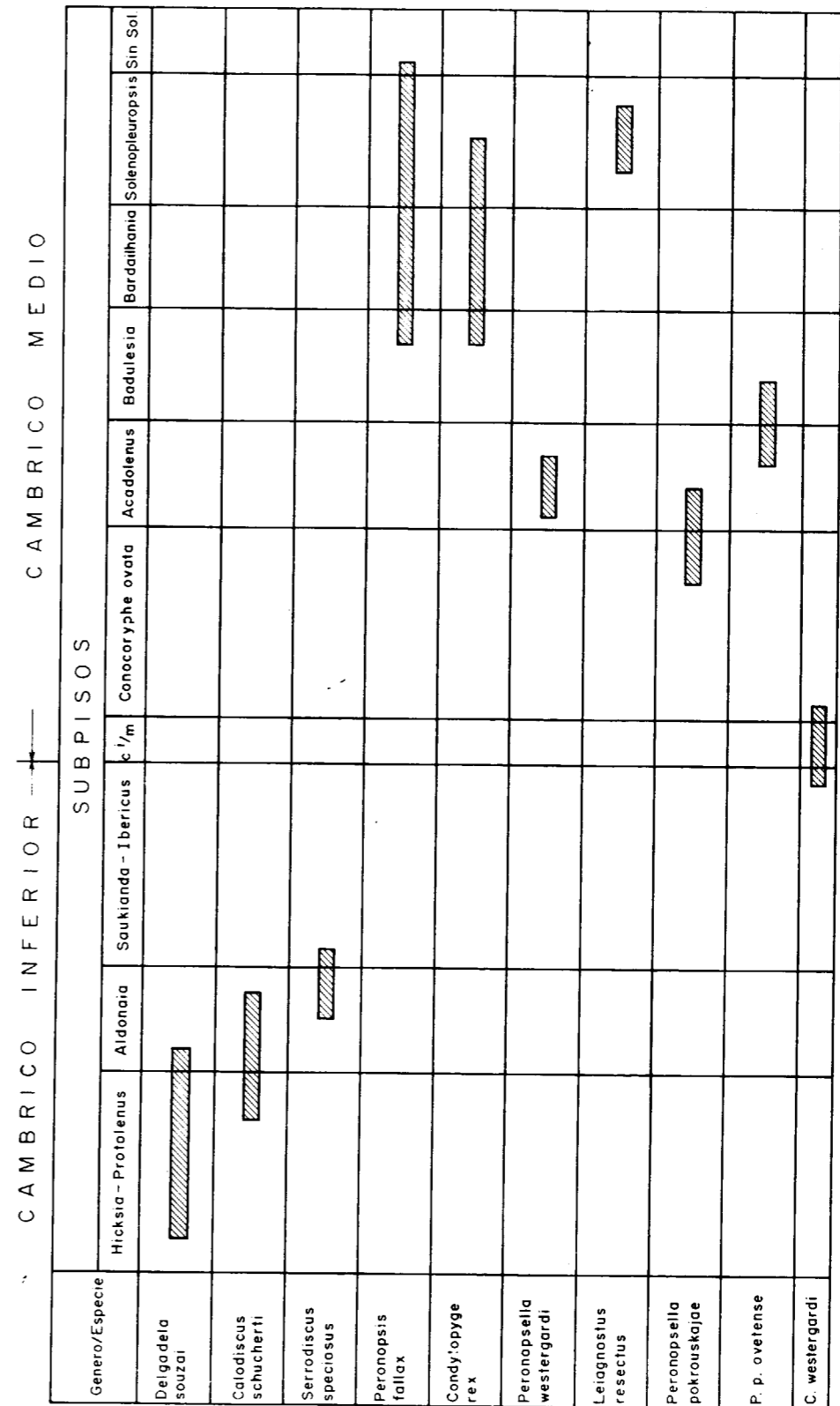
SITUACION GEOGRAFICA DE LOS AFLORAMIENTOS CON AGNOSTIDOS A QUE SE HACE REFERENCIA EN ESTE TRABAJO

FIGURA 1

(\*) Dpto. de Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geología Económica. Madrid.

CUADRO I  
TRILOBITES AGNOSTIDOS DEL CAMBRICO INFERIOR Y MEDIO ESPAÑOL

GENERO/ESPECIE	CARACTERES PRINCIPALES	LOCALIDADES	ASOCIACION (TRILOBITES)	ZONA (LOTZE-SDZUY) (1961)	ESQUEMA
Delgadella souzai (Delgado 1904)	Cefalón de contorno elíptico; la longitud mayor que la mitad de la anchura, reborde estrecho ensanchado en el lóbulo frontal. Sin ornamentación, sin surco frontal, 3 segmentos torácicos. Pigidio ovalado - alargado sagitalmente. Reborde estrecho segmentación poco apreciable.	Alanís, Zafra, Arroyomolinos, Cañaveral	Hicksia, Protolenus	8 Capas de Herrería Zona: Souzai-schneideri.	
Calodiscus schucherti ibericus (Sdzuy 1962)	Glabela acuminada anteriormente, espina occipital larga, cefalón y pigidio semicirculares ligeramente ensanchados. Raquis pigidial segmentado (5 anillos)	Arroyomolinos, Cañaveral, Zafra.	Hicksia, Protolenus	8 Margas medias de Herrería Zona: Souzai-schneideri.	
Serrodiscus speciosus (Ford 1873.)	Cefalón semielíptico, borde externo tuberculado, 3 seg. torácico. 9 anillos en el raquis. La anchura del raquis es en la zona anterior 1/2 de la anchura del pigidio (sin borde)	Llerena, Guadalcanal, Alanís, Totanes.	A. morenica	10 Capas de Arroyo Viar Zona: Speciosus-morenica.	
Ciceragnostus westergardi (Sdzuy 1958)	Borde anterior ancho en el cefalón; en el pigidio el borde está ensanchado fuertemente hacia atrás. El tipo tiene una longitud de 15,5 mm. muy abombados; tubérculo en cefalón y pigidio, éste último alargado.	Murero	P. mureroensis H. ibericus A. hastata	17-18 Capas de Murero A <sub>8</sub> -A <sub>10</sub> Zona: Mureroensis-hastata-Lotzei.	
Peronopsella prokovskojac (Sdzuy 1968.)	Lóbulos de la glabela bien diferenciados. Anchura (sag.) del borde del cefalón = 1/10 de la longitud del cefalón; pigidio sin espinas; anchura (sag.) del borde entre 1/6 y 1/4 de la longitud del pigidio.	Riosal, Carangas, Sebares, Soto, Fuente Bernardo.	P. mureroensis	20-21 Zona: Granieri-Languedocensis - Zona mureroensis-hastata.	
Condylopyge rex (Barrande 1846.)	Cefalón y pigidio de contorno semicircular alargado (sagital); lóbulo anterior de la glabela marcado; Axis pigidial diferenciado redondeado en su extremo; protuberancia central alargada 2 segmentos.	Murero, Barrios, Láncara, Genestosa	P. pradoanus S. simula S. thoralis	25 Capas inferiores del Luna Capa c Zona: rex-simula.	
Peronopsis fallax fallax (Linn. 1869)	Cefalón de contorno semicircular alargado (sagital) glabela algo acuminada, con un lóbulo frontal. Surco marginal dorsal. Pigidio con raquis definido, con una espina y 1 surco; 2 espinas en el borde.	Barrios, Murero, Genestosa.	P. brachyrhachis B. barriensis S. marginata	27-28 Capas inferiores del Luna Capas d y c Zona: pradoanus-barriensis-marginata.	
Leiagnostus resectus (Grönwall 1902)	Cefalón semicircular, liso; pigidio con un pequeño tubérculo en el tercio anterior; borde liso; sin segmentar.	Barrios de Luna	B. barriensis B. levyi	28 Capas inferiores del Luna "Capas e" Zona: barriensis-marginata.	



DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS REPRESENTANTES DEL ORDEN AGNOSTIDA (SALTER 1864) (= MIOMERA JAEKEL 1909), EN EL CAMBRICO INFERIOR Y MEDIO ESPAÑOL

CUADRO II



en los Montes Isla, cuya localización nos fue facilitada por nuestro compañero A. APARICIO YAGÜE. Sobre esta fauna de los Montes Isla hicimos en 1972 un trabajo preliminar; posteriores campañas de campo nos han proporcionado el material necesario para completar aquella primera «noticia».

En esta publicación hemos querido dar una visión general de los Agnóstidos que hasta ahora han aparecido en las series cámbricas españolas y la edad que se les atribuye; asimismo, damos un resumen de sus características morfológicas, paleozoológica, sistemática, etc.

Las primeras noticias sobre Agnóstidos españoles que encontramos publicadas se sitúan en la zona de Cala (Huelva), concretamente en las margas de Herrería; esta fauna fue descubierta por F. LOTZE en 1937, y estudiada después por HARRAS SCHNEIDER y R. y E. RICHTER; en el trabajo que sobre el Cámbrico de España publican F. LOTZE y K. SDZUY en 1961, se vuelve a tratar desde los puntos de vista estratigráfico y paleontológico estas faunas, pero esta vez, sujetas a una excelente revisión por parte del Dr. K. SDZUY; así, para la Sierra Morena, dan como yacimiento con Agnóstidos las localidades de Llerena, Guadalcanal y Alanis (Sevilla) y los ejemplares figurados en este trabajo pertenecen a estos puntos; en las Cadenas Celtibéricas LOTZE y SDZUY citan Agnóstidos en Murero (Zaragoza); en la Cordillera Cantábrica dan en 1961 como localidades, Láncara, Barrios de Luna y Genestosa (León) y (Asturias).

Con posterioridad, en el trabajo que publica K. SDZUY en 1967 sobre el Cámbrico Medio de Asturias, se añaden a estas localidades las de Soto, Sebares y Carangas; por otra parte, en este trabajo SDZUY define el nuevo género *Peronopsella* y dentro de este género la especie *Peronopsella pokrovskajae*; también se define la subespecie *Peronopsella pokrovskajae ovetense*, la especie *P. pokrovskajae* la va a encontrar, citar y figurar LIÑÁN, E., en su Tesis publicada en 1978 para la localidad cordobesa de Fuente Bernardo.

En la zona de Montes de Toledo se han encontrado Agnóstidos por A. APARICIO en 1972, en las proximidades del pueblo de Totanés.

En Zafra, aparecen en las localidades cercanas al cementerio de Alconera, junto al depósito de agua, también por nuestra parte hemos obtenido Agnóstidos en el Arroyo Viar, en la provincia de

Huelva; este punto lo citó F. LOTZE en 1961, pero no se había figurado ni descrito fauna en este yacimiento.

Resumiendo los datos que sobre estos trilobites existen, hemos obtenido el cuadro II, en el que aparece un reparto vertical de las especies de Agnóstidos citados hasta hoy para España.

## 2. PALEONTOLOGIA

### 2.1. GENERALIDADES SOBRE LOS AGNOSTIDOS

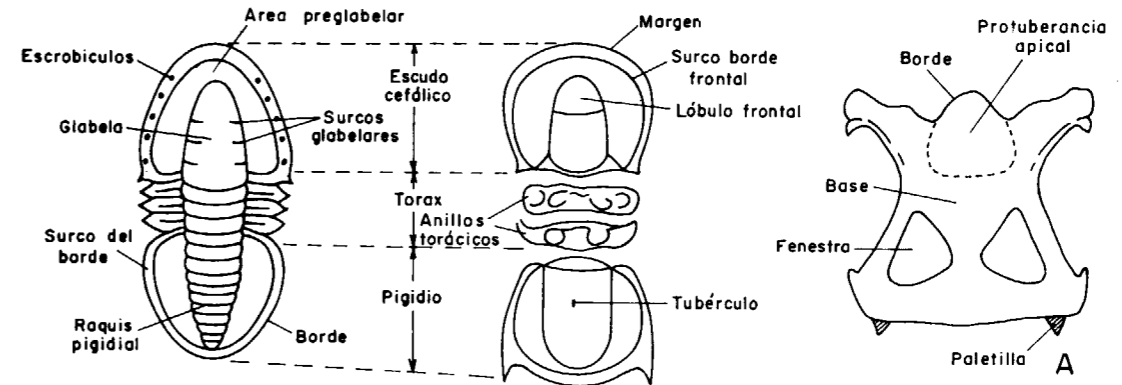
Los Agnóstidos forman, dentro de la Clase Trilobita (WALCH, 1771), un grupo de fósiles que presenta sensibles diferencias con el resto de los Trilobites; presentan una forma generalmente aplastada dorso-ventralmente, tamaño pequeño, carecen de ojos dorsales, tórax formado por dos segmentos torácicos, el pigidio es muy semejante en forma y tamaño al escudo cefálico (isopigios). Acerca de la forma de vida de estos Trilobites han efectuado estudios diferentes autores, entre los cuales están HOWELL y RESSER, 1934; ROBISON, 1972, etc.; sobre este asunto se han dado varias interpretaciones, yendo desde situarlos en aguas superficiales (LAMONT, 1967, p. 378), vida en aguas profundas (JAEKEL, 1909, p. 386; WHITTINGTON y KINDLE, 1969, p. 662), epifaunales (JAEKEL, 1909), infaunales (LOCHMAN, 1940, p. 7), nectónicos (STUBBLEFIELD, 1959, p. 153), planctónicos (LU, 1960, p. 208) o pseudoplanctónicos (HOWELL y RESSER, 1934, p. 361; HUPÉ, 1953, p. 132) y pelágicos (LOCHMAN-BALK y WILSON, 1958, p. 325; OPIK, 1961, p. 150; HENNINGSMOEN, 1969, p. 111). También se han dado diferentes hipótesis acerca de su locomoción, alimentación, etc.

Consideramos como muy interesantes los datos que ha publicado acerca de este grupo el DR. ROBISON. Es precisamente de este autor del que hemos resumido la mayor parte de las consideraciones aquí expuestas por creer que son acertadas.

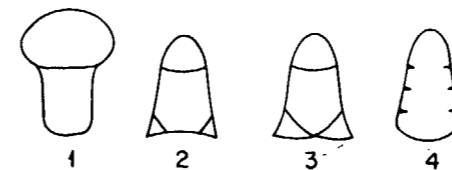
Así, se piensa que su modo de locomoción podía llevarse a cabo entrechocando el cefalón y el pigidio (ROBISON, 1972, b).

La opinión más generalizada es que los Agnóstidos constituían fauna pelágica; este argumento viene apoyado (ROBISON, 1972) en la ausencia de protaspis y por la ligereza del hipostoma; esto

## MORFOLOGIA DE AGNOSTIDOS

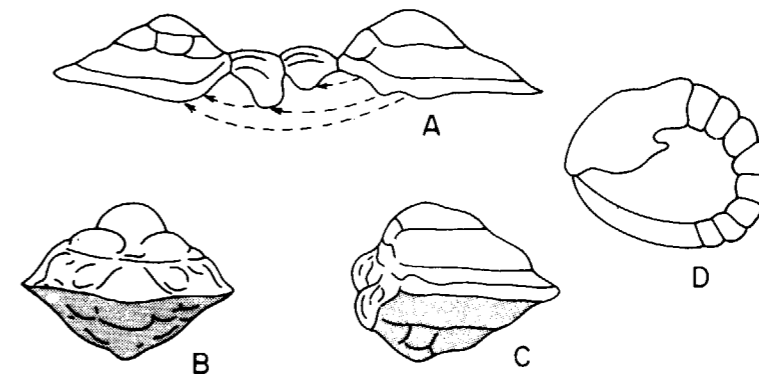


### 1.1 NOMENCLATURA MORFOLOGICA DE SERRODISCUS Y PERONOPSIS



### 1.2 DIFERENCIAS ENTRE LAS GLABELAS DE:

1. *Condylopyge rex*
2. *Peronopsis fallax fallax*
3. *Peronopsis fallax sallési*
4. *Serrodiscus speciosus*



### 1.4 TRINODUS ERRATICUS (JAEKEL 1909) TRILOBITES AGNOSTIDO ENROLLADO

A Vista lateral; B Vista posterior; C Vista lateral. B y C Ejemplares enrollados. D Enrollamiento esférico de un Trilobites no agnóstido (*Asaphus*). (Basado en Bergström 1973)

Figura 2

se debe a que las faunas pelágicas reducen el desarrollo larvario, y las larvas más pequeñas presentan exoesqueleto totalmente orgánico, apareciendo CO<sub>2</sub>Ca en las últimas mudas (BASTIDA y TORTI, 1970). En opinión de ROBISON, se asemejan a los Branchiuridos en muchos aspectos: forma aplastada; actualmente los Branchiuridos están adaptados a la vida ectoparásita; sobre el posible ectoparasitismo de los Agnóstidos podemos argumentar en su favor que poseen divertículos alimentarios; la forma del hipostoma indica que poseían una boca chupadora; carecían de ojos en posición dorsal y los apéndices serían ventrales y sustituidos por discos para poderse sujetar al hospedador (ROBISON, 1972). El hecho de que las larvas se formen en un estado maduro indica también ventajas en animales de vida libre, pero de hábitos ectoparásitos.

## 2.2. MORFOLOGIA DE LOS AGNOSTIDOS (fig. 2)

En la figura 2 hemos representado las partes más características de estos Trilobites; la figura 2.1.1 muestra las vistas dorsales de un Serrodiscus y de un Peronopsis; en la figura 2.1.2 hemos querido esquematizar, tal como hizo Courtessole en 1973, las glabelas más características y diferenciadoras; el hipostoma de los Agnóstidos fue descrito por primera vez y figurado por ROBISON en 1971 (p. 241, fig. 1).

El esquema de la figura 2.1.3 se basa en el de este autor; la figura 2.1.4 nos muestra la forma de arrollarse del *Trinodus erraticus*; en la figura 2.1.4 A, podemos ver la vista lateral de un ejemplar de *Trinodus* sin arrollarse; en la 2.1.4 B y 2.1.4 C vemos las vistas posterior y lateral de un ejemplar arrollado; se puede ver que queda el cefalón sobre el pigidio. En la 2.1.4 D hemos introducido el arrollamiento de un *Asaphus* para establecer una comparación relativa de grado de acoplamiento en arrollamiento.

## 2.3. DESCRIPCION Y FIGURACION

La descripción del *hipostoma* de Agnóstidos es un hecho importante, dado que hasta 1972 no había habido ocasión de comprobar sus características; es un esclerito que ocupa posición ventral y

que cubre la región oral; carece de surco en el borde; presenta unas grandes «paletillas» (blade), y en algunos especímenes se presentan dos aperturas triangulares en la parte media de la base, que se denominan «fenestras» (fenestrule). El hipostoma de los Agnóstidos es morfológicamente muy diferente del de los no Agnóstidos y, según ROBISON, indicaría diferencias básicas en la alimentación y locomoción, traduciéndose todo ello en unos habitats diferentes de los trilobites Agnóstidos y los no Agnóstidos; así pues, cabe pensar en modos de vida diferentes entre estos grupos de trilobites.

Al morir el trilobite y al descomponerse el tejido que lo liga al exoesqueleto, el hipostoma queda liberado; sólo en el caso de que el animal quedara en posición arrollada podemos obtener ejemplares de hipostomas asociados a su correspondiente exoesqueleto. ROBISON (1972), interpreta el habitat de los Agnóstidos como pelágico de medio oceánico.

### Organos de visión

Según E. N. K. CLARKSON (1967), la ceguera de los trilobites es secundaria y si se compara con artrópodos marinos actuales no indican necesariamente un habitat de aguas profundas.

### Tamaño y forma

El tamaño de estos trilobites es muy pequeño, lo cual lleva a encuadrarlos dentro de los animales pelágicos. El tamaño de estos fósiles no supera los 20 mm. de largo, si bien lo más frecuente son los 10 mm. de largo; el promedio de tamaño del holaspis es de 7 mm. En cuanto a la forma, diremos (ROBISON, 1972) que son casi redondeados con la parte ventral aplastada; la forma del exoesqueleto viene controlada por la «orientación» del agua; es frecuente encontrar ejemplares arrollados cuando el medio era agitado.

### Arrollamiento

Dada la forma del exoesqueleto de los Agnóstidos el arrollamiento es una función importante. La única articulación que encontramos en estos trilobites se encuentra en la línea de charnela cefalón-pigidio; hay una pérdida de funcionalidad del área occipital y el arrollamiento tiene lugar disponiéndose el cefalón sobre el pigidio.

## 2.4. LITOLOGIA

Generalmente aparecen en pizarras y calizas, pero muy raramente en areniscas. HOWELL y RESSEY, en 1934, han hecho una tabulación en la cual de 216 especies, 145 aparecen en pizarras, 137 en calizas y sólo 28 en areniscas.

## 3. CLASIFICACION SISTEMATICA DE LOS AGNOSTIDOS

En el Treatise (O) Arthropoda, pp. 146-152, podemos encontrar las diferentes posiciones sistémicas y la variación jerárquica sufrida por este grupo de trilobites; modernamente HUPÉ (1953-55) divide los trilobites en dos órdenes:

— *O. Miomera*: trilobites diminutos en el cefalón y el pigidio casi igual y dos o tres segmentos torácicos.

— *O. Polymera*: trilobites con más de tres segmentos torácicos, mínimo 5.

El orden *Miomera* comprendería dos superfamilias: Eodiscoidae y Agnostidae.

En 1973 J. BERGSTRÖM divide la clase Trilobita, (WALCH, 1771) en varios órdenes; uno de ellos sería del orden Agnóstidos, SALTER (1864) (= *Miomera*, JAEKEL, 1909); este orden comprendería las superfamilias Agnostacea M'COY, 1849, y Eodiscacea, RAYMOND, 1913 (ex Eodiscidae RAYMOND, 1913).

En 1973, JAN BERGSTRÖM publica un trabajo sobre la organización, vida y sistemática de los trilobites, en el cual da una nueva jerarquía taxonómica para los trilobites en general, y que coloca a los Agnóstidos en un diferente plano jerárquico al que venían presentando en el Treatise. Según BERGSTRÖM hay un orden Agnóstido con dos superfamilias: Agnostacea y Eodiscacea. Así pues, nuestro material quedaría ordenado sistemáticamente así:

### Sistemática

Orden Agnostida. SALTER 1864 (= *Miomera*. JAEKEL, 1909).

S. F. Agnostacea. M'COY, 1849

Familia Agnostidae. M'COY, 1849

Género *Condylopyge*. CORDA, 1847  
*Condylopyge rex*. BARRANDE, 1846.

Género *Peronopsis*. CORDA, 1847  
*Peronopsis fallax fallax*. LINNARSSON, 1869  
*Peronopsis fallax sallesi*. MUNIER-CHALMAS y BERGERON, 1889

Género *Ciceragnostus*. KOBAYASHI, 1937  
*Ciceragnostus westergardi*. SDZUY, 1958

Género *Leiagnostus*. JAEKEL, 1909  
*Leiagnostus resectus*. GRÖNWALL, 1902

Familia Spinagnostidae. HOWELL, 1935

Género *Peronopsella*. SDZUY, 1967  
*Peronopsella prokovskajae*. SDZUY, 1967  
*Peronopsella (p) ovetense*. SDZUY, 1967

Superfamilia Eodiscacea. RAYMOND, 1913  
(nom. transl. ex Eodiscidae. RAYMOND, 1913)

Familia Eodiscidae. RAYMOND, 1913

Género *Serrodiscus*. R. y Z. RICHTER, 1941a  
*Serrodiscus cf. speciosus*. FORD, 1873

Género *Calodiscus*. HOWELL, 1935  
*Calodiscus schucherti* (MATTHEW, 1896)  
*Calodiscus schucherti ibericus*. SDZUY, 1962

Familia Pagetiidae. KOBAYASHI, 1935

Género *Delgadella*. WALCOTT, 1912  
*Delgadella souzai caudata*. DELGADO, 1904

## 4. DESCRIPCION SISTEMATICA

*Condylopyge rex*. BARRANDE, 1846

1958. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846). Snajdr. Trilobiti. S. 51, taf. 1, fig. 23-31. Taf. 2, fig. 1-4, 6 Abb. 6. Dort. Altere Synonyme.

1942. *Condylopyge rex*. (BARR., 1846). W. Z. SCHMIDT. Fauna Doberlung. S. 354. Taf. 21, fig. 15-17.

?1947. *Agnostus* (*Condylopyge*) aff. *rex* BARRANDE-THORAL. Espagne. S. 74.

1957. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846). SDZUY. Revision Doberlung. S. 9

1957. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846). SDZUY. Stellung Doberlung. S. 467.

1958. *Condylopyge rex* (BARRANDE). LOTZE. *Stratigraphie des Spanischen Kambrium*. S. 731. 738.
1961. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846). SDZUY. *Das Kambrium Spanien*, p. 239-240, pl. 1, fig. 11-17.
1973. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846). COURTESSOLE. *Le Cambrien moyen de la Montagne Noire*, p. 109, pl. I, núms. 2 y 3. Lámina I, figs. 7, 8.

### Descripción

Esta especie está caracterizada por el borde entero y redondeado en cefalón y pigidio; el cefalón presenta una glabella fungiforme (en forma de hongo), con el lóbulo frontal ensanchado y redondeado (fig. 1.1.2), el resto de la glabella presenta forma columnar de bordes casi rectos, subparalelos entre sí; el lóbulo frontal queda muy próximo del surco del borde frontal; el surco del borde está bien marcado y el recorrido es completamente dorsal, con un trazado paralelo al borde.

El pigidio tiene forma y tamaño similares al cefalón, si bien los elementos del raquis pigidial le otorgan carácter; el raquis aparece comprimido en su parte media y está dividido en cuatro lóbulos, que se corresponden con tres segmentos raquidiales; en la porción media sagital del raquis aparece una protuberancia (o cresta) alargada, que ocupa los surcos S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>. El lóbulo terminal aparece con fuerte relieve y muy redondeado.

### Distribución geográfica

En España: Cantábrica (León-Asturias), Cadenas Celtibéricas (Zaragoza). En la Montaña Negra (Coulouma) nivel B asociado a *E. rouvillei* y *brachyrachis*, *C. heberti*.

### *Peronopsis fallax fallax* (LINNARSSON, 1869)

1936. *Peronopsis fallax* (LINNARSSON, 1869). WESTERGARD. *Paradoxides oelandicus Beds*, S. 28, Taf. 1, fig. 9-15.
1946. *Peronopsis fallax* (LINNARSSON, 1869). WESTERGARD. *Agnostidea*. S. 37, Taf. 2, fig. 18-24.
1958. *Peronopsis fallax fallax* (LINNARSSON,

1869). LOTZE. *Stratigraphie des Spanischen Kambriums*. S. 738.

1961. *Peronopsis fallax fallax* (LINNARSSON, 1869). SDZUY. *Das Kambrium Spaniens*, p. 240, Taf. 1, fig. 18-22. Lámina I, figs. 1, 2.

### Descripción

Escudo cefálico subcuadrangular redondeado por la parte anterior; rodete marginal poco marcado; surco marginal poco profundo; glabella de forma piramidal-subcilíndrica; lóbulo frontal semi-circular. A ambos lados de la glabella en la zona occipital hay dos lóbulos basales de forma triangular; los surcos dorsales y el surco preglabellar aparecen muy bien marcados; como consecuencia las mejillas fijas o fixígenas aparecen muy abombadas describiendo, alrededor de la glabella y siguiendo un recorrido paralelo al borde, un rodete arqueado de trayectoria regular.

El pigidio tiene forma y tamaño muy semejante a los del cefalón; el rodete lateral se prolonga hacia atrás, continuándose en dos espinas cortas cuya longitud no llega a sobrepasar el borde posterior del pigidio; el raquis pigidial presenta un buen relieve con una protuberancia mediana ligeramente alargada; la longitud del raquis es aproximadamente 4/5 de la longitud del pigidio, el surco del pigidio está bien marcado.

### Distribución geográfica

En España: Cordillera Cantábrica, Cadenas Celtibéricas.

*Peronopsis fallax sallesi* (MUNIER-CHALMAS y BERGERON, 1889)

1935. *Peronopsis sallesi*. MUNIER-CHALMAS y BERGERON. THORAL. *Montagne Noire*. S. 38.
1935. *Peronopsis sallesi* (MUNIER-CHALMAS y BERGERON). HOWELL. *Herault*, S. 226, Taf. 22, fig. 17-18.
1958. *Peronopsis fallax sallesi* (MUNIER-CHALMAS y BERGERON, 1889). LOTZE. *Stratigraphie des Spanischen Kambrium*. S. 732, 738.
1961. *Peronopsis fallax sallesi* (MUNIER-CHAL-

MAS y BERGERON, 1889). SDZUY. *Das Kambrium Spanien*, p. 241, Taf. 2, fig. 1-8.

1973. *Peronopsis fallax sallesi* (MUNIER-CHALMAS y BERGERON, 1889). COURTESSOLE, p. 116-118, Lám. II, núms. 4-14.

### Descripción

La descripción de *Peronopsis fallax sallesi* puede ser similar a la de *Peronopsis fallax fallax*, a excepción de aquellos caracteres que precisamente llevan a separarlos en dos subespecies; según se puede apreciar en la figura 1.1.2 la forma de la glabella es diferente en *Peronopsis f. fallax* que en *Peronopsis f. sallesi*; así como en el primer caso los lóbulos basales son mucho más reducidos que en el segundo, en el cual casi llegan a encontrarse en el punto medio basal de la glabella; como consecuencia inmediata la glabella presenta en *P. f. sallesi* una forma más alargada que en *P. f. fallax*.

Por otra parte, el raquis del pigidio es en *P. f. sallesi* 3/5 de la longitud del pigidio frente a los 4/5 de *P. f. fallax*.

### Distribución geográfica y asociaciones

En España aparece en la Cordillera Cantábrica (Cámbrico Medio-Superior) subpiso de Pardailhania-Solenopsis, en la Montaña Negra niveles C, D, E y F, es decir, aparece algo más bajo, dado que comienza en el límite del paso de pizarras «troué» y ocupa todo el tramo de las pizarras «troué».

Asociado en Francia a *E. brachyrachis*, *C. heberti*, *Ct. bergeroni*, *B. levyi*, *S. rouayronsei*, *C. pseudooculata* y *C. brevifrons*.

### *Ciceragnostus westergardi*. SDZUY, 1958

1958. *Ciceragnostus westergardi*. SDZUY, 1958. LOTZE. *Stratigraphie des Spanischen Kambriums*. S. 731.
1958. *Ciceragnostus westergardi*. SDZUY, 1958. *Neue Trilobiten Spanien*. S. 236, Taf. 1, fig. 8.
1961. *Ciceragnostus westergardi*. SDZUY, 1958. SDZUY. *Das Kambrium Spaniens*, p. 242, Taf. 2, núm. 9.

La diagnosis que hace de la especie SDZUY en 1958 nos dice que es un *Ciceragnostus* de borde ancho en el cefalón y que en pigidio el borde parece ensanchado fuertemente hacia atrás. El tipo presenta unas medidas de 15,5 mm. de largo total.

### Descripción

Ambos escudos tienen un abombamiento fuerte; tanto en el cefalón como en el pigidio el borde está muy bien desarrollado. El cefalón presenta un tubérculo redondeado; en el raquis pigidial el tubérculo es alargado. Según SDZUY, *C. westergardi* se diferencia de las demás especies del género por el borde del cefalón, muy marcado. El borde del pigidio está muy ensanchado hacia atrás, semejando a *C. iraequalis*.

### Medidas

El tipo tiene 15,5 mm. de largo; el escudo 5,8 mm. y el pigidio 5,9 mm.

### Distribución y asociación

Esta especie de *Ciceragnostus* está en España representada en el Barranco de Valdemiedes (Muro) en las Cadenas Celtibéricas. Marca estratigráficamente el paso del subpiso Badulesia al subpiso de Pardailhania.

### *Leiagnostus resectus*. GRÖNWALL, 1902

1902. *Agnostus glandiformis*. Angelin. var. *resecta* n. var. GRÖNWALL. *Bornholm*, S. 64, 209, Taf. 1, fig. 7.
1946. *Phalacroma resectum* (GRÖNWALL, 1902). WESTERGARD. *Agnostidea*, S. 93, Taf. 14, fig. 19a, b.
1958. *Leiagnostus resectus* (GRÖNWALL, 1902). LOTZE. *Stratigraphie des Spanischen Kambrium*, S. 738.
1973. *Leiagnostus Hurali* (HOWELL, 1935). COURTESSOLE. *Lam. Mont. Negra*, p. 113.

### Descripción

El *Leiagnostus* presenta una forma, en ambos escudos, redondeada, algo elíptica, sagitalmente

alargada; el rodete marginal está ausente y tanto el cefalón como el pigidio ofrecen un perfil abombado; la base del cefalón tiene trazado rectilíneo; no es aparente ningún elemento en toda la superficie. El tórax consta de dos segmentos. El pigidio es algo más reducido que el cefalón, pero esta diferencia es ligerísima; existe en todo el borde marginal un surco leve, pero bien diferenciado, estrecho, y que se aplanaba hacia la parte posterior del fósil. En el tercio anterior en la parte media del pigidio, se puede distinguir a veces un pequeño gránulo, único, redondeado; SDZUY, en 1957, cuestiona la posible sinonimia de *Leiagnostus thoralii* y *Leiagnostus resectus*. Las semejanzas entre ambas especies es prácticamente total, con lo que, al no existir diferencias que lo justifique, consideramos que debería quedar *Leiagnostus resectus* como única especie, entrando en sinonimia *L. thoralii*; esta especie aparece citada por R. COURTESOLE para el Cámbrico Medio de la Montaña Negra, el cual indica a su vez esta posibilidad, así como la semejanza a su vez con *L. glandiformis* de Escandinavia.

#### Distribución y asociaciones

En España esta especie aparece en el norte de León (Cordillera Cantábrica); en el Cámbrico de la Montaña Negra se situaría estratigráficamente en los niveles D, E y F, Cámbrico Medio-Superior, tramo de pizarra no «troué».

*Peronopsella prokovskajae*. SDZUY, 1967

1967. *Peronopsella prokovskajae*. SDZUY, 1967.

1978. *Peronopsella prokovskajae*. SDZUY, 1967. E. LIÑÁN, p. 149. Bioestratigrafía S. Córdoba.

La descripción y diagnóstico del Género *Peronopsella*, así como la de la especie *prokovskajae*, aparecen muy completas en el trabajo de SDZUY, 1967, pp. 88, 89 y 90.

Por mantener la uniformidad de línea del trabajo, daremos aquí un resumen de los caracteres dados por el autor de la especie en el momento de su definición.

#### Descripción

Cefalón arqueado y rodeado de un borde ligeramente plano; la anchura del cefalón es 1/10 de

la del cefalón; pigidio sin espinas; la anchura (seg.) del borde es entre 1/6 y 1/4 de la longitud del pigidio. Los surcos dorsales son poco visibles. El pigidio presenta menos arqueado que el cefalón. El raquis está limitado por surcos dorsales. En el raquis generalmente no se ve ninguna articulación, pero a veces puede aparecer indicios de dos anillos en la parte anterior del raquis.

El tubérculo dorsal es oblongo y muy diferenciado. La anchura del raquis es aproximadamente 6/10 de la anchura del pigidio.

#### Medidas

Los cefalones y pigidios mayores son aproximadamente de 3,5 mm. de longitud.

SDZUY establece en 1967, al definir la especie, comparaciones entre *P. prokovskajae* y otros Agnostidos; así como establece paralelismos morfológicos con otras especies de género *Peronopsella*, tales como *P. spinatus* (JLLINGS, 1917), *P. definatus* (HOWELL, 1925), *P. westergardi* (SDZUY, 1958), *P. inaequalis* (E. W. SCHMIDT, 1942).

#### Distribución

Esta especie dada por SDZUY en la Cordillera Cantábrica, concretamente típica en Riosol, es decir, pertenecería al subpiso de *P.* (*Acadoparadoxides*) nivel de *Acadolenus*. LIÑÁN, en 1978, da para la especie de Córdoba una edad más baja, haciéndola corresponder al subpiso de *Conocoryphe ovata* indicando la posibilidad de que incluya también la base del subpiso de *Acadolenus*.

*Peronopsella pokrovskajae ovetense*. SDZUY, 1967.

Esta subespecie definida por SDZUY en 1967 sobre material de las localidades asturianas de Sebares C y Soto C, está diagnosticada por su autor como de borde del cefalón y del pigidio es un poco más ancho que en la especie típica; la glabella es un poco más estrecha y el raquis del pigidio un poco más ancho que en la subespecie típica.

*Serrodiscus speciosus*. FORD, 1873

1941. *Eodiscus* (*Serrodiscus*) cf. *speciosus* (FORD, R. y E. RICHTER, Cala), S. 27, 29, Taf. 1, fig. 15-21. Taf. 4, fig. 61.

1953. *Paradiscus* (*Serrodiscus*) cf. *speciosus* (R. y E. RICHTER). HUPÉ. Anti Atlas, S. 110, Abb. 13/1.

1953. *Eodiscus* (*Serrodiscus*) cf. *speciosus* (FORD). LOTZE. Stratigraphie des Spanischen Kambrium. Lam. I, figs. 12, 4, 5, 6, y Lám. II, figs. 1, 2, 3, 4, 6 y 7.

#### Descripción

La especie *Serrodiscus speciosus* fue descrita por R. E. RICHTER para ejemplares del Cámbrico Inferior de los yacimientos de Cala; posteriormente, SDZUY en 1961 vuelve a tratar esta especie, así como la subespecie *S. speciosus silesius* R. y E. RICHTER en 1941. En la descripción que da SDZUY aparecen claramente señaladas las diferencias que aparecen entre *Serrodiscus silesius* y *speciosus*. Consideramos citar aquí únicamente estas diferencias y remitimos al lector al trabajo original para su descripción original. Según SDZUY ambas especies se diferencian por las pequeñas espinas en el marco del pigidio de *silesius*, las cuales no aparecen en *speciosus*. El resto de las características morfológicas son idénticas, tanto en lo referente a la longitud como a la anchura del raquis.

Asimismo, SDZUY considera que las diferencias entre ambos no son grandes y se da a *silesius* como subespecie de *speciosus*.

#### Distribución geográfica

En España tenemos *Serrodiscus speciosus* en Sierra Morena (Llerena, Guadalcanal, Alanís, Arroyo Viar), Montes de Toledo (Totanes); en Marruecos, cita HUPÉ (1960) la presencia de *Serrodiscus* en las series del Cámbrico Inferior (la subespecie *Serrodiscus speciosus silesius*).

*Delgadella souzai* (DELGADO, 1904)

1941. *Eodiscus* (*Weymouthia*) *caudatus*. DELGADO, 1904. R. y E. RICHTER. Cala 30, Taf. 2, fig. 27-32, Taf. 4, fig. 62.

1958. *Eodiscus caudatus* (DELGADO, 1904). LOTZE. Stratigraphie des Spanischen Kambrium. 743, 744.

1961. *Eodiscus* (*Weymouthia*) *caudatus* (DELGADO, 1904). LOTZE. Kambrium Spaniens. 163.

1961. Cf. *Delgadella souzai caudata* (DELGADO, 1904). SDZUY. Trilobiten. 238, Taf. 1, fig. 10.

1962. *Delgadella souzai* (DELGADO, 1904). SDZUY. Trilobiten aus den..., p. 189.

SDZUY, en 1962, hace una completa descripción de esta especie; así, aquí haremos únicamente una breve descripción de esta especie; son trilobites eodiscidos lisos; el cefalón y el pigidio son casi iguales; el tórax presenta tres segmentos.

El cefalón presenta forma acuminada, algo rómbica, con la diagonal mayor coincidiendo con la línea sagital; el borde marginal en el cefalón es más amplio en el cefalón que en el pigidio; no hay restos de ornamentación ni en el cefalón ni en el pigidio; no aparecen marcados ni la glabella ni el raquis pigidial.

#### Medidas

La longitud que alcanza es aproximadamente de 8 mm.

#### Distribución

Esta especie aparece en el Cámbrico Inferior de Sierra Morena (Arroyomolinos-Cañaveral) y en los tramos inferiores de la zona de Zafra. También aparece en el Cámbrico Inferior de Portugal y fue descrito por TEIXEIRA.

*Calodiscus schuterti ibericus*. SDZUY, 1962

1961. *Calodiscus* cf. *schuterti* (MATTHEW). LOTZE. Kambrium Spaniens. 164.

1962. *Calodiscus schucherti ibericus*. SDZUY, 1962. Unter Kambrium Sierra Morena, p. 187.

#### Descripción

Cefalón semicircular, el rodete y los surcos marginales están bien definidos; la glabella es de forma triangular, muy acuminada en el vértice y con el relieve muy marcado; en la base aparece una espina; cefalón liso sin crenulaciones. Pigidio corto y muy convexo; borde posterior redondeado; raquis prominente, surcado con 3-4 lóbulos de surcos profundos; la forma del raquis es triangular; el borde liso y arqueado.

**Medidas**

El cefalón presenta unos 2 mm. de largo.

**Comparaciones**

Calodiscus tiene especies representadas (Cuadros III y IV) en el Cámbrico Inferior de la Mon-

taña Negra; allí aparecen *C. goveolatus*, *C. cf. punctatus* y *Calodiscus* sp. I y sp. II; las semejanzas son grandes con la especie española, si bien las medidas varían en cada caso; también difiere la anchura de la glabella y como consecuencia la anchura de las fixigenas.

ESPECIES	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>TRILOBITES</b>										
<i>Fallagnostus blayaci</i>										
<i>Condylopyge rex</i>										
<i>Condylopyge imperator</i>										
<i>Pleuroctenium magnificum</i>										
<i>Phalacroma immensum</i>										
<i>Leiagnostus thorali</i>										
<i>Grandagnostus cf. resectus</i>										
<i>Gallagnostus geminus</i>										
<i>Peronopsis miqueli</i>										
<i>Peronopsis fallax sallesi</i>										
<i>Peronopsis</i> sp. I										
<i>Peronopsis</i> sp. II										
<i>Calodiscus foveolatus</i>										
<i>Calodiscus cf. punctatus</i>										
<i>Calodiscus</i> sp. I										
<i>Calodiscus</i> sp. II										

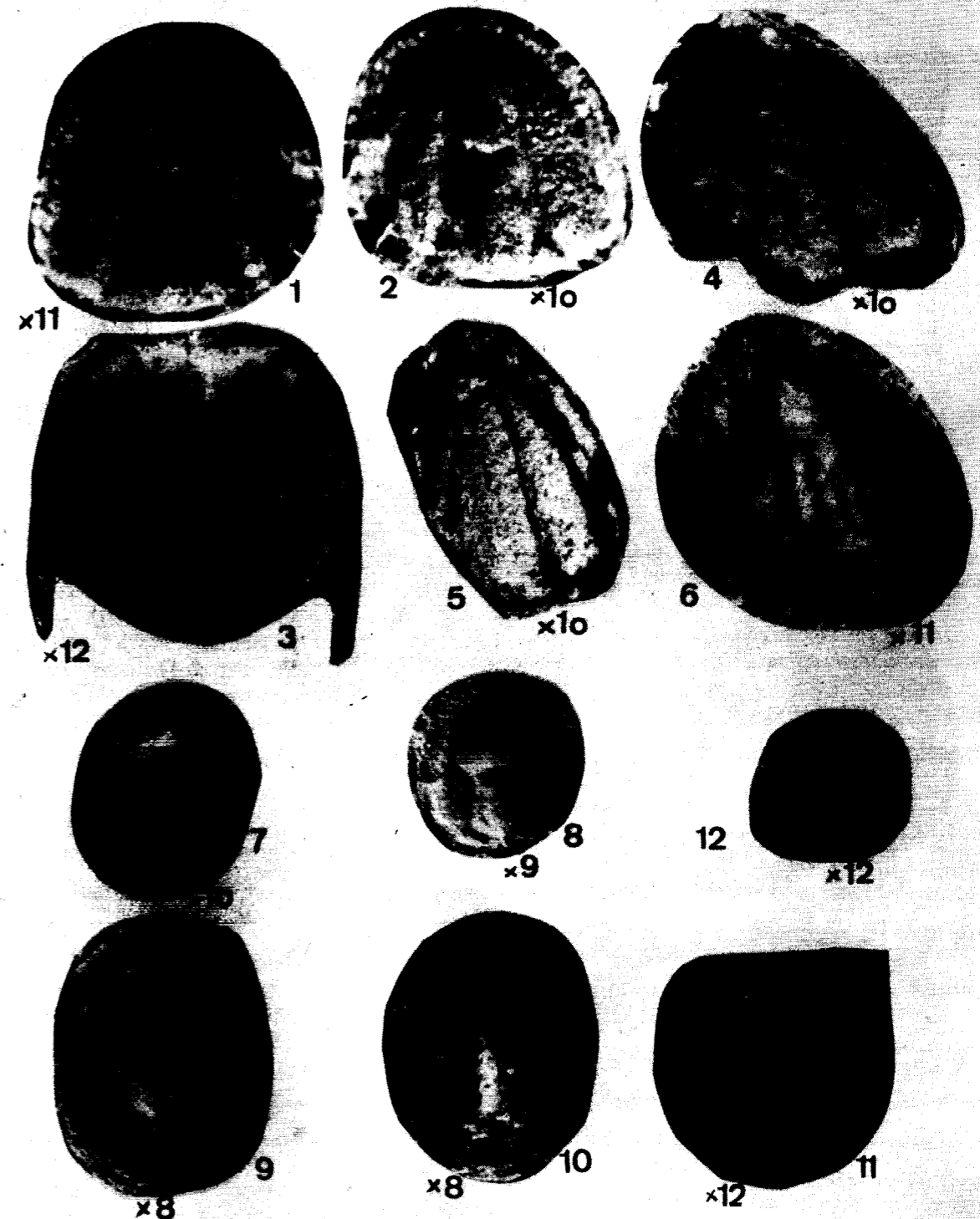
REPARTO VERTICAL DE ESPECIES DE AGNOSTIDOS EN EL CAMBRICO MEDIO DE LA MONTAÑA NEGRA (COURTESOLE 1973)

CUADRO III

TRILOBITES	NIVELES PALEONTOLOGICOS										PRINCIPALES LOCALIDADES													
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	C	D	E	F	G	H	I	FERRALS	COULOUMA	MINERVE	VÉLIEUX	COUSSES	FAVAYROLES	FALLIÈRES	LASTOURS	STE-COLOMBE	BRIAN	LA FRAISE			
<i>Fallagnostus blayaci</i>																								
<i>Condylopyge rex</i>			+																					
<i>Condylopyge imperator</i>																								
<i>Pleuroctenium magnificum</i>																								
<i>Phalacroma immensum</i>																								
<i>Leiagnostus thorali</i>																								
<i>Grandagnostus cf. resectus</i>																								
<i>Gallagnostus geminus</i>																								
<i>Peronopsis miqueli</i>																								
<i>Peronopsis fallax sallesi</i>																								
<i>Peronopsis</i> sp. I																								
<i>Peronopsis</i> sp. II																								

REPARTO ESTRATIGRAFICO Y GEOLOGICO DE AGNOSTIDOS EN EL CAMBRICO MEDIO DE LA MONTAÑA NEGRA (COURTESOLE 1973)

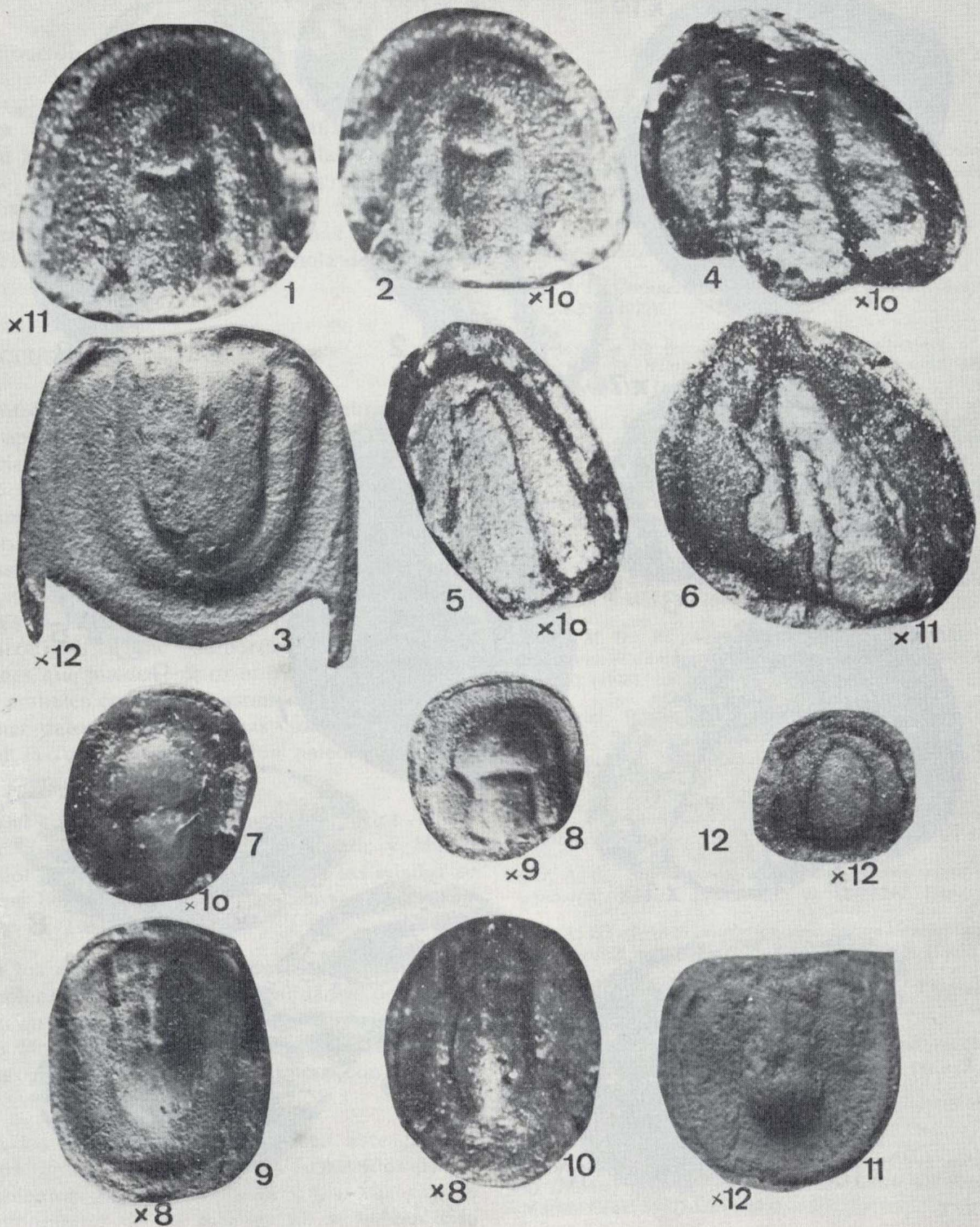
CUADRO IV



LAMINA I (\*)

Figuras 1 y 2.—*Peronopsis fallax fallax* (Linnarsson 1869). Moldes externos de cefalón (F.C.G.). Ba-1, Ba-2; Yacimiento de Los Barrios de Luna (León). Cámbrico Medio.  
 Figura 3.—*Peronopsis fallax* (Linnarsson 1869). Molde externo de pigidio (F.C.G.). Ba-3; yacimiento de Los Barrios de Luna (León). Cámbrico Medio.  
 Figuras 4, 5 y 6.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Moldes externos de escudos cefálicos del yacimiento de Llerena (Badajoz) (F.C.G.). LL-08, LL 0-10, LL 0-12.

Figuras 7 y 8.—*Condylopyge rex* (Barrande 1846). Moldes externos de escudos cefálicos del yacimiento de Los Barrios de Luna (León) (F.C.G.). Ba-20, Ba-22. Cámbrico Medio.  
 Figuras 9, 10 y 11.—*Condylopyge rex* (Barrande 1846). Moldes internos de pigidio Los Barrios de Luna (León) (F.C.G.). Ba-60, Ba-62, Ba-66. Cámbrico Medio.  
 Figura 12.—*Serrodiscus* sp. Molde interno de escudos cefálicos del yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-50. Cámbrico Inferior.



LAMINA I (\*)

Figuras 1 y 2.—*Peronopsis fallax fallax* (Linnarsson 1869). Moldes externos de cefalón (F.C.G.). Ba-1, Ba-2; Yacimiento de Los Barrios de Luna (León). Cámbrico Medio.

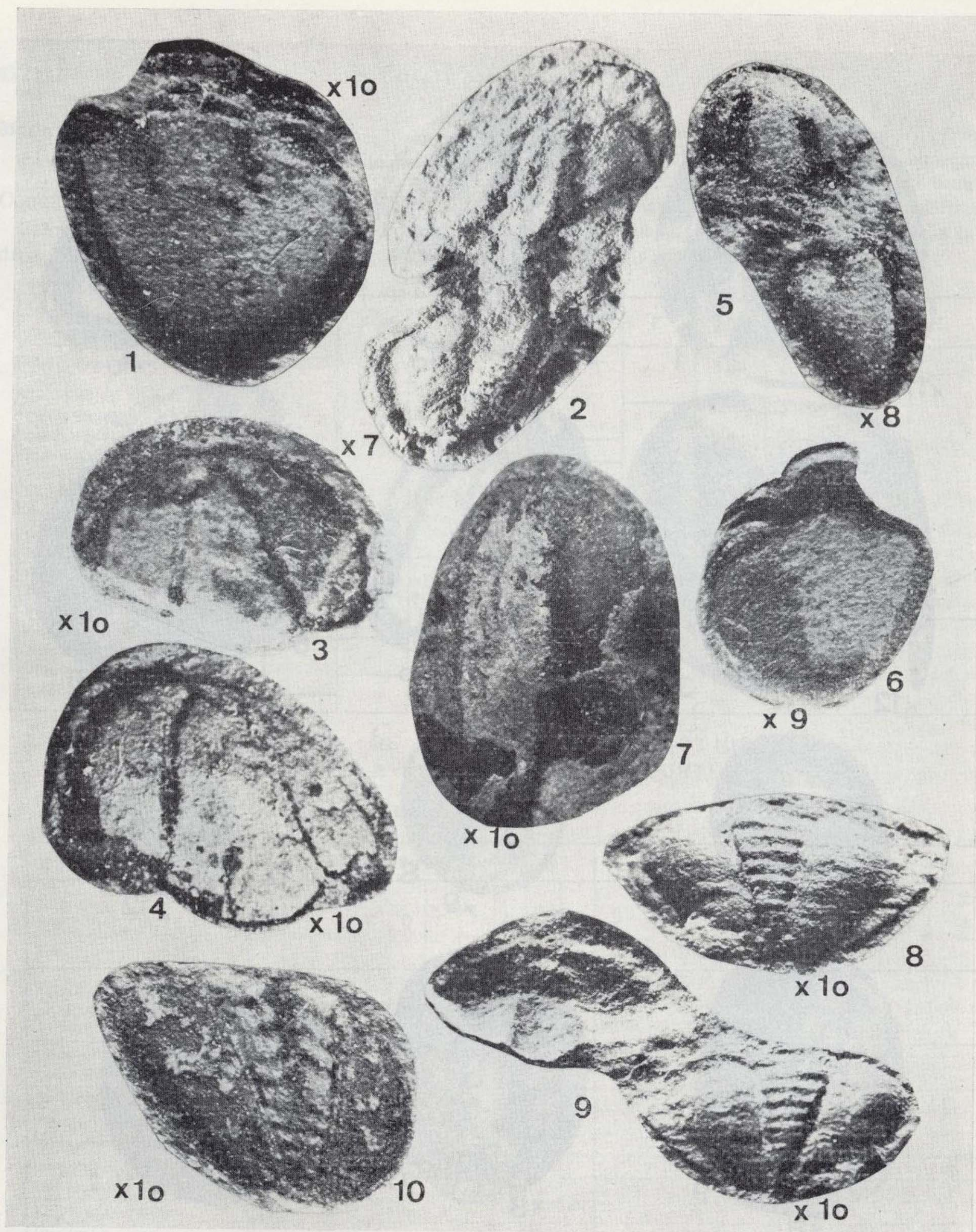
Figura 3.—*Peronopsis fallax* (Linnarsson 1869). Molde externo de pigidio (F.C.G.). Ba-3; yacimiento de Los Barrios de Luna (León). Cámbrico Medio.

Figuras 4, 5 y 6.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Moldes externos de escudos cefálicos del yacimiento de Llerena (Badajoz) (F.C.G.). LL-08, LL 0-10, LL 0-12.

Figuras 7 y 8.—*Concylopyge rex* (Barrande 1846). Moldes externos de escudos cefálicos del yacimiento de Los Barrios de Luna (León) (F.C.G.). Ba-20, Ba-22. Cámbrico Medio.

Figuras 9, 10 y 11.—*Condylopyge rex* (Barrande 1846). Moldes internos de pigidio Los Barrios de Luna (León) (F.C.G.). Ba-60, Ba-62, Ba-66. Cámbrico Medio.

Figura 12.—*Serrodiscus* sp. Molde interno de escudos cefálicos del yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-50. Cámbrico Inferior.



LAMINA II (\*)

Figura 1.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Molde interno de pigidio; yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-54. Cámbrico Inferior.

Figura 2.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Molde interno de un ejemplar bastante completo en el que se aprecian el escudo cefálico de un segmento torácico y el pigidio; deformación oblicua; yacimiento de Totanés (Toledo) (F.C.G.). TO-1-10. Cámbrico Inferior.

Figuras 3 y 4.—*Serrodiscus* (Ford 1873). Molde interno de escudos cefálicos del yacimiento de Llerena (Badajoz) (F.C.G.). LL-020. Cámbrico Inferior.

Figura 5.—Molde interno de Eodiscido del yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-60. Cámbrico Inferior.

Figuras 6 y 7.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). 7: escudo

cefálico; 6: pigidio (F.C.G.). Zal-56, Zal-58. Yacimiento de Zafra (Badajoz). Cámbrico Inferior.

Figuras 8 y 9.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Moldes internos de pigidios. Yacimiento de Totanés (Toledo) (F.C.G.). TO-020, TO-030. Cámbrico Inferior.

(\*) (F.C.G.): Material depositado en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid.

Ba: Barrios de Luna (León).

Zal: Zafra, Alconera (Badajoz).

LL: Llerena (Badajoz).

TO: Totanés (Toledo).

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

APARICIO YAGÜE, A.: *Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo*. Estudios Geol., 27, 369-414 (1971).

APARICIO YAGÜE, A., y GIL CID, D.: *Hallazgo de Trilobites en el Cámbrico de los Montes-Isla de Toledo*. Estudios Geol., 28, 105-109 (1972).

AYALA, F. J.: *Experimental invalidation of principle of competitive exclusion*. Nature, 224, 1076-1079 (1969).

AYALA, F. J.: *Competition between species*. Amer. Scientist, 60, 348-357 (1972).

CLARKSON, E. N. K.: *Environmental significance of eye-reduction in trilobites and recent arthropods*. Marine Geol., 5, 367-375 (1967).

COURTESOLE, R.: *Le Cambrien moyen de la Montagne Noire*. Biostratigraphie. Publ. Lab. Geol. Sc. Toulouse (1973).

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

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

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

HARRINGTON, H., et al.: *Arthropoda I.*, in MOORE, R. C. (Editor): *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part. O, Geol. Soc. Am. and Univ. Kansas, Press. Lawrence, 560 páginas (1959).

HOWELL, B. F., and RESSER, C. E.: *Habitats of the Agnostian trilobites*. Geol. Soc. Am. Proc. (1933), pp. 360-361 (1934).

HUNT, A. S.: *Submarginal suture and ventral plate of an agnostid trilobite*. J. Paleont., 40, 1238-1240 (1966).

HUNT, A. S.: *Growth, variation and instar development of an agnostid trilobite*. J. Paleont., 41, 203-208 (1967).

HUPE, P.: *Clasificación des Trilobites*. Ann. Paleont., 39, 1-345 (1953).

JAGO, J. B.: *Biostratigraphic and taxonomic studies of Some Tasmanian Cambrian Trilobites*, 448 pp. (1972).

MILLER, J.: *Structure and function of trilobite terrace lines*. Fossil and Strata, 4, 155-178 (1975).

LAMONT, A.: *Environmental significance of eye reduction in trilobite and recent arthropods: Additional remarks*. Marine Geol., 5, 377-378 (1967).

LOCHMAN, C.: *Fauna of the basal Bonnetterre Dolomite (Upper Cambrian) of southeastern Missouri*. J. Paleont., 14, 1-53 (1940).

LOCHMAN-BALK, C., and WILSON, J. L.: *Cambrian biostratigraphy in North America*. J. Paleont., 32, 312-350 (1958).

MARTINSSON, A.: *Cambrian Paleontology of Fennoscandian basement fissures*. Lethaia, 1, 137-155 (1968).

Distribución

Calodiscus aparece en el Cámbrico Inferior de Sierra Morena (Arroyomolinos-Cañaveral) y en Zafra; asimismo, está presente en las series cámbricas de la Montaña Negra, concretamente en los niveles A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> (Cuadro III), si bien creemos que en la serie francesa aparece más alto estratigráficamente que la especie española definida por SDZUY.

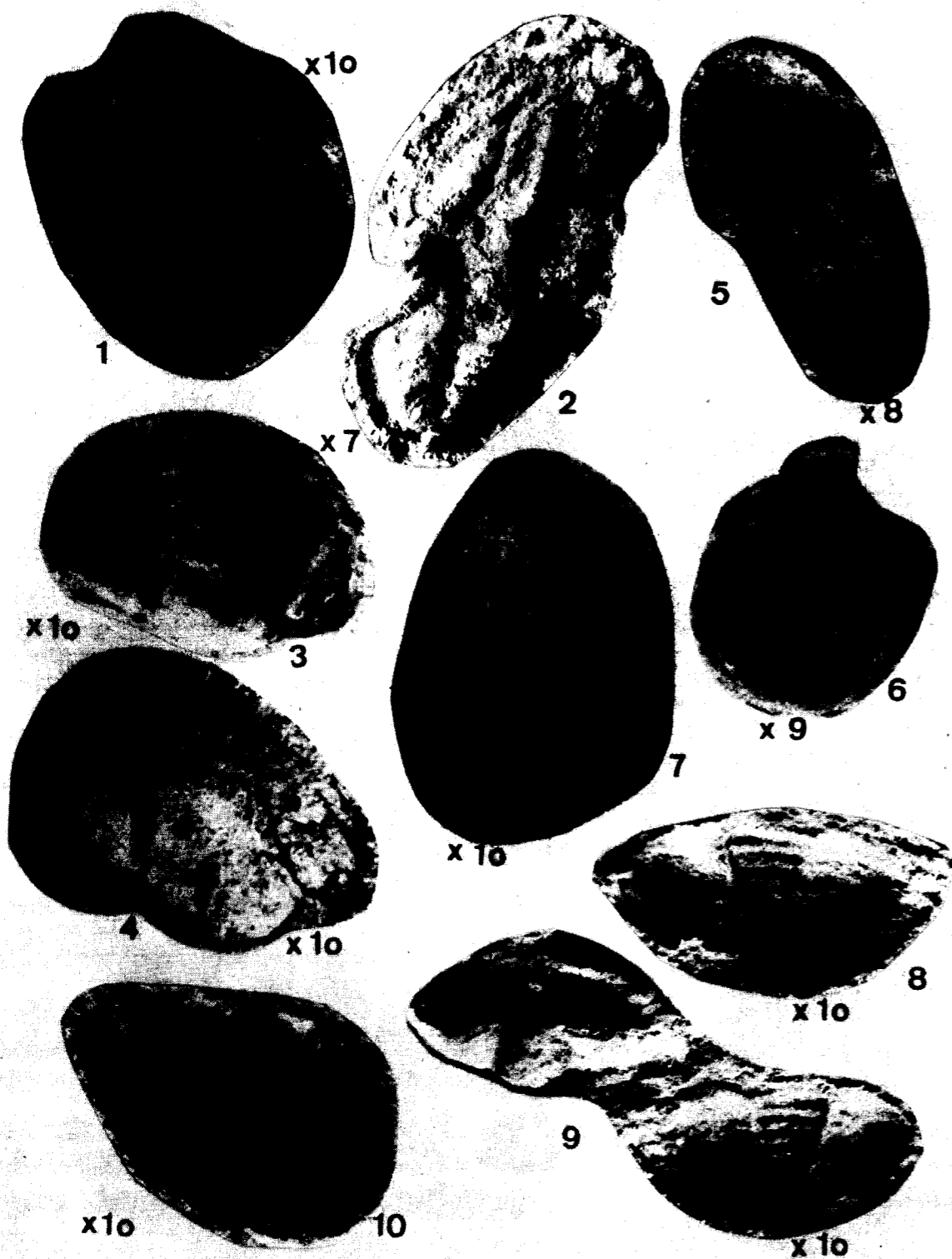
CONCLUSIONES

Dentro del Cámbrico Inferior y Cámbrico Medio han aparecido hasta hoy suficiente número de especies de las familias Agnostidae y Eodiscidae como para llevarnos a pensar que en un futuro próximo podemos tener una excelente representación de Agnóstidos en España; prácticamente en casi todos los yacimientos cámbricos de España van apareciendo, estos pequeños trilobites, cuyo interés es indudable, no sólo por la información bioestratigráfica que comportan, sino por las relaciones que pueden existir entre estos artrópodos y los actuales crustáceos; asimismo, es importante obtener datos de estas faunas con el fin de completar la futura reconstrucción paleobiológica de este grupo fósil.

En el cuadro I hemos esquematizado los Agnóstidos citados en el Cámbrico Inferior y Medio español hasta la fecha; en cuanto a las edades se refiere hemos mantenido las zonas dadas por SDZUY en 1961.

En los cuadros II y III representamos las distribuciones de especies y localidades de Agnóstidos que han aparecido en el Cámbrico Medio de la Montaña Negra según COURTESOLE (1973) y cuyos géneros podemos relacionar con los que aparecen en nuestras series.

En las láminas que aparecen en este trabajo hemos figurado únicamente los Agnóstidos de los yacimientos de Zafra, Totanés y Llerena, ya que los ejemplares de los mismos no lo habían sido hasta ahora; hemos agregado algunos ejemplares del yacimiento de Los Barrios de Luna (León), recientemente recogidos por nosotros; las restantes especies aparecen figuradas por sus autores en las publicaciones respectivas y consideramos más adecuado la remisión al lector a su fuente original.



LAMINA II (\*)

Figura 1.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Molde interno de pigidio; yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-54. Cámbrico Inferior.  
 Figura 2.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Molde interno de un ejemplar bastante completo en el que se aprecian el escudo cefálico de un segmento torácico y el pigidio; deformación oblicua; yacimiento de Totanés (Toledo) (F.C.G.). TO-1-10. Cámbrico Inferior.  
 Figuras 3 y 4.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Molde interno de escudos cefálicos del yacimiento de Llerena (Badajoz) (F.C.G.). LL-020. Cámbrico Inferior.  
 Figura 5.—Molde interno de Eodiscido del yacimiento de Zafra (Badajoz) (F.C.G.). Zal-60. Cámbrico Inferior.  
 Figuras 6 y 7.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). 7: escudo cefálico; 6: pigidio (F.C.G.). Zal-56, Zal-58. Yacimiento de Zafra (Badajoz). Cámbrico Inferior.  
 Figuras 8 y 9.—*Serrodiscus speciosus* (Ford 1873). Moldes internos de pigidios. Yacimiento de Totanés (Toledo) (F.C.G.). TO-020, TO-030. Cámbrico Inferior.

(\*) (F.C.G.): Material depositado en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid.  
 Ba: Barrios de Luna (León).  
 Zal: Zafra, Alconera (Badajoz).  
 LL: Llerena (Badajoz).  
 TO: Totanés (Toledo).



- PALMER, A. R.: *Ontogenetic development of two olenellid trilobites*. J. Paleont., 31, 105-128 (1957).
- RASSATTI, F., y THEOKRITOFF, G.: *Lower Cambrian agnostid trilobites of North America*. J. Paleont., 41, 189-196 (1967).
- RICHTER, R. E.: *Die fauna des Unter-Kambriums von Cala in Andalusien*. Ab. der Senck. Naturf. Gessells., 445, 1-90 (1941).
- RASSETTI, F.: *Ventral cephalic sutures in Cambrian trilobites*. Amer. Jour. Sci., 250, 885-889. New Haven. Connecticut (1952).
- ROBISON, R. A.: *Late Middle Cambrian faunas from Western Utah*. J. Paleont., 38, 510-566. Menasha, Wisconsin (1964).
- ROBISON, R. A.: *Upper Mille Cambrian stratigraphy of Western Utah*. Geol. Soc. Amer. Bull., 75, 995-1010 (1964).
- ROBISON, R. A.: *Additional Middle Cambrian trilobites from the Wheeler Shale of Utah*. J. Paleont., 45, 796-804, Menasha. Wisconsin (1971 a).
- ROBISON, R. A.: *Hypostoma of agnostid trilobites*. Lethaia, 5, 239-248 (1972 a).
- ROBISON, R. A.: *Character displacement in Cambrian agnostid trilobites*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 57, 962 (1973 a).
- ROBISON, R. A.: *Species diversity among agnostid trilobites*. Fossils and Strata, 4, 219-226 (1973 b).
- SOZUY, K.: *Trilobiten aus dem Unter-Kambrium der Sierra Morena (S. Spanien)*. Senck. Lethaea, 3, 181-242.
- SOZUY, K.: *Acerca de la correlación del Cámbrico inferior en la Península Ibérica*. I Congr. Hisp.-Luso-Amer. de Geol. Económica (II), 1, 753-766 (1971 a).
- SOZUY, K.: *La subdivisión bioestratigráfica y la correlación del Cámbrico medio de España*. Publ. I Congr. Hisp.-Luso-Amer. Geol. Económica (II), 2, 769-782 (1971 b).
- WESTERGARD, A. H.: *Agnostidea of the Middle Cambrian of Sweden*. Sver. Geol. Unders., C, 477, 140 págs. (1946).

Recibido: Octubre de 1980

## Papel de la karstificación en la génesis de los yacimientos de hierro de Sierra Menera (Teruel y Guadalajara)

Por C. FERNANDEZ-NIETO (\*), R. FERNANDEZ RUBIO (\*\*), M. GUTIERREZ ELORZA (\*\*\*) y F. ARRESE SERRANO (\*)

### R E S U M E N

Se analiza la geología de la Sierra Menera, donde se localizan importantes yacimientos de hierro y se estudian mediante distintas técnicas mineralógicas los oxihidróxidos de hierro y los carbonatos ligados al mineral. Las observaciones de campo, los estudios de laboratorio y la investigación del sistema hidrogeológico ponen de manifiesto que la mineralización de hierro se origina por procesos kársticos subsuperficiales a partir de la disolución de masas de carbonatos mixtos de hierro y magnesio. La etapa principal de karstificación parece situarse en el Plioceno Superior.

### R E S U M E

On analyse la géologie de la Sierra Menera où se trouve des importants gisements de fer, et on étudie moyennant différentes techniques minéralogiques les oxihydroxides de fer et les carbonates liés au minéral. Les observations du terrain, les études du laboratoire et la recherche du système hydrogéologique montrent que la minéralisation de fer est originée par un processus karstique subsuperficiel à partir de la dissolution de la masse de carbonates mixtes de fer et magnésium. L'étape principale de la karstification peut se situer au le Pliocène Supérieur.

### S U M M A R Y

The geology of the Sierra Menera is analysed, where important mineral deposits of iron is located and the iron oxihydroxides and joined carbonates to mineral is studied by different mineralogical techniques. The field observations, the laboratory studies, and the research of hydrogeological system shows that the iron deposits are originated by subsuperficial karstical processes by the dissolution of mixed carbonates of iron and magnesium. The principal stage of the karstification may be placed on the Upper Pliocene.

### 1. INTRODUCCION

Los yacimientos de hierro de Sierra Menera se explotan desde fechas muy remotas. La referencia más antigua es un «Tratado sobre las minas de Ojos Negros», que data de hace trescientos cincuenta años, aunque es muy posible que la obtención del mineral se remonte a épocas anteriores, tal vez en relación con el emplazamiento de castros ibéricos en la sierra y la localización de villas romanas (FERNÁNDEZ-RUBIO, 1971b). No obstante, la etapa floreciente de la explotación de mineral de Sierra Menera se produce a principios de siglo,

con la construcción de un ferrocarril minero privado de 204 km., el más largo de Europa, que une los yacimientos con el puerto de Sagunto (Valencia).

En la actualidad estos criaderos constituyen uno de los yacimientos de hierro más importantes de España, con una producción en torno a los dos millones de toneladas, y con reservas calculadas del orden de 110 millones de toneladas de óxidos (DEBON, 1977).

La extracción actual se realiza a cielo abierto, en canteras, denominadas: Llano, Barranco (Obispos), Corral y Corcho, en la vertiente oriental de la Sierra Menera, que corresponde a la provincia de Teruel, y Castilla en la vertiente occidental, ya en la provincia de Guadalajara.

(\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Zaragoza.

(\*\*) Cátedra de Hidrogeología, Universidad de Granada.

(\*\*\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica, Universidad de Zaragoza.

Un análisis medio orientativo del mineral, después de evaporar el agua retenida, que oscila entre el 14 por 100 y el 23 por 100 (DEBON, 1977), puede ser el siguiente: Fe = 50-52 por 100; SiO<sub>2</sub> = 9-10 por 100; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> = 1,8 por 100; CaO = 0,24 por 100; MgO = 0,65 por 100; Mn = 1,9 por 100; P = 0,08 por 100; S = 0,05 por 100; Na<sub>2</sub>O = 0,04 por 100; K<sub>2</sub>O = 0,16 por 100 (FERNÁNDEZ-RUBIO et al., 1977), y trazas de As, Cu, Pb, Zn.

## 2. SITUACION GEOGRAFICA

Tal como hemos señalado, las mineralizaciones de Sierra Menera afloran en diferentes puntos de dicha alineación montañosa, de dirección NNW-SSE, y se localizan en las provincias de Guadalajara y Teruel. Las explotaciones están situadas en el límite de las Hojas 1:50.000 de El Pobo de Dueñas (núm. 515) y Monreal del Campo (número 516).

La Sierra Menera es a su vez una divisoria hidrográfica e hidrogeológica: la vertiente occidental es tributaria de la cuenca del Tajo y la oriental de la del Ebro.

El pueblo de Ojos Negros se encuentra a corta distancia, al este de las explotaciones, de ahí que sean conocidas en muchos casos como Minas de Ojos Negros.

## 3. SITUACION GEOLOGICA

### 3.1. INTRODUCCION

El área en la que se ubican las mineralizaciones se localiza en la Rama Castellana o Interna de la Cordillera Ibérica, donde aflora un conjunto de macizos paleozoicos, orlados por materiales del Mesozoico.

Las mineralizaciones en explotación se sitúan en uno de estos macizos paleozoicos, al que se denomina de Sierra Menera (fig. 1). Al sur del mismo afloran cinco macizos paleozoicos que han sido estudiados por RIBA (1959) y HARTLEB (1968). Al norte se desarrolla el Macizo de Aragoncillo, que ha sido investigado por VILLENA (1971, 1976, 1980). Todos estos afloramientos están constituidos, fundamentalmente, por materiales del Ordovícico y Silúrico, de naturaleza cuarcítica y pelítica, con intercalaciones carbonatadas. El conocimiento del

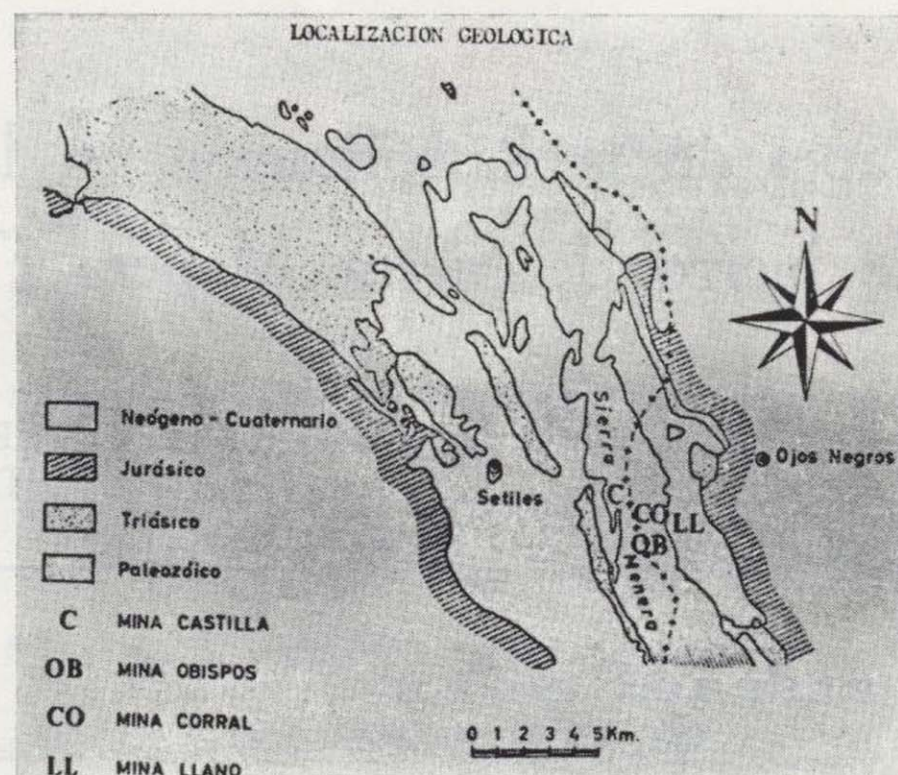


Figura 1.—Mapa de situación.

Macizo de Sierra Menera se debe, fundamentalmente, a las investigaciones de HARTLEB (1968), HERRANZ (1968), FERNÁNDEZ-RUBIO (1969, 1971a y 1976), VILLENA (1971, 1976 y 1980), CASAS et al. (1974) y FERNÁNDEZ-NIETO (1977 y 1979).

Los materiales paleozoicos que constituyen el núcleo del Macizo de Sierra Menera, están rodados por materiales del Triás, en facies germánica, y más concretamente por areniscas del Buntsandstein, con presencia de arcillas y localmente de evaporitas. A este conjunto se superponen formaciones jurásicas con predominio calcáreo, muy fosilíferas en sus tramos medios y superiores. En discordancia sobre las series jurásicas descansa el Cretácico Inferior, fundamentalmente en facies Utrillas, y sobre el mismo, el Cretácico margoso-calcáreo. Para una mejor precisión sobre estas series mesozoicas, remitimos al lector a RIBA (1959) y VILLENA (1971).

Los conjuntos anteriormente descritos, tanto paleozoicos como mesozoicos, están recubiertos, en amplios sectores, por depósitos cuaternarios. Las explotaciones han puesto de manifiesto la presencia de potentes depósitos de vertiente periglaciares, del tipo *groise litée*, con una potencia próxima a los 20 m. Las explotaciones de la cantera de El Llano han revelado la existencia de potentes formaciones cuaternarias (hasta 20 m. en algunos puntos). Corresponden estos depósitos a materiales constituyentes de un valle de fondo plano, con concavidad de enlace con las vertientes.

Un análisis medio orientativo del mineral, después de evaporar el agua retenida, que oscila entre el 14 por 100 y el 23 por 100 (DEBON, 1977), puede ser el siguiente: Fe = 50-52 por 100; SiO<sub>2</sub> = 9-10 por 100; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> = 1,8 por 100; CaO = 0,24 por 100; MgO = 0,65 por 100; Mn = 1,9 por 100; P = 0,08 por 100; S = 0,05 por 100; Na<sub>2</sub>O = 0,04 por 100; K<sub>2</sub>O = 0,16 por 100 (FERNÁNDEZ-RUBIO et al., 1977), y trazas de As, Cu, Pb, Zn.

**2. SITUACION GEOGRAFICA**

Tal como hemos señalado, las mineralizaciones de Sierra Menera afloran en diferentes puntos de dicha alineación montañosa, de dirección NNW-SSE, y se localizan en las provincias de Guadalajara y Teruel. Las explotaciones están situadas en el límite de las Hojas 1:50.000 de El Pobo de Dueñas (núm. 515) y Monreal del Campo (número 516).

La Sierra Menera es a su vez una divisoria hidrográfica e hidrogeológica: la vertiente occidental es tributaria de la cuenca del Tajo y la oriental de la del Ebro.

El pueblo de Ojos Negros se encuentra a corta distancia, al este de las explotaciones, de ahí que sean conocidas en muchos casos como Minas de Ojos Negros.

**3. SITUACION GEOLOGICA**

**3.1. INTRODUCCION**

El área en la que se ubican las mineralizaciones se localiza en la Rama Castellana o Interna de la Cordillera Ibérica, donde aflora un conjunto de macizos paleozoicos, orlados por materiales del Mesozoico.

Las mineralizaciones en explotación se sitúan en uno de estos macizos paleozoicos, al que se denomina de Sierra Menera (fig. 1). Al sur del mismo afloran cinco macizos paleozoicos que han sido estudiados por RIBA (1959) y HARTLEB (1968). Al norte se desarrolla el Macizo de Aragoncillo, que ha sido investigado por VILLENA (1971, 1976, 1980). Todos estos afloramientos están constituidos, fundamentalmente, por materiales del Ordovícico y Silúrico, de naturaleza cuarcítica y pelítica, con intercalaciones carbonatadas. El conocimiento del

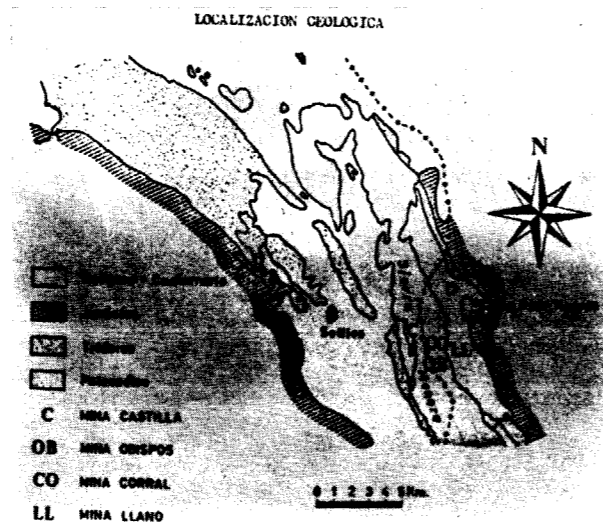


Figura 1.—Mapa de situación.

Macizo de Sierra Menera se debe, fundamentalmente, a las investigaciones de HARTLEB (1968), HERRANZ (1968), FERNÁNDEZ-RUBIO (1969, 1971a y 1976), VILLENA (1971, 1976 y 1980), CASAS et al. (1974) y FERNÁNDEZ-NIETO (1977 y 1979).

Los materiales paleozoicos que constituyen el núcleo del Macizo de Sierra Menera, están rodados por materiales del Triás, en facies germánica, y más concretamente por areniscas del Buntsandstein, con presencia de arcillas y localmente de evaporitas. A este conjunto se superponen formaciones jurásicas con predominio calcáreo, muy fosilíferas en sus tramos medios y superiores. En discordancia sobre las series jurásicas descansa el Cretácico Inferior, fundamentalmente en facies Utrillas, y sobre el mismo, el Cretácico margoso-calcáreo. Para una mejor precisión sobre estas series mesozoicas, remitimos al lector a RIBA (1959) y VILLENA (1971).

Los conjuntos anteriormente descritos, tanto paleozoicos como mesozoicos, están recubiertos, en amplios sectores, por depósitos cuaternarios. Las explotaciones han puesto de manifiesto la presencia de potentes depósitos de vertiente periglaciares, del tipo *groise litée*, con una potencia próxima a los 20 m. Las explotaciones de la cantera de El Llano han revelado la existencia de potentes formaciones cuaternarias (hasta 20 m. en algunos puntos). Corresponden estos depósitos a materiales constituyentes de un valle de fondo plano, con concavidad de enlace con las vertientes.

**3.2. ESTRATIGRAFIA DEL ORDOVICICO Y SILURICO**

Los materiales que afloran en el Macizo de Sierra Menera están constituidos por un conjunto de cuarcitas, grauvacas y pizarras, con un nivel carbonatado, al que va ligada la mineralización. La mayoría de los datos utilizados corresponden a publicaciones de autores que han estudiado esta región, y que incluimos en el epígrafe de bibliografía.

La formación más antigua aflorante, en el Macizo de Sierra Menera, la constituye un conjunto de

cuarcitas y areniscas bien estratificadas, con algunas intercalaciones pizarrosas. Su facies es equivalente a la cuarcita armoricana (fig. 2). Presenta huellas de *Scolithus* y *Cruziana* en los niveles superiores. Las características litológicas y los restos fosilíferos permiten asignar una edad Arenigiense. Este nivel es constante regionalmente, y en él se han diferenciado, en algunos casos, varios niveles (RIBA, 1959; SACHER, 1966; HARTLEB, 1968; CARLS, 1975; VILLENA, 1971, 1976, 1980). La potencia máxima visible oscila en torno a los 300 m.

A dicha formación cuarcítica se superpone un conjunto de grauvacas y pizarras de tonos predominantemente grisáceos y verde oliva. Estos materiales han sido descritos por VILLENA (1971) como Formación Grauvacas de la Venta. Es una formación en la que se han citado numerosos fósiles (trilobites, braquiópodos, graptolites, etc.), que han permitido datarla como Llanvirniense-Llandeiliense (ver autores citados en el párrafo anterior). Su potencia oscila entre los 150 y 200 m.

En concordancia con esta última formación descansa un conjunto de cuarcitas y areniscas, con algunas intercalaciones pizarrosas. Este nivel ha sido atribuido generalmente al Caradociense, y VILLENA (1971, 1976 y 1980) lo denomina Miembro Cuarcitas de Colmenarejos. Su potencia oscila entre los 70 y 140 m.

Superpuesto al nivel cuarcítico descansa un conjunto dolomítico de potencia variable, que puede oscilar entre los 50 y los 150 m. La base está constituida por margocalizas de tonos violáceos y blanco-amarillentos, en estratos milimétricos y centimétricos, con abundantes restos fósiles inclasificables. Los estudios de superficie y los sondeos realizados en el yacimiento reflejan variaciones laterales de facies hacia arcillas verdosas y dolomías con abundantes restos fósiles, fundamentalmente briozoos. A este conjunto se superpone un tramo de dolomías masivas, blancas y beige, del que nos ocuparemos con detalle más adelante. FERNÁNDEZ-RUBIO (1969) lo denominó Formación Menera, y VILLENA (1971) Miembro Calizas del Cabezo, que junto con el Miembro Cuarcitas de Colmenarejos constituyen, para este autor, la Formación Calizas del Pobo, datadas como Ordoviciense Superior. HARTLEB (1968) estima que pertenecen al Ashgillense, por correlaciones con otras áreas.

En la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica,

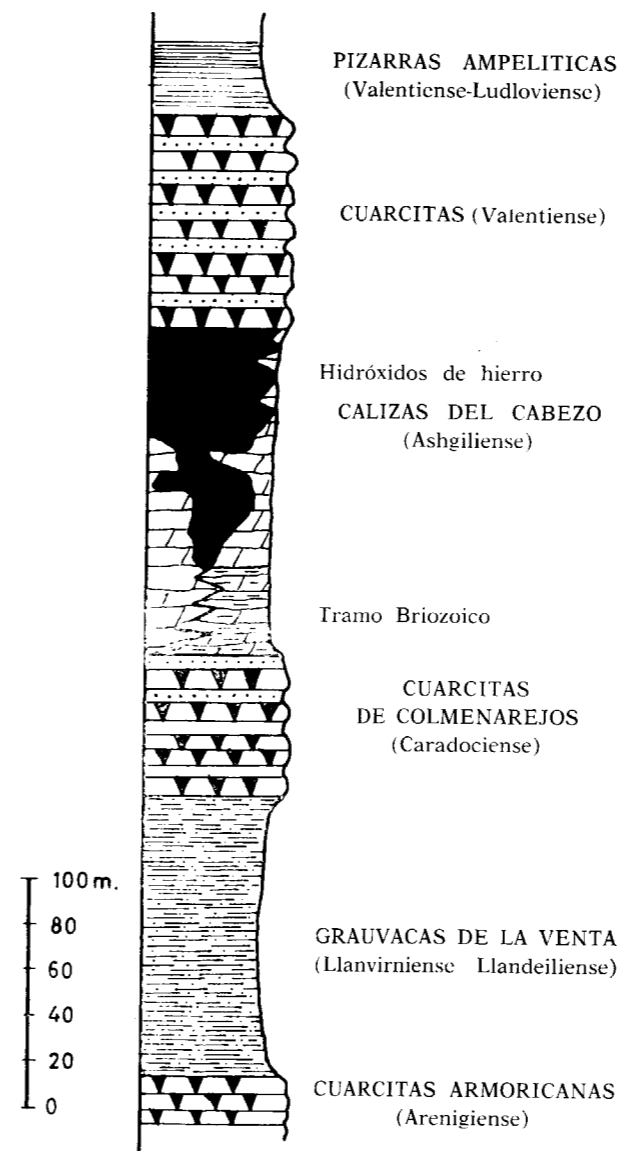


Figura 2.—Perfil estratigráfico esquemático.

en la región de Luesma y Fombuena (unos 50 Km. al NE de Sierra Menera), aflora un nivel calcáreo, denominado Caliza de Cistoideos (CARLS, 1975) que presenta una abundante fauna y que ha sido estudiado en numerosas publicaciones (MELÉNDEZ, 1959; CHAUVEL et al., 1975; CARLS, 1975; CHAUVEL y LEMENN, 1979, etc.). Todos estos autores están de acuerdo en datar este conjunto como de edad Ashgillense. Hacia el Oeste, en el Macizo de Aragoncillo, este nivel carbonatado pierde potencia hasta llegar incluso a desaparecer (SACHER, 1966; VILLENA, 1971, 1976 y 1980). Hacia el Sur, en la Sierra de Albarracín, quizá tengan estas dolomías su equivalente en los pequeños bancos calizos del Caradoc (s.l.) de RIBA (1959).

Tal como señalan la mayoría de los autores que han estudiado este horizonte carbonatado, se trata de una sedimentación de carácter arrecifal, correspondiente a un régimen de deposición de escasa profundidad.

Sobre este conjunto carbonatado, y a veces intercaladas dentro de él, se localizan las mineralizaciones de oxihidróxidos de hierro. El contacto entre ambas es irregular y refleja una karstificación del horizonte carbonatado.

Existe un consenso bastante general, entre los autores que recientemente han estudiado la estratigrafía del Ordovícico y Silúrico de la región central de la Cordillera Ibérica de que, sobre la formación carbonatada, se desarrolló una discordancia erosiva generalizada, si bien es cierto que en muchos puntos su observación se hace difícil. Esta discordancia parece ser que va unida a una etapa glacial, reconocida en otros puntos del Macizo Hespérico.

En el Macizo de Aragoncillo (SACHER, 1966) y en la región de Fombuena-Luesma (CARLS, 1975) aparece sobre las calizas o dolomías una formación de pizarras con cantos, con una potencia de 20 m. en Aragoncillo y de 50-80 m. en Fombuena-Luesma, que CARLS interpreta como depositadas durante etapas glacio-eustáticas. Esta formación no ha suministrado fauna. La denominan Pizarras de Orea.

El límite Ordovícico-Silúrico lo sitúa SACHER en el paso de las calizas del Ashgillense a las Pizarras de Orea, y CARLS estima que es en esta formación de Pizarras de Orea donde se encuentra dicho límite. HARTLEB (1968) y VILLENA (1976) lo

sitúan en el techo de las dolomías. Un análisis detallado de los problemas de este límite lo realiza HAMMAN et al. (1980).

Sobre el mineral de hierro o sobre los propios carbonatos, descansan unos 90 m. de cuarcitas y areniscas blancas y amarillentas, de aspecto sacaroideo y con intercalaciones de pizarras. Este tramo se conoce como Cuarcitas del Valentiense (SACHER, 1966).

A la formación anterior se superpone un conjunto de pizarras ampelíticas, con nódulos de pirita y una abundante fauna de graptolites. Su potencia es difícil de precisar, pero se estima superior a los 100 m. Han sido datadas por HARTLEB (1968) como de edad Valentiense-Ludloviense.

No se han reconocido formaciones superiores a estas pizarras, de edad silúrica, en el Macizo de Sierra Menera, aunque en Aragoncillo, Sierra de Albarracín y región de Fombuena-Luesma existen series superiores, señaladas por los autores antes citados.

### 3.3. TECTONICA

El macizo paleozoico de Sierra Menera está afectado por las orogenias Hercínica y Alpina.

Se reconocen tres fases de plegamiento hercínico fundamentales. Las dos primeras son sinesquistosas. La primera deformación viene manifestada por un conjunto de pliegues, de dirección aproximada N-S, acompañados de una pizarrosidad de plano axial, que se desarrolla claramente en los niveles pizarrosos y está ausente en los cuarcitosos, y cuya vergencia es hacia el Este. Con posterioridad se produce otra fase de plegamiento, acompañada también de una esquistosidad de plano axial. Los pliegues de esta segunda fase son fundamentalmente cilíndricos. La fase final es de carácter marcadamente disruptivo, y se manifiesta por la generación de cabalgamientos.

La estructura fundamental del Macizo de Sierra Menera la constituye un anticlinal, generado en la segunda fase de plegamiento hercínico, acompañado de un cabalgamiento de gran recorrido, tal como señala VILLENA (1971).

Los materiales paleozoicos, una vez deformados, son afectados por los esfuerzos generados por la orogenia alpina, los cuales producen básicamente

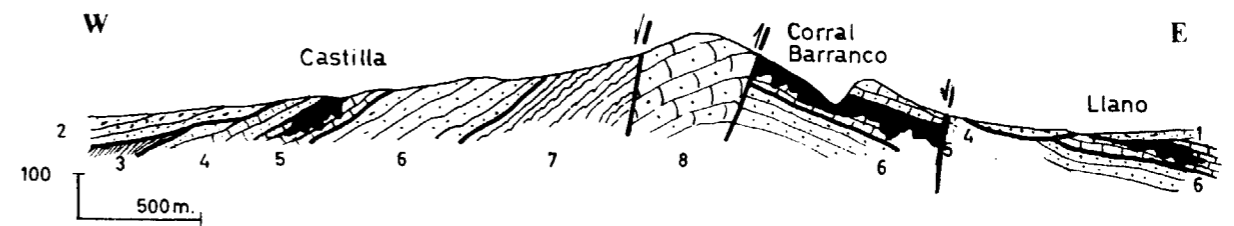


Figura 3.—Corte geológico esquemático en Sierra Menera: 1. Cuaternario.—2. Buntsandstein.—3. Pizarras ampelíticas.—4. Cuarcitas del Valentiense.—5. Calizas del Cabezo y Mineralización.—6. Cuarcitas de Colmenarejos.—7. Grauvacas de la Venta.—8. Cuarcita armoricana.

una fracturación de los materiales, y quizá una reactivación de las antiguas fallas de edad hercínica.

Es conveniente señalar, de cara a los procesos de karstificación que luego analizaremos, que el nivel de Cuarcitas del Valentiense se encuentra, en el área de las explotaciones mineras de Sierra Menera, muy fracturado, con una densa red de diaclasas, cuyo espaciado es del orden de 10 a 20 centímetros. Como dato confirmatorio a este elevado grado de fracturación, el arranque de las cuarcitas de techo se realiza en general mediante ripado, sin necesidad de explosivos.

### 4. CARACTERISTICAS DE LOS CARBONATOS

El Miembro Calizas del Cabezo constituye, en general, el muro de las mineralizaciones de hidróxidos de hierro, pero el contacto de los carbonatos con el mineral es muy variable en lo relativo al nivel en el que tiene lugar; en las proximidades del eje antiforme de Sierra Menera la masa de mineral descansa sobre las formaciones de calizas y margas briozoicas de tonos violáceos, mientras que hacia los flancos el contacto se establece sobre niveles más altos, y a veces intercalado dentro de la masa de carbonatos. Con posterioridad describiremos la morfología de dicha superficie de contacto. Otra circunstancia que se observa es que existe una relación inversa entre la potencia de hidróxidos de hierro y la de carbonatos, es decir, cuanto mayor es la potencia del mineral, menor es el espesor de los carbonatos.

Se diferencian de visu dos tipos de carbonatos: los situados próximos al contacto con el mineral son de tonos pardos, blancos y rosados, masivos, con frecuencia oquerosos y con grano de tamaño

medio. Los carbonatos lejanos al área de contacto son de color blanco y gris, espáticos y con estratificación difusa.

Ambos tipos de carbonatos son esparitas; el tamaño de grano de los primeros es variable y está comprendido entre 15 micras y 2 mm.; por el contrario, los segundos presentan una mayor homometría. El estudio por luz transmitida revela que los cristales más pequeños suelen ser de contornos irregulares y ocupan, generalmente, huecos entre los mayores, que suelen ser muy limpios y con marcados planos de exfoliación romboédrica. A menudo, estos grandes cristales incluyen abundantes restos irregulares de otro carbonato anterior, al parecer de hábito lenticular, e incluso engloban cristales lenticulares sustituidos parcialmente por goethita, que forma un esqueleto romboédrico entre cuyos huecos quedan restos de un carbonato anterior. La diferenciación, mediante esta técnica, de las diferentes especies mineralógicas de carbonatos, no ha sido posible por presentar éstas propiedades ópticas similares. Tampoco la utilización de diversas técnicas de tinción ha dado resultados fehacientes.

La técnica de difracción por Rayos X es la que ha permitido efectuar una diferenciación de las especies minerales. Los carbonatos próximos al contacto con la masa mineral han indicado la presencia de dolomita, raras veces calcita, acompañadas en ocasiones por cuarzo y pequeñas cantidades de goethita.

Los carbonatos del segundo tipo, de carácter espático, presentan una mayor complicación en su composición mineralógica. Por lo general, no suele aparecer una sola especie mineralógica, sino que se presentan juntos varios tipos de carbonatos. Aparece dolomita, carbonatos mixtos de hierro y magnesio, magnesita y muy raras veces calcita. La dolomita suele encontrarse en todas las mues-

tras, y la calcita no aparece cuando existe magnesita o un carbonato mixto de hierro y magnesio. Por otra parte, en las muestras en que se observa goethita, existe dolomita, pero nunca magnesita ni carbonatos mixtos.

Los carbonatos mixtos de hierro y magnesio pertenecen a la serie isomorfa magnesita-siderita, y han sido objeto de una publicación anterior (FERNÁNDEZ-NIETO et al., 1978). Se han encontrado todos los términos de la serie: magnesita, breunnerita, mesitina, pistomesita y sideroplesita, excepto al término final, siderita. Estos carbonatos se encuentran muy irregularmente repartidos, y es la breunnerita el término más frecuente. No se ha reconocido ankerita.

Los análisis químicos han puesto de manifiesto, en las muestras que contienen carbonatos mixtos, que el FeO aparece en proporción del 8 al 14 por 100, y que el CaO es muy escaso. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Rayos X, que señalaban una mayor abundancia de los términos magnésicos de la serie isomorfa. Los porcentajes de elementos menores son similares a los encon-



Foto 1.—Restos esqueléticos lenticulares que incluyen restos carbonatados, marcados por óxidos de hierro, y englobados por un carbonato posterior que incluso penetra dentro de uno de estos esqueletos. N. C.  $\times$  85.

trados en la mineralización de hidróxidos de hierro.

De todos estos estudios parece deducirse una secuencia genética de los distintos minerales (foto 1). En primer lugar un carbonato que, en ocasiones, presentaba hábito lenticular, y que estaba formado fundamentalmente por dolomita, carbonatos mixtos de hierro y magnesio, magnesita y rara vez calcita. En segundo lugar, cronológicamente, se produce una sustitución de los carbonatos, en mayor o menor grado, por minerales de hierro, la cual tiene lugar preferentemente a favor de los planos de exfoliación y, con menor intensidad, a partir de los bordes de los granos. Finalmente, una segunda generación de dolomita sustituye a los anteriores carbonatos, y engloba restos de ellos y de los minerales que los acompañan.

Este conjunto será afectado, con posterioridad, por procesos de disolución acuosa, que producen la lixiviación de iones bicarbonato, calcio y magnesio, oxidan el hierro ferroso a férrico, y generan de esta forma los oxihidróxidos de hierro. Creemos que, casi coetánea con la generación de los oxihidróxidos, se produce una precipitación de dolomita, que engloba a los restos minerales de las etapas anteriores.

## 5. ESTUDIO DE LAS MINERALIZACIONES DE HIERRO

La masa de mineral de hierro aparece situada, preferentemente, a techo de carbonatos y a muro de Cuarcitas del Valentiense. El contacto carbonatos-hidróxidos de hierro es, en general, muy irregular, con variaciones importantes de potencia de la mineralización.

En ocasiones, los minerales de hierro presentan buena compacidad, debido a que se encuentran asociados a carbonatos, pero lo más frecuente es que aparezcan con aspecto pulverulento. Puntualmente se observan minerales de hierro botroidal, de gran densidad, pero lo general es que los granos, muy finos, se presenten sueltos, y que la densidad in situ sea de 2,1 a 2,2.

La composición química media de este mineral ya la hemos dado en un epígrafe anterior.

Los estudios por Difracción de Rayos X indican

que la goethita es el mineral más abundante. En algunas de las muestras se ha puesto de manifiesto la presencia de lepidocrocita, siempre en pequeñas proporciones. Los minerales de hierro van a veces acompañados de pirolusita, que aparece concentrada en bolsadas o niveles. La gibbsita alcanza en algunos casos porcentajes de hasta el 15-20 por 100. También aparece cuarzo, ilita, caolinita y haloisita, esta última muy escasa.

La presencia de gibbsita es indicadora de condiciones de gran lixiviación, que requieren un lavado intenso de agua, de tal forma que se llega a una gran disolución de la sílice, al faltar la cual se impide la formación total de arcillas del tipo de la caolinita, al tiempo que se genera el hidróxido de aluminio.

Estas circunstancias son conocidas desde hace tiempo, y se reflejan claramente en las curvas de SHERMAN (1952), y en los experimentos en columnas de lixiviación para el estudio de la meteorización experimental de PEDRO (1961). Las investigaciones de mineralogía de arcillas, en relación con la meteorización, para diferentes ambientes de precipitación, reflejan que la gibbsita se genera a partir de precipitaciones anuales superiores a

los 1.500 mm. según PEDRO (1968), mientras que SANCHES FURTADO (1968) señala un intervalo de precipitación de 1.200 a 1.500 mm.

Todos estos datos apoyan la intensa disolución a la que se han visto sometidos los carbonatos, que ha tenido que realizarse en un medio con gran flujo de aguas subterráneas.

Los estudios con luz reflejada se han realizado en muestras que presentaban la necesaria compacidad. Las probetas analizadas han evidenciado que la mena más abundante es la goethita, acompañada de cantidades muy pequeñas de hematites. La goethita presenta generalmente texturas coloriformes típicas, que indican un crecimiento a partir de un gel o coloide y, por tanto, a baja temperatura (FEBREL, 1970). A veces la goethita presenta textura radial. En algunas probetas se ha encontrado lepidocrocita y pirolusita. Como ganga, carbonatos, cuarzo y arcillas. Al igual que en los estudios por luz transmitida, se ha podido observar una sustitución de los carbonatos por goethita y hematites, preferentemente a partir de los planos de exfoliación de los carbonatos (foto 2).

## 6. CONTACTO DE LAS MINERALIZACIONES

En el epígrafe de Estratigrafía se ha indicado que a techo de la masa de hidróxidos aparece generalmente, en el área de Sierra Menera, la Formación de Cuarcitas del Valentiense. El contacto es muy neto. Los granos de cuarzo constituyentes de las cuarcitas, situadas en la base de la formación, son de tonos blancos y no presentan tinción debida a mineralizaciones de hierro. Esta circunstancia parece indicar, como posteriormente confirmaremos con más detalle, la ausencia de los hidróxidos de hierro en la época de la sedimentación de la formación cuarcítica. Únicamente se observan en estas cuarcitas algunos rellenos de fisuras, por hidróxidos de hierro, sin duda generados por migración de mineral en diaclasas abiertas. Estos rellenos son poco frecuentes.

Por lo que respecta al contacto entre los carbonatos y los hidróxidos de hierro, se acusa una morfología de extraordinaria importancia para la comprensión de la génesis que invocamos para la mineralización. Es por esta razón que hemos prestado atención a este límite.

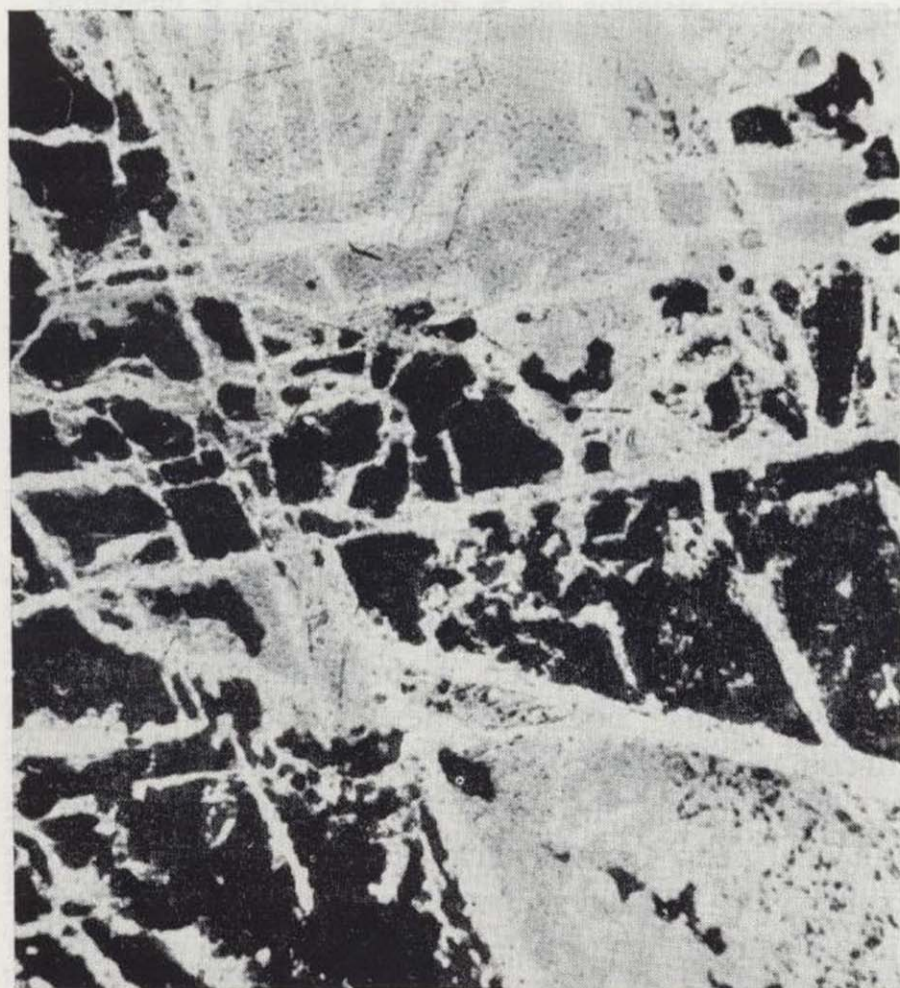


Foto 2.—Goethita y hematites que sustituyen a los carbonatos según los planos de exfoliación romboédrica y afectan a gran parte de la masa carbonatada.  $\times 380$ .

Tanto en la observación de las canteras como en la morfología definida por los sondeos y taladros, se pone de manifiesto un contacto carbonatos-hidróxidos bastante irregular, a todas las escalas.

La circunstancia de que el arranque del mineral se realice con bulldozer, dado el carácter pulverulento del mismo, permite observar, con bastante detalle la morfología del contacto, aunque obviamente las labores de explotación retocan la superficie de contacto. Las formas más típicas observadas en los carbonatos son de tipo cónico, turrículado, fungiformes, a modo de bolos empastados en los hidróxidos, surcos y pasadizos entre las torres y conos, etc. (fotos 3 y 4). Es interesante destacar la presencia de oquedades vacías (sin relleno de mineral), dentro de la masa de carbonatos, con morfología típica de conductos a presión, que corresponden a cavidades endokársticas, consecuentes con una circulación acuífera en zona saturada. Estas cavidades se han puesto también de manifiesto en las campañas de sondeos, en las que es frecuente la perforación de «huecos», dentro de los carbonatos que, a veces, han superado varias decenas de metros.

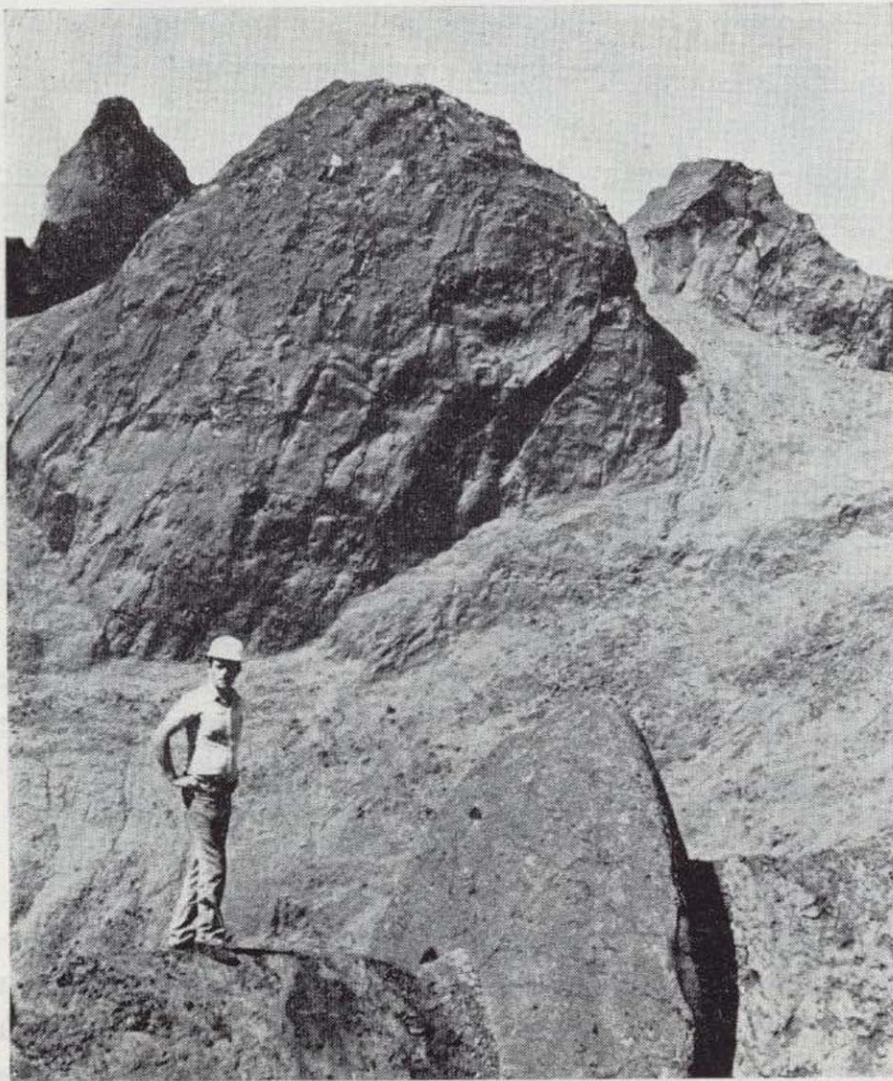


Foto 3.—Formas cónicas y turrículadas en la masa de carbonatos rodeadas por mineral de hierro.



Foto 4.—Contacto carbonatos-oxihidróxidos de hierro, con carbonatos aislados en la masa mineral y viceversa.

La morfología recuerda los típicos modelados del karst de zona tropical, si bien están ausentes los costrones calizos de vertiente. El contacto es, sin duda, de génesis kárstica, pero no se ha generado en condiciones subaéreas, como más adelante justificaremos.

A escala de detalle, el contacto presenta huellas típicas de procesos de disolución, tales como oquedades, cuyas dimensiones varían de la escala milimétrica a la centimétrica, o micromodelado típico de lapiaz estructural (kluftkarren, SWEETING, 1972), de tamaño milimétrico a centimétrico (foto 5). Otras formas, poco frecuentes, corresponden a surcos en la superficie de los carbonatos, a veces de direcciones sinuosas. Estas observaciones se han realizado tras el arranque del mineral, lo que excluye un origen reciente, a partir de precipitaciones pluviales y nivales actuales. Todo ello apoya la existencia de una neta karstificación.

Igualmente los estudios microscópicos, realizados sobre carbonatos en contacto con la masa mi-



Foto 5.—Lapiaz estructural en contacto carbonatos-mineral de hierro.

neral, ponen de manifiesto datos muy significativos. La microscopía de polarización indica una clara sustitución de opacos, que se inicia a favor de los planos de discontinuidad de los cristales, los cuales se corresponden, normalmente, con los de exfoliación romboédrica. También, aunque en menor proporción, tiene lugar la sustitución en los bordes de los granos. Podemos decir que existen todos los grados sucesivos, hasta la casi total sustitución de los carbonatos por los minerales opacos. Según RAMDOHR (1969), estas estructuras de reemplazamiento del carbonato se deben, por lo general, a la acción de los procesos de meteorización, que en este caso son, sin duda, procesos de disolución.

Conclusiones muy similares se obtienen de los estudios de microscopía de reflexión. En todas las probetas analizadas se han podido observar diferentes grados de sustitución de los carbonatos, fundamentalmente por goethita. Esta sustitución se realiza, igualmente, a favor de los planos de exfoliación romboédrica. Con frecuencia, el grado de sustitución es tan avanzado que sólo quedan algunos restos de carbonatos, incluidos en un esqueleto romboédrico, ocupado por goethita. Cuando la sustitución es incipiente se observa, con grandes aumentos, un cambio de coloración, en algunos planos de exfoliación de los carbonatos, que marca una línea dentada paralela a la exfoliación. Esto se interpreta como una fase inicial de sustitución de carbonatos por los hidróxidos.

Las observaciones macroscópicas y microscópicas son, por tanto, coincidentes en el hecho de que el contacto entre carbonatos y masa mineral está marcado por una discontinuidad típica de procesos de karstificación subsuperficial.

## 7. HIPOTESIS SOBRE LA GENESIS DEL YACIMIENTO

### 7.1. HIPOTESIS ANTERIORES

#### A) *Origen metasomático del hierro*

KINDELÁN y RANZ (1918) fueron los primeros autores que adujeron esta hipótesis, para la génesis de la mineralización. Invocan la acción de aguas termales cargadas de carbonato ferroso, que habrían actuado sobre las calizas magnesianas, para generar minerales de tipo siderita y ankerita. La oxidación posterior de estos últimos produciría la masa de óxidos e hidróxidos de hierro.

PÉREZ COSSÍO (1922) y MARÍN (1949) atribuyen a aguas cargadas de sales ferrosas, procedentes de la fase hidrotermal de diferenciación de un magna silíceo, la transformación del carbonato cálcico en carbonato ferroso.

Para HARTLEB (1968) la dolomía habría pasado, por metasomatismo, a ankerita y ésta a siderita. Estos carbonatos se habrían oxidado, con posterioridad, a óxidos e hidróxidos.

Según VILLENA (1971, 1976) la génesis metasomática del hierro no está justificada por ningún dato de campo, que ponga de manifiesto una actividad endógena importante, necesaria para la realización de estas sustituciones.

#### B) *Origen del hierro por lavado de piritas*

CAÑADA (1966, 1972) invoca una etapa, que fija en el Trías Inferior, en la que se produciría la alteración subaérea de formaciones piritíferas, para dar lugar a soluciones sulfúricas, cargadas de  $Fe^{+++}$  y  $Fe^{++}$ , las cuales atacarían a las masas carbonatadas y producirían la precipitación de hidróxidos de hierro, que a su vez fueron arrastrados por las aguas, para depositarse en las cavidades producidas en los carbonatos, por el ataque de las aguas ácidas.

Esta hipótesis presupone «masas de piritas de cualquier origen», que deberían ser muy consi-



derables para dar lugar a los centenares de millones de toneladas de hidróxidos de hierro existentes. No aparece, en la región, ningún vestigio de presencia actual o pasada de una formación peritífera de tales características. Las únicas ocurrencias de pirita se limitan, como hemos señalado en el capítulo de Estratigrafía, a pequeños nódulos localizados en la formación de Pizarras Ampelíticas del Valentiense-Ludloviense. Estos escasos nódulos, que por otra parte se encuentran en general sin meteorizar, no creemos puedan ser el origen invocado de las aguas ácidas cargadas de hierro, ya que la formación en que se encuentran funciona como acuífugo, cuya porosidad local por fisuración no es suficiente para el flujo de estas aguas ácidas generadas por procesos de alteración. Además se requeriría, para la producción de las aguas ácidas, una circulación oxidante, en «zona no saturada», que no parece ser el caso generalizado en este sistema paleohidrogeológico.

#### C) Génesis sedimentaria del hierro

VILLENA (1969, 1971, 1976), FERNÁNDEZ-NIETO (1977) y FERNÁNDEZ-NIETO y ARRESE (1979) manifiestan una génesis sedimentaria para el hierro contenido en los niveles carbonatados. Este origen lo interpretan como producido en un ambiente reductor de poca profundidad, cercano a la costa y cerrado por barreras recifales. En este ambiente se produciría la sedimentación, fundamentalmente, de carbonatos de hierro y magnesio.

Con posterioridad, y a partir de una alteración de los carbonatos, tendría lugar una concentración de los productos resultantes, que generaría la masa mineralizada explotada en la actualidad; este proceso se interpreta como ocasionado por una karstificación.

SOFREMINES (1967) opina que el material primario de estos yacimientos fue la ankerita, que por procesos de hidratación habría dado lugar al mineral actual. Invoca un cierto transporte de los hidróxidos así formados, por aguas de tipo kárstico o hidrotermal, con redépósito de hierro en forma detrítica y coloidal a la vez, en las cavidades de la formación carbonatada original.

Finalmente señalaremos que FERNÁNDEZ-RUBIO, a lo largo de diez años de localización y estudio de las reservas de mineral de este yacimiento, ha evolucionado en lo relativo a la génesis de estas mineralizaciones, de acuerdo con los nuevos datos acumulados.

#### 7.2. PAPEL DE LA KARSTIFICACION EN LA GENESIS DEL YACIMIENTO

El estudio de los carbonatos ahora realizado, parece reflejar una deposición sedimentaria de carbonatos de hierro y magnesio, para los tiempos del Ashgillense.

A partir de ahí cabría imaginar una karstificación subaérea; poco después de haberse consolidado estos carbonatos. Esta suposición obliga a invocar una etapa regresiva, que produjera el afloramiento subaéreo de estos carbonatos, y una etapa de karstificación en un medio de grandes precipitaciones, para justificar la presencia de gibbsita y caolinita. El hierro ferroso se oxidaría a estado férrico y los iones carbonato, magnesio y calcio serían lixiviados, por las aguas de escorrentía. Estas circunstancias debieron haberse producido en un clima de tipo tropical. Con posterioridad tendría lugar una transgresión marina, con el aporte sedimentario de las Cuarcitas del Valentiense.

Esta interpretación de una etapa de karstificación próxima al límite Ordovícico-Silúrico, tropieza con serias dificultades. En primer lugar, la franja de contacto carbonatos-hidróxidos de hierro no presenta los típicos costrones calizos de varios decímetros de potencia, existentes en los dos tipos fundamentales de karst tropical: Kegelkarst (Karst cónico) y Turmkarst (Karst de torres), tal como señala SWEETING (1972). Estas costras calizas se generan por la rápida disolución de las calizas y la casi instantánea precipitación, por evaporación, de las aguas cargadas de bicarbonato cálcico, previamente disueltas. La ausencia de estos costrones obliga a desechar la hipótesis de una karstificación subaérea para esta época.

En segundo lugar, la deposición de las cuarcitas a partir de una transgresión, que tendría lugar tras el enriquecimiento mineral por karstificación, debería traer consigo el barrido de mineral de carácter pulverulento, y la base de la formación de Cuarcitas del Valentiense debería estar enriquecida en hierro. Pero, como hemos señalado anteriormente, el contacto entre el mineral y las cuarcitas es brusco y neto, y no se observa tinción por hierro en dichas cuarcitas, excepto en pequeñas fracturas, lo que indica que las cuarcitas ya estaban consolidadas cuando se originaron los hidróxidos de hierro.

Todos estos argumentos nos llevan a desechar la génesis de karstificación subaérea para los tiempos próximos al límite Ordovícico-Silúrico.

De lo anteriormente reseñado se deduce que la karstificación tuvo lugar en etapas posteriores a la diagénesis de los materiales paleozoicos descritos, y después del plegamiento principal de estos materiales que, como hemos indicado, es de edad hercínica, ya que con anterioridad, la formación carbonatada estuvo soportando un gran espesor de sedimentos.

Estas circunstancias, nos conducen a pensar que los procesos de karstificación tuvieron lugar a partir de un aporte de aguas, que penetrarían por las discontinuidades existentes en las rocas que yacen sobre los carbonatos. Este tipo de karstificación recibe numerosos nombres de los investigadores del karst, y son los más utilizados los de karst subsuperficial y karst interestratal (SWEETING, 1972). Con anterioridad hemos señalado que las Cuarcitas del Valentiense presentan un elevado grado de fracturación, con profusión de diaclasas abiertas, estrechamente espaciadas, en las áreas antiformes y tectonizadas, circunstancia que favorece enormemente la penetración de las aguas hacia las masas de carbonatos subyacentes.

Estas masas de carbonatos, igualmente en las áreas plegadas y tectonizadas, debieron funcionar como un acuífero muy transmisivo localmente, que permitiría una buena circulación acuífera. Esta suposición lleva implícita una penetración y descarga del agua, sujeta a condicionantes hidrogeológicos difíciles hoy de precisar.

Este flujo subterráneo sería responsable de la lixiviación de grandes masas de carbonato, con disolución de iones bicarbonato, magnesio y calcio. Por otra parte, una vez afectadas las redes cristalinas, por los procesos de disolución, el hierro al estado ferroso se oxidaría fácilmente por este flujo subterráneo en constante renovación. Los productos resultantes son, a nuestro modo de ver, la totalidad de los hidróxidos de hierro, que constituyen la masa mineral hoy en explotación.

En un capítulo anterior hemos reseñado, al interpretar los diagramas de difracción de Rayos X, la presencia de caolinita y gibbsita. Ambos minerales reflejan circunstancias de flujo intenso de agua, que trae consigo una importante lixiviación y desilicificación. La existencia de estos minerales

acompañantes apoya la hipótesis anteriormente expuesta, que presupone la existencia de una masa carbonatada estratiforme, intercalada entre los niveles de Cuarcita de Colmenarejos y Cuarcita del Valentiense.

Es obvio que los procesos de disolución que afectaron a los carbonatos y que, como resultado, generaron la masa de hidróxidos de hierro como producto insoluble, traen como consecuencia la disminución de volumen de la formación carbonatada. En este sentido hemos tratado de estimar la reducción en volumen, correspondiente al paso de carbonatos a hidróxidos de hierro. Para ello se ha partido de una composición hipotética para los carbonatos, considerados todos ellos como carbonato ferromagnesiano, con iguales proporciones de hierro y magnesio, aunque como se ha señalado en un capítulo anterior, la variabilidad de los contenidos de estos dos cationes es muy amplia, además de las proporciones menores de calcio y manganeso. Para los hidróxidos resultantes se ha considerado como más representativa la composición  $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ , aunque en la masa mineralizada existen concentraciones locales de manganeso y otros minerales acompañantes. En base a estos supuestos, se han efectuado los cálculos en peso, a partir de los pesos atómicos. La densidad utilizada para los hidróxidos es de 2,2 (DEBON, 1977), aunque localmente pueda haber minerales con diferente densidad. Los valores obtenidos señalan que es necesaria la disolución de tres volúmenes de carbonatos para obtener dos de oxihidróxidos, bajo los supuestos anteriormente enunciados.

El gran número de sondeos de investigación ha puesto de manifiesto fuertes variaciones de potencia de la masa carbonatada. Estas variaciones se deben, por un lado, a la desigual disolución en volumen de la misma y, por otro, estimamos que pueden deberse a variaciones de potencia en la sedimentación, dado el carácter recifal de la misma. Además hay que tener presente las variaciones de potencia que resultan de los procesos de diagénesis, típicos de estos medios sedimentarios, y del plegamiento de formaciones con diferente competencia.

Es interesante destacar que, normalmente, las masas de hidróxidos de hierro aparecen en contacto con dolomías s. str. Este contacto sería consecuencia de la menor solubilidad de la dolomita frente a los carbonatos mixtos ferromagnesianos. Esta circunstancia estimamos que refleja, a su vez,

variaciones composicionales en la sedimentación de los carbonatos, y no creemos que se deba a procesos metasomáticos, ni a migraciones o concentraciones de hierro relacionadas con fenómenos orogénicos.

Otro hecho interesante a resaltar es el relativo a la concentración de las masas de hidróxidos de hierro a lo largo de los ejes antiformes, y de los frentes de cabalgamiento, donde la fracturación, y especialmente las discontinuidades de tensión, favorecen la circulación acuífera subterránea. Al desplazarnos transversalmente hacia los flancos, menos tectonizados, se produce un adelgazamiento de la masa de hidróxidos, y un paso lateral a carbonatos. Este hecho es concordante con el modelo de circulación acuífera en los sistemas kársticos plegados y fallados.

La propia circulación acuífera podría justificar la distribución de ciertos componentes minoritarios, en la masa de hidróxidos de hierro.

## 8. HIDROGEOLOGIA DEL SISTEMA

Al ser uno de los problemas básicos, para la explotación del yacimiento, el relativo al drenaje de las grandes masas de mineral bajo nivel piezométrico, son numerosas las investigaciones hidrogeológicas realizadas, que han permitido dominar totalmente el problema del agua (FERNÁNDEZ-RUBIO, 1974). Pero desde el punto de vista del comportamiento paleohidrogeológico del sistema, es difícil hacer precisiones; no obstante, y de acuerdo con lo que más adelante se justifica de una etapa principal de karstificación en el Plioceno Medio-Cuaternario, pueden hacerse ciertas aseveraciones.

El yacimiento se ha localizado, indudablemente, en un sistema hidrogeológico multicapa, con un acuífero privilegiado por fisuración y karstificación, constituido por los carbonatos del Ashgillense, y dos acuíferos por porosidad y fisuración ubicados en las areniscas, grauvacas y cuarcitas, que se sitúan a techo y muro del yacimiento, con la posterior presencia de un acuitardo, constituido por los hidróxidos de hierro.

En un sistema de estas características la circulación acuífera subterránea está siempre controlada por la tectónica y, de manera dominante, por las grandes fracturas longitudinales de tensión, que constituyen conductos muy transmisivos, a favor de los cuales se intensifica la karstificación.

Al alejarnos de dichas discontinuidades, y de manera concreta en los flancos de los pliegues, la circulación acuífera se hace muy restringida, aunque pueda haber un conjunto de fisuras colmatadas de agua por debajo del nivel potenciométrico. Estas fisuras, poco abiertas, a pesar de ser muy capacitivas, son poco favorables para la circulación del agua, que es requisito indispensable para la karstificación.

En estas condiciones es de suponer unas condiciones de paleocirculación hídrica muy poco diferentes de las actuales, en las que el agua circularía con componente dominante Sur-Norte, a lo largo de sectores axiales anticlinales y de frentes de cabalgamiento. No puede rechazarse, en detalle, la circulación según otros sistemas de fracturas, pero esta sería anecdótica dentro del sistema. Por lo que respecta a los flancos hundidos de los pliegues, por debajo del nivel piezométrico, la presencia del agua debería ser fundamentalmente estática.

Es por ello que las masas de mineral se ubican, prioritariamente, en los sectores anticlinales y en los frentes de cabalgamiento, mientras que al separarnos hacia los flancos, menos tectonizados, se pasa gradualmente a un predominio de carbonatos; igualmente se justificaría la riqueza de las masas de Corral y Barranco, que se desarrollaron a favor de la dovela hundida, en el anticlinal, muy afectada por fallas.

## 9. CONSIDERACIONES SOBRE LA EDAD DE LA KARSTIFICACION

En un apartado anterior se ha precisado que la karstificación no pudo ser subaérea en el tránsito Silúrico-Ordovícico. Como la formación carbonatada ha estado recubierta por una potente columna de sedimentos, hay que pensar en una etapa post-orogénica y en arrasamientos muy importantes, que hagan aflorar el horizonte carbonatado o, al menos, la formación cuarcitosa situada al techo.

En la etapa de formación de la superficie pretriásica pudo darse este tipo de circunstancias, y quizá en esta época pudo haberse producido esta karstificación.

La sedimentación mesozoica fue más o menos continua, con interrupciones debidas a los movimientos kimméricos. La etapa de clima tropical existente en las áreas madres, y que dio lugar a

perfiles de tipo laterítico, que al ser arrasados produjeron la sedimentación en las Capas de Utrillas, no creemos que afecte a la formación carbonatada que nos ocupa con una karstificación, ya que en esa época soportaría una columna de sedimentos próxima a los 1.000 m. (RIBA, 1959; VILLENNA, 1971).

Con posterioridad al plegamiento alpino comienza el arrasamiento principal de la Cordillera Ibérica. Es difícil precisar la época en que comenzó a aflorar el núcleo paleozoico de la Sierra Menera. Es muy probable que en el Mioceno Superior y Plioceno Inferior y Medio, la formación carbonatada se encontrase próxima a la superficie o quizá llegase a aflorar, con lo que estaría sometida a la acción de aguas subterráneas que producirían la karstificación a favor de las antiformal y frentes de cabalgamiento, afectados por fracturas de tensión.

De los datos obtenidos sobre la evolución geomorfológica de la región central de la Cordillera Ibérica (SOLÉ SABARIS y RIBA, 1951; GUTIÉRREZ ELORZA y PEÑA MONNE, 1975 y 1976), se deduce que el relieve fundamental de la misma se originó en tiempos del Plioceno Medio-Superior. Esto se refleja por la deformación de la superficie de erosión finipontense, que, al enrasar con la superficie de colmatación de las cuencas neógenas intermontanas, permite su datación, a partir de la fauna de micromamíferos contenida en los tramos superiores de las series, como del Plioceno Medio. Unida a la época de generación del relieve está la formación del sistema de fosas de Calatayud-Teruel. Este contraste en la morfología trajo como consecuencia la erosión de las áreas elevadas, y la consiguiente sedimentación de depósitos de piedemonte en las áreas deprimidas. Estos depósitos están modelados en glaciares de edad Villafrankense y quizá Plioceno terminal.

Con anterioridad a la deposición de estos últimos materiales, tuvo lugar una intensa etapa de karstificación, que afectó a la mayor parte de los afloramientos calizos de la región. Para un conocimiento más detallado de las formas kársticas resultantes, remitimos a los trabajos de GUTIÉRREZ ELORZA y PEÑA MONNE (1975 y 1979a y b). Según estos autores, la edad de la karstificación fundamental de esta región central de la Cordillera Ibérica, se sitúa entre el Plioceno Medio y el paso del Plioceno al Cuaternario.

De lo anteriormente expuesto, parece deducirse

que la etapa principal de karstificación que afectó a las Calizas del Cabezo, debe ser coetánea con la fase principal de karstificación que acabamos de señalar para la Ibérica. No obstante, no se descarta la posibilidad de que, en otras épocas, haya comenzado la karstificación, generadora de la mineralización, e incluso ha podido existir una reactivación de la misma en periodos recientes del Cuaternario, más o menos sincrónicos con las dolinas de karst cubierto indicadas por GUTIÉRREZ ELORZA y PEÑA MONNE (1977) al norte del Macizo del Tremedal, en la Sierra de Albarracín, unos 20 Km. al sur de las explotaciones.

Finalmente, queremos resaltar el interés práctico de los hechos expuestos, al aportar un criterio estructural y karstológico aplicable a la localización de nuevas masas de hidróxidos de hierro.

## BIBLIOGRAFIA

- CAÑADA GUERRERO, F.: *Sobre la génesis de algunos yacimientos de óxidos y carbonatos de hierro*. Not. Com. Inst. Geol. Min. España, 87: 91-96. Madrid (1966).
- CAÑADA GUERRERO, F.: *Yacimientos de mineral de hierro de Sierra Menera, edad de su formación y experiencias de laboratorio que reproducen su génesis*. Bol. Geol. Min., LXXXIII (II): 181-186. Madrid (1972).
- CARLS, P.: *The Ordovician of the Eastern Iberian Chains near Fombuena and Luesma (Prov. Zaragoza, Spain)*. N. Jb. Geol. Palaönt. Abh. 150 (2): 127-146. Stuttgart (1975).
- CASAS RIPOLL, D., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: *Estudio geológico y campaña de sondeos en el área del Pobo de Dueñas y áreas adyacentes*. Informe para Agruminsa, 35 pp. Granada y Guadalajara (1974).
- CHAUVEL, J., MELÉNDEZ, B., y LEMENN, J.: *Les Equinodermes (Cystoides et Crinoides) de l'Ordovicien supérieur de Luesma (Sud de l'Aragon, Espagne)*. Est. Geol., XXXI: 351-364. Madrid (1975).
- CHAUVEL, J., y LE MENN, J.: *Sur quelques Echinodermes (Cystoides et Crinoides) de l'Ashgill d'Aragón (Espagne)*. Géobios. 12 (4): 549-587. Lyon (1979).
- DEBÓN GÓMEZ, A.: *Compañía Minera de Sierra Menera, Sociedad Anónima. Desarrollo de los trabajos*. XI Curso de Geología Práctica. Teruel (1977).
- FEBREL MOLINERO, T.: *Microscopía de minerales opacos*. E.T.S. de Ing. de Minas, Ed. provisional. Madrid (1970).
- FERNÁNDEZ-NIETO, C.: *Mineralogía y mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara)*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza (1977).
- FERNÁNDEZ-NIETO, C.; GONZÁLEZ LÓPEZ, J. M., y ARRESE, F.: *Especies mineralógicas encontradas en la serie carbonatada de la Sierra Menera (Teruel y Guadalajara)*. Rev. Iberoam. Crist. Min. Metalog. 1 (1): 107-115. Madrid (1978).

- FERNÁNDEZ-NIETO, C., y ARRESE, F.: *Mineralogía y mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara)*. I Reunión Min. Met. Hierro. Temas Geol. Min. 3, I.G.M.E. Madrid (1979).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Estudio geológico y resultados de la Campaña de reconocimientos*. Informe para Comp. Minera Sierra Menera, S. A. Madrid (1969).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Mina Castilla. Investigación geológica y cubicación de reservas*. Informe Com. Sierra Menera, S. A. Madrid, 60 pág. (1971 a).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Los yacimientos de hierro de la Sierra Menera (Teruel y Guadalajara)*. Industria Minera núm. 125. Madrid (1971 b).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Estudio geológico y cubicación del mineral limonítico en la Mina de Castilla (Sierra Menera)*. Jornadas Minero-Metal. IV Nac. II Internac. Cartagena (1971 c).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Hidrogeología de la Mina Castilla (Sierra Menera, Guadalajara)*. Documentos investigación hidrológica. 16: 139-173. Barcelona (1974).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.: *Características geológicas de las Minas de Ojos Negros*. X Curso de Geología Práctica. Teruel (1976).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R.; CASAS RIPOLL, D.; CASAS RUIZ, J., y PASCUAL MARTÍNEZ, A.: *Geología de las mineralizaciones ashgillenses en la Sierra Menera y sectores adyacentes*. Informe para Comp. Minera Sierra Menera. 39 pág. Teruel y Granada (1976).
- FERNÁNDEZ RUBIO, R., y SASTRE, J. L.: *Problemática sobre los álcalis en el mineral de Sierra Menera*. Informe para Comp. Minera de Sierra Menera, S. A. 19 pp. Madrid y Granada (1977).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *Karst y periglaciario en la Sierra de Javalambre*. Bol. Geol. Min. LXXXVI (VI): 561-572. Madrid (1975).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra (Prov. de Teruel)*. Bol. Geol. Min. LXXXVII (VI): 561-570. Madrid (1976).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín)*. Bol. Geol. Min. LXXXVII (II): 109-115. Madrid (1977).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *El karst de los llanos de Pozondón (Sierra de Albarracín)*. Rev. Teruel, 61-62: 39-46. Teruel (1979 a).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *El karst de Villar del Cobo (Sierra de Albarracín)*. Est. Geol. 35 (1-6). Madrid (1979 b).
- HAMMAN, W.; HAFENRICHTER, M., y WOLF, R.: *The lower and upper boundary of the Ordovician system of some selected regions (Celtiberia, Eastern Sierra Morena) in Spain*. Preprint (1980).
- HARTLEB, J.: *Estratigrafía y mineralización metasomática de la caliza ashgillense en la Sierra Menera y en el San Ginés (Teruel y Guadalajara)*. Inédito, 25 pp. Heidelberg (1968).
- HERRANZ, P.: *Nota preliminar sobre el estudio geológico del Norte de Sierra Menera (Cordillera Ibérica)*. Act. Geol. Hispánica. III (3): 49-53 (1968).
- KINDELAN, V., y RANZ, M.: *Criaderos de hierro de Guadalajara y Teruel*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp. «Criaderos de España». III. Madrid (1918).
- MARÍN, A.: *Investigación de los distritos mineros más importantes de España. Criaderos de Sierra Menera*. Min. Metalurg. 102: 18-20. Madrid (1949).
- MELÉNDEZ, B.: *Los Echinospaerites del Silúrico de Luesma (Zaragoza)*. Est. Geol. XV: 269-277. Madrid (1959).
- PEDRO, G.: *An experimental study on the chemical weathering of crystalline rocks by water*. Clay Min. Bull. 26: 266-281 (1961).
- PEDRO, G.: *Distribution des principaux types d'alteration chimique a la surface du globe*. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn. 10: 457-470.
- PÉREZ COSSFO, L.: *Criaderos de hierro de Setiles y Torresos*. Bol. Of. Minas Metal. 185. Madrid (1922).
- RAMDOHR, P.: *The Ore Minerals and their Intergrowths*. Trad. English. Pérgamon Press edit. Braunschweig (1969).
- RIBA, O.: *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*. Monografías Inst. Lucas Mallada, 16: 223 pp. Madrid (1959).
- SACHER, L.: *Stratigraphie und Tektonik der nordwestlichen Hesperischen Ketten bei Molina de Aragón/Spainien. Teil. I. Stratigraphie (Palaeozoikum)*. N. Jb. Geol. Palaont. Abh. 124 (2): 151-167. Stuttgart (1966).
- SANCHES FURTADO, A. F. A.: *Alteration des granites dans les régions intertropicales sous différents climats*. 9th. Intern. Congr. Soil Sci., Adelaide, Trans. IV: 403-409 (1969).
- SHERMAN, G. D.: *The genesis and morphology of the alumina-rich laterite clays*. Clay Laterite Genesis, Am. Inst. Mining. Metal. 154-161 (1952).
- SOFREMINES: *Estimation des reserves dans le champ du gisement des explotations actuelles*. Comp. Min. Sierra Menera. Informes (1967).
- SOLÉ SABARIS, L., y RIBA, O.: *El relieve de la sierra de Albarracín y zonas limítrofes de la Cordillera Ibérica*. Rev. Teruel. 7: 7-22. Teruel (1952).
- SWEETING, M. M.: *Karst Landforms*. The Macmillan Press. 362 pp. London.
- VILLENA, J.: *Guía de Excursión de Ojos Negros*. Mem. Guía de Excursiones de V Reunión del Grupo Español de Sedimentología (1969).
- VILLENA, J.: *Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Teruel y Guadalajara)* (1971).
- VILLENA, J.: *Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Teruel y Guadalajara)*. Paleozoico. Bol. Geol. Min. LXXXVII (IV). Madrid, 329-354 (1976).
- VILLENA, J.: *El Ordovícico del Sector Central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica*. Preprint. (1980).

Recibido: Mayo de 1980

## Las corrientes del Estrecho de Gibraltar como una importante fuente de energía. Ampliación del esquema sobre un proyecto para su aprovechamiento. Nuevas perspectivas para instalaciones maremotrices

Por F. CAÑADA GUERRERO (\*)

### RESUMEN

En las páginas que siguen remodelamos una serie de ideas y esquemas, que venimos dando a conocer en publicaciones y conferencias desde 1979, por las que se consideran las dos corrientes del Estrecho de Gibraltar, superpuestas e inversas, la suma de cuyos caudales se supone comprendida entre los  $2 \times 10^6$  y los  $4 \times 10^6$  metros cúbicos por segundo, como una importante e inagotable fuente de energía.

Se plantea su aprovechamiento tras los necesarios estudios de viabilidad con la construcción de grandes diques que separarían y canalizarían las dos corrientes, para aumentar su velocidad, disminuir en lo posible las turbulencias y permitir la instalación de elementos motrices.

Son piezas clave del proyecto unos módulos adosables de hormigón armado, que pueden intervenir tanto como elementos constructivos del dique, como elementos portadores de series de grandes turbinas.

La energía generada podría superar, en las hipótesis menos favorables, a los  $1,5 \times 10^{11}$  KWh/año.

El coste de la obra oscilaría entre los 15 y 20.000 millones de dólares, sin incluir los gastos de financiación. La realización de la obra llevaría consigo la unión de Europa y Africa mediante amplias vías.

Se considera también la posibilidad de utilizar las mismas técnicas para el aprovechamiento de las corrientes de marea en numerosos puntos de todos los mares, pues se estiman aprovechables con fines energéticos, pequeñas carreras de marea, siempre que la superficie de los vasos sea suficientemente grande.

### SUMMARY

In the following pages, we have remodelled a series of ideas and outlines, which we have been airing in publications and conferences since 1979 concerning the overlapped and inversed two streams of the Straits of Gibraltar, the flow of which sum up an assumed  $2 \times 10^6$  and  $4 \times 10^6$  cubic metres per second, considered an important and inexhaustible source of energy.

The proposed harnessing of it, determined after undertaking feasibility studies, involves the construction of big dikes which would separate and channel the two currents so as to increase its velocity, reduce the number of turbulences as much as possible and permit the installation of driving elements.

Key parts of the project are modules of reinforced concrete, that could serve as construction elements of the dike as well as holders of big turbines.

The value of the generated energy, based on the least favourable evaluation, would be above the  $1,5 \times 10^{11}$  KWh/year.

The cost of the project would vary between 15 and 20.000 million dollars, not including financing costs.

The erection of the project would imply the joining of Europe and Africa with wide roads.

The possibilities of using the same technique and technical knowhow is being considered for the harnessing of tide currents on various points in all seas, since small tide runs seem to be useful in terms of energy as long as the surface of the basin is large enough.

La serie de ideas que vamos a exponer, surgieron hace tiempo para tratar de aprovechar, con fines energéticos, las dos grandes corrientes, MEDITERRANEA Y ATLANTICA, que superpuestas e inversas, circulan por el Estrecho de Gibraltar.

Las hicimos públicas por primera vez, en un

(\*) Dr. Ingeniero de Minas.

boletín del Instituto Geológico y Minero de España de 1979. Posteriormente, en junio de 1980, las expusimos en el PRIMER COLOQUIO HISPANO-MARROQUI, sobre la construcción de un paso permanente sobre el Estrecho, por la razón de que, aún sin ser ésta su finalidad, al ser realizada la obra, el paso sobre el Estrecho quedaría construido. Desde entonces, hemos dado conferencias

en diversos centros sobre el tema que, por otra parte, ha sido divulgado dentro y fuera de España, por la prensa y otras publicaciones.

Si estas ideas hubieran surgido hace quince años, cuando la fácil y barata energía del petróleo movía el mundo sin problemas, quizá no se nos hubiera ocurrido gastar tiempo en desarrollarlas. Pero en la actual coyuntura que, en cuanto a la energía se nos presenta a corto plazo con muy pocas salidas y que amenaza con trastocar nuestro modo de vida, estamos obligados a considerar cualquier fuente de energía, por insólita que ésta sea.

Hay que advertir, que todos nuestros razonamientos se fundan en los datos que, sobre flujos, velocidades y salinidades del Estrecho, nos han suministrado los estudios realizados hasta hoy. Estos estudios son a todas luces insuficientes, lo que nos obliga a tomar estos datos con reservas y a dejar sentado que, cualquier proyecto serio debe ir precedido de un conocimiento exhaustivo de la oceanografía, topografía y geología del Estrecho.

#### RECAPITULACION HISTORICA SOBRE LAS DOS CORRIENTES DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR

De las dos corrientes, la gran Corriente Atlántica que penetra en el Mediterráneo por el Estrecho, es conocida por los marinos desde hace muchos siglos, planteándoles desde siempre el problema de que, siendo el Mediterráneo un mar cerrado, donde iría a parar el enorme caudal que, constantemente, penetraba desde el Atlántico.

En 1675, Sir Robert SOUTHWELL escribía que, el problema hacía largo tiempo se había planteado en la Royal Society, tratando de explicarlo, con corrientes subterráneas de salida (cosa fácil de admitir en el siglo XVII), con extracorrentes a lo largo de la costa africana, o con enormes evaporaciones.

Aunque en varias ocasiones se había apuntado la posibilidad de que existieran corrientes submarinas profundas, inversas a las superficiales y, en más de una ocasión se había tratado de verificar esta hipótesis, hasta el siglo XIX dominó la creencia de que la gran Corriente Atlántica quedaba explicada como una compensación de la evaporación. Y esto, a pesar de que eran conocidas las pruebas

de MARSILLI, que demostraban la existencia de una contracorriente profunda en el Bósforo, en todo análoga a la que se proponía para el Estrecho de Gibraltar.

Es en 1821, cuando el Almirante PATTON consideró las diferencias de densidad entre el agua atlántica y la mediterránea, para explicar la existencia de una contracorriente profunda en el Estrecho, aunque detractores tan cualificados como LYELL y ARAGO, estimaban que la profundidad del Estrecho era muy pequeña para que pudieran existir estas dos corrientes superpuestas e inversas, causadas por una diferencia de densidad.

Por fin en 1870 y 1871, el Dr. CARPENTER a bordo del «Porcupine» y del «Shearwater», sucesivamente, realizó una serie de estudios de las corrientes del Estrecho, con los que llegó a la conclusión de que, la corriente profunda del Mediterráneo al Atlántico, «parecía haber sido perfectamente comprobada».

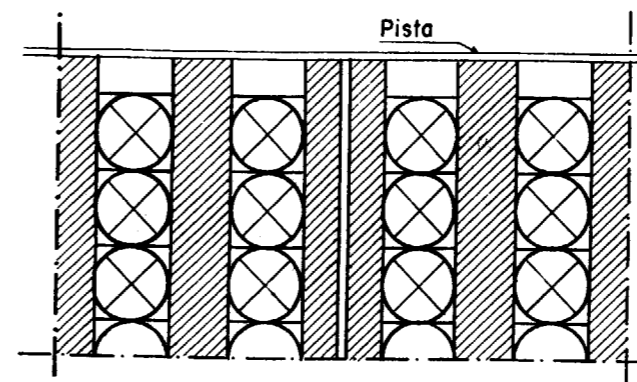
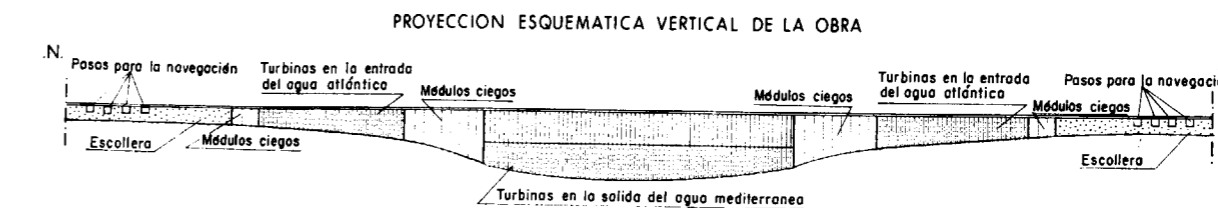
NARES, en 1872, realizó las primeras medidas sistemáticas y, en septiembre de 1905, DOUGLAS encontró corrientes mediterráneas de 5,4 nudos al SE del Banco Espartel.

Desde entonces se han venido realizando una serie de estudios, entre los que destacan los de MURRAY y HJORT, SCHOTT, RAMALHO y DENTINHO, Departamento Hidrográfico del Almirantazgo Británico, CATER, KULLENBERG y, muy especialmente, LACOMBE, cuyos principales objetivos han sido los de medir caudales, salinidades, temperaturas, velocidades. De sus resultados, en realidad poco precisos, se llega al conocimiento de que la suma de los caudales de ambas corrientes se sitúa entre los 2 y los 4 millones de metros cúbicos por segundo. Es decir, entre las 25 y las 50 veces el caudal del Río Amazonas. Las velocidades medidas han llegado hasta los 6 nudos.

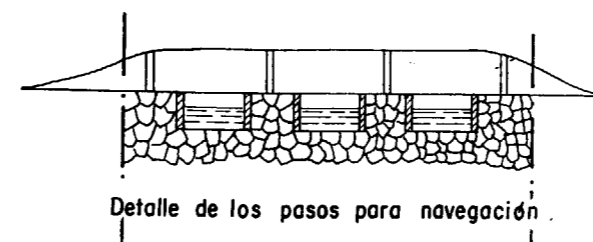
Estos datos, insistimos, son poco precisos. LACOMBE, el investigador que más tiempo y rigor ha dedicado al tema, se ha limitado al estudio de 37 mareas.

Un conocimiento suficiente del Estrecho, exigiría cuando menos dos años de estudios ininterrumpidos, realizados por equipos especializados.

Este estudio sería el cimiento inexcusable sobre el que apoyar cualquier trabajo serio.



Corte esquemático de las turbinas en dos módulos adosados.



Detalle de los pasos para navegación.

#### LAS CORRIENTES DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR, UN CASO SINGULAR EN LA OCEANOGRAFIA

Este carácter singular de las corrientes del Estrecho, por sus caudales y por sus características, es unánimemente admitido. Hay corrientes más caudalosas, como la del Golfo, pero su aprovechamiento, si alguna vez fuera posible, sería mucho más difícil, porque al circular por mar abierto, cualquier obstáculo interpuesto la desviaría. Las corrientes del Estrecho, tienen que circular por donde van, sin otra posibilidad. Esto nos permite pensar en encauzarlas y separarlas para aumentar su velocidad y poder aprovechar su energía.

Su mecánica es sencilla. Hay dos causas que producen estas corrientes: Por una parte, la cuenca del Mediterráneo no aporta el agua que se pierde por evaporación, ni incluyendo la recibida por el Bósforo. Tiene que entrar agua atlántica

para compensar esta pérdida por evaporación, que se cifra en unos 100.000 metros cúbicos por segundo.

Pero además, el agua mediterránea es más densa que la atlántica, pues su salinidad es mayor. El agua atlántica que compensa la evaporación es salada y al evaporarse a su vez, aumenta constantemente el contenido en sal del Mediterráneo. Este exceso de salinidad permanente y renovado, es el que provoca la sobrepresión que determina la corriente de aguas densas que sale del Mediterráneo hacia el Atlántico por la parte más profunda del Estrecho.

Por último, para compensar el enorme caudal de agua mediterránea que sale al Atlántico como efecto de su mayor salinidad, debe entrar un caudal de agua atlántica equivalente. Hay una estrecha relación de dependencia entre ambas corrientes, de modo que la variación de la una lleva consigo la inmediata variación de la otra.

Como puede verse, los principios que rigen este perpetuo transvase son fáciles. Sin embargo, el fenómeno en su conjunto es complejo, a la hora de poder predecir si se alteran los cauces construyendo diques e interponiendo turbinas. Esto exigiría profundos estudios oceanográficos e hidrodinámicos.

#### OBTENCION DE ENERGIA A PARTIR DE LAS CORRIENTES DEL ESTRECHO

Como en sus condiciones naturales estas corrientes son de poca velocidad, sin modificar ésta, aumentándola, la energía que podríamos obtener es de poca importancia.

Basta que apliquemos la fórmula

$$P = \frac{1}{2} Q \cdot v^2 K_w$$

Suponiendo una velocidad media para ambas corrientes de 2 nudos, es decir, de 1 m/seg. y un

caudal entre ambas  $Q = Q_a + Q_m$  de 2,3 millones de metros cúbicos por segundo, obtenemos una potencia teórica total de

$$P = 1,15 \times 10^6 \text{ KW},$$

que no justifica la magnitud de las obras a realizar.

Para obtener energía de estas corrientes, será necesario aumentar sus velocidades, poniendo especial cuidado en no modificar sus caudales, para no perturbar las condiciones de vida en el Mediterráneo. También habrá que tratar de separar, en lo posible, ambas corrientes. De hacer que circulen por cauces distintos. Esto es muy importante. Actualmente circulan una sobre otra, dando lugar a una zona intermedia de turbulencias, acentuada por la forma irregular del cauce del Estrecho, cuyo espesor es de 50 a 80 metros. En esta interfase de turbulencias se pierde una buena parte de la energía de las corrientes. A veces la turbulencia es tan intensa, que la corriente mediterránea profunda llega hasta la superficie.

Pensamos que, tanto el aumento de velocidad de las corrientes, como su separación, puede conseguirse construyendo unos grandes diques que las canalicen, evitando su dispersión en toda la anchura del Estrecho. La corriente mediterránea seguiría circulando por la parte central, más profunda, aunque por un cauce de menor anchura. La corriente atlántica penetraría en el Mediterráneo por zonas de profundidad inferior a los 180 m.

Sería lo deseable que la totalidad del caudal atlántico penetrara por la parte de Marruecos, que es hacia donde lo desvía el «efecto Coriolis», pero según nuestros cálculos, no hay en esta parte espacio suficiente para dar paso a la totalidad del caudal y será necesario establecer dos cauces: uno en la parte marroquí y otro en la española.

Estas canalizaciones, que disminuyen la sección del cauce y crean condiciones aptas para la instalación de elementos motrices, nos permitirán, dentro de ciertos límites, separar las corrientes y aumentar su velocidad.

Sobre la velocidad de la corriente mediterránea, que es una corriente de densidad, podemos actuar entre límites bastante estrechos, puesto que sobre su causa, la mayor salinidad del agua mediterránea apenas si se puede influir razonablemente de manera inmediata.

Actualmente, las diferencias de densidad entre el agua de la corriente mediterránea y la del agua atlántica está comprendida entre 0,002 y 0,003.

En el supuesto de que la capa salina alcanzara la superficie, la velocidad máxima de la corriente mediterránea en el fondo del umbral, sería la que correspondiera a la sobrepresión de  $380 \text{ m.} \times 0,003 = 1,14 \text{ m.}$  de agua, es decir, una velocidad de unos 4 m/segundo.

Sobre la corriente atlántica las posibilidades de actuar son mayores, pues tenemos en nuestra ayuda la acción de las mareas. Teniendo en cuenta que en estaciones próximas, como Cádiz, Puerto de Santa María, las máximas de marea son de 4 m., es razonable pensar en velocidades medias próximas a los 6 m/seg. y aún mayores.

De todos modos el problema es complejo y es difícil hacer predicciones. Es preciso disponer de datos, tanto oceanográficos, que sólo laboriosas y costosas observaciones podrán suministrarnos, como hidrodinámicos, obtenidos con experiencias realizadas en modelos a gran escala sobre las diversas soluciones posibles.

Hay que demostrar, con estos estudios previos, que las velocidades de las corrientes pueden aumentarse sobre un mínimo, por encima del cual la energía utilizable justifique las obras necesarias, cuyo costo es muy grande.

Consideremos un ejemplo, con valores posibles de flujos y velocidades:

Dando por válidas las cifras obtenidas por LACOMBE para los flujos medios ( $F_m = 1,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{segundo}$  para la corriente mediterránea y  $F_a = 1,20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg.}$  para la corriente atlántica), y atribuyendo velocidades medias de 2,5 m/seg. y 6 m/seg. a los flujos mediterráneo y atlántico, para los que hemos tenido en cuenta las diferencias de densidad entre las dos corrientes y las mareas en estaciones atlánticas próximas, la aplicación de la conocida fórmula

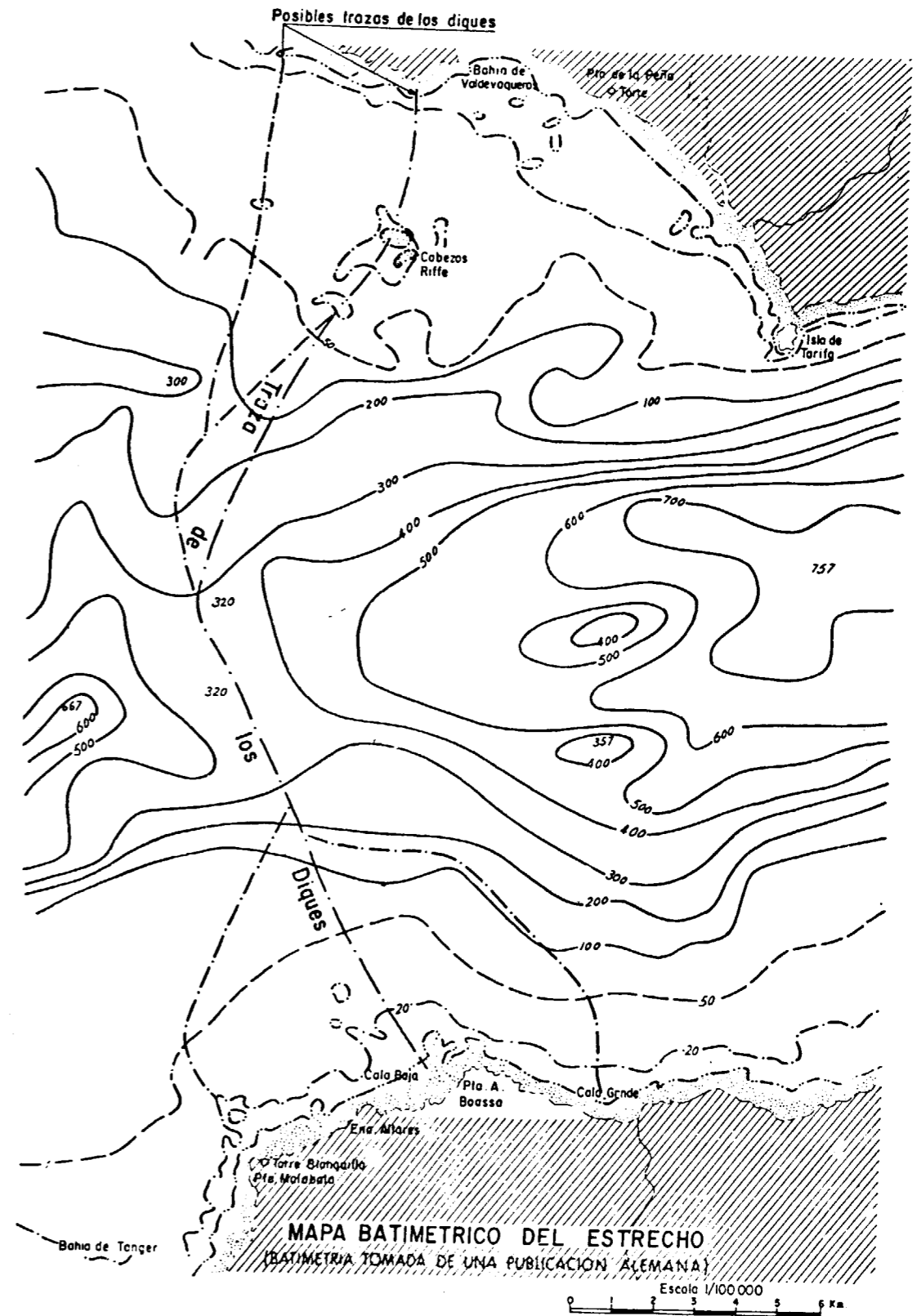
$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

nos da:

para la corriente mediterránea, la potencia y energía siguientes:

$$P = 3,56 \times 10^6 \text{ Kw}$$

$$E = 3,12 \times 10^{10} \text{ Kwh/año}$$



y para la atlántica:

$$P = 21,60 \times 10^6 \text{ Kw}$$

$$E = 1,89 \times 10^{11} \text{ Kwh/año}$$

A estas cifras habrá que aplicarles los coeficientes que correspondan a los rendimientos, caudales reales utilizados, horas de trabajo.

Las cifras, aun con los coeficientes de reducción aplicados, seguirán siendo importantes. La energía producida sería superior a la producida en España actualmente, de todos los orígenes.

#### ACERCA DE LA REALIZACION DEL PROYECTO: UN MODULO DE HORMIGON ARMADO COMO PIEZA CLAVE

Hablamos antes de grandes diques con los que podríamos separar las corrientes y obligarlas a circular por determinados cauces, en los que se instalarían las turbinas. Los problemas técnicos son grandes. Nunca se han construido diques a tan gran profundidad.

Las series de turbinas deberán instalarse entre

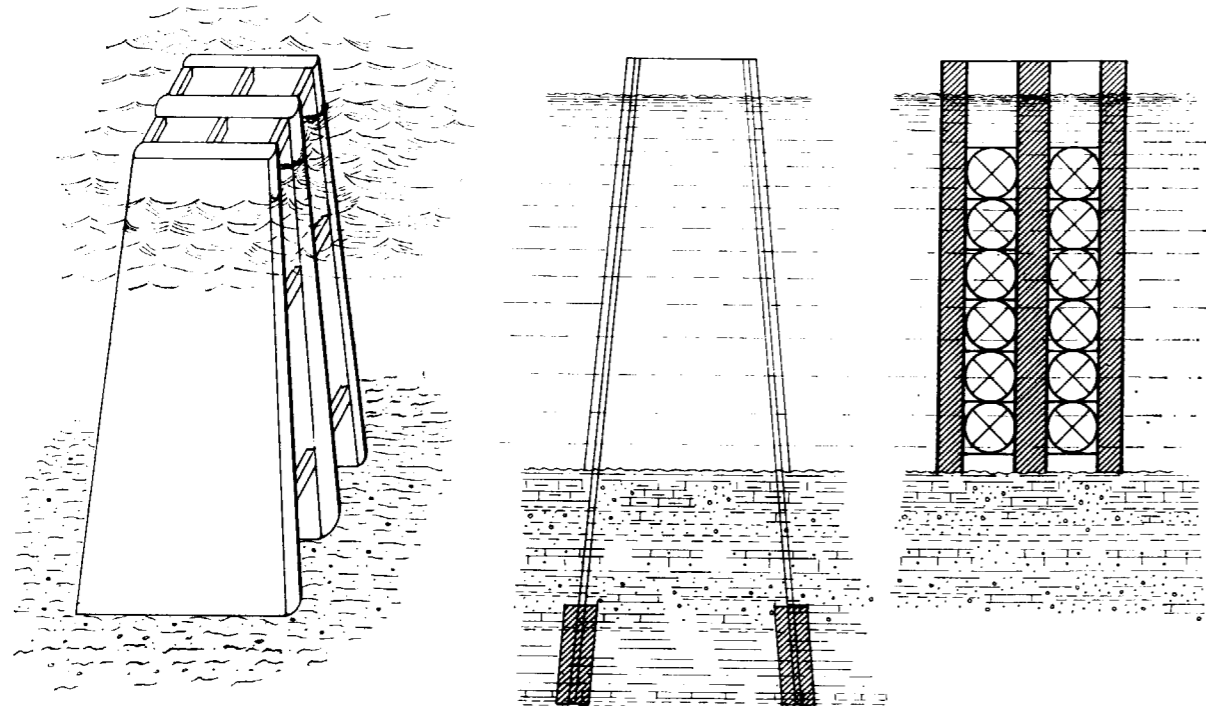
grandes pilares, muchos de ellos asentados hasta casi 400 metros de profundidad, en cuya construcción tampoco hay precedentes. Por otra parte, dada la poca energía de las corrientes, las turbinas deberán ser de gran diámetro, entre 15 y 20 metros. Y aún así, el número de las que correspondan a la corriente atlántica, será superior a 600 y el de las que correspondan a la mediterránea, superior a las 1.500.

Tanto la instalación de estas turbinas como su mantenimiento a grandes profundidades, así como la transmisión del movimiento a los alternadores, etcétera, son también problemas a resolver.

La separación de las dos corrientes, enormemente caudalosas, es otro gran reto.

No obstante, el estado actual de la tecnología nos permite contemplar soluciones para todos estos problemas.

Estimamos que la solución de los tres problemas fundamentales: construcción del dique en las secciones de mayor profundidad, separación de las corrientes e instalación de las turbinas, se lograría con la utilización de unos módulos adosables de hormigón armado, que consideramos la pieza clave en la realización del proyecto.



MODULO PARA PROFUNDIDAD DE 150m. Y DOS SERIES DE TURBINAS

Estos módulos, que se colocarían adosados unos a otros, variarían en su longitud y su geometría, según el lugar que ocupen.

Su construcción podría realizarse de la siguiente forma:

En tierra y en astilleros próximos (por ser obra de ingeniería naval), se construiría el encofrado con plancha de acero y hormigón, de modo que sea autorresistente para ser transportado flotando hasta el lugar preciso de su colocación, donde se hundirá controladamente. Hay que conocer con gran detalle, previamente, la topografía del fondo marino y su naturaleza, con el fin de adaptar al mismo la base del módulo.

Situado el encofrado sobre el fondo, se hormigonaría con la mayor rapidez.

Aparte de la que le da su gran peso, como el módulo no lleva cimientos y ha de soportar grandes esfuerzos, podemos suplementar su estabilidad mediante un «cosido» a las rocas del fondo marino, cuya naturaleza deberá conocerse previamente, hasta la profundidad necesaria. Estas operaciones de «cosido», con ayuda de las técnicas actuales utilizadas en sondeos, son fáciles, seguras y rápidas.

Consideremos, por ejemplo, un módulo portador de turbinas para una profundidad de 150 m. de agua, que es el que se representa en los esquemas adjuntos. Este módulo consta de tres pilares solidarios, entre los que se asientan las turbinas. Su geometría es muy simple y para su construcción necesitaría unas 15.000 ton. de plancha de acero para el encofrado (en el supuesto que la construcción del encofrado sólo se realizara con planchas de acero), y otras 5.000 de perfiles para la armadura del hormigón. El volumen del hormigón sería de unos 225.000 m<sup>3</sup>.

Como hemos dicho, el módulo representado en los esquemas es de geometría muy simple, y sus formas sin duda pueden ser mejoradas. Por ejemplo, los pilares podrían construirse con elementos cilíndricos, que presentan notables ventajas en cuanto a fenómenos de erosión marina. ahorro de hormigón y acero, etc.

Los módulos que corresponden a la parte central del Estrecho, sólo llevarían instaladas turbinas desde los 180 m. de profundidad, hasta el fondo.

Desde la superficie hasta los 180 m., los espacios entre los pilares son ciegos, para cerrar el paso a la corriente atlántica.

Teniendo en cuenta la capacidad de paso de cada turbina, suponiéndolas de 20 m. de diámetro y tomando por velocidades medias y por caudales o flujos los anteriormente admitidos, el número de módulos necesarios vendrá dado por el número de turbinas que se pueda instalar a cada profundidad. Para la corriente atlántica, si fuera posible instalar todos a 150 m. de profundidad, su número podría oscilar entre 40 y 50. Para la corriente mediterránea el número oscilaría entre los 150 y 170, suponiendo módulos que sólo portaran una serie de turbinas.

Las potencias instaladas de cada turbina, con las dimensiones, caudales y velocidades ya citados, oscilarían alrededor de los 3.000 KW y los 35.000 KW para las corrientes mediterráneas y atlántica, respectivamente.

Insistimos en la reserva con que deben tomarse estas cifras, que se fundan en datos no demasiado fiables.

Se observará, también, que de entre los datos disponibles, hemos utilizado los menos favorables, como una elemental prudencia aconseja.

#### ALGUNAS CIFRAS A MANEJAR

Como la elaboración de un presupuesto con un mínimo de rigor no es posible, dada la singularidad de la obra, preferimos hablar simplemente, de «cifras a manejar».

Las cifras que siguen, aunque obtenidas en todos los casos a través de entidades o personas especializadas en los temas, son sólo una estimación.

Si se unifican y coordinan ideas a través de equipos cualificados, sin duda se obtendrán soluciones mejores, que se traducirán en los precios.

No se incluyen los gastos financieros, que van a depender, entre otros factores, del plazo de realización, y que pueden duplicar los costes.

Estudios previos, viabilidad, oceanográficos, geológicos, geotécnicos. Escollera, 14.000 m. hasta 40 m. de profundidad ... ..	13 × 10 <sup>6</sup> \$
Módulos portadores de turbinas ...	1.000 × 10 <sup>6</sup> \$
Módulos ciegos ... ..	9.200 × 10 <sup>6</sup> \$
Pasos para la navegación ... ..	3.400 × 10 <sup>6</sup> \$
Otras obras ... ..	1.000 × 10 <sup>6</sup> \$
	500 × 10 <sup>6</sup> \$

### EL PASO PERMANENTE ENTRE ESPAÑA Y MARRUECOS

Como ya decíamos al comenzar este artículo, aun sin ser ésta su finalidad, la realización del proyecto llevaría consigo la construcción de una amplia vía de comunicación entre Europa y Africa, con gastos adicionales poco importantes.

Al mismo tiempo y aprovechando la infraestructura de la obra, podrían construirse grandes puertos, tanto en la parte española como en la marroquí, que incrementarían todavía más la importancia geopolítica del área.

### OTROS PROBLEMAS

A los grandes problemas técnicos, que sucintamente hemos planteado y tratado de dar soluciones, acompañan otros que están fuera de las fronteras de la técnica: los geopolíticos.

En un paso de la importancia del Estrecho, por el que vienen transitando libremente los navegantes de cien generaciones, difícilmente se podrá admitir que, aun sin verse entorpecida, pues se habilitarían los pasos necesarios, la navegación se viera estrictamente controlada.

Cabría una administración internacional de los pasos, que eliminara suspicacias. Pero en cualquier caso, problemas graves iban a surgir.

Otros problemas son los ecológicos. Es indudable que la construcción de los diques y la interposición de las turbinas podría perturbar la vida marina, no en cuanto a la vida en el interior del Mediterráneo, que quedaría igual, ya que no se iban a modificar los caudales de ventilación, pero sí, en cuanto a la emigración de la macro-fauna. No obstante, siempre se pueden construir pasos fáciles y suficientes para estos fines, que rápidamente se-

rían aceptados por la fauna, como lo han sido los mucho más difíciles y complicados que, en los saltos fluviales se construyen para los salmones.

### POSIBILIDAD DE UTILIZAR LAS TECNICAS DE QUE HEMOS HABLADO, EN EL APROVECHAMIENTO ENERGETICO DE LAS CORRIENTES DE MAREA

El aprovechamiento energético de las corrientes de marea, sólo para muy contados lugares en el mundo ha merecido la atención de los técnicos, a la hora de proyectar centrales maremotrices: La Rance, Chausey, Brest, en Francia. Severn en Gran Bretaña. Kislaya, Mezen, Tugur, en la URSS. Passamaquoddy en USA. Turnagain Arm en Alaska. San José en Argentina. Bahía de Fundy en Canadá.

Y hasta el momento, prácticamente sólo en dos (La Rance y Kislaya Guba), se han llevado a la práctica.

Las razones del recelo de las grandes empresas por acometer estas realizaciones, son el riesgo económico.

Sin embargo, la actual coyuntura energética ha obligado a replantearse muchas cuestiones, lo que determinará seguramente que el factor riesgo de hace algunos años haya desaparecido o al menos disminuido en muchos casos.

Estimamos que la puesta a punto de los módulos portadores de turbinas, concebidos para el proyecto de Gibraltar, puede contribuir, por su sencillez, a la instalación de centrales maremotrices en muchas bahías, ensenadas y estuarios de gran superficie, con desniveles entre mareas bastante menores de los exigidos con los anteriores criterios.

Hay que tener en cuenta que, si lo deseable es disponer de un gran desnivel o carrera de marea, uno de los factores que determinan la energía natural de un vaso es su superficie y si ésta es suficiente, puede compensar el que la carrera de marea sea menor.

Así, a la vista de un mapa, surgen innumerables puntos repartidos en todos los mares, donde la posibilidad de instalar centrales maremotrices existe. Zonas con importantes potenciales energéticos se pueden encontrar en Pakistán, la India,

Birmania, Tailandia, Australia, Nueva Zelanda, Chile, Brasil, etc. Incluso en zonas tan insospechadas como en la bahía de Villa Cisneros del Sahara Occidental, o en las costas de Arabia.

En la Península Ibérica, estimamos de interés el estuario del Tajo en Lisboa, y quizá Setúbal, Pontevedra, Arosa, Betanzos.

De entre todos los lugares del mundo que conocemos, existe en Noruega, en las proximidades de Bodö, el Paso de Saltstraumen, por el que, como efecto de una marea inferior a los 2,5 m. de desnivel, circulan corrientes de más de 10 nudos con un caudal medio de 10.000 metros cúbicos por segundo. El paso es muy estrecho (poco más de 100 m.), y el vaso de más de 150 Km<sup>2</sup>. Con estas condiciones, nos parece un lugar ideal para poder realizar experiencias con módulos y turbinas, instalando con pocos gastos una central de potencia considerable. Naturalmente que el factor producción no puede decidir la colaboración de Noruega, país que sin explotar a fondo sus recursos, dispone de la mayor producción de energía eléctrica «per cápita» del mundo.

Sin embargo, no hay que hacerse ilusiones, en el sentido de que las corrientes de marea vayan a resolver el problema energético del mundo.

Las posibilidades de esta fuente de energía, calculadas por varios investigadores, son limitadas. Pero no por eso desdeñables. A escala regional pueden constituir una fuente de riqueza y una solución definitiva para muchas comarcas del mundo, tanto por el carácter perpetuo del agente energético, como por la inestimable ventaja de no alterar ni contaminar el medio natural.

En la actual coyuntura, estas consideraciones justifican un estudio profundo del tema.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS MAS IMPORTANTES

ADMIRALTY CHARTS, diversas publicaciones  
ADMIRALTY TIDE TABLES

ALLAIN, C.: *L'hydrologie et les courants du détroit de Gibraltar pendant l'été de 1939*. R. Trav. Inst. pêches marit., 28, núm. 1, 102 pp., bibl. (4 pp.) (Thèse Univ. Montpellier) (1964).

BOYUM, G.: *Hydrology and currents in the area West of Gibraltar. Results from the «Helland-Hansen»*. Expedition May-June 1961. Mai 1963. T. R. 7. T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN (1963).

BOYUM, G.: *Hydrological observations of the M/S «Helland-Hansen» in the area West of Gibraltar*. May 1965. Tables. Bergen. Févr. 1967. T. R. 34. T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN.

BOYUM, G.: *Hydrology and currents in the West of Gibraltar. Results from the «Helland-Hansen»*. Expedition May 1965. Bergen. Avr., 1967. T. R. 36. T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN (1967).

BUEN, R. de: *Resultados obtenidos en las campañas del «Xauen» por el Estrecho de Gibraltar en 1929*, 28 pp., 10 figs. (1930).

BUEN, R. de: *Campañas del Instituto Español de Oceanografía por el Estrecho de Gibraltar en 1930*, 28 pp., 10 figs. (1931).

BUEN, R. de: *Contribución al estudio del relieve del Estrecho de Gibraltar*, 16 pp., 6 figs. (1933).

BUEN, R. de: *Hidrografía del Estrecho de Gibraltar en marzo de 1933. Campañas del guardacostas «Xauen»*, 16 páginas, 4 figs. (1934).

BUEN, R. de: *Caracteres oceanográficos del Estrecho de Gibraltar en 1934. Campañas del «Xauen»*, 20 pp., 8 figs. (1935).

BUEN, R. de: *Contribución al estudio del relieve del Estrecho de Gibraltar*. Notas y Resum. Inst. españ. Oceanogr. Madrid, serie II, núm. 66 (1933).

CAÑADA GUERRERO, F.: *Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importante fuente de energía. Esquema de un proyecto para su aprovechamiento*. Bol. Geol. y Min., T. XC-VI, 1979 (1979).

CARTER, D. B.: *The water balance of the Mediterranean and Black Seas*. (Drexel Institute of Technology. Labor of Climatology, Publ. in: *Climatology*, vol. 9, 3), Centerton, New Jersey (1956).

DEACON, M. (Miss): *Some early investigations of the currents in the Strait of Gibraltar*. Comm. 1.<sup>er</sup> Congr. int. Hist. Océanogr. Monaco, núm. spéc. 2, B. Inst. Océanogr. (1966).

DOUGLAS, H. P.: *Current measurements in the Strait of Gibraltar made by H.M.S. «Goldfinch» in 1905*. Rapp. P-V. C.I.E.M. Copenhagen, vol. 67 (1930).

FRASSETTO, R.: *Short-period vertical displacements of the upper layer in the Strait of Gibraltar*. Saclant ASW Res. Center T. R. núm. 30, part. 1 texte, part. 2 diagrammes, nov. (1964).

FRASSETTO, R.; BACKUS, R. H., y HAYS, E.: *Sounascattering layers and their relation to thermal structure in the Strait of Gibraltar*. Deep. Sea Res., 9 (1), janv.-févr., pp. 69-72 (1962).

GÓMEZ GALLEGO, J., y SECO SERRANO, E.: *La vena septentrional de agua de procedencia mediterránea en el Golfo de Cádiz*. Madrid. Revista de Geofísica, núm. 81.

HERNÁNDEZ PACHECO, F.: *Origen y relieve submarino del Estrecho de Gibraltar* (1961).

- IDRAC, P.: *Enregistrement des courants sousmarins du détroit de Gibraltar*. C. R. Acad. Sci., Paris, t. 196, 16 avr., pp. 1058-1059 (1928).
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA DE ESPAÑA: *Anuario de mareas. Diversas cartas de navegación*.
- KULLENBERG: *Les échanges d'eau a travers le détroit de Gibraltar*. B. Inform. Com. centr. Océanogr. & Et. cotes. Paris, vol. 7, pp. 298-302 (1953).
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J. C.: *Sur le régime des courants dans le détroit de Gibraltar*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 248, pp. 2502-2504 (1959).
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J. C.: *Sur une cause des variations du niveau moyen de la Méditerranée et du régime du détroit de Gibraltar*. C. R. Acad. Sci. Paris, 3 août, t. 219, núm. 5, pp. 734-736, 1 fig. (1959).
- LACOMBE, H.: *Quelques réflexions sur le niveau moyen des mers*. C. R. Com. nat. Géod. & Géophys. pour 1959, pp. 25-41 (1959).
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J. C.: *Liste des stations M.O.P. «Winnaretta Singer» dans le détroit de Gibraltar*. Cah. océanogr., Paris, 12, p. 673 (1960).
- LACOMBE, H.: *Contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar*. 1. *Etude dynamique*. Cah. océanogr., Paris, 13, núm. 2, pp. 73-107, 22 pl. h.t. (1961).
- LACOMBE, H., y RICHEZ, C. (M.): *Contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar*. 2. *Etude hydrologique*. Cah. océanogr., Paris, 13, núm. 5, pp. 276-291, 26 pl. h.t. (1961).
- LACOMBE, H.; TCHERNIA, P.; RICHEZ, C. (M.) & GAMBERONI, L.: *Deuxième contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar* (Travaux de 1960). Cah. océanogr., Paris, 16, p. 283 (1964).
- LACOMBE, H.; MADELAIN, F., y GASCARD, J. C.: *Rapport sur la campagne «Gibraltar I» du navire océanographique «Jean Charcot», 7 avr.-12 mai 1967*. Cah. océanogr., Paris, 20, 2 févr., pp. 102-107 (1968).
- MENENDEZ, N.: *Distribution de la salinité et de la température au méridien de Tarifa en août 1958*. Rapp. & P.V. Com. Intern. Explor. Me, 23, núm. 3, pp. 133-137 (1959).
- NARES, G. J.: *On the currents in the Strait of Gibraltar*. Publ. Roy. Soc., 20, pp. 97-106 (1872).
- NIELSEN, J.-N.: *Hydrography of the Mediterranean and adjacent water*. Report of the Danish oceanogr. exped. 1908-1910, Copenhagen (1912).
- PARRILLA BARRERA, G., y GARCÍA MORÓN, J. M.: *Contribución al estudio de la vena de agua mediterránea en la costa occidental de la península Ibérica* (1971).
- RAMALHO, A., y DENTINHO, L.: *Contribution à l'étude océanographique du détroit de Gibraltar*. Rapp. Atlantique, 1929, Copenhagen (1931).
- ROMANOVSKY, V., y LE FLOCH, J.: *Hydrologie et courantométrie dans le détroit de Gibraltar*. Cah. océanogr., Paris, 15, 5, mal, pp. 315-319 (1963).
- ROUX, G.: *Les eaux d'origine méditerranéenne dans la région nord-africaine de l'Atlantique*. A. Inst. océanogr., Paris, Masson, t. 21, 4, pp. 172-228 (1943).
- SCHMIDT, J.: *The Danish «Dana», Expédition 1920-1921*, Copenhagen (1929).
- SCHMIDT, J.: *The Danish «Dana». Expédition 1928-1930*, Copenhagen (1937).
- SCHOTT, G.: *Die Gewässer des Mittelmeeres*. Ann. d. Hydr. und Marit. Meteor., 43, H. 1, 1, pp. 1-18 y 49-79 (1915).
- SCHOTT, G.: *Die Wasserbewegungen in dem Gebiete der Gibraltarstrasse*. J. Conseil int. Explor. Mer, III, 2, Copenhagen (1929).

Recibido: Diciembre de 1980

## ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

# Significado petrogenético de la coexistencia de micas con diferente composición o de diferentes pseudomorfosis de estauroлита en las rocas metamórficas de la región de Finisterre (Galicia Occidental).

Por J. I. GIL IBARGUCHI (\*)

### RESUMEN

Durante el metamorfismo hercínico de la región de Finisterre (W de Galicia), la desestabilización de fases preexistentes da lugar a la coexistencia en algunas rocas de una misma fase con dos hábitos y colores diferentes, por ejemplo, biotitas verdes y biotitas marrones, o bien a la formación de diferentes pseudomorfosis a partir de un mismo mineral, por ejemplo, estauroлита. Estos hechos parecen ser el resultado de la existencia de subsistemas en el seno de la roca cuya evolución es no solamente f(P, T), sino también de la composición química inicial de los mismos, lo que condiciona la composición de los minerales neoformados.

### ABSTRACT

Reaction transformation of pre-existent mineral phases during hercynian metamorphism in the Finisterre region (W Galice) gave rise to the coexistence of two varieties of some phases within just one thin section, such as green or brown biotites; besides which different pseudomorphs of staurolite are formed. This could be due to the presence of subsystems within the rocks evolving not only as f(P, T) but as a function of their former chemical composition that as well controlled the composition of the new metamorphic minerals.

### INTRODUCCION

Las rocas cristalinas de la región de Finisterre (NW de España) están constituidas principalmente por metasedimentos y granitoides. En esta región el metamorfismo regional de edad hercíniana posee un carácter plurifacial y polifásico. El carácter plurifacial se pone en evidencia mediante la existencia de asociaciones minerales que violan la regla de las fases prácticamente en todas las rocas metamórficas de la región estudiada, p. ej., biotita-moscovita-granate-estauroлита-andalucita en los metasedimentos mesozonales, o biotita-sillimanita-feldespató potásico-cordierita/granate en las rocas catazonales. Este hecho podría atribuirse a la persistencia durante M<sub>2</sub> (segundo episodio metamórfico) de fases minerales formadas durante M<sub>1</sub> (primer episodio metamórfico), tales como la estauroлита o ya sillimanita, p. ej. Por otra parte, las paragénesis representativas de cada episodio metamórfico caracterizan tipos de metamorfismo dife-

rentes, o lo que es lo mismo, representan diferentes suites de facies: el segundo episodio es de T más elevada y, quizá, de P más baja que el primero. La variación del gradiente geotérmico parece ser el resultado de un ensanchamiento de la fuente térmica o de un acercamiento hacia niveles más altos de la Corteza, así como del emplazamiento de una serie de productos graníticos entre F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> (primera y segunda fases de deformación, respectivamente).

Algunos minerales, tales como los granates de los metasedimentos, p. ej., muestran una zonación de la composición y una disposición textural que ponen en evidencia la existencia de dos períodos de recristalización metamórfica en diferentes momentos con relación a la deformación (carácter polifásico del metamorfismo con relación a la deformación). El primer episodio (M<sub>1</sub>) es posterior a la F<sub>1</sub>, mientras que el segundo es más o menos contemporáneo de F<sub>2</sub>.

(\*) Departamento de Petrología, Universitat Autònoma de Barcelona, BELLATERRA, Barcelona.

En un cierto número de láminas delgadas se ha podido observar la presencia de biotitas o mos-

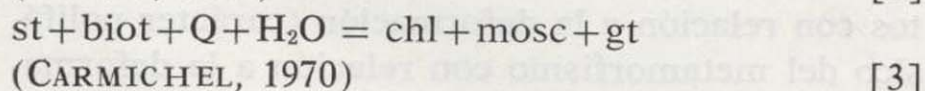
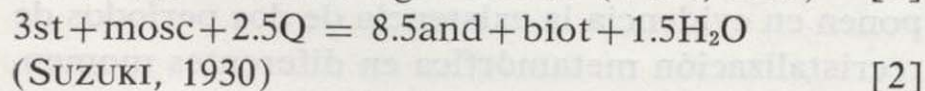
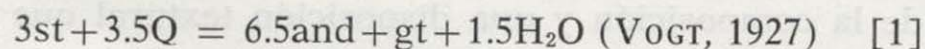


covitas con dos hábitos y colores diferentes o bien la desestabilización de la estaurolita en dos tipos de productos diferentes. En este trabajo se estudian las relaciones entre estas observaciones y el metamorfismo polifásico y plurifacial, así como el significado mineralógico de las transformaciones ocurridas (cf. GIL IBARGUCHI, 1979, para más detalles sobre el metamorfismo y el magmatismo de la región de Finisterre).

### DESESTABILIZACION DE LA ESTAUROLITA

La asociación observada en los metasedimentos mesozonales es: cuarzo-moscovita-biotita-plagioclasa-andalucita-granate-estaurolita. Considerando  $\text{SiO}_2$  como un componente *en exceso* (cf. KORZHINSKII, 1959, existencia de cuarzo libre) y  $\text{CaO-Na}_2\text{O}$  como componentes *accesorios* (solamente intervienen en la formación de la plagioclasa), se tiene un sistema con cinco fases (mosc-biot-and-gt-st) y cuatro componentes ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-FeO-MgO}$ ), por lo tanto en desequilibrio o reaccional. El estudio microscópico muestra que la estaurolita no es ya una fase estable, puesto que aparece sistemáticamente relicta en cristales de andalucita o de moscovita. Por otra parte, la andalucita parece formarse siempre a partir de la estaurolita (salvo en las rocas afectadas por metamorfismo de contacto). Por tanto, puede considerarse la existencia de una paragénesis inicial (en equilibrio) con mosc-biot-gt-st ( $f=4$ ,  $c=4$ ), la cual, posteriormente, por desestabilización de la estaurolita da una asociación con mosc-biot-gt-and ( $f=4$ ,  $c=4$ ), (figuras 1 y 2).

Varias reacciones han sido propuestas, a partir de datos texturales, para explicar la desestabilización de la estaurolita en presencia de cuarzo; he aquí algunas:



Por otra parte, varios autores (HOSCHECK, 1969; RICHARDSON, 1968; GANGULY, 1972) han estudiado experimentalmente la estabilidad de este mineral. El estudio de GANGULY aporta los mejores elementos de comparación en nuestro caso. A partir de



Figura 1.—Andalucita (moscovitizada en los bordes) en pseudomorfosis de estaurolita.



Figura 2.—Moscovita en pseudomorfosis de estaurolita.

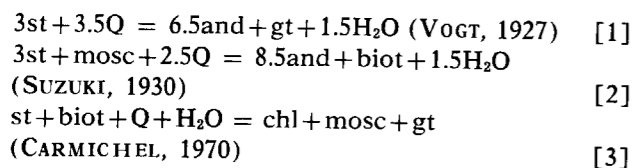
sus trabajos teóricos y experimentales pueden considerarse cuatro posibilidades que conducen a la desestabilización de la estaurolita para dar las pseudomorfosis observadas en estas rocas (figura 3a):

covitas con dos hábitos y colores diferentes o bien la desestabilización de la estaurolita en dos tipos de productos diferentes. En este trabajo se estudian las relaciones entre estas observaciones y el metamorfismo polifásico y plurifacial, así como el significado mineralógico de las transformaciones ocurridas (cf. GIL IBARGUCHI, 1979, para más detalles sobre el metamorfismo y el magmatismo de la región de Finisterre).

**DESESTABILIZACION DE LA ESTAUIROLITA**

La asociación observada en los metasedimentos mesozonales es: cuarzo-moscovita-biotita-plagioclasa-andalucita-granate-estaurolita. Considerando SiO<sub>2</sub> como un componente *en exceso* (cf. KORZHINSKII, 1959, existencia de cuarzo libre) y CaO-Na<sub>2</sub>O como componentes *accesorios* (solamente intervienen en la formación de la plagioclasa), se tiene un sistema con cinco fases (mosc-biot-and-gt-st) y cuatro componentes (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O-FeO-MgO), por lo tanto en desequilibrio o reaccional. El estudio microscópico muestra que la estaurolita no es ya una fase estable, puesto que aparece sistemáticamente relictas en cristales de andalucita o de moscovita. Por otra parte, la andalucita parece formarse siempre a partir de la estaurolita (salvo en las rocas afectadas por metamorfismo de contacto). Por tanto, puede considerarse la existencia de una paragénesis inicial (en equilibrio) con mosc-biot-gt-st (f=4, c=4), la cual, posteriormente, por desestabilización de la estaurolita da una asociación con mosc-biot-gt-and (f=4, c=4), (figuras 1 y 2).

Varias reacciones han sido propuestas, a partir de datos texturales, para explicar la desestabilización de la estaurolita en presencia de cuarzo; he aquí algunas:



Por otra parte, varios autores (HOSCHECK, 1969; RICHARDSON, 1968; GANGULY, 1972) han estudiado experimentalmente la estabilidad de este mineral. El estudio de GANGULY aporta los mejores elementos de comparación en nuestro caso. A partir de

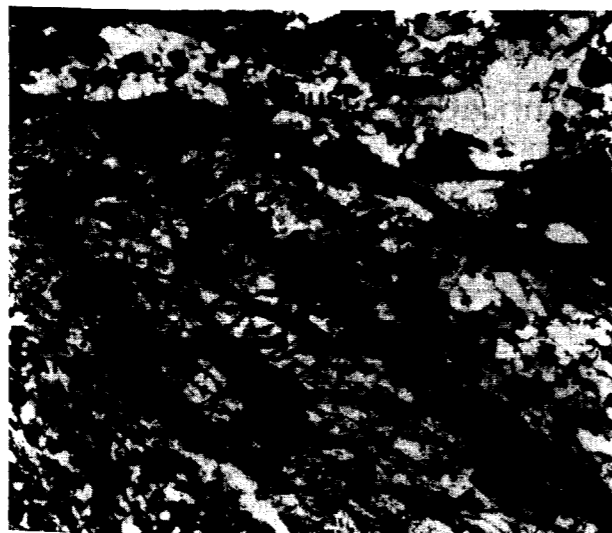


Figura 1.—Andalucita (moscovitizada en los bordes) en pseudomorfosis de estaurolita.

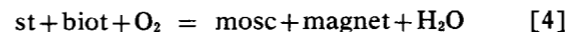


Figura 2.—Moscovita en pseudomorfosis de estaurolita.

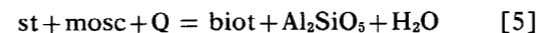
sus trabajos teóricos y experimentales pueden considerarse cuatro posibilidades que conducen a la desestabilización de la estaurolita para dar las pseudomorfosis observadas en estas rocas (figura 3a):

En condiciones de METAMORFISMO PROGRADO, dos posibilidades:

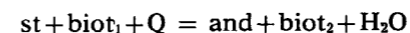
I. Se puede considerar que inicialmente tiene lugar la reacción [4]:



y posteriormente por un aumento de la temperatura en condiciones de P<sub>O2</sub> similares se produce la reacción [5]:

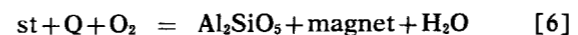


No obstante, la topología de esta reacción implica un enriquecimiento en hierro de la biotita, ya que el granate no interviene en la reacción. Asimismo, partiendo de una paragénesis con gt-biot-st (figura 3b), una reacción del tipo



implicaría un enriquecimiento en hierro de la biotita 2 con relación a la biotita 1. Sin embargo, los análisis de las biotitas incluidas en las andalucitas o bien de las biotitas alrededor de éstas no muestran ningún enriquecimiento en Fe con relación a las biotitas de la matriz. Por tanto, habrá que considerar que otras fases ricas en Fe, p. ej., opacos o granate, deben formarse además de la biotita como resultado de las reacciones anteriores.

II. En condiciones de temperatura, ya sea constante, ya sea disminuyendo progresivamente y mediante un aumento de la P<sub>O2</sub>, se tendría en primer lugar la reacción [4] y a continuación la reacción [6], esta vez sin formación de biotita:



En condiciones de METAMORFISMO RETROGRADO:

I. Por una disminución de la temperatura con aumento de P<sub>O2</sub>.

II. Por una disminución de la temperatura y de la P<sub>O2</sub>.

En los dos casos se produciría de nuevo, en primer lugar, la reacción [4] y a continuación la reacción [6].

Hay que hacer notar que en el caso de la sucesión reacción [4]-reacción [6], la magnetita siempre aparece como producto de la reacción; no obstante, los análisis de las inclusiones de opacos en las andalucitas indican siempre la misma composición, titanomagnetita, que los opacos en la

matriz o que los opacos incluidos en las estaurolitas relictas, lo que indicaría que aparentemente no existe un cambio en las condiciones de P<sub>O2</sub>. No

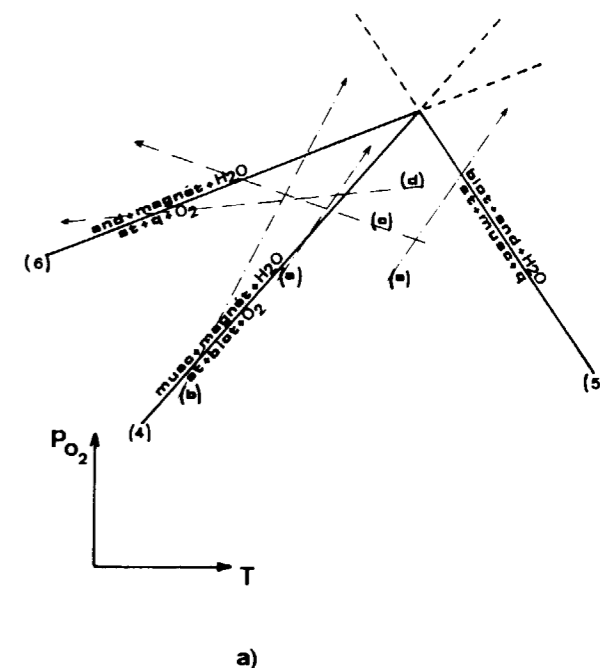


Figura 3a.—Equilibrios en el sistema FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub>, (4), (5), (6), según GANGULY (1972), para condiciones de metamorfismo progrado (a) y (b) y retrógrado (c) y (d).

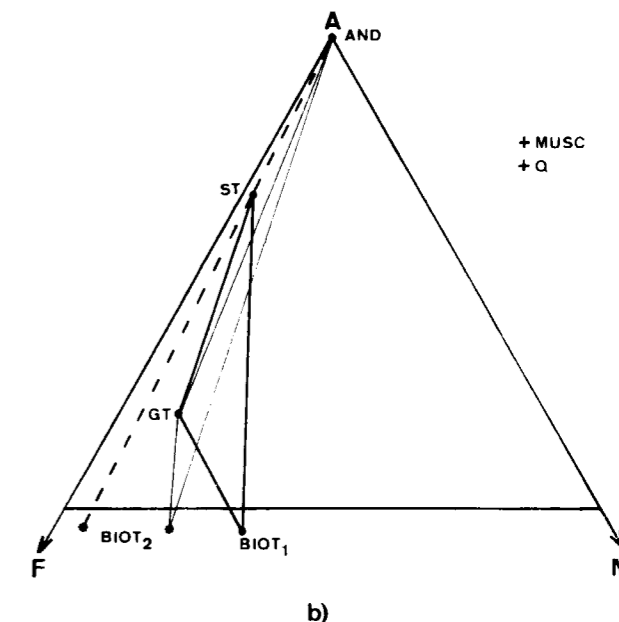
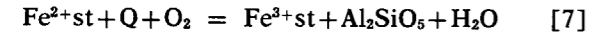


Figura 3b.—Composición teórica de la biotita producida por la desestabilización de la estaurolita (biot<sub>2</sub>). Los puntos St, Gt, Biot<sub>1</sub>, representados a partir de los análisis de los minerales.

obstante, estas reacciones siempre podrían ser posibles si tenemos en cuenta el equilibrio:

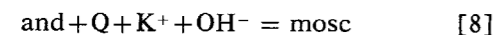


Es decir, las estauroлитas relictas estarían enriquecidas en Fe<sup>3+</sup> con relación a su composición inicial, lo que significa que en todos los casos la desestabilización se haría en condiciones de P<sub>o2</sub> creciente. El hecho de desconocer cual era la composición inicial de la estauroлитa convierte, de todas formas, esta posibilidad en una hipótesis bastante discutible y por otra parte imposibilita prácticamente el establecimiento de un balance químico del proceso considerado.

Otras posibilidades relacionadas con las variaciones del metamorfismo:

— Se puede suponer que la estauroлитa se desestabiliza en moscovita en el transcurso del metamorfismo regional y que las andalucitas son el resultado del metamorfismo de contacto inducido por los leucogranitos en contacto con los metasedimentos. No obstante, se observa que las andalucitas producidas por este último metamorfismo son en general poiquiloblásticas, post-tectónicas (F<sub>2</sub>) y pleocroicas, mientras que las que pseudomorfosean la estauroлитa son más bien idimórficas, pre-tectónicas (F<sub>2</sub>) y no pleocroicas. Por otra parte, aquellas rocas que presentan andalucitas de metamorfismo de contacto no suelen poseer granate y la biotita presenta composición diferente de la de los metasedimentos mesozoales (cf. GIL IBARGUCHI, 1979).

— Se puede suponer que tras la formación de andalucita a partir de estauroлитa en el transcurso del metamorfismo regional, se forma moscovita secundaria como resultado de una metasomatosis potásica inducida por la intrusión de los granitos de dos micas que rodean a los micaesquistos. La moscovita sería el resultado de una reacción retrógrada del tipo:



Esta posibilidad no puede excluirse para algunos casos en los que se observa la formación de moscovita alrededor de grandes cristales de andalucita que contienen estauroлитa. No obstante, el estudio textural muestra que los dos tipos de transformación, estauroлитa-moscovita y estauroлитa-andalucita,

coexisten en una sola lámina delgada y muestran las mismas relaciones con la deformación, lo que traduce ya sea su contemporaneidad ya sea que se han producido en un medio estático. Si consideramos además que las estauroлитas relictas muestran composiciones perfectamente comparables en ambos casos (tabla I), lo que excluye composiciones

TABLA I

Análisis químicos de estauroлитas y granates

	G01DC	G01DB	ES101	ES102	119B1	119B2
MgO	0.73	0.76	0.92	0.86	1.06	1.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.42	21.36	57.94	58.18	57.64	57.57
SiO <sub>2</sub>	36.64	36.61	26.93	27.05	28.06	28.14
CaO	1.19	1.08	—	—	—	—
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.17	0.54	0.63	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.78	0.84	—	—	—	—
MnO	7.85	8.66	0.61	0.66	0.62	0.60
FeO <sub>t</sub>	31.22	30.47	10.30	11.23	10.43	11.26
TOTAL	99.99	99.95	96.84	98.59	97.82	98.70

Fórmula estructural, 0:12 (granate)

	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	Ti	Cr	Mg	Fe	Mn	Ca
G01DC	2.981	0.019	2.036	0.009	0.050	0.089	2.124	0.541	0.104
G01DB	2.981	0.019	2.031	0.010	0.054	0.093	2.075	0.597	0.094

G01DC, G01DB: Centro y bordes, respectivamente, de los granates de los gneises glandulares.  
ES101, 119B1: Estauroлитas en moscovita.  
ES102, 119B2: Estauroлитas en andalucita.

originales diferentes capaces de transformarse en productos diferentes, todo esto nos lleva a constatar que en estas rocas debió existir un desequilibrio local bastante considerable a la escala de la lámina delgada. Es decir, las diferentes coronas o pseudomorfosis reflejarían las *estabilidades variables de determinadas asociaciones mineralógicas* en las condiciones de potenciales químicos diferentes para los componentes móviles. Por tanto, en una zona reaccional determinada, los minerales podrían estar en desequilibrio con los de otra zona próxima a la anterior incluso en el marco de una sola lámina delgada.

En efecto, a partir de los datos de la composición de las estauroлитas relictas y de las pseudomorfosis de moscovita, así como de las biotitas de los metasedimentos (cf. tablas I, II y III) hemos intentado establecer cuales serían las reacciones de desestabilización de la estauroлитa en cada caso. El resultado es el siguiente:

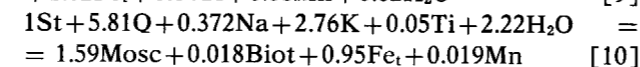
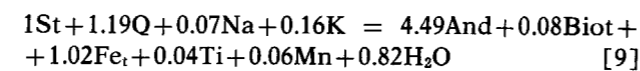


TABLA II

Análisis químicos de biotitas y cordierita

	GN1	G01DI	G01DII	DIA6G	CORB	ESMV
Na <sub>2</sub> O	0.53	0.23	0.23	0.31	0.24	0.29
MgO	6.78	3.63	3.66	8.54	11.43	9.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.79	19.51	20.75	18.52	21.72	20.06
SiO <sub>2</sub>	47.75	32.51	32.91	34.56	34.41	32.87
K <sub>2</sub> O	0.09	9.56	9.43	9.54	9.91	9.40
TiO <sub>2</sub>	0.17	2.74	0.93	3.10	0.31	2.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0.60	0.58	—	—	—
MnO	0.71	1.04	1.19	0.44	0.43	0.42
FeO <sub>t</sub>	8.90	27.65	26.61	20.52	16.89	21.36
TOTAL	98.73	97.47	96.29	95.53	95.34	95.62

Fórmula estructural, 0:22 (biotitas), 0:18 (cordierita)

	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	Ti	Cr	Mn	Fe <sub>t</sub>	Na	K
G01DC	4.934	5.104	5.187	5.309	5.193	5.060	—	—	—
G01DI	3.066	2.896	2.813	2.691	2.807	2.940	—	—	—
G01DII	1.044	0.850	0.860	1.956	2.570	2.100	—	—	—
DIA6G	1.049	0.715	1.068	0.669	1.057	0.712	—	—	—
CORB	0.013	0.324	0.111	0.359	0.035	0.238	—	—	—
ESMV	—	0.074	0.069	—	—	—	—	—	—
TOTAL	0.062	0.138	0.159	0.058	0.055	0.056	—	—	—
	0.769	3.632	3.510	2.637	2.132	2.758	—	—	—
	0.106	0.069	0.071	0.092	0.071	0.088	—	—	—
	0.011	1.914	1.896	1.869	1.907	1.864	—	—	—

GN1: Cordierita de nebulitas.

G01DI: Biotitas pardas, gneises glandulares.

G01DII: Biotitas verdes, gneises gland. a partir de granate.

DIA6G: Biotitas pardas, nebulitas.

CORB: Biotitas verdes, nebulitas, a partir de la cordierita.

ESMV: Biotitas matriz, metasedimentos mesozoales.

TABLA III

Análisis químico de moscovitas

	ES101	119B1	ES102	119B2	COR-DIAN	DIAN1
Na <sub>2</sub> O	0.91	0.90	0.82	0.91	0.63	0.61
MgO	0.55	0.48	0.57	0.66	0.77	0.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36.96	37.52	37.38	37.56	37.97	37.31
SiO <sub>2</sub>	45.21	44.51	45.08	44.61	44.47	43.87
K <sub>2</sub> O	10.09	10.15	10.34	10.08	10.45	10.44
TiO <sub>2</sub>	0.50	0.78	0.50	0.67	0.17	1.72
MnO	0.29	0.28	0.28	0.27	0.23	0.25
FeO <sub>t</sub>	1.08	1.01	1.34	1.04	1.26	1.14
TOTAL	95.59	95.63	96.31	95.80	95.95	95.97

Fórmula estructural, 0:22

	Si	Al <sup>IV</sup>	Al <sup>VI</sup>	Ti	Cr	Mn	Fe <sub>t</sub>	Na	K
ES101	5.992	5.910	5.953	5.909	5.893	5.825	—	—	—
119B1	2.008	2.090	2.047	2.091	2.107	2.175	—	—	—
ES102	0.110	0.095	0.112	0.132	0.152	0.125	—	—	—
119B2	3.778	3.782	3.770	3.775	3.823	3.666	—	—	—
COR-DIAN	0.050	0.078	0.050	0.067	0.017	0.171	—	—	—
DIAN1	0.033	0.032	0.032	0.030	0.026	0.028	—	—	—
TOTAL	0.120	0.112	0.148	0.115	0.140	0.128	—	—	—
	0.234	0.232	0.210	0.234	0.161	0.157	—	—	—
	1.709	1.718	1.741	1.705	1.767	1.769	—	—	—

ES101, 119B1: Moscovitas en pseudomorfosis de estauroлитa, esquistos.

ES102, 119B2: Moscovitas de la matriz, esquistos.

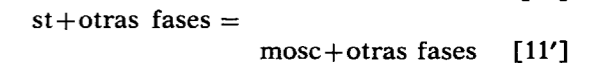
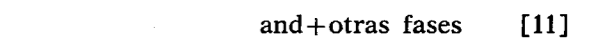
COR-DIAN: Moscovitas a partir de la cordierita, nebulitas.

DIAN1: Moscovitas de la matriz, nebulitas.

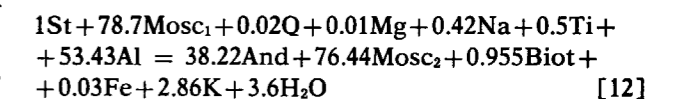
La primera reacción, formadora de andalucita, es claramente una reacción de deshidratación, en la que el Ti, Fe y Mn liberados deben combinarse probablemente para formar las inclusiones de opacos presentes en las pseudomorfosis. Mientras que la reacción de formación de moscovita implica un fuerte aporte de álcalis y de agua y una liberación importante de Fe y Mn. En ausencia de pruebas suficientes de una metasomatosis con aporte de álcalis, la última reacción podría explicarse mediante la participación de la moscovita preexistente en la roca (moscovita de la matriz, tabla III), junto con el H<sub>2</sub>O liberado en la reacción de formación de la andalucita, en la reacción de formación de las pseudomorfosis de moscovita a partir de estauroлитa.

El fenómeno observado se debería principalmente a la existencia de granos de estauroлитa en subsistemas con composición química diferente, o lo que es lo mismo, la roca constituiría un sistema con *equilibrio en mosaico* (KORZHINSKII, 1957), en el cual las diferentes variables *aK*, *μH<sub>2</sub>O* y probablemente *aFe*, cambiarían independientemente del grado metamórfico, ya que serían seguramente función de la composición inicial de los subsistemas.

Es evidente que durante la formación de la moscovita o de la andalucita, tienen lugar reacciones de desestabilización de estauroлитa, sin embargo no es posible precisar hasta qué punto las otras fases participan en dichas reacciones ya que éstas se producen en función de un equilibrio dado para una parte determinada de la roca. Esto implica, por otra parte, al menos teóricamente, que las reacciones de desestabilización de la estauroлитa no sean necesariamente progradadas ni retrógradadas; todo lo que se puede decir es que la estauroлитa deja de ser estable en presencia de cuarzo y de moscovita. Teniendo en cuenta lo dicho más arriba el fenómeno observado se podría representar mediante un esquema del tipo:



donde las reacciones [11] y [11'] se producirían simultáneamente. A partir de las composiciones de los minerales estudiados podría establecerse la siguiente reacción conjunta para ese proceso:



siendo  $Mosc_1$  y  $Mosc_2$  las moscovitas de la matriz y en pseudomorfosis de estauroлита, respectivamente. Esta reacción pone de manifiesto que el proceso en su conjunto es de deshidratación, lo que probablemente significa condiciones de aumento de T en la roca; por otra parte, es evidente que no solamente el  $H_2O$  y el Fe, así como los álcalis, tienen un comportamiento móvil, como ya se indicó anteriormente, sino que también el Al debe comportarse de igual manera.

Con relación al aporte de Na y al excedente de K hay que señalar que los análisis químicos de la pseudomorfosis de moscovita muestran un contenido ligeramente más elevado en  $Na_2O$  que las moscovitas de la matriz; este hecho, que podría interpretarse como un origen retrógrado para las  $Mosc_2$  (cf. GUIDOTTI, 1968, 1970) es difícil de precisar, ya que no conocemos la extensión de las condiciones de equilibrio y por tanto las fases que intervienen en la desestabilización de la estauroлита; el Na, así como parte del Al, podrían provenir de las plagioclasas de la roca, con lo que el resultado final podría ser una disminución del componente paragonítico (hay liberación de K) de las moscovitas de acuerdo con el aumento de T ya mencionado.

#### COEXISTENCIA DE BIOTITAS VERDES Y BIOTITAS PARDAS EN LOS GNEISES GLANDULARES

En varias láminas delgadas de los gneises glandulares se ha podido constatar la formación de biotita verde a partir de granate. La coexistencia de biotita verde con biotita parda en diversos tipos de rocas gneísicas ha sido señalada, entre otros, por GABLE et al. (1970) y GORBATSHEV (1972), los cuales también describen la formación de biotita verde a partir de granate. SCHNEIDER (1975) estudió experimentalmente la formación de biotita verde a partir de granate y señala que dicha formación es favorecida por la presencia de una fase líquida en la roca (condiciones migmatíticas) la cual permite el transporte de los diferentes elementos. El proceso estaría controlado más bien por la disponibilidad de material inicial que por las condiciones de P-T.

En nuestro caso, no se ha observado la existencia de movilizados anatéticos en estas rocas; por otra

parte, las mismas no poseen sillimanita, la moscovita parece ser perfectamente estable y la blastesis de los feldspatos es mínima. Por tanto, se puede suponer que la biotita verde se formó en el transcurso del proceso de recristalización de los materiales durante el metamorfismo hercínico gracias a la removilización local de determinados elementos, favorecida probablemente por la existencia de una fase fluida intergranular.

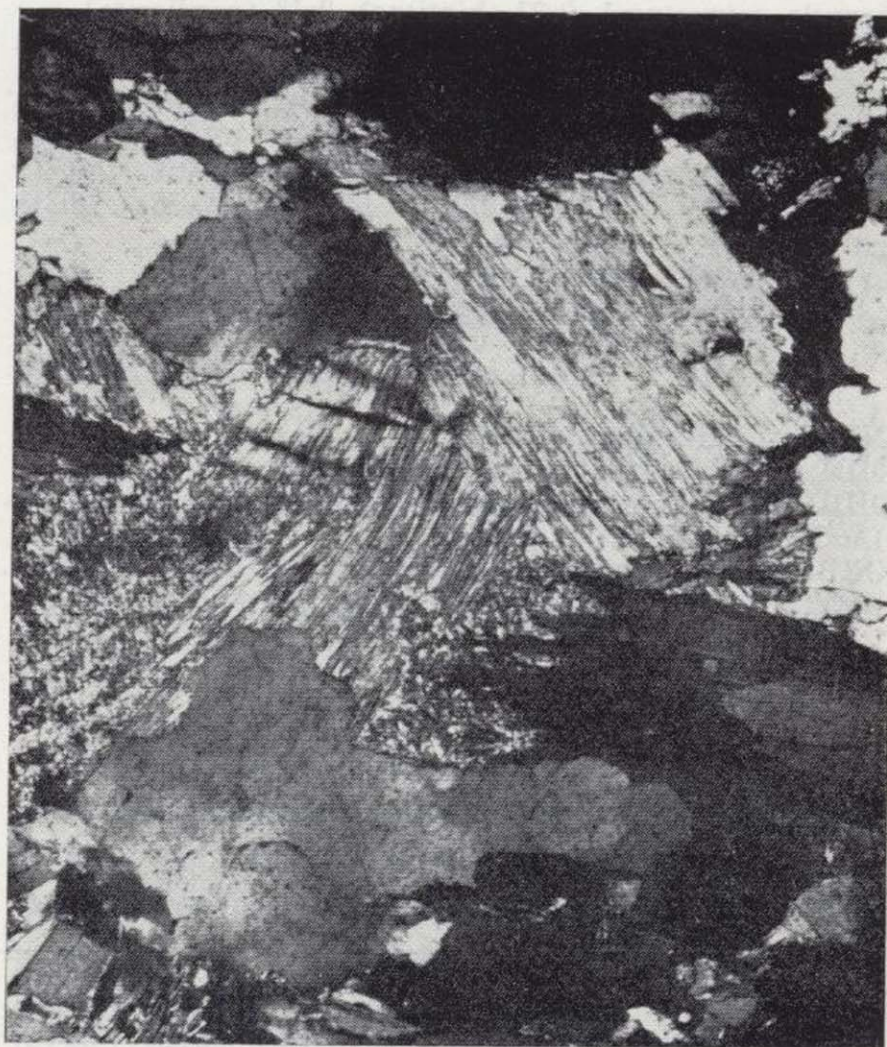


Figura 4.—Intercrecimientos de biotita verde más moscovita a partir de la cordierita en los granitoides heterogéneos de anatexia.

Los análisis químicos muestran que las biotitas verdes son más ricas en Al y Mn y más pobres en Ti que las biotitas pardas, (tabla II). Estas diferencias se explicarían suponiendo que durante el metamorfismo, algunos elementos (sobre todo el Ti) no son removilizados en el seno de un mismo volumen inicial y por tanto su contenido varía de un punto a otro de la roca; es decir, la roca se encontraría dividida en subsistemas con una composición variable, pobres en Ti allí donde había granate y más ricos donde inicialmente existía bio-

siendo  $Mosc_1$  y  $Mosc_2$  las moscovitas de la matriz y en pseudomorfosis de estauroлита, respectivamente. Esta reacción pone de manifiesto que el proceso en su conjunto es de deshidratación, lo que probablemente significa condiciones de aumento de T en la roca; por otra parte, es evidente que no solamente el  $H_2O$  y el Fe, así como los álcalis, tienen un comportamiento móvil, como ya se indicó anteriormente, sino que también el Al debe comportarse de igual manera.

Con relación al aporte de Na y al excedente de K hay que señalar que los análisis químicos de la pseudomorfosis de moscovita muestran un contenido ligeramente más elevado en  $Na_2O$  que las moscovitas de la matriz; este hecho, que podría interpretarse como un origen retrógrado para las  $Mosc_2$  (cf. GUIDOTTI, 1968, 1970) es difícil de precisar, ya que no conocemos la extensión de las condiciones de equilibrio y por tanto las fases que intervienen en la desestabilización de la estauroлита; el Na, así como parte del Al, podrían provenir de las plagioclasas de la roca, con lo que el resultado final podría ser una disminución del componente paragonítico (hay liberación de K) de las moscovitas de acuerdo con el aumento de T ya mencionado.

#### COEXISTENCIA DE BIOTITAS VERDES Y BIOTITAS PARDAS EN LOS GNEISES GLANDULARES

En varias láminas delgadas de los gneises glandulares se ha podido constatar la formación de biotita verde a partir de granate. La coexistencia de biotita verde con biotita parda en diversos tipos de rocas gneísicas ha sido señalada, entre otros, por GABLE et al. (1970) y GORBATSCHEV (1972), los cuales también describen la formación de biotita verde a partir de granate. SCHNEIDER (1975) estudió experimentalmente la formación de biotita verde a partir de granate y señala que dicha formación es favorecida por la presencia de una fase líquida en la roca (condiciones migmatíticas) la cual permite el transporte de los diferentes elementos. El proceso estaría controlado más bien por la disponibilidad de material inicial que por las condiciones de P-T.

En nuestro caso, no se ha observado la existencia de movilizados anatéticos en estas rocas; por otra

parte, las mismas no poseen sillimanita, la moscovita parece ser perfectamente estable y la blastesis de los feldespatos es mínima. Por tanto, se puede suponer que la biotita verde se formó en el transcurso del proceso de recristalización de los materiales durante el metamorfismo hercínico gracias a la removilización local de determinados elementos, favorecida probablemente por la existencia de una fase fluida intergranular.



Figura 4.—Intercrecimientos de biotita verde más moscovita a partir de la cordierita en los granitoides heterogéneos de anatexia.

Los análisis químicos muestran que las biotitas verdes son más ricas en Al y Mn y más pobres en Ti que las biotitas pardas, (tabla II). Estas diferencias se explicarían suponiendo que durante el metamorfismo, algunos elementos (sobre todo el Ti) no son removilizados en el seno de un mismo volumen inicial y por tanto su contenido varía de un punto a otro de la roca; es decir, la roca se encontraría dividida en subsistemas con una composición variable, pobres en Ti allí donde había granate y más ricos donde inicialmente existía bio-

tita, lo cual daría lugar durante la recristalización metamórfica a dos tipos de biotitas coexistentes gracias a la yuxtaposición de sistemas.

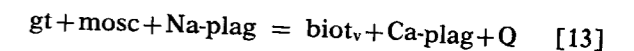
Hay que señalar que más al W, donde estas rocas han sufrido una anatexia generalizada, es decir, que las condiciones de P-T han debido ser más intensas, no existe biotita verde y los granates recristalizan transformándose en cristales idiomorfos del mismo mineral.

El color verde de las biotitas sería, según algunos autores (OSTROVSKY & PETROV, 1940; HAYAMA, 1959) debido al contenido en  $Fe^{3+}$ ; en nuestro caso no es posible conocer el contenido en dicho elemento, dado que los análisis han sido efectuados con microsonda; no obstante, la relación  $Fe_t/Fe_t+Mg$  (limitada por la  $fO_2$  y la T, según EUGSTER & WONES, 1962) es muy similar para los dos tipos de biotitas: 81,03 por 100 para las pardas y 80,34 por 100 para las verdes. Ahora bien, una variación del contenido en  $Fe^{3+}$  para contenidos en Mg comparables (3,63 y 3,66, respectivamente, peso en óxidos) debería tener probablemente alguna influencia sobre esta relación, lo cual no parece suceder; por tanto, la atribución del color verde al estado de oxidación del hierro parece más bien improbable en este caso.

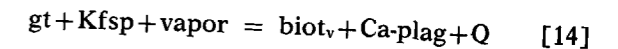
Por contra, se puede observar que existe una neta disminución del contenido en Ti: 0.111 y 0.324 (fórmula estructural) para las biotitas verdes y las pardas, respectivamente. Esta correlación entre el contenido en Ti y el color ha sido mencionada ya por diversos autores (GORBATSCHEV, 1972; etc.).

ENGEL & ENGEL (1958), KWAK (1968) y otros autores han sugerido que el contenido en Ti de las biotitas aumenta con el grado de metamorfismo. Se podría, por tanto, suponer que las biotitas verdes se han formado a una temperatura inferior a la de las biotitas pardas; no obstante, la tendencia mostrada por las biotitas estudiadas por KWAK indica más bien un aumento de la suma  $Al^{VI}+Ti$  con el grado de metamorfismo. En nuestro caso, ésta es bastante similar para los dos tipos de biotitas: 1:179 (f.u.) para las biotitas verdes, 1.040 para las biotitas pardas, lo cual indicaría que ambas se han formado en condiciones metamórficas similares, siendo las variaciones de Ti y Al en estas biotitas debidas a las variaciones de la composición química del sistema inicial fundamentalmente, como ya se había supuesto más arriba.

En un trabajo anterior (GIL IBARGUCHI, 1979), señalábamos que la formación de biotita verde por desestabilización del granate obedecía a reacciones del tipo:

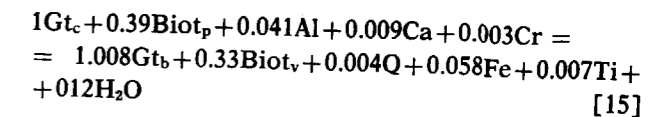


con enriquecimiento en Ca de las plagioclasas, al mismo tiempo que se formaba la biotita verde, o bien:



que representaría la desestabilización del par granate-feldespato potásico en presencia de una fase fluida y el paso de una paragénesis con moscovita-granate-feldespato potásico-biotita-plagioclasa a otra con moscovita-feldespato potásico-biotita-plagioclasa.

Sin embargo, el análisis químico puntual de biotitas y granates reveló el carácter zonado de los granates, permitiendo establecer una reacción del tipo granate (centro)+biotita parda = granate (borde)+biotita verde:



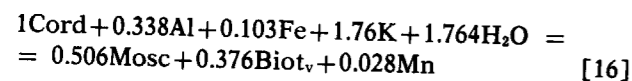
las pequeñas cantidades de Ca, Fe, Ti, etc., pueden considerarse comprendidas dentro del error analítico, por lo que probablemente en la reacción sólo deben intervenir las fases mencionadas anteriormente, lo que debe interpretarse como una reequilibración local de biotitas y granates durante la recristalización metamórfica. La persistencia de estructuras reaccionales, tanto desde un punto de vista textural como químico, se debería a que los minerales reaccionales dejaron de estar en contacto, o bien, lo que parece más probable a que la duración e intensidad del episodio metamórfico fueron insuficientes.

En cuanto a la edad de esta transformación, debe ser probablemente posterior a la segunda fase de deformación, ya que las biotitas verdes no están afectadas por ninguna de las deformaciones penetrativas que sufrieron estas rocas; podría, por tanto, ser atribuida al segundo episodio metamórfico ( $M_2$ ); el hecho de que esta reacción signifique una deshidratación parcial de la roca, lo mismo que la desestabilización de la estauroлита (también sin- $M_2$ ) refuerza esta hipótesis.

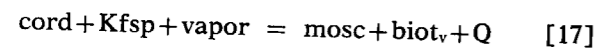
**COEXISTENCIA DE BIOTITAS VERDES Y BIOTITAS PARDAS EN LOS GRANITOIDES ANATECTICOS**

En numerosas láminas de nebulitas de origen sedimentario y de granitos inhomogéneos anatecticos se ha observado la formación de intercrecimientos de biotita y moscovita a partir de cordierita. A menudo, estos dos minerales reemplazan completamente las placas de cordierita. Desde un punto de vista petrográfico, el carácter más notable de esta sustitución es la formación de una biotita verde pálido incolora, totalmente diferente de la biotita parda de la matriz.

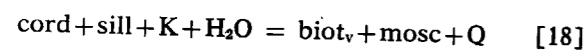
La reacción establecida a partir de los análisis de cordierita y de moscovita y biotita (verde) neoformadas:



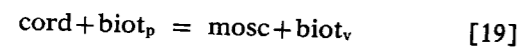
sugiere que el fenómeno de desestabilización de la cordierita podría estar relacionado con la cristalización de los líquidos anatecticos que liberarían ya sea el K y el H<sub>2</sub>O necesarios para la formación de la biotita y la moscovita, ya sea solamente H<sub>2</sub>O si el feldespato potásico participa en la reacción, la cual podría ser del tipo (figura 5a):



eventualmente se podría considerar la participación de la sillimanita sin feldespato potásico mediante una reacción del tipo:



no obstante, si se tiene en cuenta la asociación observada en estas rocas, en las que la sillimanita no es muy abundante en comparación con la biotita, la existencia de fluidos enriquecidos en K y H<sub>2</sub>O permite considerar otra reacción, probablemente más próxima de la realidad:



En cualquiera de los dos casos, reacción [19] o reacción [16] (solamente a partir de cordierita) la topología de ambas reacciones en un triángulo AFM (figura 5b) implica un enriquecimiento en Mg de la biotita neoformada. En efecto, la composición química de la biotita verde formada por desestabilización de la cordierita es muy diferente de la biotita de la matriz (tabla II). Las diferencias principales se sitúan a nivel de los contenidos en Al, Ti, Fe y Mg.

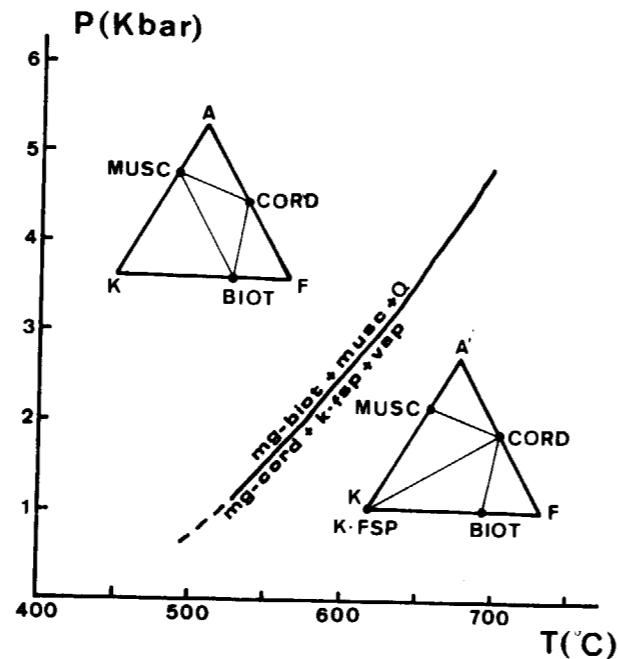


Figura 5a.—Reacción de desestabilización de la cordierita en el triángulo A'KF y curva experimental para la reacción Mg-cord Kfsp vapor = Mg-biot mosc Q, según SEIFERT (1970 a).

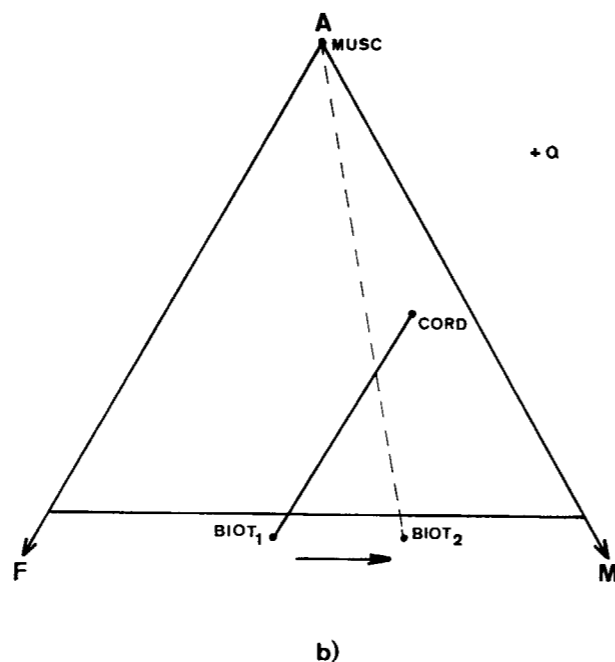


Figura 5b.—Reacción de desestabilización de la cordierita en el triángulo AFM con la composición de la biotita parda (biot<sub>1</sub>) y de la biotita verde neoformada (biot<sub>2</sub>).

Al igual que las biotitas verdes formadas por desestabilización de los granates en los gneises glandulares, estas biotitas son más pobres en Ti que las biotitas pardas de la matriz, 0.035 y 0.440 (f.u.) respectivamente, lo cual podría explicar su color. En cuanto a los otros elementos, hay que destacar el enriquecimiento en Mg, el empobrecimiento en Fe (Fe/Fe+Mg es 45,4 por 100 para las biotitas verdes y 58,21 por 100 para las pardas de la matriz) y el aumento del contenido en Al (especialmente en Al<sup>VI</sup>).

Como en el caso de los gneises glandulares, creemos que la composición de estas biotitas está directamente controlada por la de la cordierita. En efecto, biotitas verdes y cordieritas presentan contenidos en Ti y Mn y relaciones Fe/Fe+Mg muy similares (cf. tabla II), siendo éstos los cuatro elementos que entrarían de forma preferente en la biotita. La riqueza en Al en la fórmula de la cordierita con relación a la de la biotita se traduce por el enriquecimiento en este elemento de las biotitas verdes. El K y el H<sub>2</sub>O necesarios para la formación de la biotita puede suponerse que son suministrados por las soluciones post-magmáticas; en estas condiciones, es lógico suponer que el Al excedente de la formación de la biotita reaccionará con estas soluciones para formar moscovita, la cual aparece en intercrecimiento con la biotita verde en las pseudomorfosis de cordierita.

En cuanto a las condiciones de formación de estas biotitas verdes, solamente el contenido en

Al<sup>VI</sup>+Ti (ver más arriba) puede suministrar algún dato, dado que los contenidos en Ti, Fe y Mg son, como hemos visto, función de los respectivos contenidos en la cordierita. Esa suma es muy parecida, aunque ligeramente inferior a la que presentan las biotitas pardas de la matriz: 1.092 (f.u.) y 1.179 (f.u.) respectivamente, lo cual sugiere una cristalización en condiciones de P-T algo inferiores. Esto es debido probablemente a que las biotitas pardas de la matriz han recrystalizado durante el clímax metamórfico, lo mismo que las cordieritas, mientras que las biotitas verdes representan productos secundarios de estas últimas.

La composición de las moscovitas formadas por desestabilización de las cordieritas es muy similar a la de las moscovitas de la matriz, salvo en cuanto a los contenidos en Al<sup>VI</sup> y en Ti; no obstante, la suma de Al<sup>VI</sup>+Ti lo mismo que la relación Na/Na+K son similares en los dos casos: Al<sup>VI</sup>+Ti es 3.837 (f.u.) y 3.840 (f.u.) respectivamente y Na/Na+K es de 8,17 y 8,35 por 100 respectivamente. Esto indica que las reacciones de formación de biotita verde más moscovita a partir de la cordierita han tenido lugar probablemente bajo condiciones de P-T muy similares a las de formación de la moscovita más cuarzo a partir de la sillimanita más feldespato potásico; no obstante, como se observa en la figura 6 μH<sub>2</sub>O y μK<sub>2</sub>O debieron ser más elevados. Por otra parte, la rehidratación del par sillimanita-feldespato potásico o de la cordierita, generalmente no ha sido completa, lo que dejaría

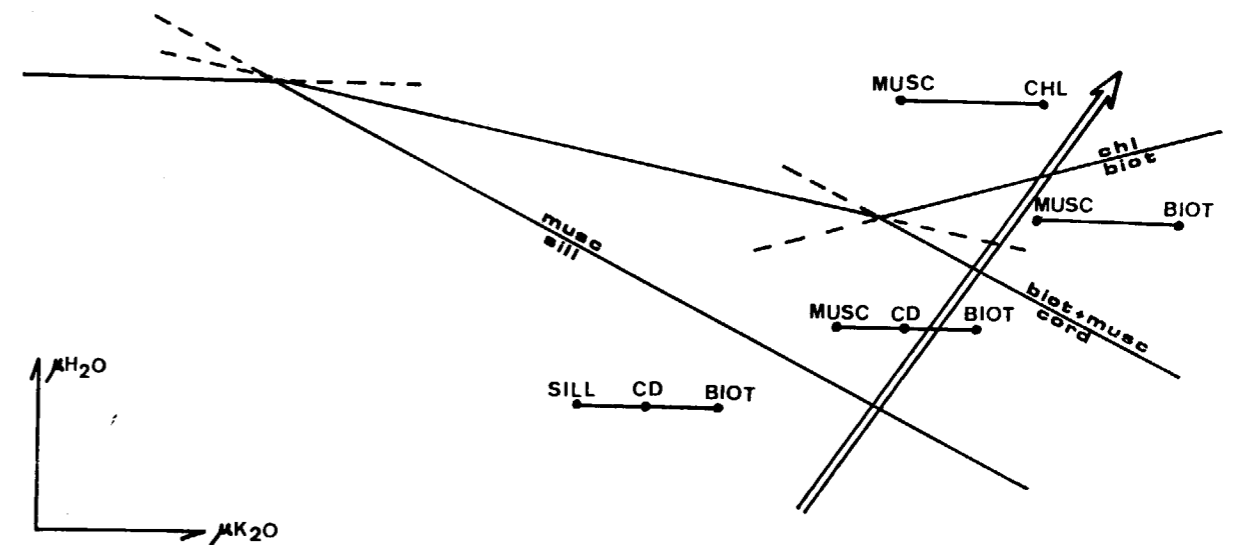


Figura 6.—Evolución mineralógica de los granitoides anatecticos en un diagrama H<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O con las diferentes paragénesis reconocidas. Diagrama según DUBOIS (1977).

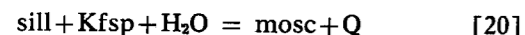
disponibles los fluidos acuosos enriquecidos en álcalis y H<sub>2</sub>O que debieron originar los fenómenos de cloritización y albitización frecuentemente observados en estas rocas. La cloritización parcial de las biotitas verdes sugiere la posterioridad de este último fenómeno con relación a desestabilización de la cordierita.

Una aproximación cuantitativa de las condiciones P-T de formación de las biotitas verdes puede ser obtenida a partir de la curva para la reacción [17] determinada experimentalmente por SEIFERT (1970a) para composiciones puramente magnesianas de la biotita (flogopita) y de la cordierita. Estas condiciones son 575° C para P<sub>s</sub>=2 Kbars y 660° C para P<sub>s</sub>=4 Kbars. Estas temperaturas serían sensiblemente más bajas en el caso estudiado aquí debido al contenido en Fe de las biotitas y las cordieritas consideradas.

#### COEXISTENCIA DE DOS TIPOS DE MOSCOVITA EN LOS GRANITOIDES ANATECTICOS

Se considerará, a título de ejemplo, el caso de las nebulitas de origen sedimentario. En estas rocas pueden reconocerse dos tipos de moscovita:

a) Moscovitas en placas más o menos grandes, a menudo poiquiloblásticas, en simplectitas con el cuarzo y conteniendo sillimanita. Los análisis químicos muestran un contenido en componente paragonítico aún más débil que en el caso de las moscovitas de las metatexitas, lo que significa que este mineral se debió formar durante la recristalización de los líquidos anatéticos (texturas reaccionales) según la reacción:



por ej., aunque en condiciones de P-T algo más elevadas que para las metatexitas, indicando por tanto que estas rocas representan partes un poco más profundas del conjunto migmático.

b) Moscovitas subidiomórficas asociadas a las biotitas, son menos frecuentes que las anteriores. Estas moscovitas contienen a veces algo de biotita, pero otras veces se encuentran simplemente adosadas a este mineral. El rasgo más característico de estas moscovitas es la existencia en todos los casos de pequeños cristales de opacos, ya sea en el interior, ya sea alrededor de la moscovita.

TABLA IV

*Análisis químicos de moscovitas*

	DI6GII	DUG	DUGB	RUB	RUGB	DI6GI
Na <sub>2</sub> O	0.52	0.59	0.45	0.56	0.56	0.70
MgO	1.39	0.78	0.84	1.25	1.89	0.97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.40	35.87	35.59	34.03	32.51	36.42
SiO <sub>2</sub>	45.51	45.51	45.14	46.10	46.36	45.25
K <sub>2</sub> O	10.81	10.57	10.35	10.59	10.54	10.77
TiO <sub>2</sub>	1.61	0.39	0.45	1.32	1.37	1.37
MnO	0.29	0.32	0.36	0.27	0.28	0.24
FeO <sub>t</sub>	2.13	2.14	4.22	2.23	2.82	1.75
TOTAL	97.66	96.17	97.40	96.35	96.34	97.48
Fórmula estructural, 0:22						
Si	5.975	5.835	5.988	6.139	6.183	5.939
Al <sup>IV</sup>	2.025	2.165	2.012	1.861	1.817	2.061
Mg	0.272	0.155	0.166	0.247	0.376	0.190
Al <sup>VI</sup>	3.452	3.453	3.561	3.450	3.293	3.573
Ti	0.158	0.038	0.045	0.132	0.138	0.135
Mn	0.032	0.036	0.040	0.031	0.032	0.027
Fe <sub>t</sub>	0.234	0.237	0.429	0.247	0.315	0.193
Na	0.133	0.153	0.122	0.144	0.145	0.178
K	1.811	1.893	1.753	1.789	1.794	1.803

DI6GII: Moscovitas a partir de biotita, nebulitas.  
 DUG, RUG: Moscovitas de la matriz, granitos de Dumbria y de la Ruña, respectivamente.  
 DUGB, RUGB: Moscovitas a partir de biotita, granitos de Dumbria y de la Ruña, respectivamente.  
 DI6GI: Moscovitas de la matriz, nebulitas.

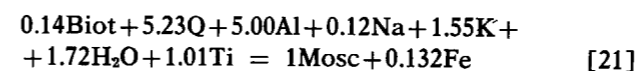
Los análisis químicos de estas moscovitas (tabla IV) muestran un aumento neto del contenido en Fe y Mg y una disminución del contenido en Na con relación a las moscovitas del grupo anterior.

Numerosos estudios regionales (LAMBERT, 1959; BUTLER, 1967, etc.) así como los trabajos experimentales de VELDE (1967) han puesto de manifiesto que el componente celadónico de la moscovita aumenta con el incremento de P y la disminución de T.

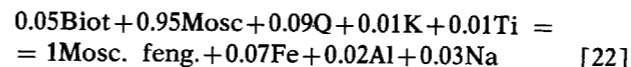
En el caso de estas moscovitas formadas a partir de las biotitas, el aumento de este componente se traduce fundamentalmente por un aumento del contenido en Fe y Mg y en menor proporción en Si [sustitución  $\text{AlAl} \rightleftharpoons \text{Si} (\text{Fe}, \text{Mg})$ ], lo que sugiere que estas moscovitas pudieron haberse formado en condiciones idénticas o muy próximas a las de formación de las otras moscovitas de estas mismas rocas, pero en un sistema con composición diferente: mucho más rico en FeO-MgO y más pobre en Na<sub>2</sub>O, se trataría de un sistema restringido en el seno de la roca cuya composición dependería directamente de la composición de la biotita.

A este respecto hay que señalar que DALLMEYER

(1974) p. ej., encuentra también, en los paragneises de Reading Prong, que las moscovitas formadas a partir de la biotita poseen los contenidos más elevados en Fe-Mg, pero para este autor, la temperatura sería el factor principal que controla la composición de las moscovitas. En nuestro caso parece evidente que es la composición del medio quien condiciona fundamentalmente aquella composición; no obstante, la influencia de la temperatura no puede ser rechazada totalmente dado que las características texturales no son demasiado explícitas en cuanto al momento de formación de estas moscovitas. En ocasiones, el idiomorfismo, los bordes regulares, etc., sugieren una anterioridad con relación a las moscovitas formadas durante la cristalización de los líquidos anatéticos descritas anteriormente, no obstante, la transformación de biotita en moscovita implica necesariamente un aumento de la movilidad de algunos componentes, en particular de SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, tal como se pone de manifiesto en la siguiente reacción establecida a partir de las composiciones de las biotitas y de las moscovitas con inclusiones de opacos:



Esta reacción supondría la formación de la moscovita por reacción de la biotita con los líquidos anatéticos residuales enriquecidos en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> [reacción  $\text{biot} + (\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3) + \text{vapor} = \text{mosc. fengítica} + \text{Ox. de Fe}$ ]. Una hipótesis alternativa consiste en suponer que la nueva moscovita se forma reacción de la moscovita pre-existente (moscovita de la matriz) con la biotita, como resultado de un reajuste a las condiciones de P-T y  $\mu\text{H}_2\text{O}$  impuestas por la cristalización del líquido anatético. En este caso se obtiene la reacción siguiente:



prácticamente topoquímica, en la que las pequeñas variaciones en los elementos K, Ti, etc., pueden considerarse dentro del error analítico. Como se observa, esta reacción no requiere la presencia de ningún fluido acuoso, siendo apenas necesaria la movilidad de ninguno de los elementos considerados, por lo que en un principio puede considerarse como la más probable.

También se han encontrado moscovitas con estas mismas características, asociadas a las biotitas y conteniendo inclusiones de opacos, en las

nebulitas formadas a partir de los gneises glandulares y en los granitos anatéticos autóctonos a sub-alóctonos y en todos los casos el origen propuesto más arriba parece ser el más probable.

#### CONCLUSION

Numerosas rocas afectadas por la Orogénesis Hercínica de la región de Muxia-Finisterre, meta-sedimentos, gneises glandulares, granitoides anatéticos, etc., muestran signos evidentes de desequilibrio si las consideramos a la escala de la lámina delgada. Estos signos son, fundamentalmente, la zonación composicional de algunos minerales como los granates y las variaciones de hábito, color y composición de una misma fase en el seno de una sola lámina delgada, p. ej., las micas. Este hecho puede interpretarse correctamente si consideramos que estas fases suelen aparecer generalmente en el transcurso de la transformación o recristalización metamórfica de fases pre-existentes, p. ej., desestabilización de granates o cordieritas. En estas condiciones, la roca puede considerarse dividida en subsistemas (del tamaño de unos pocos cristales) cuya composición química viene condicionada por la presencia o ausencia de dichas fases pre-existentes (y/o de otras fases que estarían próximas a ellas). En otros casos es posible que los subsistemas se formen debido a un aporte de materia, p. ej., fluidos acuosos con álcalis disueltos resultado de la cristalización de líquidos anatéticos. En estos subsistemas los minerales pueden estar equilibrados entre sí, mientras que considerados a una escala algo mayor (una lámina delgada) dejan de estar en equilibrio (existencia de equilibrios *en mosaico* en la roca).

El balance químico de las diversas reacciones observadas muestra que ciertos constituyentes, tales como el Al, Ti, Fe, álcalis y otros, deben tener un comportamiento móvil, lo que sugiere la existencia de gradientes químicos entre los diferentes subsistemas que forman la roca. La migración de estos constituyentes móviles de un subsistema a otro dependería de la intensidad de estos gradientes y de la velocidad de difusión de los componentes móviles en torno a los minerales que recristalizan. Una migración limitada de determinados iones explicaría, por tanto, el hecho de que las reacciones queden inacabadas, apareciendo texturas reaccionales en las rocas. La mayor o menor abundancia y la composición de un

fluido intergranular, así como la solubilidad de aquellos componentes en el mismo, son probablemente responsables de esta movilidad limitada.

Todos estos factores implican cambios en el contenido en determinados elementos, p. ej., en Fe o Mg de las micas, que pueden variar notablemente de un individuo a otro en una lámina delgada. Pero, por otra parte, existen otros elementos, p. ej., el contenido en  $Al^{VI} + Ti$  también de las micas, que apenas cambian para los diferentes individuos de mica en una lámina delgada (p. ej., biotitas verdes y biotitas pardas en los gneises glandulares) y que no obstante presentan una notable variación de tipo regional fácilmente correlacionable con las variaciones de P-T durante el metamorfismo. Por todo ello, desde un punto de vista metamórfico, la presencia de la misma fase con color, forma y composición diferentes o bien de diferentes pseudomorfosis de un mineral en una lámina delgada no puede ser considerada como un argumento suficiente para probar la existencia de episodios metamórficos diferentes. Finalmente hay que señalar que la formación de equilibrios en mosaico en las rocas estudiadas tiene lugar tanto en el transcurso del metamorfismo progrado (desestabilización de la staurolita, en los metasedimentos) como en el transcurso del metamorfismo retrógrado (desestabilización de la cordierita en los granitoides).

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido efectuado durante la realización de nuestra tesis doctoral. Agradezco al Prof. J. Lameyre de la Universidad de París VI las facilidades prestadas para llevar a cabo los análisis químicos de los minerales con la microsonda Cameca MS-46 de aquella Universidad.

#### BIBLIOGRAFIA

- BUTLER, B. C. M.: *Chemical study of minerals from the Moine of the Ardnarmurchan area, Argyllshire, Scotland*. Jour. of Petrol., 8, 233-267 (1967).
- CARMICHEL, D. M.: *On the mechanism of prograde metamorphic reactions in quartz-bearing pelitic rocks*. Contr. Miner. Petrol., 20, 244-267 (1970).
- DALLMEYER, R. D.: *Metamorphic history of the NE Rearing Prong, New York and N New Jersey*. Jour. of Petrol., 15, 325-359 (1974).
- DUBOIS, R.: *La structure Calabro-Apenninique Cretacé-Eocène et l'ouverture tyrrhenienne Néogène; étude pétrographique et structurale de la Calabre Centrale*. Thèse Univ. Paris VI, 567 pp. (1976).

- ENGEL, A. E. J. & ENGEL, C. G.: *Progressive metamorphism and granitization of the major paragneiss northwest Adirondack Mountains, New York. I-II*. Bull. Geol. Soc. Am., 69, 1369-1414, 71, 1-58 (1958, 1960).
- EUGSTER, H. P. & WONES, D. R.: *Stability relations of the ferruginous biotite, annite*. Jour. of Petrol. 3, 82-125 (1962).
- GABLE, D. J.; SIMS, P. K. & WEIBLEN, P. W.: *Thermal metamorphism of cordierite-garnet-biotite gneiss, Front Range, Colorado*. Jour. of Geol., 78-661-685 (1970).
- GANGULY, J.: *Staurolite stability and related paragenesis: theory, experiments and applications*. Jour. of Petrol., 13, 335-365 (1972).
- GIL IBARGUCHI, J. I.: *Metamorfismo y plutonismo en la región de Muxia-Finisterre (NW España)*. Tesis Univ. Autón. de Barcelona, 220 pp. (1979).
- GORBATSCHEV, R.: *Coexisting variocolored biotites in migmatitic rocks and some aspects of element distribution*. Neues Jb. Miner. Abh., 118, 1-22 (1972).
- GUIDOTTI, C. V.: *Prograde muscovite pseudomorphs after staurolite in the Rangeley-Oquossoc Areas, Maine*. Amer. Miner., 53, 1368-1376 (1968).
- GUIDOTTI, C. V.: *The mineralogy and petrology of the transition from the lower to upper sillimanite zone in the Oquossoc Area, Maine*. Jour. of Petrol., 11, 277-336 (1970).
- HAYAMA, Y.: *Some considerations on the colour of biotite and its relations to metamorphism*. Jour. Geol. Soc. Japan., 65, 21 (1959).
- HOSCHKE, G.: *The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphisms of pelitic rocks*. Contr. Miner. Petrol., 22, 208-232 (1969).
- KORZHINSKII, D. S.: *Physicochemical basis of the analysis of the paragenesis of minerals*. New York: Consultants Bureau (1959).
- KWAK, T. A. P.: *Titanium in biotite and muscovite as an indication of metamorphic grade in almadine amphibolite facies from Sudbury, Ontario*. Geochim. and Cosmoch. Acta., 32, 1222-1229 (1968).
- LAMBERT, R.: *The mineralogy and metamorphism of the Moine schists of the Morar and Kroydart districts of Invernesshire*. Trans. R. Soc. Edimb., 63, 553-588 (1959).
- OSTROVSKY, I. A. & PETROV, V. P.: *Data on the relation between optical properties and chemical composition in Mg-Fe micas*. Trudy Inst. Geol. Nauk., Vypusk 36 (petrograficheskaya serija núm. 11) (1940).
- RICHARDSON, S. W.: *Staurolite stability in a part of the system Fe-Al-Si-O-H*. Jour. of Petrol., 96, 467-488 (1968).
- SCHNEIDER, G.: *Experimental replacement of garnet by biotite*. Neues Jb. Miner. Mh., 1, 1-10 (1975).
- SEIFERT, F.: *Low temperature relations of cordierite in haplopetites of the system  $K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$* . Jour. of Petrol., 11, 73-99 (1970 a).
- SUZUKI, J.: *Über die staurolith-andalousit paragenesis in glimmer gneiss von Piodina (Tessin)*. Schw. Min. Pet. Mitt., 117-132 (1930).
- VELDE, B.: *Phengite micas: synthesis, stability and natural occurrence*. Am. Jour. of Science., 263, 886-913 (1965).
- VOGT, J. H. L.: *The physical chemistry of the crystallization and magmatic differentiation of igneous rocks*. Am. Min., 52, 525-536 (1921).

# INFORMACION

## Noticias

### EL PETROLEO EN EL PROGRAMA DE TVE «OPINION PUBLICA»

Continuando con la serie «Horizonte Español de los 80», que se emite por la Segunda Cadena en el programa de TVE «Opinión Pública», el pasado lunes 23 de marzo se analizó el tema del petróleo y sus derivados.

Los treinta minutos de duración del programa se dividieron en dos partes: la primera fue un informe sobre el petróleo, en el que se intercalaron intervenciones de expertos en el tema como D. Jesús Aranceta, Director Económico de HISPANOIL; D. Alfonso Ballesteros Aguilar, Director de HISPANOIL y ENIEPSA; D. Juan Carlos Fernández Espinar, Ingeniero de ADARO, y D. Bonifacio García-Siñeriz, Director de Investigación de CAMPSA.

La segunda parte, ya en el estudio, fue un coloquio en el que, además de Pedro Meyer como moderador y presentador, intervinieron: D. Roberto Centeno González, Consejero Delegado de CAMPSA; D. Julio Calleja, Presidente de HISPANOIL y ENIEPSA, y D. Mariano Ricardo Echevarría Caballero, Director General del Instituto Geológico y Minero de España.

### INFORME

El petróleo, que con su utilización como arma política por los países productores, a base de la continua elevación de precios, ha provocado en los países consumidores industrializados una situación bastante difícil, casi un callejón sin salida. Estos países occidentales están tratando de salir de la crisis buscando soluciones alternativas a esta fuente energética.

Las soluciones, estas energías alternativas, todavía no están tan desarrolladas para poder sustituir en su totalidad al petróleo. En cualquier caso, a pesar de que las investigaciones continúan, sus efectos no podrán ser todavía muy rápidos.

### SE AGRAVA LA CRISIS ENERGETICA

Durante algunos años, y especialmente en el curso de los dos últimos, la crisis de la energía se fue agravando. Las fuertes elevaciones experimentadas en el precio de los crudos durante 1979 y la guerra en curso entre Irán e Irak son señales alarmantes que subrayan la inestable

situación del petróleo, producto que todavía asegura el 45 por 100 del consumo energético mundial.

Numerosos estudios coinciden en afirmar que la producción máxima de crudos se realizará hacia 1990. Conviene tener presente a este respecto que los descubrimientos realizados en los diez últimos años no alcanzan a cubrir el consumo mundial en el mismo período.

La guerra irano-irakí, sorprendió a casi todos los países con grandes reservas de crudos; pero ahora, vuelve a registrarse una situación de déficit cercano a 2.000.000 de barriles por día.

### LA SITUACION EN ESPAÑA

Hay que destacar que el petróleo costó a nuestro país 5.000 millones de dólares en 1978 y que esa factura habrá rebasado los 11.000 millones en 1980; cifra prácticamente igual al déficit de nuestra balanza comercial, y al paso que van las cosas, no resultará exagerado suponer que los crudos incrementen su precio en un 50 por 100 como mínimo a lo largo de los próximos seis o siete años.

Esto significará que sólo esta elevación será equivalente al 6 por 100 de nuestro Producto Interior Bruto en 1990.

Una de las posibilidades al alcance de todos los países, salvo dificultades de tipo económico, en la lucha contra la carestía del petróleo, consiste en la transformación de centrales térmicas movidas por fuel-oil en centrales térmicas movidas por carbón.

### LA ENERGIA EN EL PROGRAMA DE TVE «OPINION PUBLICA»

### EL PROBLEMA ENERGETICO

La energía es una de las mayores preocupaciones —si no la mayor— que en estos momentos pesan sobre el mundo.

Durante seis semanas consecutivas, desde el 16 de febrero al 23 de marzo, el programa de la Segunda Cadena «Opinión Pública», que dirige Alberto Delgado, se va a ocupar de este tema enfocado dentro del programa «Horizonte Español de los 80».



En este primer programa, presentado por Pedro Mayer, intervinieron los expertos siguientes: D. Luis Magaña, Comisario General de la Energía y Recursos Minerales; D. Pedro Ribero, Director General Adjunto de UNESA; D. Fernando Alegría, de la Sociedad Energías Alternativas; D. Víctor Pérez Pita, Jefe de la División Nuclear de la Empresa Nacional de Electricidad, y D. Miguel Ángel Pérez Marqués, Director de ENERPRESS y especializado en temas energéticos.

#### ANÁLISIS DEL PLAN ENERGÉTICO NACIONAL EN EL CLUB ESPAÑOL DE LA MINERÍA

En el Salón de Actos del Instituto de Ingenieros Civiles de España tuvo lugar el pasado día 17 de marzo una conferencia-coloquio que, bajo el lema «Análisis del PEN», fue convocada por el Club Español de la Minería y la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas, a través de su Grupo Especializado en Energía.

La mesa estaba compuesta por el moderador, D. José Rosón Trespalacios, presidente de Promotora de Recursos Naturales; S. A.; el ponente general, D. Bernardo López Majano, de la Comisión del Grisú, del Ministerio de Industria, y los ponentes de especialidad D. Juan Ignacio Artieda Bosquets, vicepresidente de ENCASUR; D. Miguel Bielsa Díaz-Caneja, por la Empresa Nacional de Ingeniería y Tecnología (ENITEC); D. Celso Penche Felgueroso, por Unión Técnica de Soldaduras, S. A.; D. José Luis Quiler Martínez de la Vega, Director General de la Energía del Ministerio de Industria; D. Ángel Rodríguez Paradinas, por Compañía General de Sondeos, C. G. S.; D. José Luis Sánchez Gómez, por CAMPSA, y D. Dionisio Sierra Fernández, por Hispánica de Petróleos, S. A.

La presentación corrió a cargo del señor Rosón como moderador, que hizo hincapié en que el acto se inscribía dentro del ciclo que ahora está siguiendo el Club Español de la Minería: «Energía, economía y política económica».

Insistió en que el PEN es un instrumento que hay que ir poniendo al día, y luego de presentar al ponente general y a los de especialidad, cedió la palabra al primero, señor López Majano.

#### LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL PROGRAMA DE TVE «OPINIÓN PÚBLICA»

Siguiendo el orden previsto en la serie «Horizonte Español de los 80», el pasado 30 de marzo se emitió el capítulo 5 dedicado a la energía, analizándose el tema «La energía nuclear y su seguridad».

La primera parte del programa fue un informe bastante completo de lo que es y lo que significa la energía de fisión y lo que puede ser la de fusión. En este informe se intercalaron intervenciones de expertos como D. Raúl Herranz de Miguel, Director Adjunto de ENUSA; D. Antonio Colino López, igualmente Director Adjunto de ENUSA; D. Juan José Villa, Director de la Central Nuclear «José Cabrera», y D. Francisco Verdager Fernández,

Jefe de la División de la Fusión Nuclear de la Junta de Energía Nuclear.

#### PRESENTACION DEL PROGRAMA

El presentador comenzó diciendo que, después de preocuparnos de las fuentes tradicionales en el mundo de la energía: saltos de agua, carbón y petróleo, en este capítulo de «Opinión Pública», vamos a ocuparnos de la energía nuclear, que es la más moderna de las que pueden utilizarse a escala industrial. Hablar de energía nuclear es, en todas partes del mundo, hablar de un tema conflictivo, pues son numerosísimos los países que han optado por este tipo de energía. En España, nuestro Gobierno, también ha optado por ella, como se refleja en el Plan Energético Nacional.

#### INFORME DEL PEN SOBRE LA ENERGÍA NUCLEAR

El Plan Energético Nacional dice taxativamente: «Para la cobertura de la demanda, se ha considerado la prosecución de la solución nuclear y por ella se han inclinado países de modelos económicos tan diversos como los Estados Unidos, Gran Bretaña y la Unión Soviética; países occidentales como Francia y Japón; países grandes como la India y pequeños como Suiza; países sin reservas petrolíferas como Alemania y países con grandes reservas como Irán».

En realidad, la opción por la energía nuclear ha sido prácticamente general en países con un cierto grado de desarrollo.

El mismo PEN advierte que si la energía que han de producir las centrales nucleares en 1987 tuviera que ser obtenida del petróleo o mediante importaciones de carbón, únicas alternativas actuales a la nuclear, el coste anual para el país en divisas sería de unos 1.300 millones de dólares de 1977, frente a unos 420 millones que costaría la nuclear.

Las limitaciones pueden afectar a las líneas de abastecimiento de los combustibles; por ello, y a fin de paliar en lo posible las dependencias del extranjero, se están potenciando la actividad de la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA).

#### LAS NUEVAS ENERGÍAS EN EL PROGRAMA DE TVE «OPINIÓN PÚBLICA»

El pasado 6 de abril, y como colofón de la serie «Horizonte Español de los 80», se analizaron las características de las «nuevas energías» en el programa de TVE «Opinión Pública».

El programa, que dirige Alberto Delgado y presenta Pedro Meyer, se dividió en dos partes: la primera fue un informe con intervenciones intercaladas de expertos en el tema. Así, opinaron sobre las energías alternativas D. Ramón Vázquez Catedrático de Termodinámica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla; varios propietarios de paneles solares en sus fincas; D. Ramón Leonato, Director General de la Energía; Jordi Vidal de Llobatera, arquitecto poseedor de una casa autoabastecida de energía; Rafael Fernández Aller, In-

geniero Jefe de Hidrogeología de ADARO, y D. Jorge Sánchez Almaraz, Ingeniero Jefe Residuos Sólidos de ADARO.

La segunda parte del programa fue un coloquio en el estudio de televisión en el que intervinieron, junto con el presentador-moderador D. Pedro Meyer, los invitados siguientes: D. Antonio Luque, Catedrático de Electrofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones de la Universidad Complutense de Madrid; D. Carlos Villaceros, Director Comercial del INI SOLAR; D. Juan Ortigosa, Ingeniero de la NASA y Presidente de Solar Power, y D. José Antonio Ferrando, Director Adjunto de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.

El programa se inició con unas palabras de D. Ramón Vázquez, quien afirmó que «la energía solar constituye la base sobre la que se asienta la vida en el planeta; es una energía limpia y renovable y, además de la economía que pueda representar para el país y el ahorro para el usuario traducido en pesetas, tiene la indudable ventaja de ser una energía que no está sometida a restricciones como les ocurre a los derivados del petróleo».

#### PRESENTADOR

Hemos abierto el programa con las declaraciones del señor Vázquez haciendo referencia a las nuevas energías y concretamente a la energía solar. Después de haber hablado a lo largo de cinco programas de las energías tradicionales, en este último programa les toca el turno a las que pueden ser energías principales en un futuro más o menos próximo.

El Plan Energético Nacional ha recomendado ir sustituyendo los derivados del petróleo en las fuentes que se necesitan para conseguir la electricidad y a esta misma conclusión han llegado prácticamente la totalidad de todos los países del mundo sea cual sea su tamaño, potencial económico o su régimen político.

#### CONVENIO-MARCO ENTRE EL IGME Y LA DIPUTACION PROVINCIAL DE MADRID

Dentro del programa de convenios-marco entre el IGME y diversas corporaciones locales, el pasado día 17 de diciembre tuvo lugar en la sede de la Diputación Provincial de Madrid la firma del Convenio-Marco entre esta Corporación y el Instituto Geológico y Minero de España. Rubricaron el Convenio, de una parte, el Director del IGME,

don Mariano Ricardo Echevarría Caballero, y de otra el Presidente de la Diputación Provincial de Madrid, don José María Rodríguez Colorado.

El presente Convenio-Marco prevé asistencia técnica, servicios de estudio y asesoramiento y realización de trabajos por parte del IGME a petición de la citada Diputación Provincial de Madrid.

Los campos afectados por dichos servicios son:

— Infraestructura geológica y minera que incluyen los estudios básicos necesarios para los trabajos y actividades de aplicación al conocimiento de los recursos minerales y de la adecuada utilización del medio natural.

— Recursos minerales que abarcan la localización y evaluación del potencial minero, estudiando la viabilidad de la explotación y aprovechamiento de los recursos puestos de manifiesto.

— Geología aplicada al Medio Natural que comprende la investigación y evaluación de las aguas subterráneas, conservación y aprovechamiento adecuado de los acuíferos y los estudios relacionados con la aplicación de la Geología a la Ordenación del Territorio y protección del medio ambiente, cartografía necesaria y, asimismo, los relacionados con la Geología aplicada a la ingeniería, incluyendo la cartografía geotécnica y los estudios especiales relativos a estos campos de la Geología aplicada.

— Desarrollo de la base de datos y fondo de documentación.

El orden de aplicación para el desarrollo de estas actividades será: estudio de síntesis hidrogeológica de la provincia de Madrid; estudio de la situación actual de los abastecimientos urbanos de la provincia; estudios hidrogeológicos de detalle; actualización del inventario de puntos acuíferos; vigilancia y control de la calidad de las aguas subterráneas y, por fin, la elaboración de mapas de orientación al vertido de residuos sólidos.

Para controlar adecuadamente la realización del programa convenido, se constituirá un Comité Mixto de Seguimiento integrado por tres representantes del IGME y otros tres de la Diputación de Madrid que se reunirá, al menos, una vez cada cuatro meses. Dicha Comisión tendrá como cometido esencial el de proponer: la distribución de las cifras de inversión previstas entre los diferentes estudios y trabajos; la contribución que corresponda en los mismos a la Diputación Provincial de Madrid, de acuerdo con porcentajes de financiación convenidos y, por último, los reintegros que, en su caso, proceda efectuar al IGME cuando los gastos correspondientes no sean atendidos directamente por la Diputación de Madrid, llevándose a cabo las liquidaciones que procedan con una periodicidad mínima cuatrimestral.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA GENERAL

01192. **Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Cataluña.** INSTITUTO GEOLOGICO MINERO DE ESPAÑA, DIRECCION DE PLANIFICACION Y GESTION.

Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Cataluña (1980), 1-83, esp. bibl. IGME.

\* Informe actividad, IGME, Cataluña, Historia, Inventario, Prospección, Geofísica, Política estado, Concesión minera, Panorama minero, Mapa yacimiento minerales, Materia prima, Cartografía, Geofísica, Desecho industrial, Desecho doméstico, Contaminación, Hidrogeología, Geotermia.

### ESTRATIGRAFIA

01119. **Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) de materiales aalenenses en Ribarroja (Valencia).** FERNANDEZ-LOPEZ, S.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 415-423, esp., res. ing. ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Fauna específica, Ammonoidea, Caliza, Aalenense, Bajociense, Corte geológico, Ribarroja, Provincia Valencia, Macizo Ibérico.

01123. **Los grandes Gasterópodos del Neocomiense del Maestrazgo y límites.** CALZADA, S.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 443-448, esp., res. ing., ref. (17), bibl. IGME.

\* Fauna gasterópodo, Mesogastrópodo, Hauteriviense, Corte geológico, Maestrazgo, Provincia Castellón, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

01126. **Desarrollo del magmatismo en el tránsito Paleozoico-Mesozoico de la Cordillera Ibérica: Los basaltos de la zona de Ojos Negros (Guadalajara-Teruel).** DE LA PEÑA, J. A.; MARFIL, R., y RAMOS, J. L.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 465-472, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Basalto, Asociación magmática, Olivino, Edad, Cálculo petrográfico, Carbonífero, Pérmico, Corte geológico, Methode optique (Kd), Ojos Negros, Provincia Guadalajara, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

01137. **Contribución al conocimiento del límite Mioceno-Plioceno en el dominio Mediterráneo Occidental: las sec-**

**ciones de Los Palacios y Cañada de Vera (Almería, España).** CARRASCO, F.; GONZALEZ DONOSO, J. M.; LINARES, D.; RODRIGUEZ, P., y SERRANO, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 559-567, esp., res. ing., ref. (17), bibl. IGME.

\* Mioceno Superior, Plioceno, Sedimentación marina, Fauna foraminíferos, Fauna ostrácodo, Los Palacios, Cañada de Vera, Provincia Almería, Zona Bética.

01138. **Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio superior, en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica.** GOMEZ, J. J., y GOY, A.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 569-598, esp., res. fra. e ing. ref. (3 p.), bibl. IGME.

\* Jurásico, Marga, Caliza, Dolomía, Microfacies, Fauna, Región Valencia, Provincia Teruel, Provincia Cuenca, Provincia Zaragoza, Provincia Soria, Macizo Ibérico.

01141. **La secuencia Neógena marina de los Campos de Dalías y de Míjar (Almería).** ADDICOTT, W. O.; SNAVELY, P. D., Jr.; POORE, R. A., y BUKRY, D.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 609-631, esp., res. ing., ref. (2 p.), bibl. IGME.

\* Sedimentación marina, Estructura sedimentaria, Roca volcánica, Conglomerado, Caliza, Arenisca, Yeso, Fauna específica, Corte geológico, Mioceno Superior, Plioceno, Campo de Dalías, Campo de Níjar, Provincia Almería, Zona Bética.

01143. **Estudio sedimentológico de las arenas de Utrillas en las cuencas de Utrillas y Esteruel (Prov. Teruel).** PARDO TIRAPU, G., y VILENA MORALES, J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 645-650, esp., res. ing., ref. (12), bibl. IGME.

\* Cretácico, Arena, Estructura sedimentaria, Estratificación entrecruzada, Granoclasificación, Sedimentación fluvial, Sedimentación litoral, Paleocorriente, Corte geológico, Cabalgamiento, Formación Utrillas, Provincia Teruel.

### TECTONICA

01127. **Evolución geológica de los Andes del Sur, Arco de Scotia y Península Antártica: una síntesis.** SUAREZ, D. M.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 473-485, esp., res. ing., ref. (3 p.), bibl. IGME.

\* Tectónica de placas, Convergencia placas, Arco insular, Cuenca marginal, Magmatismo, América del Sur, Antártico.

01139. **Fallas y fracturas en las capas miocenas de Alcalá de Henares (Madrid): Interpretación tectónica.** MARTIN ESCORZA, C.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 599-604, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Falla, Fractura, Lineación, Deformación, Disolución, Yeso, Mioceno, Alcalá de Henares, Provincia Madrid, Cuenca Tajo.

01142. **Caracteres estructurales de los enlaces meridionales Altomira-Ibérica.** GARCIA ABBAD, F. J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 633-643, esp., res. ing., ref. (14), bibl. IGME.

\* Tectónica de plegamiento, Anticlinal, Anticlinorio, Fractura, Lineamiento, Despegue, Corte geológico, Secundario, Sierra Altomira, Provincia Cuenca, Macizo Ibérico.

### GEOLOGIA DEL INGENIERO

01185. **Quince años de ensayos electromagnéticos.** DONA PETRY, B.

*Sextas Jornadas minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 733-744, esp., bibl., IGME.

\* Ensayo in situ, Campo electromagnético, Metodología, Instrumentación, Tecnología minera, Cables de extracción, Aparato ACMI, Aparato Brandt, 1964-1979.

### PALEONTOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS

01111. **Nuevos datos sobre los corales rugosos del Devónico de la Sierra del Pedroso.** RODRIGUEZ, S., y SOTO, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 345-354, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Estreptelasmantina, Columnariina, Cistifillina, Estreptelasmantina, Caliza, Emsiense, Givetiense, Temnophyllum recharsoni, Tabulophyllum, Traverense, Acauthophyllum, Diplochone, Disphyllum pedrosensis, Sierra del Pedroso, Valsequillo, Provincia Badajoz.

01115. **Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain.** BRASIER, M. D.; PEREJON, A., y DE SAN JOSE, M. A.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 379-383, ing. res. esp., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Fauna, Pista, Olistostroma, Pizarra, Arenita, Precámbrico, Cámbrico, Vendreu, Provincia Toledo.

01116. **Hallazgo de arqueociatos en las calizas de la Estrella (Montes de Toledo occidentales, Toledo, España).** MARTIN-CARO, I.; MORENO-EIRIS, E.; PEREJON, A., y DE SAN JOSE, M. A.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 385-388, esp., res. ing. ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Fauna, Archaeocyata, Caliza, Cámbrico, Navalmorealejo, Sierra Ancha, Provincia Toledo.

01118. **Consideraciones sobre el género y la especie en relación con una microfauna de foraminíferos planctónicos de la zona de Helvetoglobotruncana helvética (Turonense).** GONZALEZ DONOSO, J. M., y LINARES, D.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 397-413, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Foraminífera pelágica, Turoniense, Clasificación, Corte geológico, Helvetoglobotruncana, Whiteinella, Praeglobotruncana, Dicarinnella, Marginotruncana, Ubeda, provincia Jaén.

01119. **Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) de materiales aalenenses en Ribarroja (Valencia).** FERNANDEZ-LOPEZ, S.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 415-423, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Fauna específica, Ammonoidea, Caliza, Aalenense, Bajociense, Corte geológico, Ribarroja, Provincia Valencia, Macizo Ibérico.

01123. **Los grandes Gasterópodos del Neocomiense del Maestrazgo y límites.** CALZADA, S.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 443-448, esp., res. ing. ref. (17), bibl. IGME.

\* Fauna gasterópoda, Mesogastrópoda, Hauteriviense, Corte geológico, Maestrazgo, Provincia Castellón, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

01125. **«Ceratostreou tuberculiferun landeceri», n. ssp. del Aptiense español (Ostreidea).** CALZADA BADIA, S., y BOTERO ARANGO, G.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 459-464, esp., res. ing., ref. (14), bibl. IGME.

\* Ostreacea, Marga, Caliza, Aptiense, Corte geológico, Paleocología, Ceratostreou tuberculiferu, Bedoulien, Morella, Provincia Castellón.

01134. **La evolución intraespecífica en el «nummulites striatus».** MASACHS ALAVEDRA, V.

\* *Estud. Geol.* (1979), 35, 533-539, esp., res. ing., ref. (2), bibl. IGME.

\* Nummulites, Biocenosis, Yacimiento fosilífero, Marga, Caliza, Nummulites striatus, La Pobla de Claramunt, Els Moions, Provincia Barcelona.

01137. **Contribución al conocimiento del límite Mioceno-Plioceno en el dominio Mediterráneo occidental: las secciones de Los Palacios y Cañada de Vera (Almería, España).** CARRASCO, F.; GONZALEZ DONOSO, J. M.; LINARES, D.; RODRIGUEZ, P., y SERRANO, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 559-567, esp., res. ing., ref. (17), bibl. IGME.

\* Mioceno sup., Plioceno, Sedimentación marina, Fauna foraminífera, Fauna ostrácodo, Los Palacios, Cañada de Vera, Provincia Almería, Zona Bética.

### PALEONTOLOGIA DE LOS VERTEBRADOS

01110. **Algunas pautas de la evolución, en los homínidos, del cociente entre las capacidades craneales del recién nacido y del adulto: sus posibles implicaciones.** ARSUA-GA, J. L.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 341-343, esp., res. ing., ref. (12), bibl. IGME.

\* Preneandertaliense, Alometría, Cráneo, Australopithecus africanus.

01117. **Algunos caracteres coxo-femorales de los homínidos primitivos. Posibles implicaciones taxonómicas.** ARSUAGA, J. L.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 389-395, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Preneandertaliense, Anatomía locomoción, Taxonomía, Australopithecus africanus.

01122. **Notas sobre la batracofauna cuaternaria de Cerdeña.** SANCHIZ, F. B.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 437-441, esp., res. ing., ref. (22), bibl. IGME.

\* Anuromorfa, Extinción, Pleistoceno, Holoceno, Discoglossidae, Bufonidea, Silanus, Oliena, Cerdeña.

01129. **Micromamíferos fósiles del Mioceno Superior de Terrassa (Barcelona, España).** AGUSTI, J., y GIBERT, J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 493-496, esp., res. in., ref. (8), bibl. IGME.

\* Insectiva, Rodentia, Mioceno sup., Galerix socialis, Postpalerinaceus vireti, Mioserex grivensis, Talpa vallesiensis, Rotundomys bressanus, Hispanomys thaleri, Progonomys hispanicus, Gliridae, Spermophilinus, Vallesien, Terrassa, Provincia Barcelona.

01130. **Nuevos datos sobre los carnívoros del área de Teruel, Síntesis y blostratigrafía.** MORALES, J., y SORIA, D.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 497-504, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Fisipeda, Mioceno sup., Nuevo dato, Metailurus, Machairodus, Turolien, Concud, El Arquillo, Los mansuetos, Provincia Teruel.

## PALEOBOTANICA

01136. **Estudio de los vegetales fósiles de la Cuenca de Tíneo: las Pecopterideas.** ALVAREZ-RAMIS, C., y DOUBINGER, J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 549-558, esp., res. fra., ref. (14), bibl. IGME.

\* Problemática hongo, Estefaniense, Pecopterideas, Tíneo, Provincia Oviedo.

## HIDROLOGIA

01133. **Ambiente hidrogeoquímico de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Záncara en los alrededores de la Alberca de Záncara (Cuenca).** GONZALEZ MAS, J., y LOPEZ VERA, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 521-531, esp., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Acuifero, Agua de superficie, Análisis menores, Calidad

agua, Cretácico, Terciario, Cuaternario, Hidroquímica, La Alberca de Záncara, Provincia Cuenca.

01144. **El Karst de Villar del Cobo (Sierra de Albarracín).** GUTIERREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 651-656, esp., res. ing. fra., ref. (7), bibl. IGME.

\* Karst, Jurásico, Fracturación, Lapiaz, Dolina, Geomorfología, Mapa geomorfológico 1:50.000, Villar del Cobo, Sierra de Albarracín, Provincial Teruel.

## PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

01135. **Mineralogía de la fracción fina de la «Block Formation». Depresión de Granada.** ORTEGA-HUERTAS, M.; RODRIGUEZ-GALLEGO, M., y LOPEZ AGUIYO, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 541-548, esp., res. ing., ref. (21), bibl. IGME.

\* Fracción fina, Arena, Silt, Marga, Arcilla, Génesis roca sedimentaria, Composición mineralógica, Paleogeografía, Plioceno, Provincia Granada.

01143. **Estudio sedimentológico de las arenas de Utrillas en las cuencas de Utrillas y Esteruel (Prov. Teruel).** PARDO TIRAPU, G., y VILLENA MORALES, J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 645-650, esp., res. ing., ref. (12), bibl. IGME.

\* Cretácico, Arena, Estructura sedimentaria, Estratificación entrecruzada, Granoclasificación, Sedimentación fluvial, Sedimentación litoral, Paleocorriente, Corte geológico, Cabalgamiento, Formación Utrillas, Provincia Teruel.

## PROPIEDADES FISICAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

01145. **Estudio teórico y experimental de un proceso de precipitación de sílice sobre caliza.** LA IGLESIA, A., y BUSTILLO, A.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 657-665, esp., res. ing., ref. (29), bibl. IGME.

\* Ensayo laboratorio, Metodología, Silicificación, Caliza, Crecimiento cristalino, Termodinámica, Cristalografía.

## PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

01126. **Desarrollo del magmatismo en el tránsito Paleozoico-Mesozoico de la Cordillera Ibérica: Los basaltos de la zona de Ojos Negros (Guadalajara-Teruel).** DE LA PEÑA, J. A.; MARFIL, R., y RAMOS, J. L.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 465-472, esp., res. ing., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Basalto, Asociación magmática, Olivino, Edad, Cálculo

petrográfico, Carbonífero, Pérmico, Corte geológico, Método óptico (Kd), Ojos Negros, Provincia Guadalajara, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

01132. **Sobre el origen de las anfibolitas asociadas con rocas calcosilicatadas de la Unidad de la Tejada (Zona Bética).** ELORZA, J.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 511-519, esp., res. ing., ref. (2 p.), bibl. IGME.

\* Ortoanfíbrolita, Metapelita, Composición mineralógica, Análisis mayores, Metamorfismo, La Tejada, Sierra Tejada, Provincia Málaga, Zona Bética.

01140. **Pillow lavas and basic intrusives of Early Cretaceous age in the Cantar area (prov. Murcia, Spain).** VAN DE FLIERT, J. R.; HEBEBA, E. H.; PRIEM, H. N. A.; DE SMET, M. E. M., y VERDURMEN, E. A. Th.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 605-608, ing., res. esp., ref. (14), bibl. IGME.

\* Datación K-Ar, Diabasa, Trías Superior, Lava, Neocomiense, Ofita, Cantar, Provincia Murcia, Zona Bética.

## YACIMENTOLOGIA DE MINERALES

01174. **Aplicación de la Mineralogía a la predeterminación y optimización económica de la flotación de sulfuros metálicos.** MARTIN GONZALEZ, E.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 489-510, esp., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Sulfuro, Metal sustancia, Yacimiento sedimentario, Masa mineralizada, Stockwerk, Flotación, Ensayo laboratorio, Análisis químico, Granulometría, Río Tinto, Provincia Huelva.

01175. **La explotación minera de Aznalcollar. Una realidad industrial ligada al desarrollo de la flotación diferencial de los minerales piríticos complejos.** CAZORLA RIANO, J. A., y MORALES MORALES, J. R.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 511-543, esp., bibl. IGME.

\* Piritita sustancia, Piroclástico, Devónico, Reserva, Calidad mineral, Composición mineralógica, Flotación, Ensayo laboratorio, Análisis químico, Metodología, Instrumentación, Aznalcollar, Provincia Sevilla.

## GEOQUIMICA

01192. **Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Cataluña.** INSTITUTO GEOLOGICO MINERO DE ESPAÑA, DIRECCION DE PLANIFICACION Y GESTION.

Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Cataluña (1980), 77-80, esp., bibl. IGME.

\* Informe actividad, Geoquímica, IGME, 1973-1979, Cataluña.

## GEOQUIMICA DEL AGUA

01133. **Ambiente hidrogeoquímico de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Záncara en los alrededores de la Alberca de Záncara (Cuenca).** GONZALEZ MAS, J., y LOPEZ VERA, F.

*Estud. Geol.* (1979), 35, 521-531, esp., res. ing., ref. (7), bibl. IGME.

\* Acuifero, Agua superficie, Análisis menores, Calidad agua, Jurásico, Cretácico, Terciario, Cuaternario, Hidroquímica, La Alberca de Záncara, Provincia Cuenca.

## ECONOMIA. GENERALIDADES

01177. **Problemática integral del transporte hidráulico de minerales.** TARGUETTA ARRIOLA, L., y ALVAREZ RODRIGUEZ, R.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 569-602, esp., ref. (2 p.), bibl. IGME.

\* Minerales, Medio de transporte, Hidrodinámica, Método matemático, Propiedad física, Granulometría.

01180. **La oxidación bacteriana en el beneficio de minerales.** MERINO, J. L., y GASOS, P.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 653-672, esp., ref. (2 p.), bibl. IGME.

\* Minerales, Oxidación, Bacteria, Tecnología minera, Metodología.

01181. **La seguridad minera en España y en la Comunidad Económica Europea.** PRADO CALZADO, J.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 673-684, esp., bibl. IGME.

\* Legislación minera, Metano, Cooperación técnica, Estadística, Explosión, Mina, Real Decreto de 29 de julio de 1905, Comisión de Grisú, Grisú, 1961-1978, España, C. E. E.

01182. **El laboratorio oficial «José Madariaga».** PRADO CALZADO, J., y MAÑANA VAZQUEZ, R.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 685-698, esp., bibl. IGME.

\* Política estado, Investigación, Ensayo laboratorio, Anomalía eléctrica, Explosión, Laboratorio oficial «José Madariaga», Madrid, Provincia Madrid.

01183. **Posibilidades de ensayo e investigación del laboratorio «José María Madariaga».** MAÑANA VAZQUEZ, R.; FERNANDEZ RAMON, C.; CARRASCO GALAN, J., y GONZALEZ GALLEGU, C.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 699-707, esp., bibl. IGME.

\* Tecnología minera, Ensayo laboratorio, Electricidad, Explosión, Instrumentación, Laboratorio «José María Madariaga», Madrid, Provincia Madrid.

01184. **El centro de cálculo de ventilación de Huelva.** LUQUE CABRAL, V.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 709-732, esp., bibl. IGME.

\* Tecnología minera, Mina, Programa ordenador, Fortran, Algoritmo, Centro de cálculo de ventilación, HUNOSA, Wher-Heningsen, Hardy-Cross, Asturias.

01186. **Tracción eléctrica con locomotoras de baterías de acumuladores en minas con grisú.** MARTINEZ DE VELASCO, J., y CARRASCO GALAN, J.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 745-783, esp., bibl. IGME.

\* Tecnología minera, Mina, Medio transporte, Coste, Ecuación matemática, Metano, Locomotoras de baterías de acumuladores.

01187. **Lámpara de casco. Condiciones de seguridad. Normativa.** GONZALEZ GALLEGU, C., y ADARO JOVE, L.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 785-803, esp., bibl. IGME.

\* Tecnología minera, Explosión, Mina, Lámpara de casco, Grisú.

01188. **Explosiones de grisú y polvo de carbón.** FERNANDEZ VILLAVERDE, J. I.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Seguridad e Higiene* (1980), 2, 803-818, esp., ref. (4), bibl. IGME.

\* Legislación minera, Explotación, Carbón, Explosión, Metano, Instrumentación, Reglamento de Policía minera, Grisúmetros, España.

01189. **Algunos aspectos legales de la inversión extranjera en la minería.** LOPEZ MELLADO, A.; GARRIGUES, J., y GARRIGUES, A.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Legislación minera* (1980), 2, 833-843, esp., bibl. IGME.

\* Legislación minera, Legislación investigación, Integración sociedad, Ley minas 22/1973, Reglamento 2857/1978, España.

01196. **Anexo I: Resumen parcial del Archivo de Planes y Labores existentes en el IGME.** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, DIRECCION DE PLANIFICACION Y GESTION.

Síntesis de las investigaciones geológico-mineras realizadas por el IGME en Cataluña (1980), esp., bibl. IGME.

\* Inventario, Concesión minera, Cataluña.

## ECONOMIA DE LOS MATERIALES

01174. **Aplicación de la Mineralogía a la predeterminación y optimización económica de la flotación de sulfuros metálicos.** MARTIN GONZALEZ, E.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 489-510, esp., ref. (1 p.), bibl. IGME.

\* Sulfuro, Metal sustancia, Yacimiento sedimentario, Masa mineralizada, Stockwek, Flotación, Ensayo laborato-

rio, Análisis químico, Granulometría, Río Tinto, Provincia Huelva.

01175. **La explotación minera de Aznalcollar. Una realidad industrial ligada al desarrollo de la flotación diferencial de los minerales piríticos complejos.** CAZORLA RIANÑO, J. A., y MORALES MORALES, J. R.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 511-543, esp., bibl. IGME.

\* Pirita sustancia, Piroclástico, Devónico, Reserva, Calidad mineral, Composición mineralógica, Flotación, Ensayo laboratorio, Análisis químico, Metodología, Instrumentación, Aznalcollar, Provincia Sevilla.

01178. **Cinco años de producción de uranio a partir de las pizarras de Saelices el Chico.** GONZALEZ BRIONES, S.; VILLORIA MIGUEL, A., y JOSA GARCIA, J. A.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 603-625, esp., ref. (2 p.), bibl. IGME.

\* Uranio sustancia, Producción, Previsión, Reserva, Calidad mineral, Mina, Pizarra, Tecnología minera, Metodología, Energía nuclear, Saelices el Chico, España, Provincia Salamanca.

01179. **Proceso para la separación y recuperación del uranio del ácido fosfórico.** JOSA GARCIA, J. M.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 627-651, esp., ref. (3 p.), bibl. IGME.

\* Uranio sustancia, Roca fosfatada, Acido mineral, Reserva Tecnología minera, Metodología, Acido fosfórico.

## ECONOMIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

01176. **Consideraciones sobre la flotación del carbón.** PERALTA ROMEO, C.

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva. Tecnología de procesos mineralúrgicos* (1980), 2, 543-568, esp., ref. (3), bibl. IGME.

\* Carbón sustancia, Flotación, Ensayo laboratorio, Metodología, Granulometría.

## ECONOMIA MINERA

01173. **Minería y Mineralurgia.**

*Sextas Jornadas Minerometalúrgicas. Huelva* (1980), 2, 489-843, ref. (disem).

\* Congreso Geológico internacional, Mineralurgia, Tecnología minera, Legislación minera, Huelva, 22-27 septiembre 1980, provincia Huelva.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO 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.<sup>er</sup> Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa, 1.500 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 × 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción.

Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

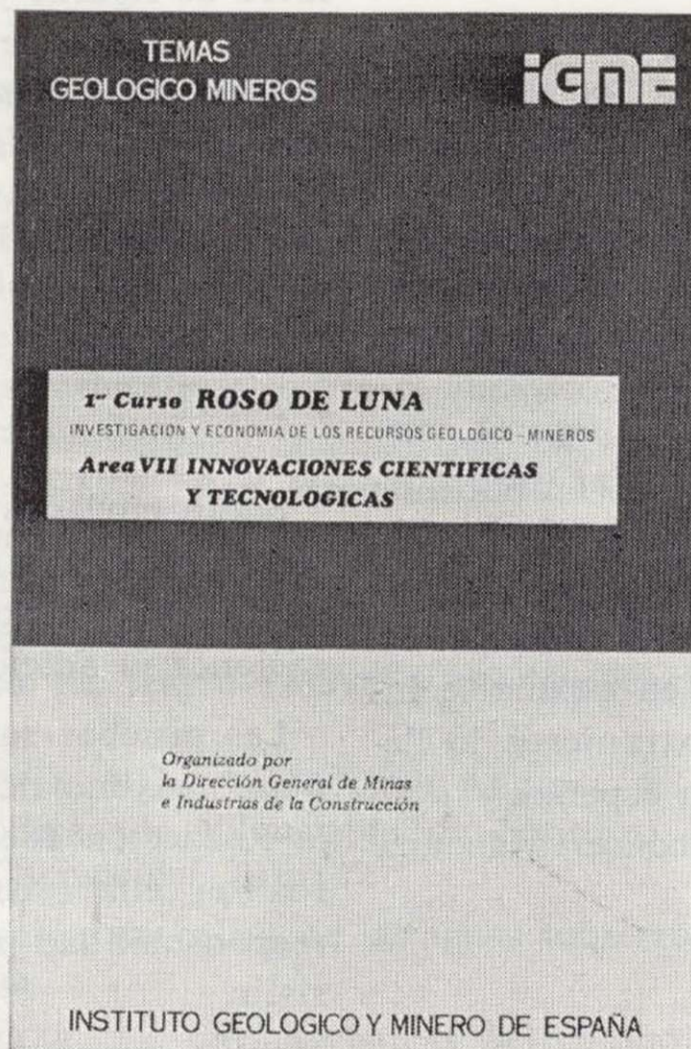
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros.

Area IV. Desarrollo Minero y Minerolúrgico.

Area V. Aspectos legales.

Area VI. Minería y medio ambiente.

Area VII. Innovaciones Científicas y Tecnológicas.



**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

# Colección Temas Geológico - Mineros

## Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 500 ptas.

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.

Una breve descripción de la geología de España, proporciona el marco general en que se distribuye sus depósitos minerales. Estos son descritos según regiones o distritos mineros, cuando se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común. Cuando esto no es posible, se les agrupa, por lo general, siguiendo un criterio genético.

Una sucinta exposición geológico-metalogénica precede, generalmente, a las características generales de cada uno de los depósitos minerales tales como: morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc. Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral, respecto al resto de los de la misma sustancia.

A continuación extractamos su contenido:

### 1. INTRODUCCION.

**2. LA GEOLOGIA.—Dominio Hercínico:** El Macizo Hespérico. **Dominios de plataforma y cordilleras de tipo intermedio:** Las Depresiones Terciarias de la Meseta, La Cordillera Ibérica, La Cuenca del Ebro, Las Cadenas Costeras Catalanas. **Dominio Alpino:** La Cordillera Bética, La Cordillera Pirenaica, La Cordillera Vasco Cantábrica. **Sistemas de fosas.**

**3. DEPOSITOS MINERALES. Cobre:** Distrito de Santiago de Compostela: Yacimientos tipo Arinteiro y tipo Fornás. **Oro. Plomo-Cinc:** Distritos de Cartagena, de Linares-La Carolina-Santa Elena, distrito de Santander: Reocín, Aliva. Distrito de Huelva-Sevilla: Minas de Aznalcóllar, de Sotiel, de Río Tinto, de San Telmo, de Lomero-Poyato, María Luisa y Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva) Distrito de Lugo. **Plata. Estaño-**

**Volframio:** Minas de Penouta (Orense), de Laza (Orense), de San Finx (La Coruña), de Santa Comba (La Coruña), de Monteneme (La Coruña), Casualidad-Calabor (Zamora), Depósito de Barruecopardo (Salamanca), Mina de Golpejas o mina Bellita (Salamanca), Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca), Depósito de tipo aluvial. Mina «El Cubito» (Salamanca), Mina El Trasquilón (Cáceres), Depósito de tipo aluvial. Mina «Santa María» (Cáceres), Mina «La Parrilla» (Badajoz), Depósitos de Sn. de la Sierra de Cartagena.

**Bismuto:** Distrito de Córdoba. **Mercurio. Antimonio:**

Distrito de Albuquerque Herrera del Duque. **Uranio:** Depósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y de Don Benito (La Serena, Badajoz).

**Hierro:** Distrito Norte: Areas de Ortuella-Somorrostro (Vizcaya), Area SE de Bilbao (Vizcaya), Area de Sopuerta (Vizcaya), Area de Hoyo-Covarón y Dícido (Vizcaya-Santander). Distrito Noroeste:

Yacimientos de coto Wagner y Vivaldi. Distrito Centro-Levante: Minas de la Compañía Minera de Sierra Menera, S. A. Distrito Sudoeste (Huelva-Badajoz-Sevilla):

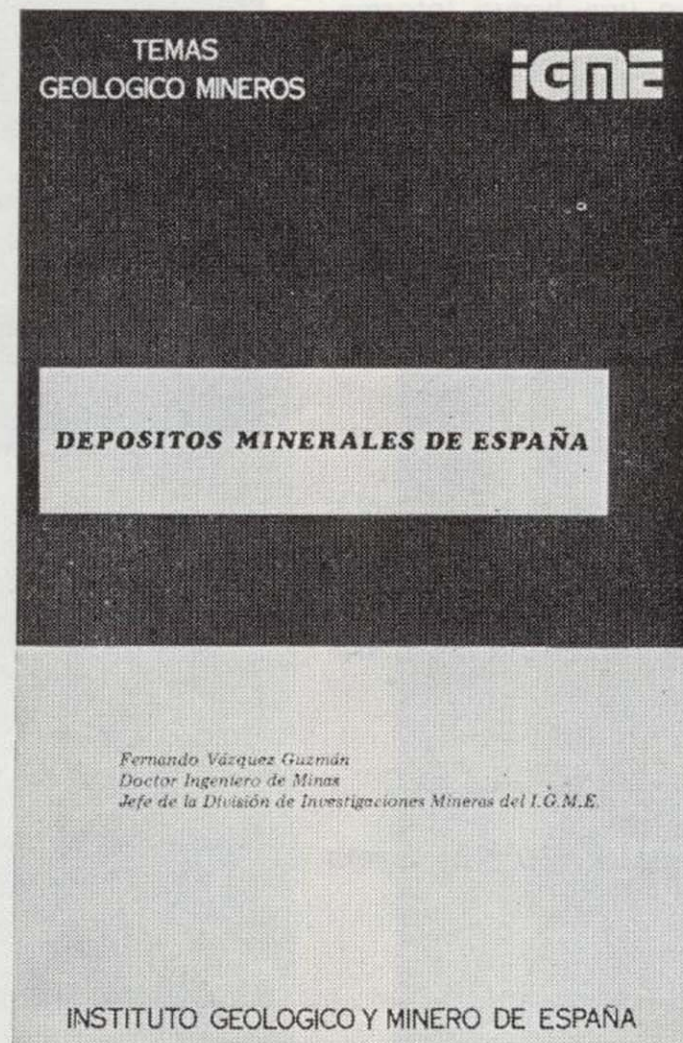
Minas de Cala, Mina de Teuler, Mina de San Guillermo-Colmenar - Santa Justa, Mina Monchi, Mina del Cerro del Hierro. Distrito Sudeste: Minas del Marquesado y de Alfique. **Titanio. Aluminio. Piratas:** Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Minas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Surria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina Guillermin, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Estroncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugui (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

Minas del Marquesado y de Alfique. **Titanio. Aluminio. Piratas:**

Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Minas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Surria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina Guillermin, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Estroncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugui (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

### 4. AGRADECIMIENTOS.

### 5. BIBLIOGRAFIA.



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

# Colección Temas Geológico - Mineros

## Tema 3.—I.<sup>a</sup> Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 500 ptas.

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. Dicha reunión se celebró en Granada en octubre de 1978, y fue organizada por los Departamentos de Cristalografía y Mineralogía de las Universidades de Bilbao y Granada.

El contenido del presente número queda esquematizado como sigue: En primer lugar aparece una breve información relativa a algunas de las investigaciones que actualmente se están llevando a cabo por parte de diversas Instituciones y Empresas Mineras.

Así, en relación con los **Sectores N y NW** de la Península, se están estudiando:

- Mineralizaciones de hierro de la zona Astur-Leonesa.
- Areniscas oolíticas del Devónico Superior de la zona Cantábrica y areniscas ferruginosas de San Pedro.
- Mineralizaciones de hierro del Río Norte de Portugal.
- Hierros de Bilbao.
- Magnetitas de Eskolamendi (Lesaca).
- Yacimientos de hematites de Mina Ley (Vera de Bidasoa).
- Yacimientos filonianos de Siderita del área Cantábrica.
- Mineralizaciones de hierro Triásico en Morete del Jalón.
- Mineralizaciones oolíticas de la provincia de Zaragoza.

### En el Sector SW:

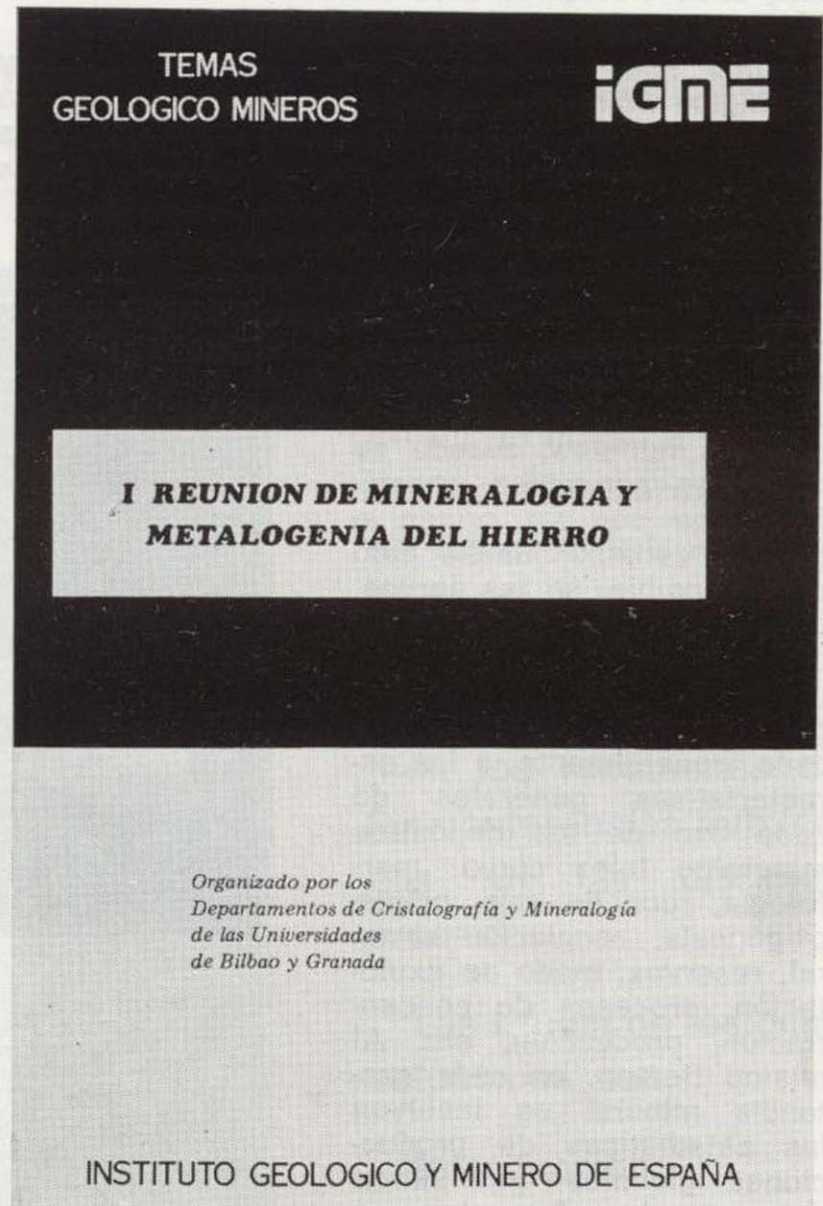
- Mineralizaciones de skarn Olivenza-Monesterio.
- La reserva de Alanis (Cerro Muriano).
- La reserva SW desde la provincia de Córdoba hasta la frontera de Portugal.

### En el Sector SE:

- Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en el Trías Subbético.
- Mineralizaciones de hierro de la zona del Marquesado y sectores adyacentes.
- Mineralizaciones de hierro en los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride de la zona Bética s. str.
- Mineralizaciones de hierro (hematites) al norte de Orgiva, en el Trías Alpujárride a lo largo del contacto con el Complejo Nevado-Filábride.
- Mineralizaciones de hierro y cobre de carácter filoniano en el sector de Santa Constanza, en micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride.

En segundo lugar, y de acuerdo con el índice que a continuación se expresa, aparecen los trabajos que se presentaron en la citada reunión:

1. Algunos aspectos acerca de la génesis de las mineralizaciones de hierro de la comarca del Marquesado del Cenete y sectores adyacentes (Zona Bética, provincia de Granada). Por: J. Torres Ruiz, L. Pérez del Villar y P. Fenoll Hach-Alí.



2. Mineralogía y diagénesis de los carbonatos zonados de los yacimientos de hierro de Bilbao. Por: Javier Arostegui, Jean Paul Fortuné y Francisco Velasco.
3. Estudio de los yacimientos de hierro de Porcía, Tapia de Casariego (Asturias). Por: C. Fernández del Valle y Carlos J. Fernández.
4. Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en las cercanías de Baena (Córdoba). Por: L. García Rossell, J. Torres Ruiz y P. Fenoll Hach-Alí.
5. Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. Por: F. Velasco y J. M. Amigó.
6. Metalogenia y Geología de las mineralizaciones de hierro oolítico del NW de la Península. Por: R. Lunar Hernández.
7. Mineralogía y Mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara) Por: C. Fernández-Nieto y F. Arrese Serano.

**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

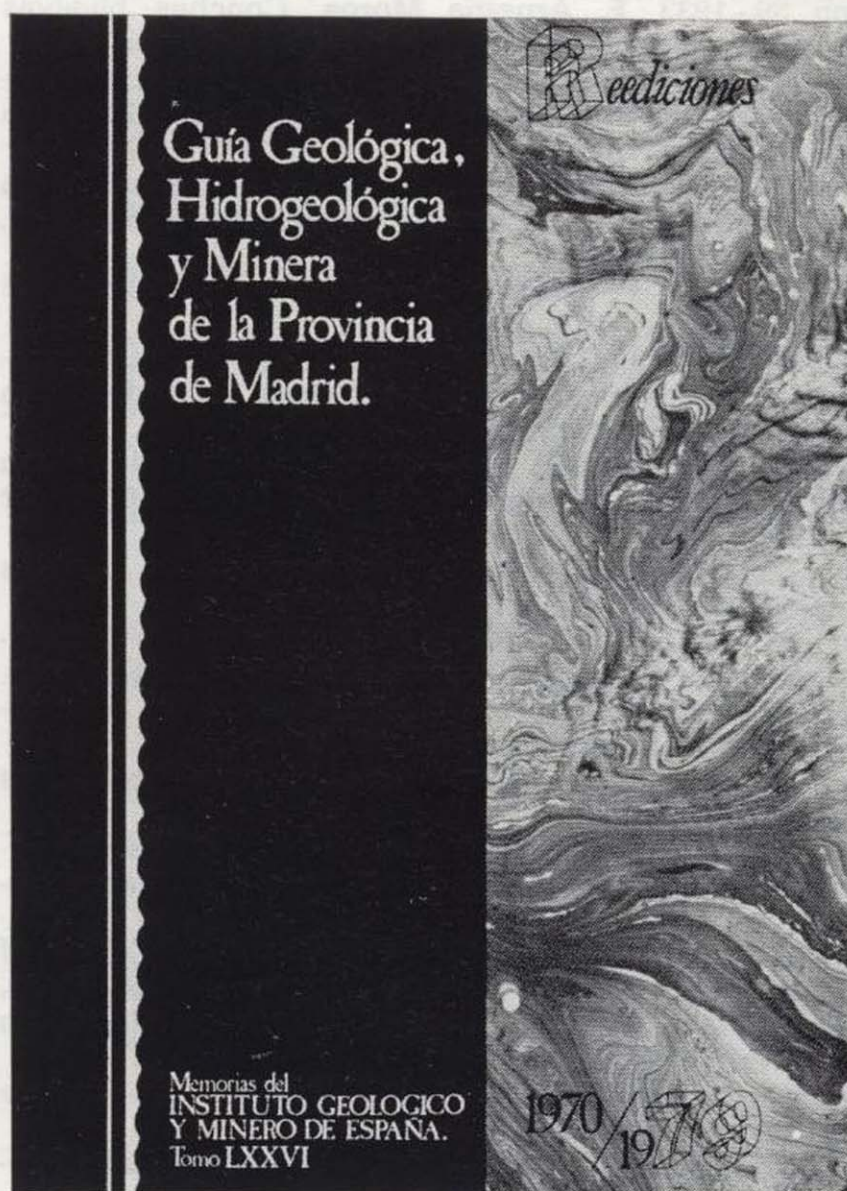
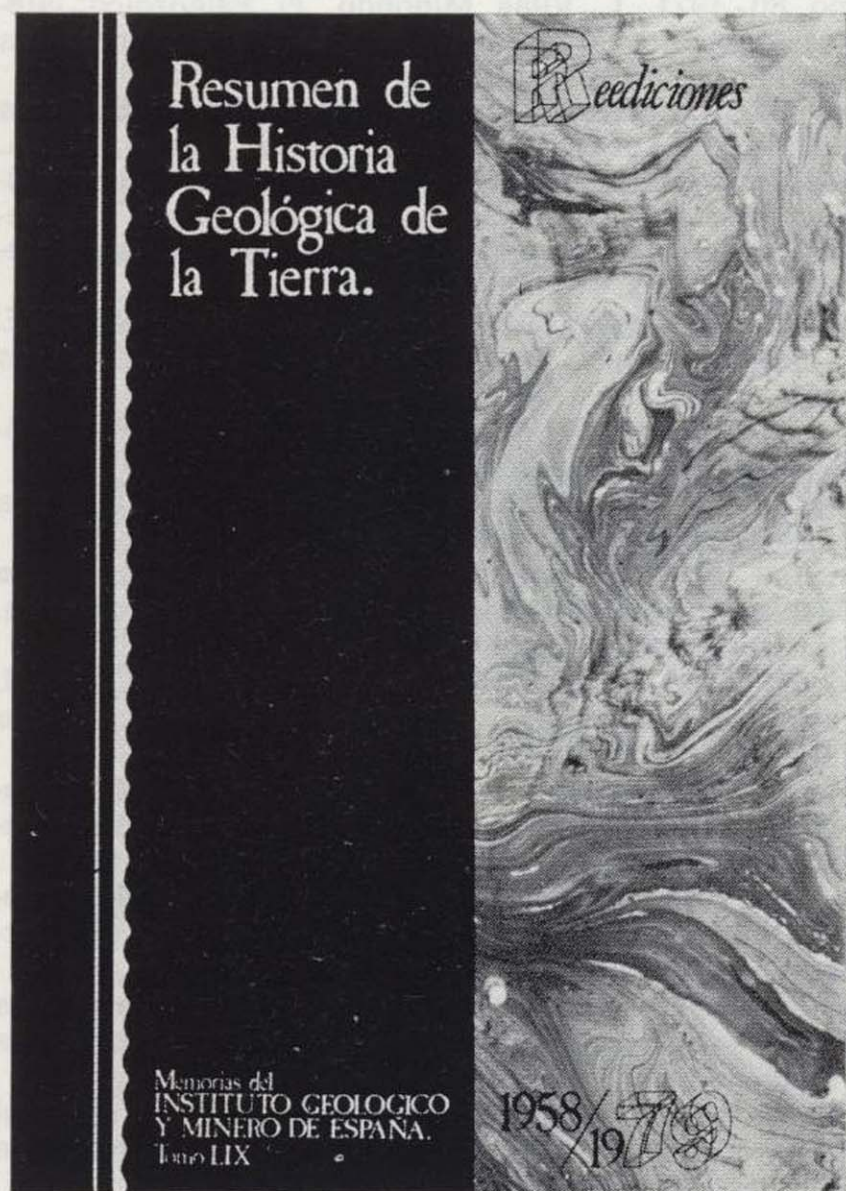
## COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 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 - 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 (\*), 1.000 ptas.; especial (\*\*), 1.500 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 Sifóriz**. 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 Sifóriz**. 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. **Febrer Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **J. M. 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 Zopu**. 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 Pyrénées 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 pirita 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. Caraballo, M. Peinado y J. M. 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.

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-INFORMES

Informes y Proyectos del IGME. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el IGME.

Precio de cada ejemplar, 500 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 I. 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 Pirofillita.
- 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.

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

## ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)

### MEMORIA - RESUMEN

(Publicación de la Colección - Informes)

Precio del ejemplar: 500 ptas.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, como organismo dedicado a la investigación, consciente de su responsabilidad y de su dilatada experiencia en el campo de las aguas subterráneas, inició en el año 1970, con carácter urgente, la investigación hidrogeológica del país, bajo el «PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS», encuadrado dentro del «PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA».

Dada la complejidad de los trabajos a realizar y ante la IMPOSIBILIDAD de atender simultáneamente a todo el Territorio Nacional la PLANIFICACION de la investigación basada en los criterios de:

- Terminar las investigaciones en curso.
- Cuantificar los recursos subterráneos de cada región.
- Conocer los problemas más urgentes.

se encaminó al estudio de las grandes áreas con problemas más urgentes eligiéndose entre ellas la provincia de ALMERIA, como una de las regiones de España más deficitaria de agua.

En el período 1971-1975 se han realizado simultáneamente los siguientes proyectos de investigación:

- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL JUCAR.
- Cuenca ALTA del JUCAR Y SEGURA.
- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL SEGURA.
- Cuenca ALTA Y MEDIA DEL GUADIANA.
- Cuenca SUR-ZONA OCCIDENTAL (Málaga).
- Cuenca SUR-ZONA ORIENTAL (Almería).
- Baleares,

y se terminaron los estudios de la Cuenca del Guadalquivir, iniciándose los estudios de la Cuenca del Duero. Por tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

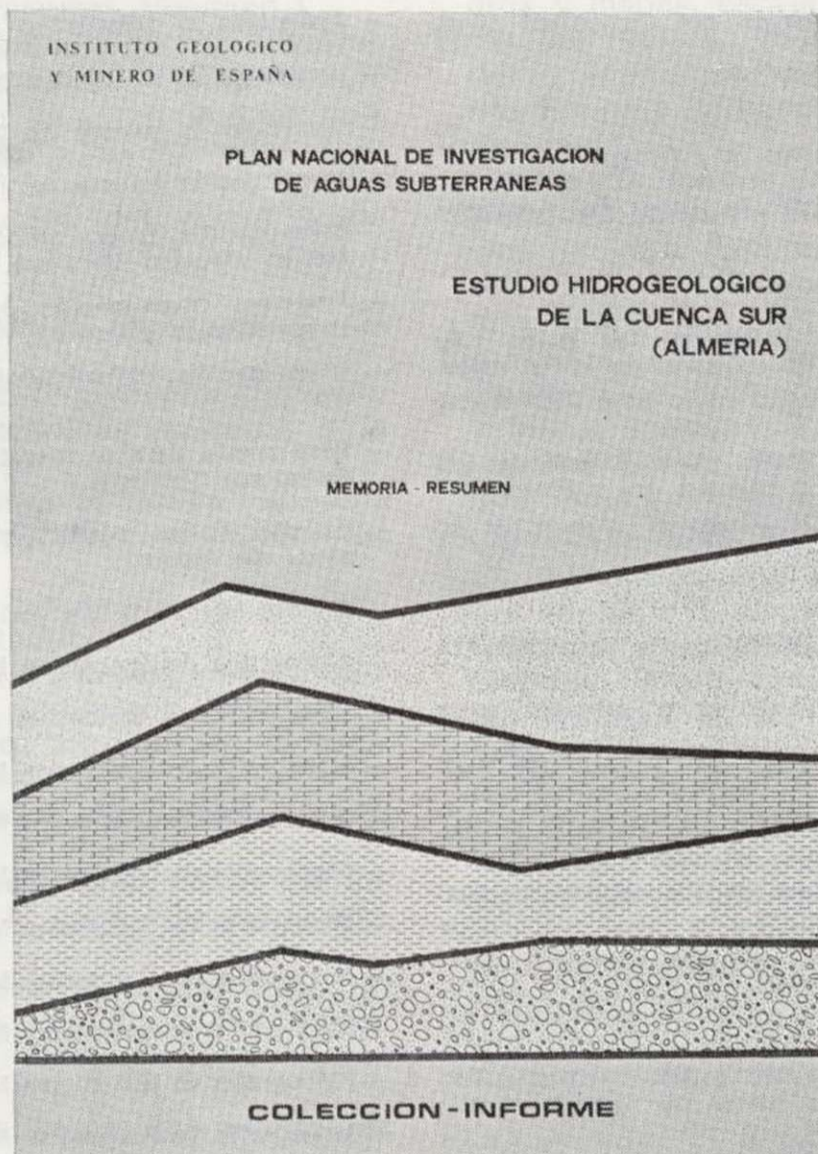
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

#### MEMORIA - RESUMEN.

INFORME I	Marco geográfico y económico.
INFORME II	Climatología e hidrología.
INFORME III	Demanda.
INFORME IV	Planes hidráulicos.
INFORME V	Campo de Dalías.
INFORME VI	Cuenca del Andarax.
INFORME VII	Cuencas del Almanzora y Antas.
INFORME VIII	Cuenca del Aguas.
INFORME IX	Cuenca del Adra.
INFORME X	Campo de Níjar.

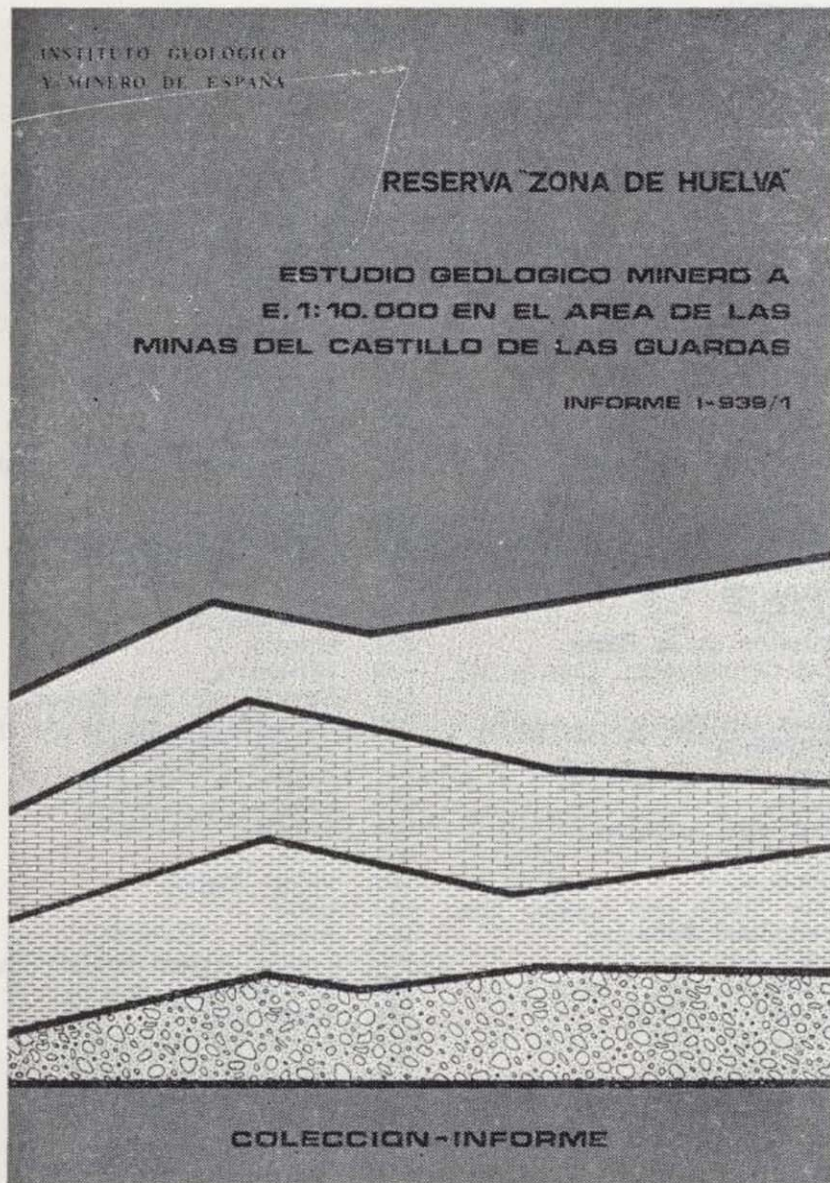


**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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



**RESERVA ZONA HUELVA  
(Colección - Informes)**

- 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 y Minero a 1:50.000 en la hoja 958: Puebla de Guzmán.
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4 - Estudio Geológico y 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.

Precio de cada ejemplar, 500 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

**COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA  
(Colección - Informes)**

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

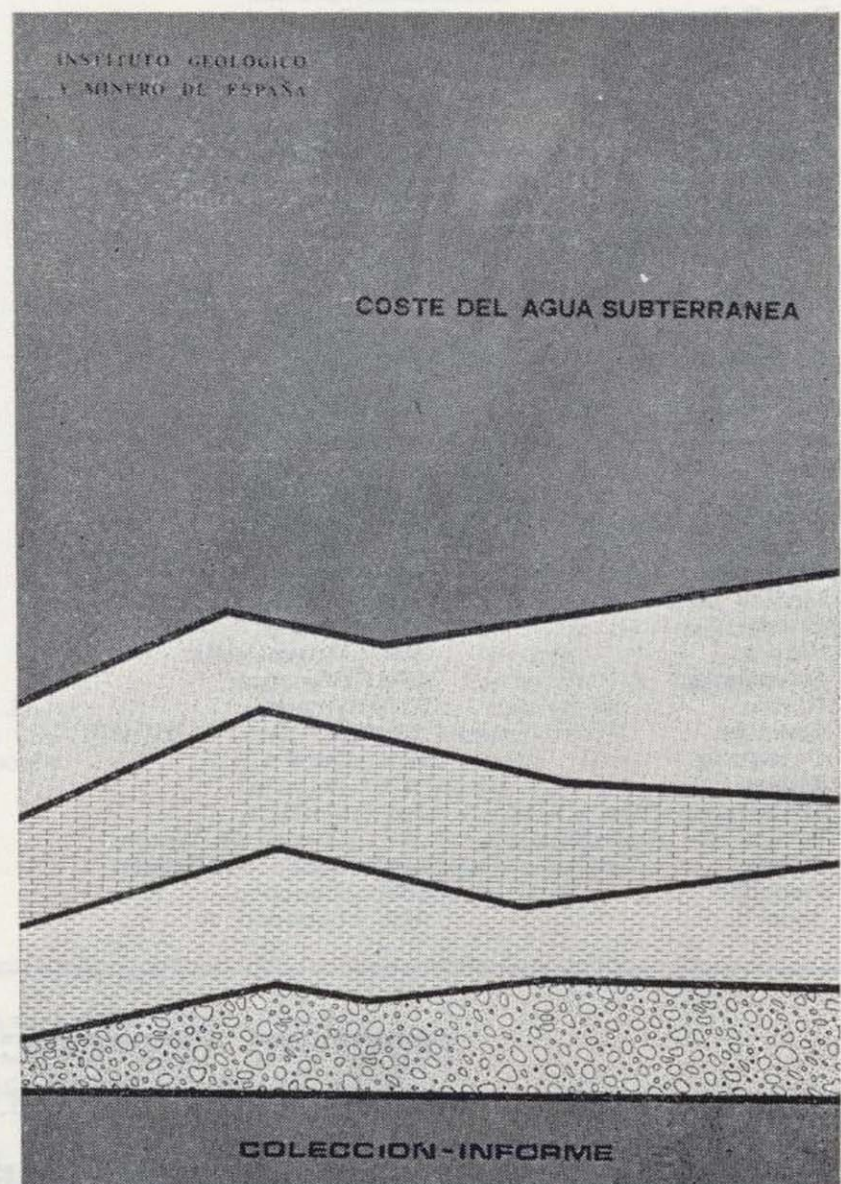
El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 500 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 NACIONAL E. 1:50.000

## 2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

Precio de cada ejemplar: 700 ptas.

1. Cariño.	175. Sigües.	584. Mondéjar.	903. Montoro.
2. Cillero.	187. Orense.	593. Cuevas de Vinromá.	905. Linares.
3. San Ciprián.	188. Nogueira de Ramuín.	594. Alcalá de Chisvert.	906. Ubeda.
6. San Salvador de Serantes.	204. Logroño.	606. Chinchón.	907. Villacarrillo.
7. Cedelra.	205. Lodoso.	607. Tarancón.	908. Santiago de la Espada.
8. Vivero.	207. Sos del Rey Católico.	612. Ademuz.	909. Nerpio.
9. Foz.	225. Ribadavia.	613. Camarena de la Sierra.	910. Caravaca.
10. Ribadeo.	226. Alleriz.	614. Manzanera.	911. Cahegín.
11. Luarca.	236. Astudillo.	615. Alcora.	912. Mula.
12. Busto.	237. Castrogeriz.	616. Villafames.	913. Orihuela.
13. Avilés.	239. Pradoluengo.	617. Faro de Oropesa.	914. Guardamar del Segura.
14. Gijón.	240. Ezcaray.	631. Ocaña.	919. Almadén de la Plata.
15. Lastres.	243. Calahorra.	632. Horcajo de Santiago.	920. Constantina.
21. La Coruña.	244. Alfaro.	635. Fuentes.	921. Navas de la Concepción.
22. Puente deume.	245. Sádaba.	636. Villar del Humo.	922. Santa María de Trassierra.
23. Puentes de García Rodríguez.	263. Celanova.	637. Landete.	923. Córdoba.
24. Mondoñedo.	264. Ginzo de Limia.	638. Alpuente.	924. Bujalance.
25. Vegadeo.	266. La Gudíña.	639. Jérica.	930. Puebla de Don Fadrique.
26. Boal.	267. Puebla de Sanabria.	640. Segorbe.	931. Zarcilla de Ramos.
27. Tineo.	268. Molzuelas de la Carballeda.	641. Castellón de la Plana.	932. Coy.
28. Grado.	271. Valderas.	642. Islas Columbretas. Con la 641.	933. Alicantarilla.
29. Oviedo.	274. Torquemada.	659. Lillo.	934. Murcia.
30. Villaviciosa.	275. Santa María del Campo.	663. Valera de Abajo.	935. Torreveja.
33. Comillas.	277. Salas de los Infantes.	664. Enguñados.	936. Paymogo.
34. Torrelavega.	278. Canales de la Sierra.	685. Mira.	939. Castillo de las Guardas.
35. Santander.	282. Tudela.	686. Chelva.	940. Castilblanco de los Arroyos.
36. Castro Urdiales.	300/301. Lovios.	687. Villar del Arzobispo.	941. Ventas Quemadas.
37. Algorta.	302. Baltar.	688. Sagunto.	942. Palma del Río.
38. Bermeo.	318. Almarza.	689. Moncófar.	943. Posadas.
39. Lequeitio.	320. Tarazona de Aragón.	690. Santa María del Campo Rus.	944. Espejo.
40. Jaizquibel.	321. Tauste.	691. Motilla del Palancar.	951. Orce.
41. Irún.	329. Pons.	692. Campillo de Altobuey.	952. Vélez Blanco.
47. Villalba.	330. Cardona.	693. Utiel.	953. Lorca.
48. Meira.	331. Pulgrieg.	694. Chulilla.	954. Totana.
49. San Martín de Oscos.	336. Portala d'Home.	696. Burjasot.	955. Fuente Alamo de Murcia.
50. Cangas de Narcea.	340. Manganeses de la Lampreana.	711. Las Guadalerzas.	956. San Javier.
51. Belmonte de Miranda.	341. San Pedro de Latarce.	718. Iniesta.	961. Aznalcóllar.
52. Proaza.	349. Cebrejas del Pinar.	719. Venta del Moro.	962. Alcalá del Río.
53. Mieres.	351. Olvega.	720. Requena.	963. Lora del Río.
57. Cabezón de la Sal.	352. Tabuena.	721. Cheste.	964. La Campana.
58. Los Corrales de Buelna.	362. Calaf.	722. Valencia.	965. Ecija.
59. Villacarriedo.	363. Manresa.	740. Villarrobledo.	973. Chirivel.
60. Vainasada.	364. La Garriga.	741. Minaya.	974. Vélez-Rubio.
61. Bilbao.	370. Toro.	744. Casas Ibáñez.	975. Puerto Lumbreras.
62. Durango.	381. Illueca.	746. Lombay.	976. Mazarrón.
63. Eibar.	391. Igualada.	747. Sueca.	977. Cartagena.
64. San Sebastián.	392. Sabadell.	761. Llanos del Caudillo.	978. Llano del Beal.
65. Vera de Bidasoa.	393. Mataró.	763. Socuéllamos.	983. Sanlúcar la Mayor.
66. Maya del Baztán.	394. Calella.	766. Valdeganga.	984. Sevilla.
72. Lugo.	396. Pereruela.	767. Carcelén.	988. Fuentes de Andalucía.
73. Castroverde.	397. Zamora.	768. Ayora.	987. El Rubio.
74. Fonsagrada.	398. Castronuño.	769. Navarres.	993. Gor.
75. Naviego.	409. Calatayud.	788. El Bonillo.	994. Baza.
78. Pola de Lena.	410. La Almunia de Doña Godina.	789. Lezuza.	995. Cantoria.
83. Reinosa.	417. Espiuga de Francolí.	791. Chinchilla de Monte Aragón.	996. Huercal Overa.
84. Espinosa de los Monteros.	418. Montblanch.	792. Alpera.	997. Aguilas.
85. Villasana de Mena.	419. Villafranca del Panadés.	793. Almansa.	997 bis. Cope.
86. Landaco.	420. Hospitalet de Llobregat.	794. Canals.	999. Huelva - Los Caños.
87. Elorrio.	421. Barcelona.	795. Játiva.	1.000. Moguer.
88. Vergara.	426. Fuentesauco.	796. Gandía.	1.001. Almonte.
90. Sumbilla.	444. Filix.	814. Villanueva de la Fuente.	1.002. Dos Hermanas.
91. Valcarlos.	445. Cornudella.	815. Robledo.	1.003. Utrera.
91 bis. Mendizar.	446. Valls.	816. Peñas de San Pedro.	1.004. Marchena.
95. El Pino.	447. Villanueva y Geltrú.	817. Pétrola.	1.010. La Peza.
96. Arzúa.	448. Prat de Llobregat.	819. Caudete.	1.012. Fiñana.
97. Guntín.	468. Albalate del Arzobispo.	820. Onteniente.	1.013. Macael.
98. Baralla.	472. Reus.	821. Alcoy.	1.014. Vera.
99. Becerra.	473. Tarragona.	823. Jávea.	1.015. Garrucha.
100. Degaña.	492. Segura de los Baños.	826. Cheles.	1.016. Los Caños. Con la 999.
108. Las Rozas.	493. Oliete.	827. Alconchel.	1.017. El Abalarlo.
109. Villarcayo.	494. Calanda.	828. Barcarota.	1.018. El Rocío.
110. Medina de Pomar.	495. Castellserás.	831. Zalamea de la Serena.	1.019. Los Palacios y Villafranca.
111. Orduña.	497. Perelló.	832. Monterrubio de la Serena.	1.026. Padul.
112. Vitoria.	510. Marchamalo.	841. Alcaraz.	1.027. Güejar-Sierra.
113. Salvatierra.	517. Argente.	842. Liétor.	1.029. Gergal.
115. Gulina.	518. Montalbán.	846. Castalia.	1.030. Tabernas.
116. Garraida.	519. Aguaviva.	851. Rabito.	1.031. Sorbas.
117. Ochaquavia.	520. Peñarroya de Tastavins.	852. Villanueva del Fresno.	1.032. Mojácar.
124. Sarriá.	522. Tortosa.	853. Burguillos del Cerro.	1.033. Palacio de Doñana.
125. Los Nogales.	523. Buda.	856. Maguilla.	1.034. Lebrija.
135. Sedano.	543. Villarluengo.	867. Elche de la Sierra.	1.039. Colmenar.
136. Oña.	544. Forcall.	869. Jumilla.	1.040. Zafarraya.
137. Miranda de Ebro.	545. Morella.	871. Elda.	1.041. Dúrcal.
138. Puebla de Arganzón.	546. Uldecona.	872. Alicante.	1.042. Lanjarón.
139. Eulate.	547. Alcanar.	884. La Carolina.	1.052. Alora.
141. Pamplona.	568. Alcalá de la Selva.	885. Santisteban del Puerto.	1.053-1.067. Málaga-Torremolinos.
142. Aolz.	569. Mosqueruela.	887. Orcera.	1.054. Vélez-Málaga.
143. Navascués.	570. Albocácer.	889. Moratalla.	1.055. Motril.
154. Lalin.	571. Vinaroz.	890. Calasparra.	1.065. Marbella.
155. Chentada.	571 bis. Con la 571.	891. Cieza.	1.066. Coin.
159. Bembibre.	577. Bohoyo.	892. Fortuna.	1.072. Estepona.
168. Briviesca.	582. Getafe.	893. Elche.	
169. Casalarreina.	583. Arganda.	894. Cabo de Santa Pola.	

# MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:25.000 (TENERIFE)

2.ª Serie. 1.ª Edición (proyecto MAGNA)

Precio del ejemplar: 700 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.			1.118-1.124. III-IV	Los Cristianos.
1.097. III-IV	Punta de Anaga.	1.111. I-IV	Güímar.	1.119. III	Las Montañas.
1.104. II	Barranco Hondo.	1.118. I	Granadilla de Abona.	1.119. IV	Lomo de Arico.
1.104. III	La Orotava.	1.118. IV	Adeje.		
1.104. IV	Tacoronte.				

# 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: 500 ptas.

31. Ribadesella.	561. Pastrana.	845. Yecla.
45. Betanzos (Hoja).	564. Fuertescusa.	857. Valsequillo.
46. Gültiriz (Hoja).	573. Gata.	858. El Viso.
54. Rioseco.	588. Zafrilla (Hoja).	859. Pozoblanco.
67. Mugía.	591. Mora de Rubielos.	864. Venta de los Santos.
77. Plaza Taverga.	610. Cuenca (Hoja).	865. Siles.
79. Puebla de Lillo.	611. Cañete.	876. Fuente de Cantos.
128. Rieilo.	643. La Calobra.	886. Beas de Segura.
160. Benavides.	644. Pollensa.	899. Guadalcanal.
161. León (Hoja).	650. Cañaveral.	917. Aracena.
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.	960. Valverde del Camino.
241. Angulano.	693. Utiel.	967. Baena.
252. Tremp.	695. Liria.	985. Carmona.
260. Oya.	699. Porreras.	989. Lucena (Hoja).
273. Palencia (Hoja).	700. Manacor.	991. Izmalloz.
284. Ejea de los Caballeros.	705. Trujillo.	1.018. El Rocío (Hoja).
297. Estarlit.	723. Cala Figuera.	1.025. Loja.
298. La Guardia.	724. Lluchmayor.	1.046. Carboneras.
313. Antigüedad.	725. Felanix.	1.047. San Lúcar de Barrameda (Hja).
322. Remolinos.	731. Zorita.	1.059. El Cabo de Gata.
323. Zuera.	738. Villarta.	1.060. El Pozo de los Frailes.
324. Grañén.	743. Madrigueras.	1.079/80. Alegranza.
325. Peralta de Alcofea.	745. Jalance.	1.081. Montaña Clara.
327. Os de Balaguer.	746. Lombay.	1.082. Graciosa.
347. Peñaranda de Duero.	748. I. Conejera (Hoja).	1.083. Teguiusa.
355. Lecñena.	750. Gallina.	1.084. Haría.
356. Lenaja.	751. Villar del Rey.	1.087. Punta Pechiguera.
369. Coreses.	754. Madrigalejo.	1.088. Arrecife.
374. Peñafiel.	759. Piedrabuena (Hoja).	1.089. El Charco.
388. Lérida (Hoja).	764. Munera.	1.092. Cotillo.
498. Hospitalet (Hoja).	765. La Gínetá.	1.093. Lobos.
500. Villar del Ciervo.	766. Valdeganga (Hoja).	1.096. Tegueste.
501. La Fuente de San Esteban.	772. San Miguel.	1.097. Punta de Anaga.
502. Matilla de los Caños del Río.	773. San Juan Bautista.	1.098. La Oliva.
503. Las Veguillas.	776. Montijo.	1.099. Puerto de Lajas.
525. Ciudad Rodrigo.	790. Albacete (Hoja).	1.102. Punta de Teno.
526. Serradilla del Arroyo.	798. Ibiza.	1.106/07. Puerto de las Cabras.
527. Sequeros.	799. Santa Eulalia.	1.109. Los Carrizales.
536. Guadalajara.	818. Montealegre.	1.111. Güímar.
537. Aulón.	824/849. San Francisco Javier.	1.114. La Pared.
539. Peralejo Truchas (Hoja).	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.115. Tumeje.
541. Santa Eulalia.	840. Bienservida.	1.119. Lomo de Arico.
550. Fuente Guinaldo.	844. Ontur.	1.122. Jandia.

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

# 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: 800 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: 600 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

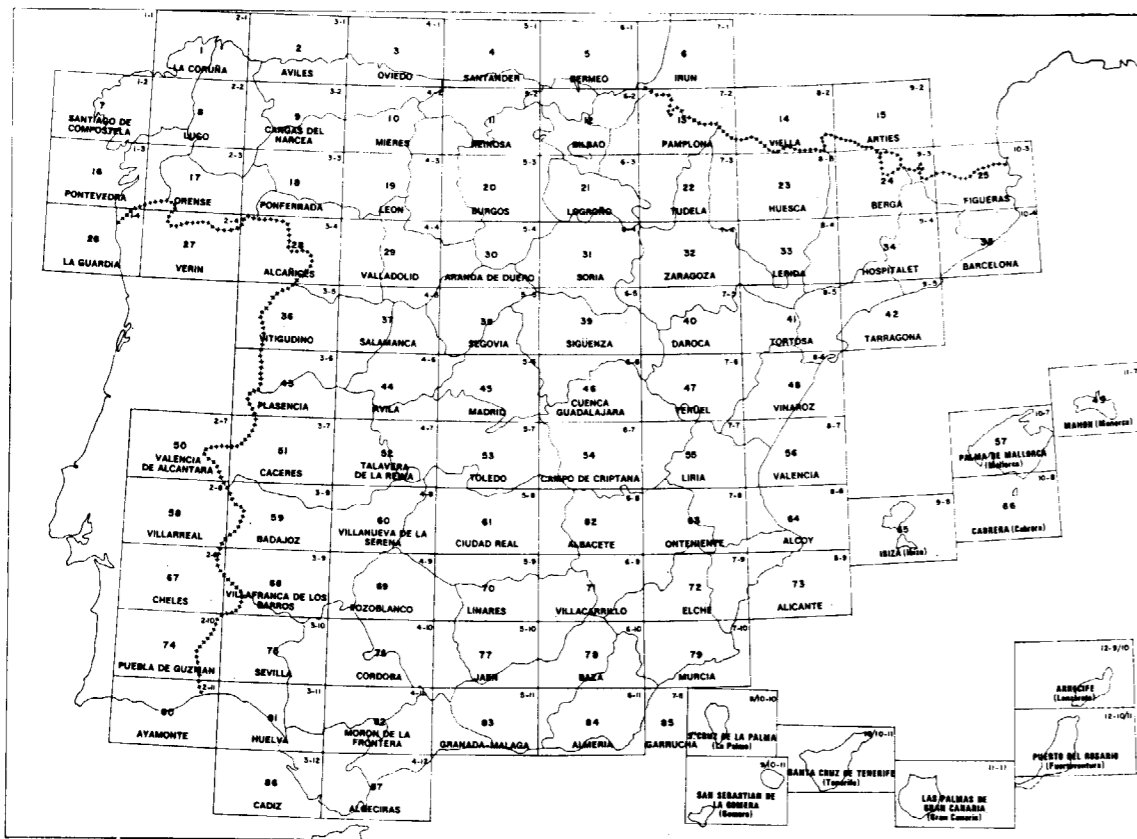
## Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar. 600 ptas. Hoja y Memoria.

## De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar. 600 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)



**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 Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

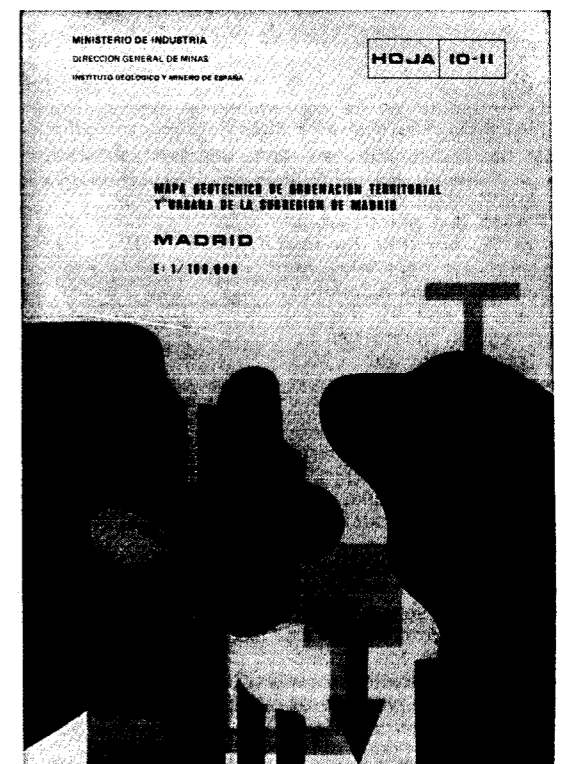
Realizado por la División de Geotecnia del IGME  
Mapas y Memorias publicados:

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



## 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.
- Tajo.

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 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:

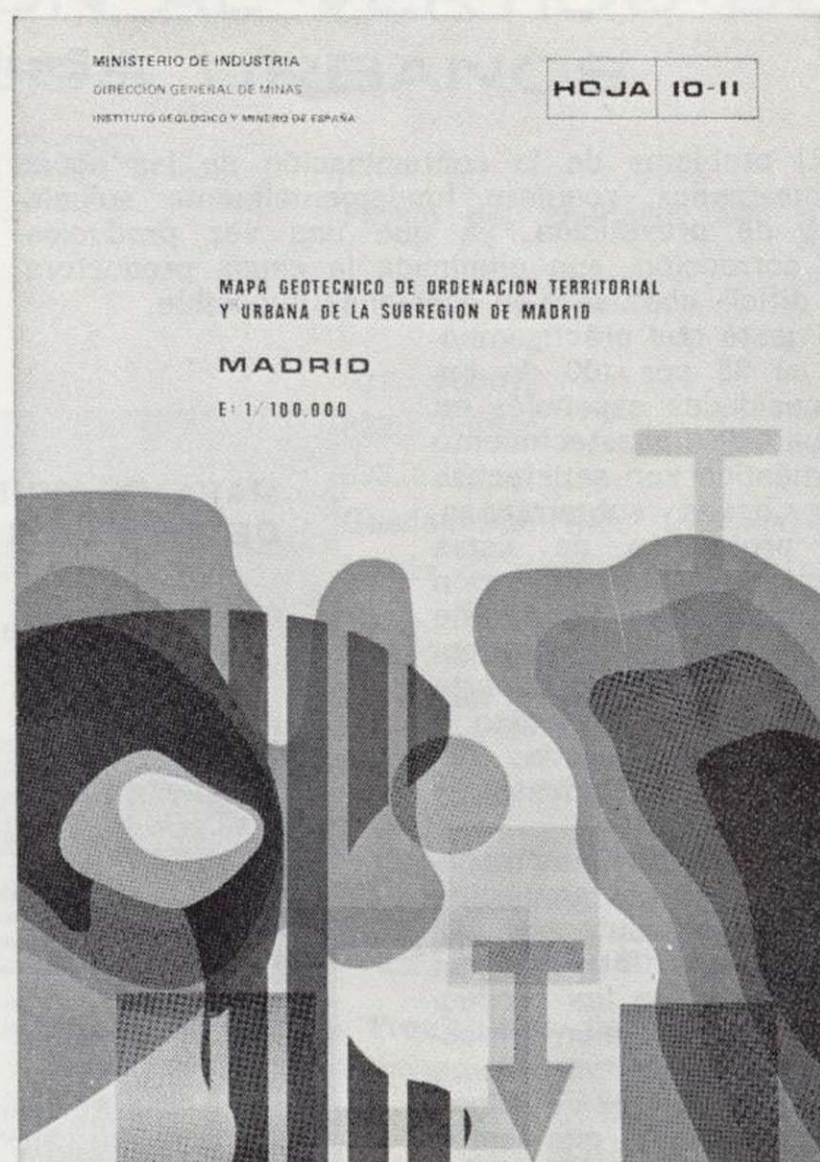
Hoja n.º	Hoja n.º
8/11 Avila de los Caballeros.	10/9 Riaza.
8/12 Arenas de San Pedro.	10/10 Torrelaguna.
8/13 Talavera de la Reina.	10/11 Madrid.
9/10 Segovia.	10/12 Getafe.
9/11 San Lorenzo de El Escorial.	10/13 Mora.
9/12 Navalcarnero.	11/9 Sigüenza.
9/13 Toledo.	11/10 Brihuega.
	11/11 Guadalajara.
	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

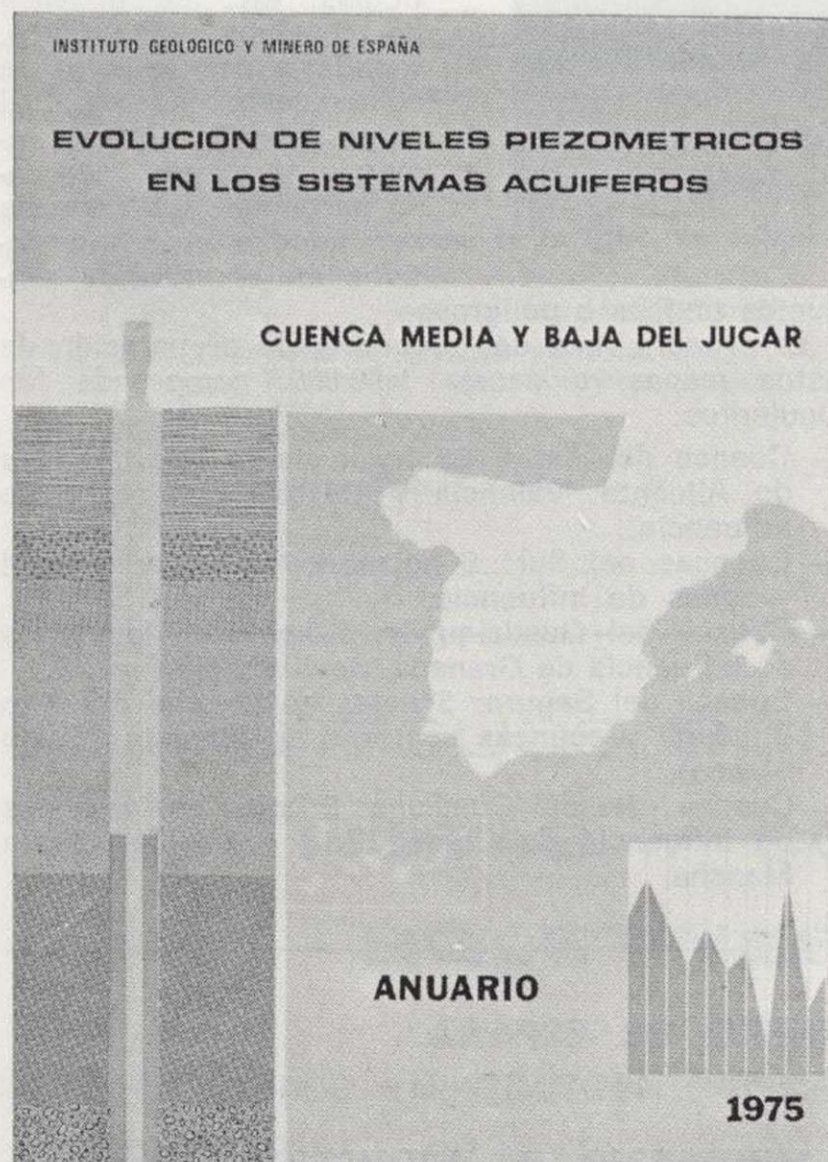


**Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.**

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 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.

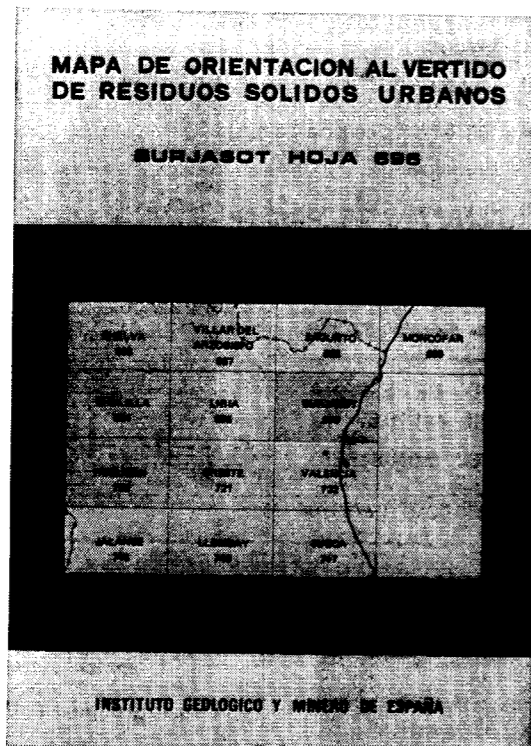
El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo 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 pro-

ductos 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.



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

E. 1:50.000

Hojas publicadas.

Precio del ejemplar: 500 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. Játiva.
571. Vinaroz.	721. Ceste.	847. Villajoyosa.
593. Cuevas de Vinroma.	722. Valencia.	848. Altea.
594. Alcalá de Chisvert.	724. Lluchmajor.	872. Alicante.
616/617. Villafames-Faro de Oro-pesa.	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. Navarres.	Zona de Almería
669. Moncófár.	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	500
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000	500
— Petrográfico y estructural de Galicia - Esc. 1:400.000	500
— Sismotectónico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	300

### Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 500 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 Liridano y Oseense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

### Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000

En existencia los siguientes: Ejemplar: 500 ptas.

Hoja n.º	Ejemplar: 500 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.	900 ptas.
— Idem, id. Plano plegado y Nota de Autores ...	975 ptas.
— Idem, id. Plano sin plegar, con cuadrícula división en Hojas Escala 1:200.000	975 ptas.
— Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición). Año 1966 (a extinguir).	600 ptas.
— Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias	600 ptas.
— Tectónico de la Península Ibérica y Baleares	600 ptas.
— de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos	600 ptas.

### Mapa Metalogénico de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 500 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. Manganeseo.	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» (100 ptas. número) y de los «Boletines de Sondeos» (100 ptas. fascículo).



# MOSAICO FOTOGRAFICO DE LA PENINSULA IBERICA E ISLAS BALEARES

## MAPA DE LINEAMIENTOS DEDUCIDOS DE LAS IMAGENES LANDSAT

ESCALAS 1:1.000.000

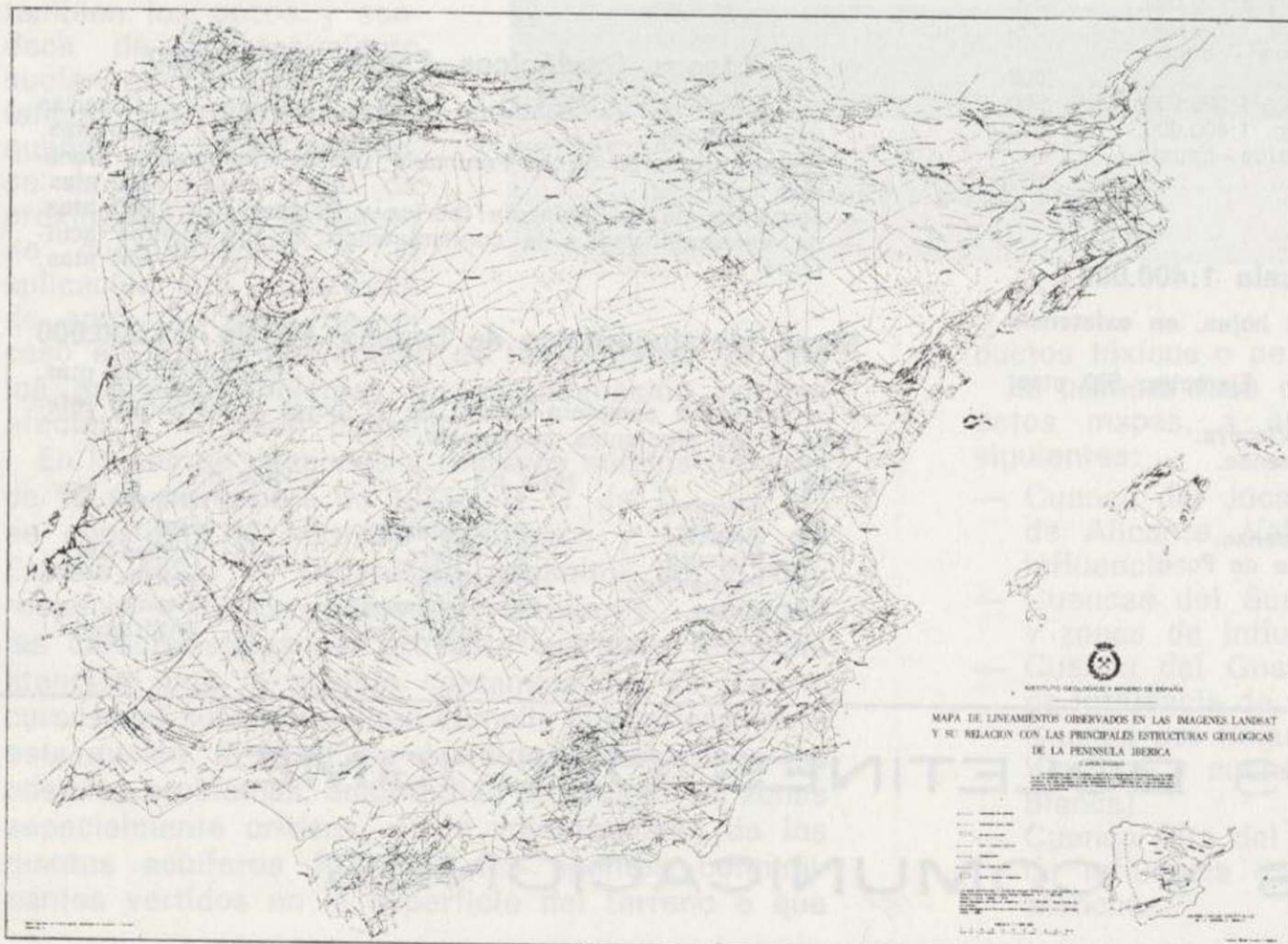
Precio 3.900 ptas.

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.

# 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

# NUEVAS PUBLICACIONES

(Reimpresiones)

## MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS MANTOS ACUIFEROS

DE LA  
ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS  
(Primer esquema cualitativo)

Segunda edición

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL DECENIO HIDROLOGICO INTERNACIONAL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## MAPA TECTONICO

de la  
Península Ibérica y Baleares

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL MAPA TECTONICO DE EUROPA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## MAPA GEOLOGICO

de la  
Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## MAPA SISMOESTRUCTURAL

de la  
Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



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

**IGME**



# 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

# BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

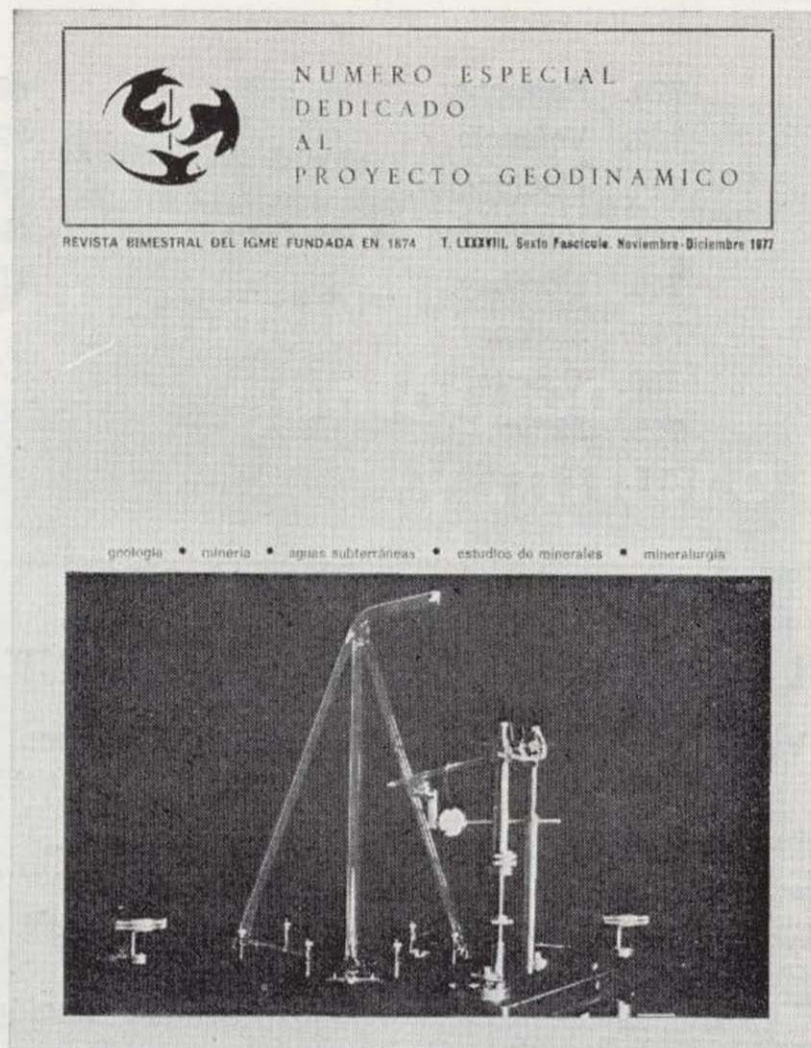
Precio: 300 ptas.

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.  
 DEMAS PAISES 1.500 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa .....

Profesión .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad (provincia) ..... D. P. ....

País .....

Fecha .....

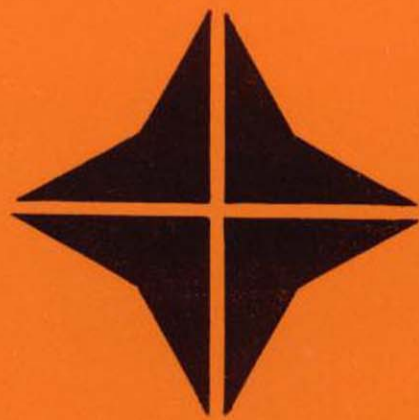
FIRMA

### FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

*La inversión  
requiere un buen proyecto*



**intecsa**

INTERNACIONAL DE INGENIERIA  
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



## EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- \* GEOLOGIA
- \* AGUAS SUBTERRANEAS
- \* EXPLORACION MINERA
- \* EXPLORACION PETROLERA
- \* SONDEOS
- \* ROCAS INDUSTRIALES
- \* GEOTERMIA
- \* GEOTECNIA
- \* GEOFISICA
- \* LABORATORIOS



**CGS** 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)