

En este número:

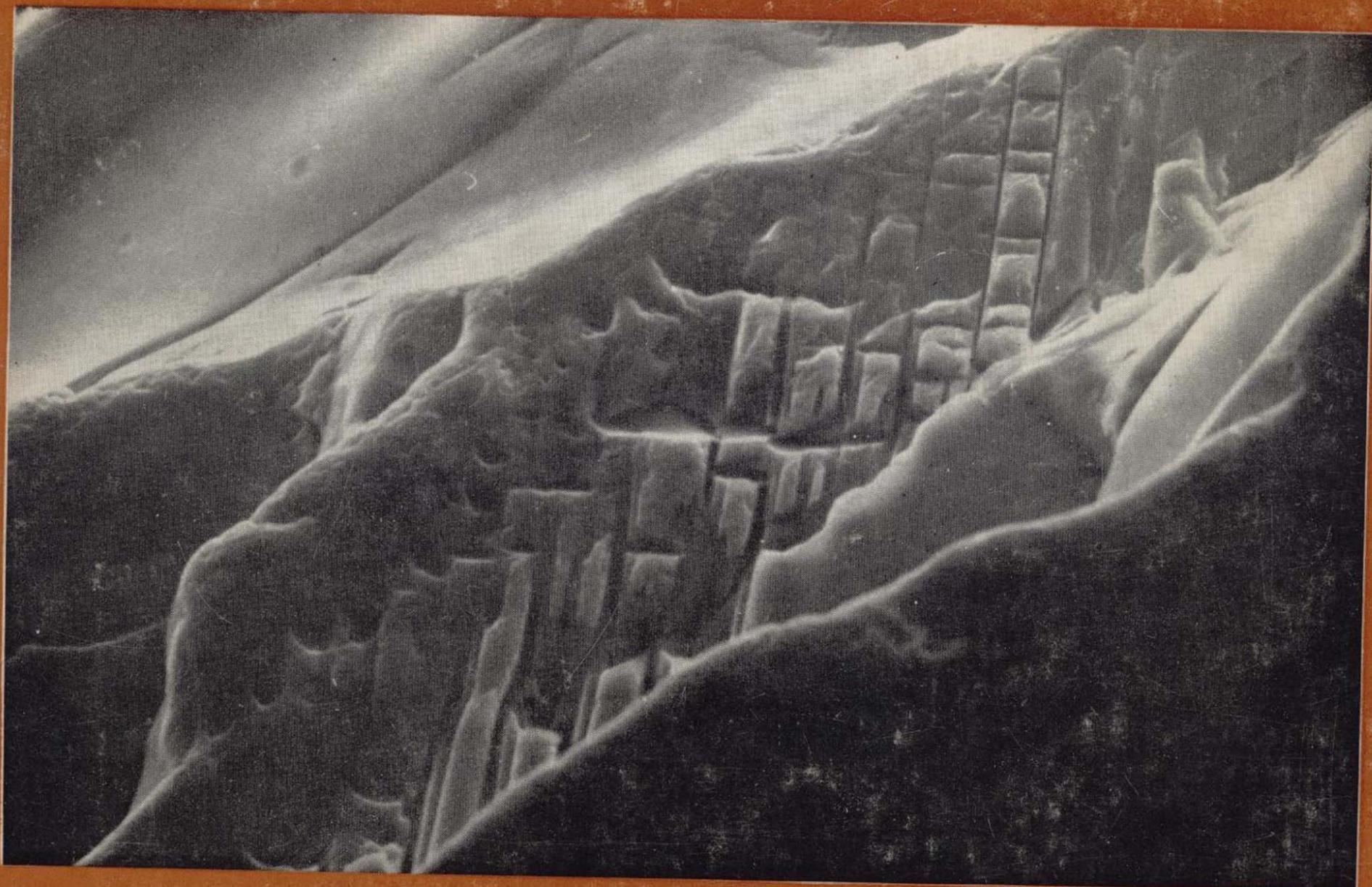
- El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental.
- Aspecto geológico del plutonismo geoquímicamente especializado en Extremadura Central (oeste de España).
- Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional.
- Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla).
- Protección de la calidad de las aguas subterráneas en el acuífero Mesozoico de Segovia.
- Las Granodioritas de El Molar (Madrid).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XC, Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1979

# boletín geológico y minero

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





**enadimsa**

**INI**  
empresa nacional adaro  
de investigaciones mineras, s.a.

**exploración, investigación e  
ingeniería de desarrollo de recursos  
del subsuelo y plataforma continental**



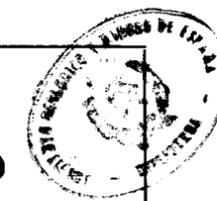
**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

**protección del medio ambiente  
y tratamiento de residuos  
urbanos e industriales**

**ordenación geológica  
de la infraestructura para el  
desarrollo regional**

**domicilio social y gerencia:**  
serrano, 116. madrid-6  
 262 41 10\*

**centro de investigación "juan gavala"**  
carretera de andalucía, km. 12  
getafe (madrid)  
 797 34 00\*



## **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**

**M A D R I D - 1 6**

### **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.



## **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**

**M A D R I D - 1 6**

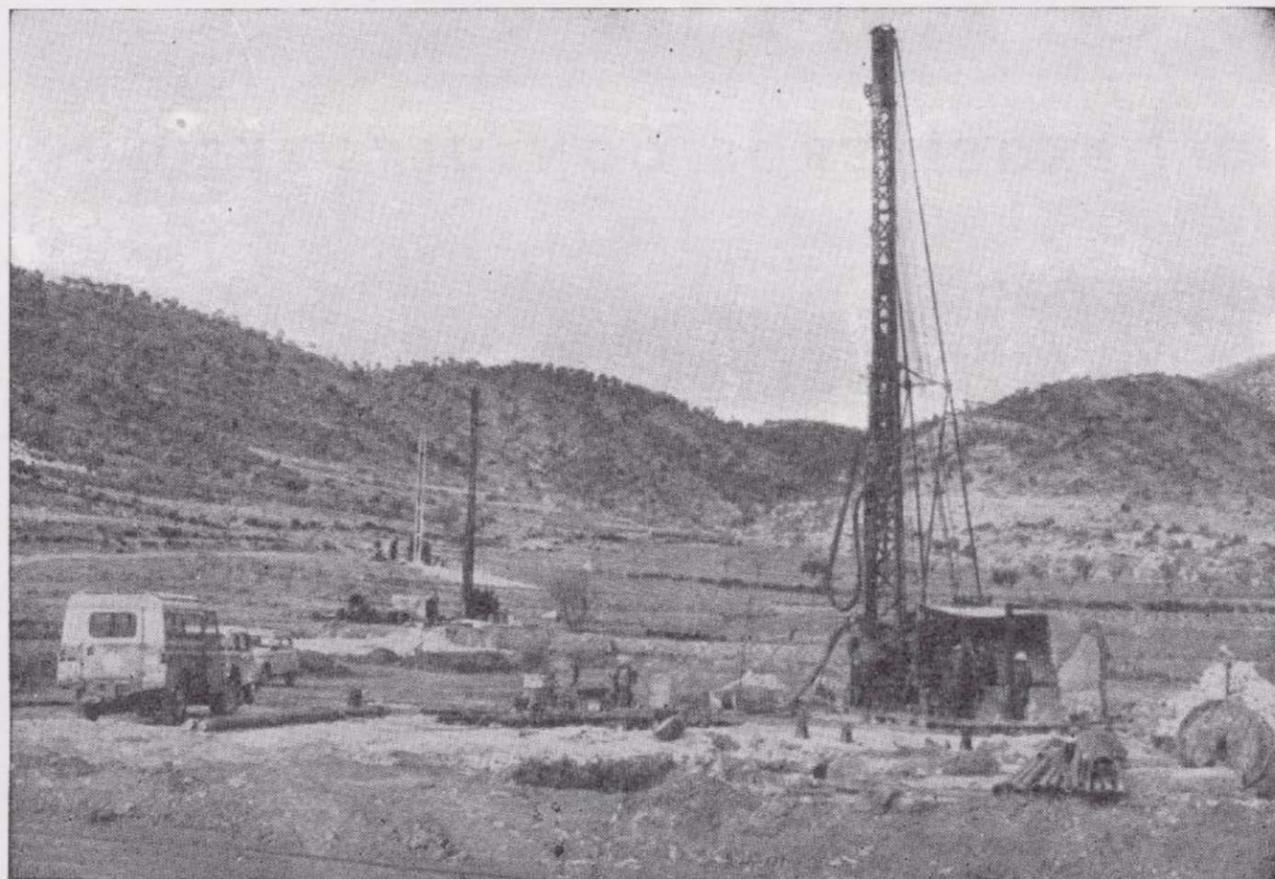
## **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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.

# 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**

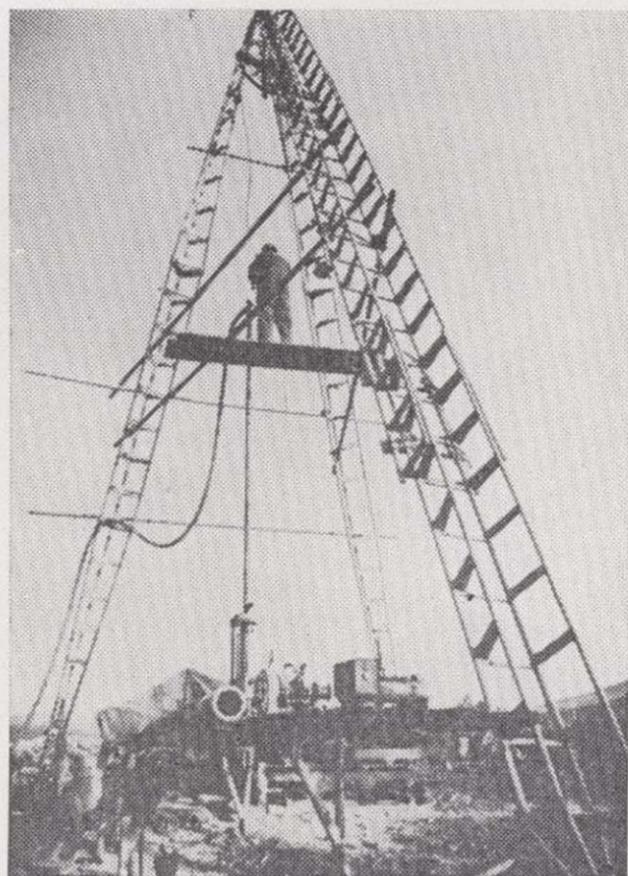
**Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359**

**VILLENA (Alicante)**

# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

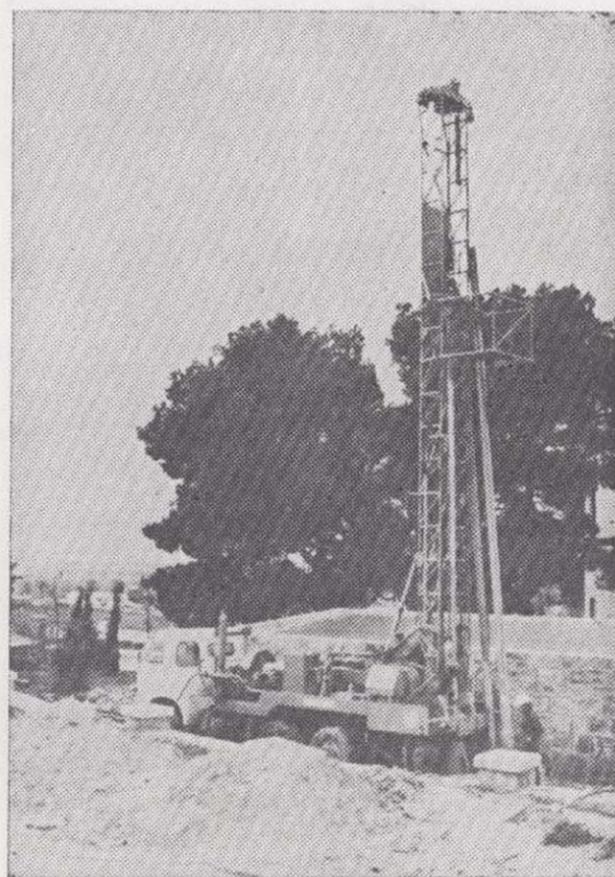
Al servicio de la Perforación desde 1954

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:

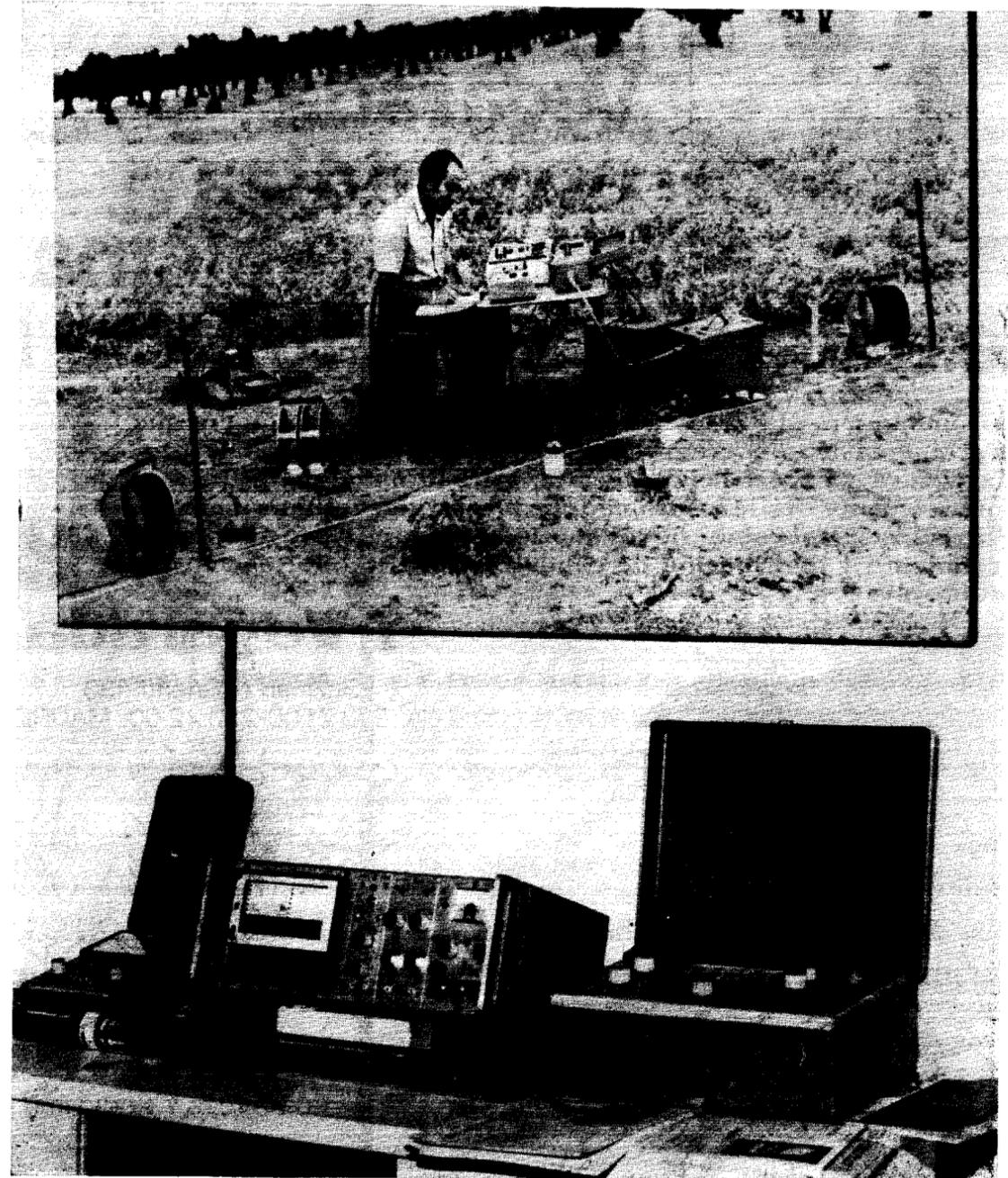
- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA-METALOGENIA.
- PROYECTOS MINEROS.
- CONTROL DE COSTOS.

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



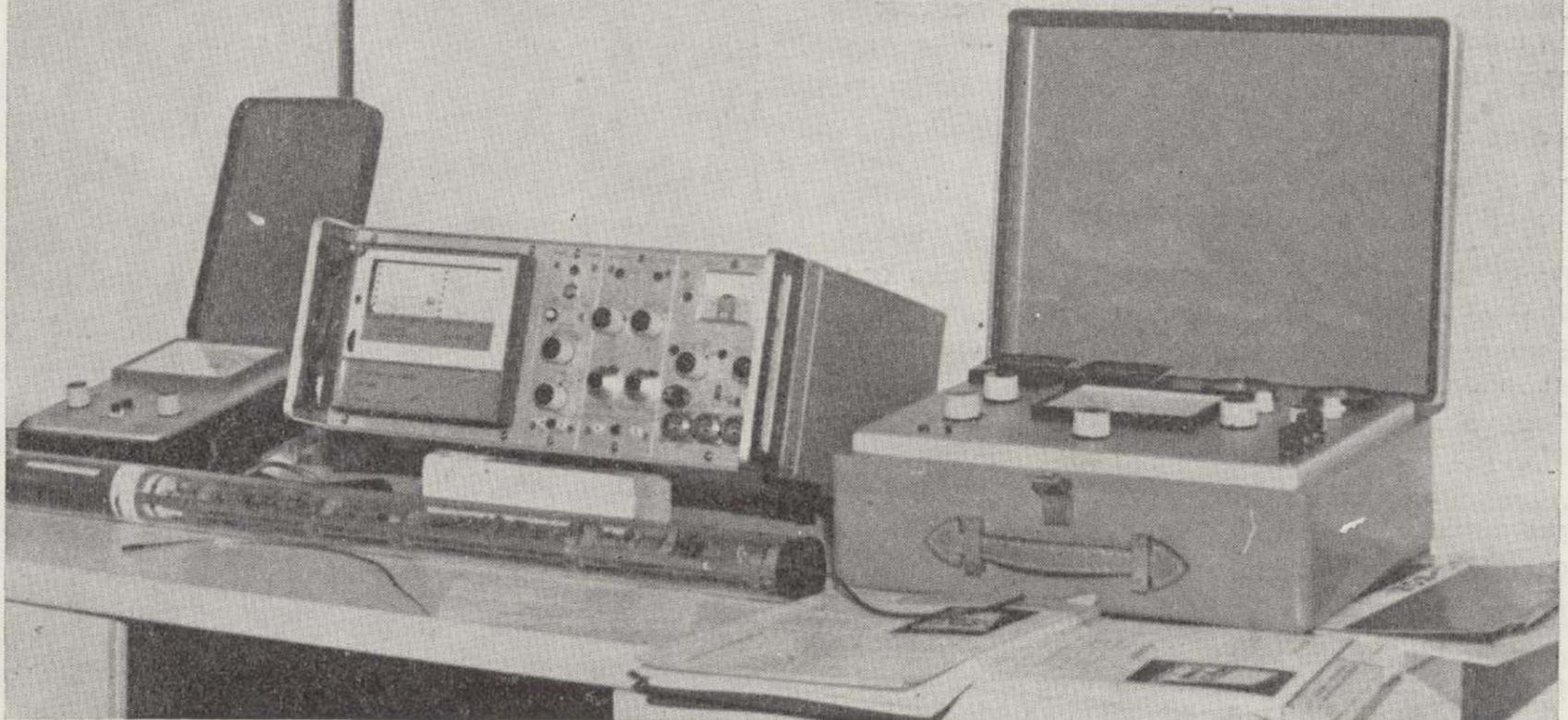
SISTEMAS DE MEDIDA PARA LOS SIGUIENTES CAMPOS

- RESISTIVIDAD Y POTENCIAL.
- GRAVIMETRIA.
- MAGNETOMETRIA.
- RADIOMETRIA.
- CALIDAD DE AGUAS.
- NIVELES.
- POLARIZACION INDUCIDA.
- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.
- ELECTROMAGNETOMETRIA.
- SISMICA.
- PROPIEDADES DE PAVIMENTOS.
- TESTIFICADORES DE SONDEOS.  
(Potencial-resistividad-gamma)

# 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



# 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. Poscemos 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 90

Fascículo III

Mayo - Junio 1979

# 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>	A. MARTÍN SERRANO y F. J. GARCÍA ABBAD: El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental ... .. .	1
	J. SAAVEDRA: Aspecto geológico del plutonismo geoquímicamente especializado en Extremadura Central (oeste de España).	11
	F. J. GARCÍA ABBAD: Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional.	33
<b>Minería</b>	A. GARCÍA VÉLEZ: Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla) ...	43
<b>Aguas subterráneas</b>	J. PORRAS MARTÍN: Protección de la calidad de las aguas subterráneas en el acuífero Mesozoico de Segovia ... .. .	52
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	G. OCHOA RUIZ DE ZUAZO: Las Granodioritas de El Molar (Madrid) ... .. .	60
<b>Información</b>	Panorámica general de los principales aspectos geológicos de las cuencas españolas de carbón y de otros minerales del Carbonífero.—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas ... .. .	68

### 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

**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**

Corrosión de un feldespatos maclado (sanidina) observado al SEM (640 ×).  
1 división = 10 micras.

Foto: J. A. MEDINA

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

## El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental

Por A. MARTIN-SERRANO (\*) y F. J. GARCIA ABBAD (\*\*)

### RESUMEN

El concepto de Meseta Española constituye un modelo conceptual ampliamente difundido en la literatura geológica y geomorfológica. En algunos puntos, sin embargo, este modelo presenta dificultades de adaptación a la realidad morfoestructural regional, destacando en este sentido su terminación suroriental. Los trabajos de campo realizados han permitido a los autores analizar en detalle el problema y proponer una solución coherente al mismo.

### ABSTRACT

The concept of Spanish Meseta constitutes a conceptual model widely employed in geological and geomorphological literature. In some points, however, this model presents difficulties in its adaptation to the regional morphostructural reality as in the case of the southeastern end. The fieldwork has permitted the authors to analyze the problem in detail and to propose a coherent solution to it.

El concepto de Meseta Española es el resultado de una larga decantación de investigaciones, cuya historia fue sintetizada por SOLÉ SABARÍS (1966). Basándose en los ensayos anteriores de E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1911) y J. DANTÍN CERECEDA (1912), el esquema peninsular de SOLÉ SABARÍS (1952) considera a la Meseta como el viejo macizo paleozoico, inclinado suavemente hacia el Atlántico, que ocupa el centro y el occidente de la Península. Con sus límites o bordes exteriores plegados o fracturados, la Meseta presentaría una accidentación vertebral representada por el Sistema Central y otra secundaria en los Montes de Toledo, así como las dos depresiones terciarias de ambas Castillas.

Pese a que E. HERNÁNDEZ-PACHECO fue uno de los autores que más contribuyó a la consolidación del concepto de Meseta, en otros trabajos posteriores abandonó esta terminología para introducir otra de naturaleza más geológica, en con-

sonancia con las modas de la época (1932). Así, denomina con el nombre de Hespérides a todas las unidades pre-mesozoicas de la Península; por Macizo Hespérico, a la Meseta, en tanto que las Hespérides son las cordilleras interiores y las montañas circundantes al Macizo Hespérico las que existen en los bordes de la Meseta.

Con el paso del tiempo, los autores españoles han llegado espontáneamente a una utilización ecléctica bastante unánime de los términos anteriores. Se suelen aplicar los conceptos de SOLÉ SABARÍS, pero manejando también la denominación de Macizo Hespérico para designar el territorio constituido por materiales pre-mesozoicos pertenecientes a la Meseta y a sus bordes (Sierra Morena, Macizo Galaico e incluso el Paleozoico asturiano). Muchos autores extranjeros, sin embargo, reacios a designar con el término de Meseta (sinónimo aproximado de altiplanicie) a un territorio poligénico y accidentado (cordilleras interiores, valles encajados en las depresiones terciarias, bordes montañosos, etc.) lo han aplicado al territorio hercínico del occidente peninsular, esto es, al Macizo Hespérico.

(\*) IBERGESA.

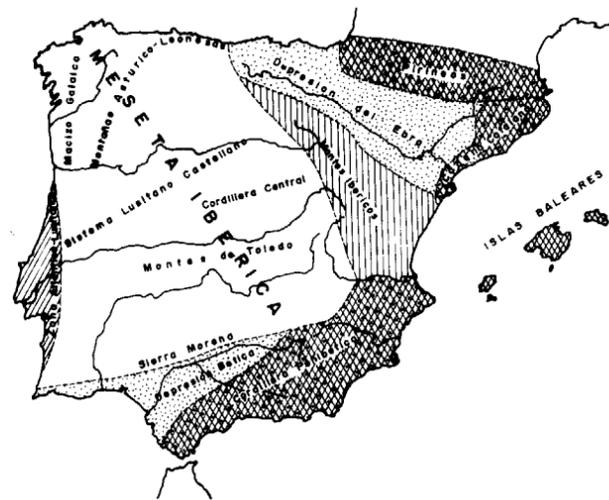
(\*\*) Cátedra de Geodinámica Externa. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

El intento sistematizador de LAUTENSACH a este respecto (1961 y 1967) parte de la consideración de los diferentes sentidos aplicados al término de Meseta Española:

1. Sentido puramente morfográfico, descriptivo, equivalente a altiplanicie.
2. Sentido estructural de unidad tectónica compleja, constituida por un zócalo antiguo plegado y arrasado. Equivaldría al Macizo Hespérico.
3. Sentido tradicional español, morfológico y estructural a la vez, referido al bloque central peninsular, por encima de las particularidades geológicas y topográficas específicas de sus unidades parciales constituyentes.

**CONSTITUCION GEOGRAFICA DE LA PENINSULA IBERICA**

según E. Hernández-Pacheco (1911)



-  Montañas exteriores a la Meseta.
-  Depresiones.
-  Bordes montañosos del NE de la Meseta.
-  Meseta Ibérica.

Figura 1

LAUTENSACH propone aplicar la denominación de Meseta Ibérica (Iberische Meseta) en el primer sentido para designar las porciones llanas de la Meseta tradicional, y Bloque Ibérico (Iberische Masse) al Macizo Hespérico. Aparte de romper con un hábito firmemente establecido, la sistematización de LAUTENSACH no parece aportar ninguna ventaja, ya que su «Meseta» sigue siendo una unidad fuertemente poligénica, hasta el punto de que el autor se ve precisado a distinguir en ella tres variantes, según que la altiplanicie esté desarrollada sobre el Bloque Ibérico, sobre su cobertera terciaria o sobre el mesozoico plegado de sus bordes. Por ello parece lógico seguir manteniendo el concepto de Meseta Española en su sentido tradicional y el de Macizo Hespérico en la acepción actual más frecuente.

El tema de los bordes de la Meseta presenta también un cierto confusionismo. El mismo SOLÉ SABARÍS unas veces los incluye en la Meseta (1952, p. 30), en tanto que en otras les otorga el carácter de elemento estructural independiente (1952, p. 29). Esto último es lo que hace E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1932, p. 50), mientras que bajo el punto de vista de LAUTENSACH sería una cuestión vacía de contenido.

Pensamos que por tratarse del propio bloque rígido del zócalo, recubierto o no por depósitos más recientes, deformado y fruncido en su contacto con una serie de unidades periféricas de tendencia negativa, y éstas sí claramente independientes, los bordes de la Meseta deben ser considerados elementos constitutivos incluidos en ella. De esta forma se reafirma su carácter de núcleo elevado resistente, que parece el rasgo más definitorio de la Meseta.

De hecho, la interpretación morfoestructural de los bordes de la Meseta está aún por hacer. Limitándonos a su ángulo SE, parece que según el esquema general de SOLÉ SABARÍS la Meseta debería quedar cerrada por la Cordillera Ibérica y Sierra Morena. Sin embargo, los afloramientos neógenos recubiertos más o menos por Cuaternario parecen abrir un boquete y adentrarse profundamente hacia el E entre las estructuras mesozoicas de la Ibérica y el Campo de Montiel. Estos materiales recientes, además, se extienden hacia el SE más allá de Albacete, donde llegan incluso a ponerse en contacto con las primeras unidades del Prebético. La primera impresión su-

giere la presencia de dos estructuras deprimidas, una E-W, a lo largo del corredor de La Mancha, y otra SW-NE, según la posición aproximada de la línea Alcaraz-Albacete. A favor de estas supuestas dislocaciones se pierde la noción de borde de la Meseta en esta zona.

Más al Sur, la tabla jurásica del Campo de Montiel, que se sumerge suavemente por el Norte bajo los depósitos del llano manchego, alberga a modo de espolón terminal los afloramientos más orientales del Paleozoico de Sierra Morena. Al E se hace patente el accidente de Alcaraz-Albacete,

**ELEMENTOS GEOGRAFICOS CONSTITUTIVOS DE LA PENINSULA IBERICA**

según J. Dantín Cereceda (1912)



Figura 2

al tiempo que la topografía se hace más variada, para desembocar finalmente en las estructuras deprimidas de compleja tectónica del Prebético. Esta disposición es comparable a la del frente del Guadalquivir, terminando la Meseta igualmente en esta zona por un escalón acompañado por una dislocación lineal importante.

De esta forma parece que entre la Ibérica y Sierra Morena la Meseta se prolonga a modo de cuña hacia el E. Su límite no responde en este caso a una zona orográficamente destacada, y hay que buscarlo probablemente en la supuesta prolongación hacia el NE del accidente de Alcaraz-Albacete.

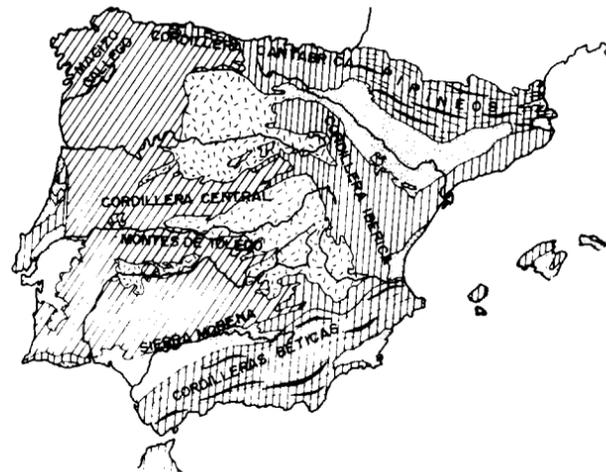
Observaciones parciales acerca de esta anomalía se encuentran en diferentes autores. Así, E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1911), en el mapa explicativo de sus ideas sobre la constitución de la Península, parece poner en contacto directo la Meseta con la por él llamada, de forma general, Cordillera Penibética. Lo mismo hace J. DANTÍN CERECEDA (1912), siendo en este mapa muy llamativo el agudo vértice con el que el autor prolonga la Meseta hacia el E a lo largo del valle del río Júcar. En el mismo trabajo se lee textualmente (p. 79): «... aun continuándose al E de las llanuras manchegas los límites de la Meseta, cesa el Sistema Ibérico, para iniciarse en dirección SW y exterior al gran macizo central ibérico otro distinto Sistema orográfico..., el Penibético», citando además a LAPPARENT: «... entre las fuentes del Tajo y el extremo de Andalucía, la Meseta parece tocar el Mediterráneo.»

También LAUTENSACH (1967) presenta un mapa en el que la Meseta prolonga una digitación abierta a lo largo del curso del Júcar; por su parte, BIROT (1970, p. 220) se refiere brevemente a que «la zona externa de las Béticas... en el sector oriental se suelda orográficamente con la Meseta».

Por último, SOLÉ SABARÍS dedica a esta cuestión algunas alusiones a aspectos parciales. La Sierra de Alcaraz, tal como aquí se ha hecho, es considerada como el espolón terminal de Sierra Morena, cuando dice (1952, p. 104): «... a partir del nudo de Alcaraz, el borde de la Meseta se presenta rígidamente alineado de E a W a lo largo de la gran dislocación de Sierra Morena.» El significado y carácter heterogéneo de los bordes de la Meseta quedan perfectamente explicados más adelante: «En el aspecto meramente topográfico hay un rasgo común a las tres: el parecer como un escalón más o menos fruncido que se eleva bruscamente entre la Meseta y sus depresiones periféricas. La Meseta es, pues, un gran bloque bordeado de Norte a Sur por un imponente escalón, cortado verticalmente en Sierra Morena, completamente fruncido por los plegamientos alpinos en la Cordillera Ibérica y algo más sencillo y menos deformado, pero no menos esquemático, en la Cantábrica.»

En relación con la supuesta dislocación E-W del corredor de La Mancha, se dice (p. 108) que «la colisión entre ambas alineaciones tectónicas (ibérica y bética) se registra precisamente en la de-

**UNIDADES ESTRUCTURALES DE LA PENINSULA IBERICA según Solé Sabaris (1952)**



-  Macizo hercínico de la Meseta.
-  Depresiones terciarias de la Meseta.
-  Rebordes alpinos de la Meseta.
-  Depresiones periféricas.
-  Cordilleras alpinas.

Figura 3

presión valenciana, en donde se advierte una antigua línea de fractura que representa la soldadura de ambas unidades estructurales de la Península».

Otras precisiones sobre el significado de la Sierra de Alcaraz indican que hacia ella «Sierra Morena pierde tanto su carácter topográfico de escalón de la Meseta como su estructura tectónica... Aquí se extingue la dislocación de Sierra Morena y se transforma en un pliegue falla vergente hacia la Meseta, el cual entra en contacto, por un lado, con las últimas estribaciones de los pliegues ibéricos, y por otro, con las primeras serranías béticas. Es, pues, un nudo de convergencia de tres alineaciones tectónicas» (p. 109). Y en un capítulo posterior leemos (p. 249): «Hacia Chiclana y Al-

caraz la depresión (del Guadalquivir) se estrangula, y las sierras béticas se ponen en contacto con el bloque de la Meseta.»

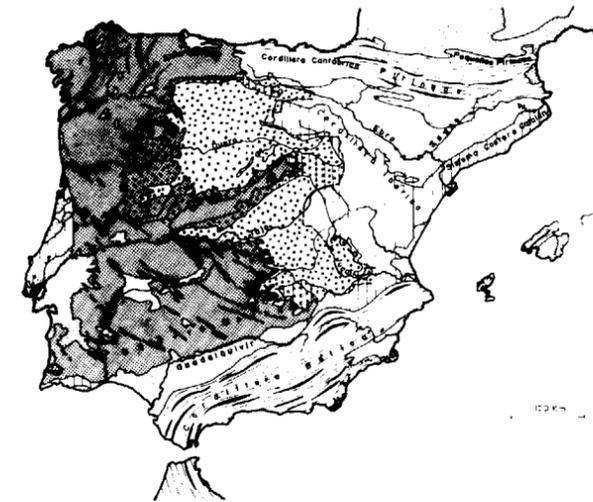
Las referencias al problema del límite de la Meseta en relación con la Cordillera Ibérica en su confluencia con La Mancha son, en cambio, más escasas y mucho menos explícitas. Así, por ejemplo, leemos (p. 314) que «al W del Turia la Cordillera Ibérica va perdiendo poco a poco sus relieves, como siempre que se aproxima al borde de la Meseta, hasta perderse en la cuenca del Júcar en la depresión de Albacete, para formar lo que hemos llamado la ensilladura valenciana».

De esta forma, a la vista de las ideas actuales acerca del concepto de Meseta Española y del significado de sus bordes, cabe proponer el siguiente esquema como hipótesis de trabajo:

- a) Resulta útil aplicar el término de Meseta Española en su sentido tradicional, a la vez morfográfico y estructural, al considerar que pese a su complejidad y a las diferentes unidades subordinadas que en ella se distinguen presenta una acusada entidad propia y un indudable carácter unitario.
- b) Conviene incluir en el conjunto de la Meseta a sus propios bordes como elementos constitutivos de la misma, al no representar otra cosa que la dislocación marginal y el escalón de descenso a las unidades deprimidas periféricas.
- c) En la región particular de La Mancha oriental no se verifica exactamente el modelo general de SOLÉ SABARIS, según el cual la Meseta queda cerrada por rebordes montañosos.
- d) Se puede pensar en la interferencia de dos importantes dislocaciones tectónicas, E-W y SW-NE, como causa influyente en la inexistencia de reborde montañoso entre el nudo de Alcaraz y la Cordillera Ibérica.
- e) Cabe sospechar que la estructura que determinaría el fin de la Meseta en esta zona sería el accidente SW-NE de Alcaraz-Albacete, probablemente prolongado hacia el NE. El esquema sería similar al del frente del Guadalquivir, modificado por la interferencia de la dislocación E-W de La Mancha y por la confluencia de la Ibérica y el Prebético.



**GEOLOGIA Y MORFOLOGIA DE LA PENINSULA según Lautensach (1967)**



-  Macizo ibérico con las líneas de hartling.
-  Cobertera terciaria del Macizo Ibérico.
-  Area mesozoica con pliegues falla.
-  Depresiones periféricas (Prefosas).
-  Rocas eruptivas modernas.
-  Plegamiento alpino con las principales alineaciones montañosas.
-  Límites de la Meseta.
- Meseta en el área:
  -  a) del Macizo Ibérico.
  -  b) de la cobertera terciaria del Macizo Ibérico.
  -  c) del mesozoico de plegamiento de tipo germánico.

Figura 4

**PLANTEAMIENTO ACTUAL DEL PROBLEMA DEL CIERRE SURORIENTAL DE LA MESETA**

La revisión bibliográfica anterior puede ser complementada actualmente con datos más recientes, en base a los cuales el problema del cierre de La Meseta en su ángulo SE se plantea en términos más concretos.

La región implicada en esta cuestión coincide con lo que SOLÉ SABARIS llamó la «ensilladura valenciana», es decir, la prolongación del Ovalo de Valencia (M. ALÍA, 1972) hacia el interior, al menos hasta el meridiano de Albacete. En este sector peninsular las alineaciones ibéricas quedan bruscamente interrumpidas por extensos recubrimientos terciarios, que las separan de las primeras estructuras del Prebético. Un análisis somero de esta región permite ya vislumbrar la extrema complejidad de su morfoestructura (F. J. GARCÍA-ABBAD, 1978), cuyos rasgos generales vamos a esbozar a continuación.

**1. Relaciones morfoestructurales entre el Campo de Montiel y el Prebético**

A lo largo de la directriz definida por las localidades de Beas de Segura y Alcaraz el zócalo hercínico parece perder, hacia el SE, la compacta y escasamente trastocada configuración que cabe atribuirle en el Campo de Montiel. En efecto, el carácter tabular de la cobertera mesozoica de esta región sugiere una escasa accidentación en el basamento, en tanto que hacia el SE y a partir de la mencionada directriz esta disposición desaparece para ser sustituida, según todos los indicios, por una sucesión de escalones o dovelas progresivamente desplomados. Sin embargo, topográficamente no se registra un descenso de las cotas de las superficies culminantes, sino, por el contrario, una clara elevación provocada por el apilamiento de materiales mesozoicos, primero jurásicos y luego cretácicos, que llegan a alcanzar alturas de 1.600 m. e incluso 1.800 m. (Sierras de Alcaraz y Segura y Calar del Mundo).

De esta forma, y bajo un punto de vista estructural, existe un neto contraste en pocos kilómetros entre la tranquila estructura tabular del Campo de Montiel, al NW, y la compleja región con tectónica en escamas existentes al SE, en donde además las directrices béticas son perfectamente ní-

tidas. Esta mayor accidentación tectónica se refleja en el relieve, que se hace mucho más quebrado y disectado, en tanto que en el ámbito del Campo de Montiel la red de drenaje es sólo incipiente. Además, en el sector que describimos, entre Beas de Segura y Alcaraz, el contraste entre ambas unidades queda realzado por la existencia de zócalo hercínico aflorante al NW de la citada directriz estructural.

Más al Norte, sin embargo, el límite entre la Meseta y el Prebético queda más difuminado, por cuanto el accidente estructural Alcaraz-Albacete pone en conexión materiales jurásicos entre sí. Analizando con más detalle ese accidente hay que referirse a investigaciones anteriores (LINARES GIRELLA y RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1973; M. ALVARO, J. GARCÍA ARGÜESO y E. ELIZAGA, 1975). En base a ellas cabe individualizar una dislocación estructural que pasaría a unos 2 Km. al S de Vianos y luego por Peñascosa, Pesebre, Cilleruelo, Masegoso y Peñarrubia, prolongándose aún más hacia

el E. Para los primeros autores citados esta línea separa dos dominios muy netos, «al N, la cobertura tabular de la Meseta, y al S, una zona de escamas de vergencia N, cuya dirección cambia de forma progresiva». M. ALVARO et al. coinciden con los anteriores, señalando además que la zona prebética en escamas presenta una serie de fallas de desgarre NW-SE y otras aproximadamente NE-SW de segundo orden. La influencia bética, sin embargo, parece sobrepasar hacia el NW la línea anterior, tal como señalan E. FERREIRO y J. M. ROIZ (1973). Para estos autores el límite entre los estilos tectónicos característicos, respectivamente, del Campo de Montiel y el Prebético se sitúa en una hipotética línea estructural, a la que estaría adaptado el curso del río Lezuza y de dirección SW-NE, y que según los datos estratigráficos parece ya haber condicionado la sedimentación mesozoica. Tal línea estructural ha sido deducida en base a incurvaciones de ejes de pliegues de la cobertura, a un cambio neto en el es-

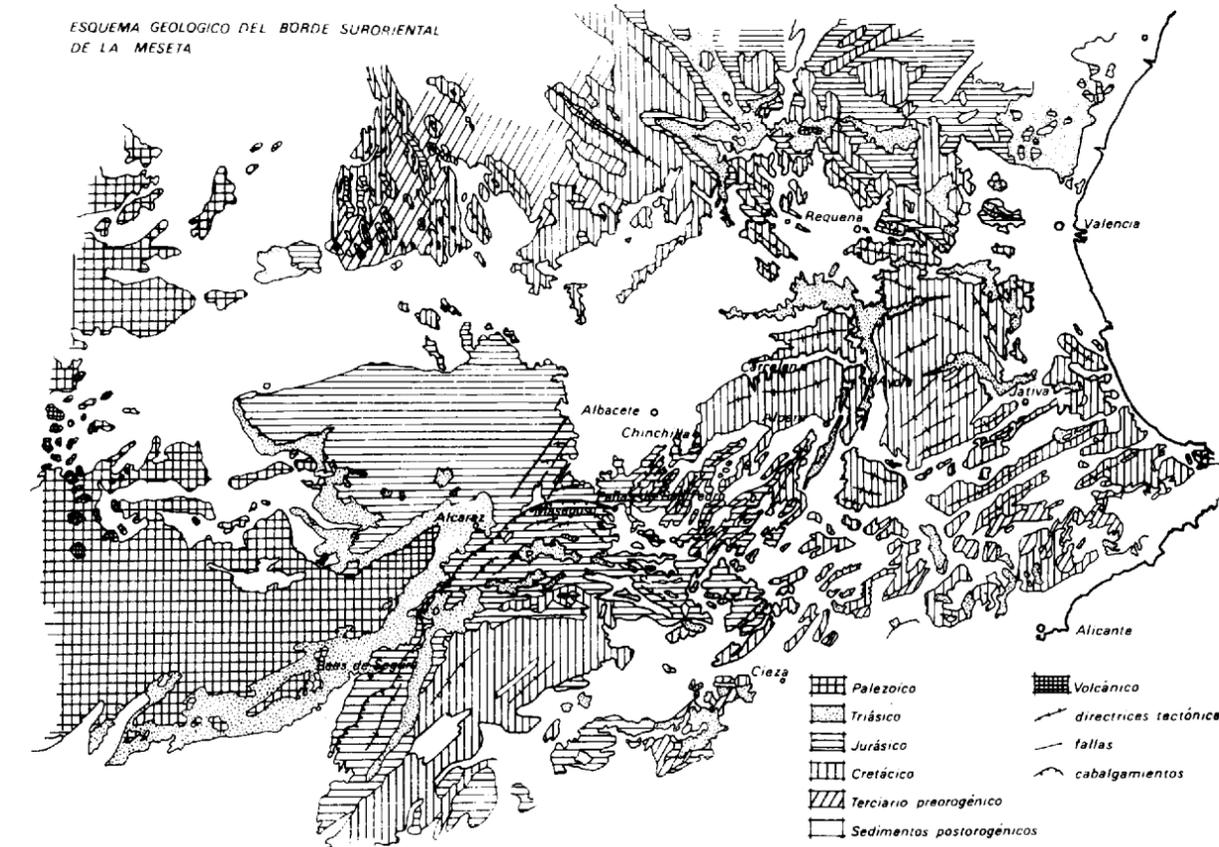


Figura 5

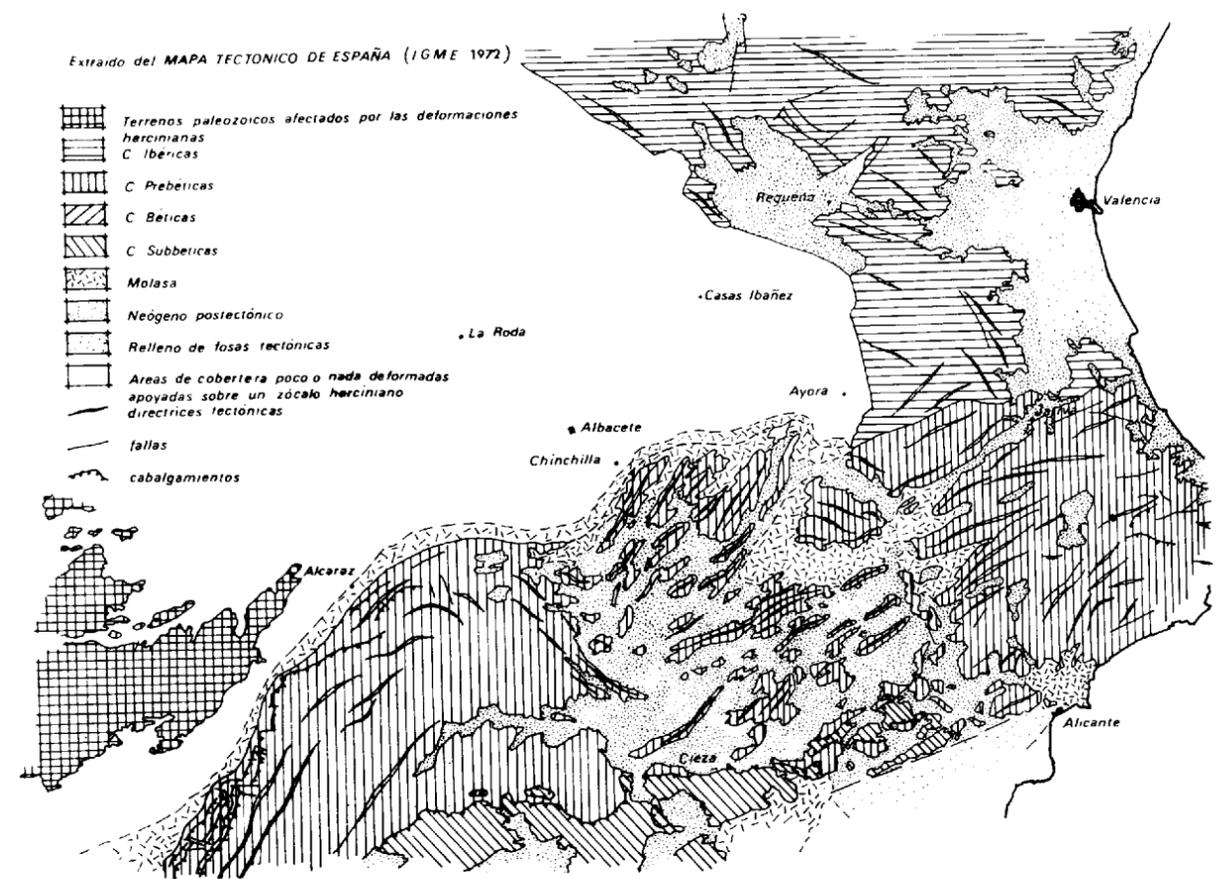


Figura 6

tilo e intensidad de su plegamiento y a variaciones en los espesores de la serie mesozoica.

La prolongación hacia el E de la línea Peñascosa-Masegoso-Peñarrubia supone su progresivo incurvamiento hacia el SE, y al N de la misma la complejidad estructural se amortigua, pero manteniéndose las directrices béticas. Por otra parte, y como ocurría entre Beas y Alcaraz, al E y SE de esta alineación la topografía se eleva significativamente hasta los 1.200 y 1.300 m., mientras que los puntos más altos del Campo de Montiel se sitúan entre los 1.000 y 1.100 m. Además, el relieve se hace mucho más quebrado y claramente disectado por la red fluvial.

Este último carácter se establece en realidad a partir de la alineación del río Lezuza, si bien no se traduce en un aumento de la cota de las cumbres en relación a las del Campo de Montiel. En cuanto a la profundidad a que resulta presumible la presencia del zócalo, circunstancia fundamental en la problemática analizada, parece igualmente

empezar a aumentar a partir del accidente del río Lezuza, de forma discontinua y escalonada, pero progresiva. De esta forma este accidente y no la línea Peñascosa-Masegoso-Peñarrubia sería el primero y más claro escalón de desplome del zócalo y, por tanto, el límite de la Meseta en este sector.

2. La conexión Ibérica-Prebético en La Mancha

Al norte de la región hasta ahora analizada los afloramientos mesozoicos desaparecen bajo depósitos terciarios, por lo que su morfoestructura sólo puede ser intuida o aproximada hipotéticamente, al tiempo que la topografía se hace notablemente monótona y desciende a cotas comprendidas entre los 650 y los 800 m. El gran accidente estructural de Beas de Segura-Alcaraz se pierde bajo esta región y, si es presumible su prolongación en ella, también lo es su complicación por interferencia de otras alineaciones tectónicas de rango similar.

De ellas, una con dirección E-W se manifiesta claramente en la región valenciana, localizándose aproximadamente en el paralelo de Llombay. Condicionadas por ella, más al Norte, las directrices ibéricas NW-SE se incurvan hasta hacerse casi E-W al llegar al meridiano de Requena, para girar posteriormente de nuevo a NNW-SSE hasta Játiva, donde son interrumpidas bruscamente por otro accidente tectónico, la alineación diapírica-volcánica de Cenajo-Jumilla-Yecla-Játiva (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1977). E igualmente al sur del presumible accidente E-W las estructuras prebéticas NE-SW se amortiguan e incurvan hasta quedar casi E-W.

Ya en la provincia de Albacete ese accidente E-W se manifiesta en algunas estructuras, tales como la fosa de Carcelén, la falla de Casas Ibáñez y el Anticlinal del Júcar, descritas por QUESADA et al. (1967). Más al W aún parece reconocerse en el Corredor manchego (F. J. GARCÍA-ABBAD, 1975), para irse amortiguando por efecto de otros sistemas de fracturación.

La tercera gran directriz estructural que puede sospecharse bajo el terciario manchego tiene orientación NW-SE y resulta visible en el dominio prebético como desgarres, ya descritos por JEREZ MIR (1971 y 1973), ALVARO, GARCÍA ARGÜESO y ELIZAGA (1975) y RODRÍGUEZ ESTRELLA (1977). Esta es la orientación del accidente Peñas de San Pedro-Cieza, que se prolonga hacia el N (ALVARO et al., 1975) y probablemente bajo los Llanos de Albacete, donde cabe sospechar importantes interferencias con el accidente de Alcaraz-Albacete. La depresión tectónica que representa la porción oriental de La Mancha tendría así mucho que ver con estas interferencias estructurales, a las que habría que añadir las originadas por el accidente E-W.

Al E de este sector oriental de La Mancha se encuentra el macizo cretácico de Chinchilla de Monte Aragón, de débiles rasgos estructurales béticos. Tal unidad podría constituir aun el último bloque marginal de la Meseta, estando por el S delimitado por la línea estructural Chinchilla-Alpera, que lo separa de un sector meridional de mayor complejidad, tanto estructural como topográfica, y de claras directrices béticas. Más al E la falla de Ayora podría también determinar el tránsito a otras zonas desligadas del contexto de la Meseta, dada su mayor complejidad estructu-

ral y el presumible hundimiento del zócalo a partir de la mencionada falla.

#### ENSAYO DE DELIMITACION DEL CIERRE SURORIENTAL DE LA MESETA

Las anteriores consideraciones permiten sugerir una delimitación tentativa del borde suroriental de la Meseta. Los criterios en que nos basamos son la posición del zócalo, elevada o desplomada, su grado de accidentación, la estructura geológica de la cobertera como reflejo de accidentación del basamento y la complejidad y disección del relieve como consecuencia última de todo ello. Criterios considerados, además, en ese orden de prioridad.

Empezando por el Sur, donde esta delimitación parece evidente, la Meseta se extinguiría en la alineación Beas-Alcaraz, el accidente del río Lezuza, la línea estructural Chinchilla-Alpera y la falla de Ayora. Finalmente, hacia el Norte, el esquema tradicional de SOLÉ SABARÍS volvería a adquirir virtualidad, por cuanto la Cordillera Ibérica, al este de la Fosa de Teruel, constituiría el borde plegado y fruncido de la Meseta en ese sector. En algunos casos el límite podría considerarse como transicional, siendo el sector comprendido entre el accidente del río Lezuza y la línea estructural de Peñascosa-Masegoso el más representativo a este respecto.

Por otra parte, los sectores orientales de La Mancha, y probablemente la generalidad de esta región, parecen constituir desplomes del zócalo internos a la Meseta, introduciendo así otro factor de complejidad en la morfoestructura de esta gran unidad peninsular.

Esta alternativa tiene a nuestro juicio mayor sentido morfoestructural que considerar como límite de la Meseta en el sector estudiado, el Accidente de Alcaraz-Albacete y su posible prolongación en la fosa de Teruel. En efecto, esta solución implicaría suponer la similitud de la morfoestructura del borde suroriental mesetario con la de su terminación meridional a lo largo de la dislocación lineal del Guadalquivir. Como se ha discutido anteriormente, tal similitud puede identificarse de forma aproximada hasta alcanzarse la llanura manchega, sustituida la dislocación del Guadalquivir por la de Alcaraz-Albacete. Pero si se pretende mantener este esquema más hacia

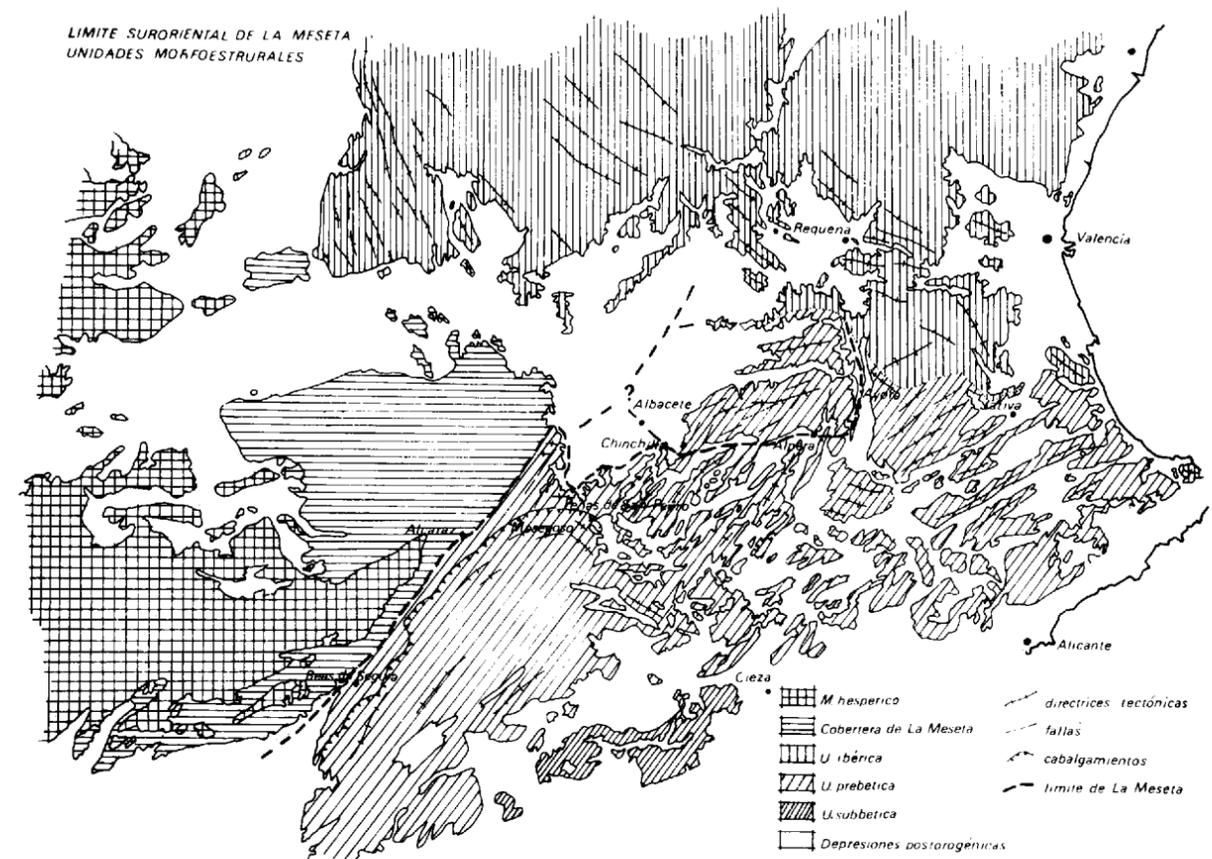


Figura 7

el N, quedarían arbitrariamente cortadas regiones de carácter tan indudablemente unitario como son los Llanos de Albacete y la Cordillera Ibérica, a un lado y otro de la Fosa de Teruel. Por ello nuestra tentativa de ensayo incluye la totalidad de ambas unidades en la Meseta, a las que contornea por el E la delimitación propuesta. La complejidad de ésta no resulta de una subjetiva arbitrariedad, sino que refleja y viene condicionada por la de la propia estructura geológica de la trastocada región implicada en este cierre suroriental de la Meseta.

Con un sentido más estrictamente geológico-estructural que morfoestructural, el Mapa tectónico de la Península Ibérica (IGME, 1972) apunta una solución al problema objeto de este artículo similar a la propuesta por nosotros. Así, con todas las salvedades que impone la complejidad del sec-

tor peninsular implicado, este modelo es el que mejor parece adaptarse a la concepción tradicional de la Meseta Española y de sus bordes.

#### BIBLIOGRAFIA

- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: *Elementos geográfico-geológicos de la Península Ibérica*. Asoc. Esp. Prog. Ciencias, t. V, pp. 325-331. Madrid, 1911.
- *Síntesis fisiográfica y geológica de España*. Junta Ampl. Est. Trab. Museo Cien. Nat. ser. geol. núm. 38, 584 p. Madrid, 1932.
- DANTIN CERECEDA, J.: *Resumen fisiográfico de la Península Ibérica*. Junta Ampl. Est. Trab. Museo Cien. Nat., número 9, 275 p. Madrid, 1912.
- SOLÉ SABARÍS, L.: *Geografía de España y Portugal*. Tomo I. Ed. Muntaner y Simón. 500 p. Barcelona, 1952.

- *Sobre el concepto de Meseta Española y su descubrimiento*. Vol. Homenaje a Amando Melon, pp. 15-45. Zaragoza, 1966.
- LAUTENSACH, H., y MAYER, E.: *Iberische Meseta und Iberische Masse*. Zeits fur Geomorph., t. 5, pp. 161-180. Berlin, 1961.
- *Geografía de España y Portugal*. Ed. Vicens Vives, 814 p. Barcelona, 1967.
- BIROT, P.: *La géomorphologie quaternaire dans les régions méditerranéennes (principalement d'après les publications françaises)*. Et. franc. sur le Quat. VII, Congr. Inter. de INQUA, 1, pp. 173-192. Paris, 1969.
- QUESADA, A.; REY, R., y ESCALANTE, G.: *Reconocimiento geológico de la zona de Carcelén (provincia de Albacete y Valencia)*. Bol. Geol. y Min. T. LXXVIII, pp. 93-185, 1967.
- JEREZ MIR, L.: *Hipótesis sobre las relaciones entre el zócalo y la cobertera en un sector de la zona Prebética (provincias de Albacete y Murcia)*. I Congreso Hispano-Luso-Americano. Geol. Econ., 1, pp. 249-264, 1971.
- *Geología de la zona prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (provincias de Albacete y Murcia)*. Tesis Doctoral Universidad de Granada, 74 p., 1973.
- ALIA MEDINA, M.: *Evolution post-hercynienne dans les régions centrales de la Meseta espagnole*. 24.º Congr. Geol. Inter. secc. 3.ª, pp. 265-272. Ottawa, 1972.
- LINARES; GIRELA, L., y RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T.: *Observaciones sobre la geología del sector Alcaraz-Robledo (zona Prebética, provincia de Albacete)*. Bol. Geol. y Min. T. LXXXIV-VI, pp. 419-425, 1973.
- FERREIRO, E., y ROIZ, J. M.: *Mapa geológico de España*, E. 1:50.000. Hoja núm. 789. Lezuza. IGME, 1973.
- GOY, J. L., y ZAZO, C.: *Estudio morfotectónico del Cuaternario en el Ovalo de Valencia*. Act. de I Reunión Nac. Grupo del Cuatern. Trab. sobre Neógeno y Cuatern., t. 2, pp. 71-82. Madrid, 1974.
- ALVARO, M.; GARCÍA ARGUESO, J. M., y ELIZAGA, E.: *La estructura del Borde Prebético en la zona de Alcaraz (provincia de Albacete, España)*. Bol. Geol. y Min. T. LXXXVI-V, pp. 467-477, 1975.
- RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T.: *Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante. II) Tectónica*. Bol. Geol. y Min. T. LXXXVIII-IV, pp. 273-299, 1977.
- MARTÍN-SERRANO, A.: *Estudio geomorfológico de la región de los Llanos de Albacete y sus marcos montañosos*. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias Geol., 113 p., 1976.
- GARCÍA-ABBAD, F. J.: *Estudio geológico del Pantano de Alarcón (Cuenca)*. Tesis doctoral. Fac. Ciencias Geol., 475 p. Madrid, 1975.
- *Sobre el concepto de Morfoestructura y su utilidad en Geomorfología Regional*. Est. Geol., 34, pp. 5-7. Madrid, 1978.

Recibido: Febrero de 1978.

## Aspecto geológico del plutonismo geoquímicamente especializado en Extremadura Central (oeste de España)

Por J. SAAVEDRA (\*)

### RESUMEN

Tras unas consideraciones bibliográficas sobre la situación del área dentro del Hercínico, se delimita la zona con ayuda de criterios geológicos y geofísicos. Al N y S de ésta se definen dos bloques. El bloque N, con anomalía negativa acentuada, está bordeado por el accidente que ocupa el cauce del río Duero (Zamora-Salamanca) en la frontera hispano-portuguesa (alineación que pasa por el domo metamórfico del Tormes), y, al S, con la fosa del Tajo; ambas líneas marcan discontinuidades geológicas. El bloque S, con anomalía gravimétrica positiva, se limita a través del conocido eje Badajoz-Córdoba.

Otros accidentes profundos se han puesto de relieve en base a argumentos geológicos. El que se sitúa como límite oriental del área se define desde las inmediaciones de Mérida, a través de la Sierra de Montánchez, tramo del Tajo entre Talavera de la Reina y El Puente del Arzobispo (que corresponde a un cambio brusco del curso fluvial), y, finalmente, la gran falla meridional del Sistema Central. Dentro de esta parte de Extremadura se señalan más accidentes corticales de importancia; los plutones se asocian a tales líneas de debilidad, en ocasiones antiguas y cicatrizadas, que sólo se evidencian por la litología y estructura a gran escala.

Los rasgos del encajante, los enclaves, schlieren, zonalidad y viscosidad se interpretan de modo que conducen a admitir un emplazamiento inicial de tipo «doming» que evoluciona a otras formas, distensivas, dado que el plutonismo tiene una duración en la zona no inferior a 50 m. a. y presenta pulsaciones. Los granitos, aunque asemejados sobre todo a los cratónicos, tienen caracteres mixtos entre éstos y los orogénicos, como algunos de los citados en el norte de Africa, y se generan por fusión cortical en los bordes de los bloques delimitados por accidentes profundos a causa del aumento local del gradiente geotérmico y carácter de las rocas en estos lugares. La fusión y ascenso del fundido condujeron a un flujo de volátiles desde el encajante hacia el magma, con evolución y saturación acuosa crecientes, siendo posible alguna hibridación con material infracortical en algún caso, pero siempre a escala reducida.

Este mecanismo explica la especialización granítica, su disposición zonada y asociación de acumulaciones importantes sólo a ciertas facies. Tanto en la génesis como en la evolución se hace hincapié en que el factor primordial es el contenido en volátiles, que es lo que condiciona ambos fenómenos.

### ABSTRACT

The igneous rocks here studied (in Badajoz and Cáceres provinces) are Hercynian, hyperaluminous, subalkalic, shallowly emplaced into epimetamorphic sediments, non-oriented granites. The regional gravity data allow coherently characterize the area. Northwards, there is a block of accused negative gravity anomalies. On the other hand, Southwards the anomalies are positive.

The N-block boundary, with the considered zone, has a E-W to ESE-WNW direction, and a geologic significance: disruption of structures and running of the «Macizo Cristalino de Toledo» according to it; along the boundary with Portugal, the block runs with the Tormes metamorphic dome. Southwards, the limit of the zone is the Badajoz-Córdoba axis, an old accident.

The whole of data suggest that the granites are emplaced in favour of deep-seated accidents with characteristics of doming mechanism; later, the younger facies were seated by large-scale stopping or cauldron subsidence. The granites are of deep origin, generated by fusion of lower continental crust under infracrustal influence and, perhaps, mélange with scarce mantle material. The magma rises across older deep-seated faults. The final consolidation of the batholiths allows to release the dissolved water, arising an overpressure. The fluids are dispersed, carrying the elements taken off from the granite as volatil complexes, which are distributed around the massif, according to their stability, giving and endo- and exo-batholithic zonation.

(\*) Sección de Mineralogía y Petrografía del Centro de Edafología del CSIC. Apto. 257, Salamanca.

En ciertos granitos mineralizados de Cáceres y Badajoz, que, en esencia, constituyen el plutonismo dominante de la zona, se presentan interesantes problemas geológicos. Existen numerosos datos en algunos aspectos, mientras que la carencia de información sobre otros dominios es muy fuerte. No se puede ambicionar, en estas circunstancias, disponer de un modelo de explicación general y ampliamente satisfactorio. Aquí se trata de coordinar un conjunto de observaciones y resultados pluridisciplinarios de manera que constituyan un esquema de trabajo susceptible de ser contrastado y discutido desde diferentes ámbitos y ángulos de visión. En todo momento se ha tenido presente que la zona no podía disociarse de su entorno inmediato en la época hercínica, que es cuando ocurrieron gran parte de los fenómenos que aquí se tratan, por lo que se ha creído necesario recurrir a los estudios de áreas geológicamente vecinas. Respecto a los batolitos e intrusiones menores no hay un consenso unánime que permita su inclusión inequívoca en alguno de los rangos establecidos para otros macizos hercínicos, lo que ha conducido a ensayar, en principio, la búsqueda crítica de un mecanismo satisfactorio.

#### ANTECEDENTES GENERALES

A grandes rasgos, la zona se delimita de la siguiente manera: al N, por el sinclinal de Cañaveral y valle del Tajo; al S, por la cuenca Terciaria de Badajoz; al NE, por el accidente de La Serena-Guadalupe, y al W, por la frontera con Portugal. Los trabajos preliminares que aquí interesan están recogidos en publicaciones anteriores, muchas de ellas sintéticas, abarcando los dominios mineralógico, geodinámico, petrológico, geoquímico, geocronológico y geológicos en general (WEIBEL, 1955; MENDES, 1968; LEUTWEIN et al., 1970; PRIEM et al., 1970; CORRETGE, 1971; IGME, 1971; PENHA, 1973; PENHA y ARRIBAS, 1974; BEA, 1975; ROSSI, 1975; TAMAIN, 1975; SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976; UGIDOS y BEA, 1976).

En conjunto, en los plutones dominan las rocas de naturaleza granodiorítica (o adamellítica) alcalina, siendo plutones zonados, con cuarzo (varias generaciones), biotita que suele dominar sobre moscovita (esta última, generalmente tardía), feldespato potásico (ortosa y microclina, de largas y complicadas cristalizaciones) y plagioclasas (basicidad máxima, límite oligoclasa-andesina) como

minerales esenciales. Son frecuentes la cordierita (a veces mineral esencial, pero siempre cloritizada) y la andalucita, juntamente con los típicos apatito, circón y opacos. En ocasiones se manifiesta la sillimanita, el almandino, el topacio y la turmalina. Es común el carácter porfiroide de muchos granitos, con o sin megacrístales feldespáticos.

Los batolitos son epizonales, con pobreza de enclaves. El metamorfismo de contacto es, en general, poco intenso. Cortan a las estructuras hercínicas fundamentales y no presentan orientación cataclástica, aunque es esporádica su proximidad a otras masas ígneas ácidas (presumiblemente, también hercínicas) deformadas. Existen granitos aplíticos ligados a la masa principal en muchos casos; no se observan grandes cantidades de rocas básicas asociadas y contemporáneas. Las mineralizaciones o indicios, frecuentes, se asocian a zonas autometasomáticas preferentemente; también aparecen en áreas exobatólíticas, poniéndose en evidencia una cierta relación entre la distancia al plutón y la naturaleza de las concentraciones. Los estadios evolutivos tardíos alcanzan el grado de greisen con poca frecuencia, abortándose en etapas menos ácidas del tipo de microclinización, moscovitización o albitización. Toda esta serie de procesos explican las anomalías geoquímicas reseñadas en la bibliografía. El conjunto de los rasgos apunta hacia una notable evolución de los granitos, que se superpone a una génesis complicada por varios factores distintos en el tiempo.

#### SITUACION Y EVOLUCION EN EL CONTEXTO DE LA CADENA HERCINICA

Se considera aquí de gran importancia tratar de la situación de esta parte del Macizo Hespérico a lo largo de los tiempos hercínicos, con objeto de profundizar en la discusión de los procesos genéticos y evolutivos propuestos para los plutones del entorno geológico en dicha época. Este planteamiento resulta muy útil, pues en las diferentes áreas que obedecieron al mismo proceso general en el Paleozoico Superior el nivel de datos es variable y las hipótesis establecidas se han fundamentado en aspectos particulares en cada caso; la síntesis es sumamente indicativa.

Las reconstrucciones correspondientes al Paleozoico Superior señalan un contacto mutuo entre

Europa, Africa y Norteamérica o bien una separación entre Norteamérica y Africa a través de un pequeño océano Proto-Atlántico. A partir del Carbonífero Medio hay referencias de un gran continente, Pangaea B (anterior al Pangaea A de Wegener, Triásico-Jurásico), que incluye la región Laurentina de América del Norte y los escudos Báltico y ruso-siberiano (Laurasia, en conjunto) con Gondwana; en la zona entre Laurasia y Gondwana se sitúa Europa Central y el bloque Ibérico, con posiciones aún mal definidas entre Africa y América (IRVING, 1977; WESRPHAL, 1977, etc.).

VAN HOUTEN (1976) ha considerado la naturaleza de los depósitos continentales del Paleozoico Superior del SW de Europa, NW de Africa y N de América. Su estudio sugiere una semejanza entre las dos primeras zonas y, en la época, una colisión del W de Iberia con la región canadiense de los Grandes Bancos de Terranova, mientras que en el continente americano se señalan durante el Paleozoico Medio y Superior procesos de formación de rift, no definidos claramente en las áreas europeas citadas, interrumpidos por compresiones relacionadas con la colisión con Africa (BALLARD y UCHUPI, 1972; RUITENBERG et al., 1973; FERM, 1974). Por tanto, y globalmente, es de destacar la aparente mayor vinculación de Iberia con el N de Africa que con América, de acuerdo con estos autores.

BADHAM (1976) hace hincapié en que los movimientos teóricos de las placas implican consecuencias como la aparición de determinadas rocas ígneas, ciertas deformaciones, etc., que no son visibles en todo el Hercínico. Por esta razón insiste en tener en cuenta la desigualdad lateral (RIDING, 1974), ya que si los movimientos son oblicuos (caso común) pueden presentarse subducciones intermitentes, con incorporación ocasional de fragmentos de corteza oceánica sin evidencia neta de subducción continua. Para BADHAM y HALLS (1975), con base en estas premisas, los bloques de Bretaña, Macizo Central francés, Montaña Negra, Córcega-Cerdeña, Iberia, Marruecos y Bohemia se separaron de las placas mayores a través de fallas en el tránsito del Paleozoico Inferior al Medio, lo que concuerda con el trabajo de SADLER (1974), estableciendo una provincia de trilobites en el Paleozoico Inferior para el conjunto Bretaña, Iberia y Marruecos (que es diferente a la de otras zonas de Laurasia) que deja de caracterizarse en el Devónico Superior (BURTON, 1972). Estas mi-

croplacas formaron una entidad durante la colisión con América del Norte en la fase Sudética (hace unos 330 m. a.), cesando los movimientos compresivos acabado el Carbonífero (IRVING, 1977). Aparecerían con posibilidad, pues, diversas líneas de sutura en la placa ibérica, entre otras. Las vinculaciones con otras zonas europeas deben considerarse bajo esta óptica a la hora de establecer analogías.

De las referencias anteriores se desprende que existió un supercontinente en el Paleozoico Superior que sufrió un desplazamiento dextrógiro sobre su zona ecuatorial a finales de dicho período, por movimiento de Gondwana y Laurasia; presumiblemente, la zona de debilidad creada y fallas que se derivaron deben situarse, con probabilidad, a la altura de Iberia (IRVING, 1977). ARTHAUD y MATTE (1975) caracterizan una fracturación tardí-hercínica (310-270 m. a.), sin duda relacionada con dicho movimiento (IRVING, 1977), que afecta a un área ya cratonizada e independiente por completo de las principales deformaciones hercínicas anteriores; la edad aproximada es estefaniense, aunque los rejuvenecimientos de accidentes antiguos son frecuentes.

Considerando lo que se conoce actualmente sobre el Hercínico europeo, la hipótesis de BARD (1977) es sugestiva. Para este autor, las anfífolitas basálticas pobres en potasio, asociadas al Silúrico de Aracena, aparecieron sobre un protorift (en este sentido, como ocurre en América del Norte) o área continental de corteza delgada que puede permitir una posterior evolución a zonas axiales plutónicas y metamórficas, sin implicar subducción (ausencia de ofiolitas); sin embargo, este mismo autor admite la posibilidad de que en el NW de la placa ibérica la situación pueda ser distinta, por la existencia de presuntas ofiolitas en complejos metamórficos más antiguos.

La hipótesis de este desarrollo estructural, anterior a unos 340 m. a., es difícil de discutir en la región comprendida entre, por un lado, Galicia y los complejos de Bragança y Morais, y por otro, Huelva, en su límite con Extremadura. En el sinclinal de Tamames, unos 25 Km. al N de la provincia de Cáceres, se ha citado una banda de dirección aproximada NW-SE de rocas basálticas (predominantemente básicas o intermedias, con algunos términos ácidos) en niveles del Silúrico Superior o quizá Devónico Inferior, muy poco metamorfizadas (JIMÉNEZ y SAAVEDRA, 1971); tales

rocas son también pobres en potasio (SAAVEDRA et al., 1973) y están asociadas a materiales de depósito somero (incluso con algunos niveles conglomeráticos). Más al S, en los sinclinales de Cáceres, también hay referencias de rocas básicas efusivas, p. ej., en la Sierra de San Pedro (CORRETE y GARCÍA DE FIGUEROLA, 1971), asociadas a las calizas Devónicas o Carboníferas al S de Alburquerque, etc. Al no disponerse de datos analíticos y geológicos suficientes, no puede establecerse un esquema regional satisfactorio. De todas maneras, la posibilidad de accidentes precarboníferos con los rasgos señalados, de conductos de materiales muy profundos, no debe descartarse; PARGA (1970) ya indicaba el carácter de plataforma en la mayoría del Macizo Hespérico a partir del Devónico. Fracturas E-W, prewestfalienses, posibles vías de acceso de basaltos y rocas análogas, han sido citadas en la zona por GARCÍA DE FIGUEROLA et al. (1974). Considerar que antes de las intrusiones graníticas se tenía un edificio hercínico ya afectado por fracturaciones profundas y, en parte, rejuvenecidas, es una hipótesis que posee su justificación al situar el bloque ibérico dentro de su medio circundante.

### CARACTERIZACION REGIONAL

#### Datos geofísicos

Existen muy pocas medidas gravimétricas en la zona estudiada. No obstante, los pocos datos proporcionados por el Mapa Gravimétrico de la Península Ibérica (Institutos Geográficos y Catastrales de España y Portugal, 1972) permiten poner en evidencia algunos rasgos interesantes.

Se han agrupado las anomalías gravimétricas en: fuertemente negativas (inferiores a  $-45$  mgl), débilmente negativas (de 0 a  $-45$  mgl) y positivas. Su distribución deja de ser al azar, figura 1. La zona queda delimitada por un bloque N con anomalías netamente negativas (cuyo límite es de dirección aproximada E-W) y un bloque S con anomalías positivas (que limita con la misma según la dirección media WNW-ESE), coincidente con un límite de zona sísmica (CADAVID, 1977). Estas divisiones puramente gravimétricas reflejan diferencias corticales muy significativas, que deben contrastarse con la geología regional. Naturalmente, la escasez de puntos de medida hace que no puedan establecerse divisiones ulteriores

o que las direcciones que marcan los límites sean sólo aproximaciones. Pero es una orientación que basta con respecto a los accidentes profundos y significativos que, como es obvio, han de tener un reflejo en otros dominios.

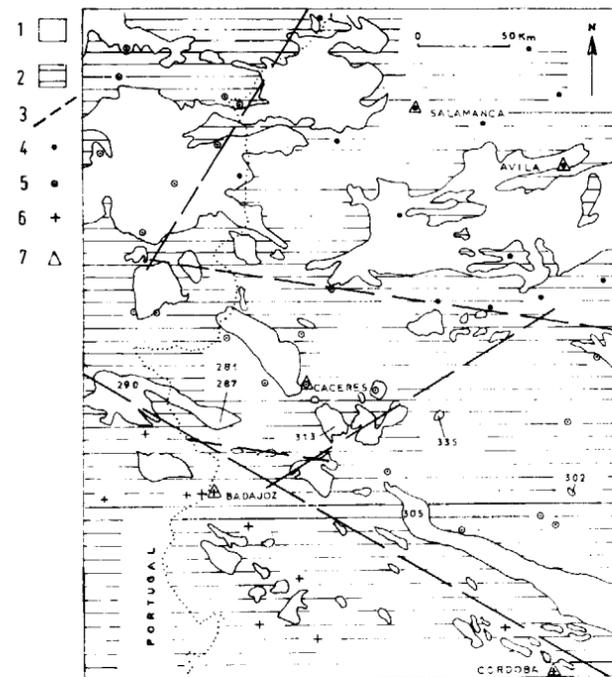


Figura 1

Esquema muy simplificado de la posición de la zona estudiada y su área circundante: 1, Rocas graníticas. 2, Rocas metamórficas y sedimentarias. 3, Límites gravimétricos y alineaciones estructurales. 4, Valores gravimétricos inferiores a  $-45$  mgl. 5, Valores gravimétricos entre 0 y  $-45$  mgl. 6, Valores gravimétricos positivos. 7, Capital de provincia.—Las medidas gravimétricas se refieren a las anomalías Bouguer. La extensión de algunas pequeñas, pero importantes (por ciertos conceptos) masas graníticas ha sido algo modificada para que pueda ser incluida a la escala del mapa. Los números indican la edad en millones de años. Los datos se han tomado de la bibliografía citada en el texto.

#### Interpretación geológica de los límites gravimétricos

La caracterización gravimétrica del bloque N tiene una base geológica superponible. El límite occidental del mismo (dirección NNE-SSW) es subparalelo a la dirección del curso del río Dueño a lo largo de la frontera (en donde sufre un cambio brusco, indicio de accidente) y a la orientación del Domo Metamórfico del Tormes (MAR-

TÍNEZ, 1977), pasando por ambos; marca también una discontinuidad geológica, pues, p. ej., los complejos de Bragança y Morais no tienen equivalentes al otro lado de esta línea. El límite de dicho bloque N con la zona considerada, E-W aproximadamente, también tiene un reflejo en la geología: pasa por el Complejo Cristalino de Toledo (APARICIO, 1971), con dirección subparalela a su eje mayor, y marca también una ruptura geológica (estructuras que chocan contra esta línea); su trayectoria está jalonada por diversos plutones y, a veces, bandas de granitos deformados (UGIDOS, 1973), teniendo un carácter geosutural para TAMAIN (1975).

El límite de la zona que evidencian los datos gravimétricos hacia el S coincide con el bien conocido eje Badajoz-Córdoba. En el área más próxima a la región estudiada, el trabajo de BLADIER (1974) insiste en el carácter de umbral de sedimentación ya desde antes del Carbonífero; en el Hercínico aparece una lineación blastomilonítica. Por otra parte, a ambos lados de este accidente las características son distintas no sólo en lo que respecta a potencia y presencia de niveles sedimentarios (sobre todo, en el Paleozoico Inferior), sino también en otros aspectos geológicos (plutonismo, metamorfismo, etc.); existen a lo largo de él numerosos plutones, de tamaño variable, ácidos (predominantes) y básicos. A lo largo de esta dirección, APARICIO et al. (1977 a y b) sitúan un límite aproximado de dos provincias magmáticas diferentes, en base a datos geoquímicos especialmente.

#### Rasgos estructurales

Al N de Badajoz (capital) los sedimentos terciarios y cuaternarios dan paso al basamento paleozoico. Conforme al límite entre ambos terrenos (que marca también un salto topográfico) se disponen algunas rocas básicas y plutones graníticos, siendo las estructuras paleozoicas del Norte distintas a las existentes al Sur. Por tanto, la cuenca de Badajoz (TAMAIN, 1975) está separada de la zona estudiada por un accidente que ya predefinía el emplazamiento de los plutones aludidos (Villar del Rey y La Roca de la Sierra), cuya dirección aproximada es E-W, subparalela a la que define el límite Norte. Es decir, esta lineación delimita con más precisión que el eje Badajoz-Córdoba, figura 1.

En la zona oriental del área, un sistema de grandes fracturas NE-SW contornea la depresión de La Serena, cuya falla limitante en su extremo Norte se prolonga y en dicha prolongación se ha emplazado el stock del Cerro de San Cristóbal, el granito extremeño datado más antiguo (ROSSI, 1975; TAMAIN, 1975). Sin embargo, hay motivos para suponer que unos 20 Km hacia el Oeste existe otro accidente más importante aún.

En efecto, éste correspondería a la alineación que comienza en las cercanías de Mérida, entre los granitos y granodioritas, continuando a través de los afloramientos de rocas básicas, granitos deformados de la Sierra de Montánchez (el granito cataclástico de Valdemorales, p. ej., se pone en contacto neto con los esquistos encajantes sin evidencia de un desarrollo de metamorfismo de contacto), tramo del río Tajo entre El Puente del Arzobispo y Talavera de la Reina (cuyas localidades acotan el intervalo rectilíneo de cambio brusco del curso fluvial, lo que va a favor de la existencia de un accidente) y, finalmente, la falla Meridional del Sistema Central (VEGAS, 1974); ésta delimita el denominado Bloque del Piélagos (GARCÍA DE FIGUEROLA, 1958) y afecta claramente, en profundidad, a la corteza, como han puesto de manifiesto los datos geofísicos en ROSALES et al. (1977). En conjunto, se define dicho accidente según una dirección media NE-SW, dentro del sistema caracterizado inicialmente por PARGA (1969). Las estructuras paleozoicas NW-SE al S de Mérida chocan contra esta falla. Por tanto, hay motivos razonables para establecer la existencia de una importante discontinuidad.

Con dirección subparalela se dispone la bien conocida falla de Plasencia, que pasa por los plutones mayores de Cáceres y Valencia de Alcántara. A menos de 5 Km se sitúan algunos stocks ácidos. Las distintas edades dadas para los diversos tramos indican claramente el rejuego experimentado.

Las grandes fallas en torno a la dirección NW-SE son más difíciles de poner en evidencia a causa de coincidir con las estructuras hercínicas dominantes y más visibles en la región. En el norte de Portugal son discernibles algunas, importantes, mostrando incluso cabalgamientos (*Carte Géologique du Nord-Ouest de la Peninsule Iberique*, 1967); su edad se remonta al comienzo del Paleozoico, son umbrales de distintas sedimentaciones y han rejugado durante el Hercínico (ARTHAUD y

MATTE, 1975). Además del importante accidente del eje Badajoz-Córdoba, ya citado, dentro de la zona también se dan cabalgamientos con esta dirección (*Cartografía Geológica del Macizo Hespérico del Sudoeste de la Península Ibérica*, 1975), visibles especialmente en la Sierra de San Pedro, con terrenos devono-carboníferos (BOCHMANN, 1956). CORRETGE (1972) señala la existencia de un granito fisural tardío en el batolito de Cáceres (inmediaciones de Garrovillas), con dirección en torno a N 30 W. Para TAMAIN (1975), los batolitos de Albalá y Cáceres están flanqueados por grandes accidentes tectónicos de dirección oscilante entre NW-SE hasta casi N-S. Finalmente, conviene añadir que hay ortoneises y granitos orientados a ambos lados del batolito de Cáceres, siendo anteriores a él; la orientación de la masa individualizada de los ortoneises de Brozas presenta una forma alargada en sentido NNW-SSE (CORRETGE, 1971).

La existencia de un Carbonífero Superior de carácter continental, asociado a fracturas de dirección oscilante en torno a NW-SE, que son las responsables de la creación de desniveles y el aporte de material erosionado, es bien conocida en las proximidades del área, dentro del eje Badajoz-Córdoba; también la larga y estrecha banda carbonífera de Oporto va asociada a uno de estos accidentes, con la misma dirección. Aunque dentro del área no hay suficiente información paleontológica, está citado el Carbonífero conglomerático en el interior de sinclinales en cuyos flancos hay cuarcitas armoricanas (en BOCHMANN, 1956); las características del área inmediata al Sur, citadas por GUMIEL et al. (1976), permiten establecer la existencia de un Devónico sobre el que aparece una serie que pudiera pertenecer al Carbonífero. Todo ello apunta a que, en la región, al menos durante parte del Westfaliense y más tarde, existían áreas sometidas a una erosión continental, fenómeno que tendía a ser amplio; análogas características se presentan en el norte de África, p. ej. (*Carte Geologique Internationale de l'Europe et des régions riveraines de la Méditerranée*, 1972), estando siempre en asociación con fallas paralelas a los batolitos mayores en el bloque ibérico, siendo su edad correspondiente (radiométrica) también del Carbonífero Superior, en ambiente ya cratónico, figura 1.

Sintetizando lo expuesto, cuando hicieron su aparición los plutones el edificio geológico estaba

ya afectado por accidentes importantes más o menos rejuvenecidos. Los granitos, según sus direcciones correspondientes y próximos a ellos; todo sugiere que éstos han controlado su localización. Naturalmente, accidentes de una gran magnitud, como es la que se supone, no pueden apreciarse más que a grandes rasgos y con criterios distintos a los que se requieren en la evaluación de las fallas normales; al ser su historia compleja, muchas veces están parcialmente cicatrizados.

#### EL EMPLAZAMIENTO GRANITICO

Los plutones mayores de la zona (granitos de Trujillo, Cáceres, Albalá, Plasenzuela y Valencia de Alcántara), que son a los que se ha prestado interés preferente, no se han formado *in situ*, por lo que se plantea el problema del mecanismo del movimiento de la masa correspondiente. En todo caso, aunque a gran escala pueden presentar ocasionales alargamientos subparalelos a las estructuras hercínicas dominantes, la discordancia es evidente; el emplazamiento es muy superficial y están citadas algunas facies con rasgos morfológicos subvolcánicos (CORRETGE, 1971; SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), aun sin todas las características volcánicas propiamente dichas. La zonación es un hecho común, presentándose ordinariamente (no siempre) el núcleo con características más ácidas. Todos estos aspectos se analizarán a continuación, pero hay que insistir en que la carencia de datos estructurales detallados y numerosos en la zona limita gravemente la posibilidad de establecer modelos rigurosos con seguridad razonable. Esto no invalida que la información existente y las observaciones realizadas permitan esbozar un esquema provisional y plausible.

#### Los contactos con el encajante

En general, las rocas encajantes parecen haber sufrido poca influencia. La distorsión no suele ser fuerte y los contactos, muy netos, permiten observar a veces un fuerte ángulo entre el límite granítico y la esquistosidad (CORRETGE y GARCÍA DE FIGUEROLA, 1971; GARCÍA DE FIGUEROLA et al., 1971; SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), pudiendo ser subverticales o más suaves. Los bordes graníticos no presentan, en general, cataclisis; ocasionalmente se aprecia bien la adaptación del encajante al cuerpo granítico. El alargamiento, a grandes rasgos, de los plutones en dirección her-

cínica no aparece en detalle, pues el contorno del contacto es más bien poligonal en vez de ovalado. Las clásicas estructuras diapíricas (al intruir el granito debe aparecer una antiforma, en cuyo núcleo se sitúa éste, y dos sinclinales estrechos a cada lado) no tienen aquí un general y evidente desarrollo. No obstante, sí es normal que los plutones ocupen los núcleos de anticlinorios.

Estos rasgos no se concilian fácilmente. GARCÍA DE FIGUEROLA et al. (1971) ponen de relieve la contradicción conceptual entre admitir una intrusión según domos en Extremadura y la intrusión según «cauldron subsidence» en granitos análogos portugueses (OEN, 1960, 1970). ARTHAUD y MATTE (1975) señalan que hay una fase de compresión N-S afectando al hercínico ibérico ya cratonizado en el período que va desde hace unos 310 m. a. hasta hace unos 280 m. a.; los granitos implicados están dentro de dicho rango de edad, con excepción del de Logrosán, netamente más antiguo (fig. 1).

#### Enclaves

Existen enclaves de rocas encajantes, más o menos evolucionadas (los núcleos biotíticos marcan un grado más intenso en la transformación), y de rocas ígneas ácidas y básicas. En general, no son muy numerosos.

En el granito de Albalá los enclaves, si bien son poco abundantes, son frecuentes en todo el batolito en masas de formas diversas, con predominio de las redondeadas. Su naturaleza va desde diorítica-cuarzodiorítica a francamente granítica s. s., teniendo un diámetro máximo de 1,5 m («La Zamarra», en las proximidades del pequeño embalse sobre el río Salor) y, en este caso concreto, fracturaciones que no pasan al granito englobante. El batolito, zonado, tiene un anillo externo en el que predominan las facies de grano grueso o muy grueso, muchas veces porfiroides, con cordierita y andalucita, y una zona central, más homogénea, sin apenas cordierita, con bastante andalucita y de carácter ácido netamente acentuado (SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976). En ambas zonas se dan los mismos enclaves, aunque en distintas proporciones. Un hecho importante es la existencia de enclaves de corneanas normales dentro de enclaves redondeados cuarzodioríticos (solamente apreciada en un punto, en las inmediaciones de la charca «La Generala»), lo que indica una cierta

precocidad (obviamente, no demasiada) de la roca básica sobre el granito englobante.

En este mismo plutón, si bien es difícil ver el contacto exacto entre los granitos de la zona central y el anillo externo, puede decirse que es rápido. En «El Gato», término de Torremocha, se observa que es centimétrico y subvertical. Sin embargo, no se han visto enclaves en el granito central, más moderno, del granito externo ni viceversa, por supuesto. En general, los enclaves de naturaleza más básica dominan en los granitos externos, presentando a veces porfidoblastos feldespáticos en el interior y aureola de los mismos minerales del tipo «diente de caballo», figura 2; en ellos, las plagioclasas son más básicas y zonadas que en el resto del granito, las biotitas son químicamente análogas a las de las masas pegmatoides y del granito normal, al menos en las muestras analizadas (SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), no se ha apreciado la existencia de piroxenos o anfíboles y, alguna vez, se observan fenocristales de cuarzo, más o menos redondeados. En cambio, en la región central predominan los enclaves leucocráticos, de grano más fino que la matriz, con



Figura 2

Enclave diorítico en la facies porfiroide de grano muy grueso del plutón de Albalá, mostrando una acumulación de feldespato potásico en su borde con cierta dificultad, se aprecian algunos porfidoblastos en el interior. El enclave también contiene unos pocos granos gruesos de cuarzo relicto, algo corroídos y redondeados.

cínica no aparece en detalle, pues el contorno del contacto es más bien poligonal en vez de ovalado. Las clásicas estructuras diapíricas (al intruir el granito debe aparecer una antiforma, en cuyo núcleo se sitúa éste, y dos sinclinales estrechos a cada lado) no tienen aquí un general y evidente desarrollo. No obstante, sí es normal que los plutones ocupen los núcleos de anticlinorios.

Estos rasgos no se concilian fácilmente. GARCÍA DE FIGUEROA et al. (1971) ponen de relieve la contradicción conceptual entre admitir una intrusión según domos en Extremadura y la intrusión según «cauldron subsidence» en granitos análogos portugueses (OEN, 1960, 1970). ARTHAUD y MATTE (1975) señalan que hay una fase de compresión N-S afectando al hercínico ibérico ya cratonizado en el período que va desde hace unos 310 m. a. hasta hace unos 280 m. a.; los granitos implicados están dentro de dicho rango de edad, con excepción del de Logrosán, netamente más antiguo (fig. 1).

### Enclaves

Existen enclaves de rocas encajantes, más o menos evolucionadas (los núcleos biotíticos marcan un grado más intenso en la transformación), y de rocas ígneas ácidas y básicas. En general, no son muy numerosos.

En el granito de Albalá los enclaves, si bien son poco abundantes, son frecuentes en todo el batolito en masas de formas diversas, con predominio de las redondeadas. Su naturaleza va desde diorítica-cuarzodiorítica a francamente granítica s. s., teniendo un diámetro máximo de 1,5 m («La Zamarilla», en las proximidades del pequeño embalse sobre el río Salor) y, en este caso concreto, fracturaciones que no pasan al granito englobante. El batolito, zonado, tiene un anillo externo en el que predominan las facies de grano grueso o muy grueso, muchas veces porfiroides, con cordierita y andalucita, y una zona central, más homogénea, sin apenas cordierita, con bastante andalucita y de carácter ácido netamente acentuado (SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976). En ambas zonas se dan los mismos enclaves, aunque en distintas proporciones. Un hecho importante es la existencia de enclaves de corneanas normales dentro de enclaves redondeados cuarzodioríticos (solamente apreciada en un punto, en las inmediaciones de la charca «La Generala»), lo que indica una cierta

precocidad (obviamente, no demasiada) de la roca básica sobre el granito englobante.

En este mismo plutón, si bien es difícil ver el contacto exacto entre los granitos de la zona central y el anillo externo, puede decirse que es rápido. En «El Gato», término de Torremocha, se observa que es centimétrico y subvertical. Sin embargo, no se han visto enclaves en el granito central, más moderno, del granito externo ni viceversa, por supuesto. En general, los enclaves de naturaleza más básica dominan en los granitos externos, presentando a veces porfidoblastos feldespáticos en el interior y aureola de los mismos minerales del tipo «diente de caballo», figura 2; en ellos, las plagioclasas son más básicas y zonadas que en el resto del granito, las biotitas son químicamente análogas a las de las masas pegmatoides y del granito normal, al menos en las muestras analizadas (SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), no se ha apreciado la existencia de piroxenos o anfíboles y, alguna vez, se observan fenocristales de cuarzo, más o menos redondeados. En cambio, en la región central predominan los enclaves leucocráticos, de grano más fino que la matriz, con



Figura 2

Enclave diorítico en la facies porfiroide de grano muy grueso del plutón de Albalá, mostrando una acumulación de feldespato potásico en su borde con cierta dificultad, se aprecian algunos porfidoblastos en el interior. El enclave también contiene unos pocos granos gruesos de cuarzo relicto, algo corroídos y redondeados.

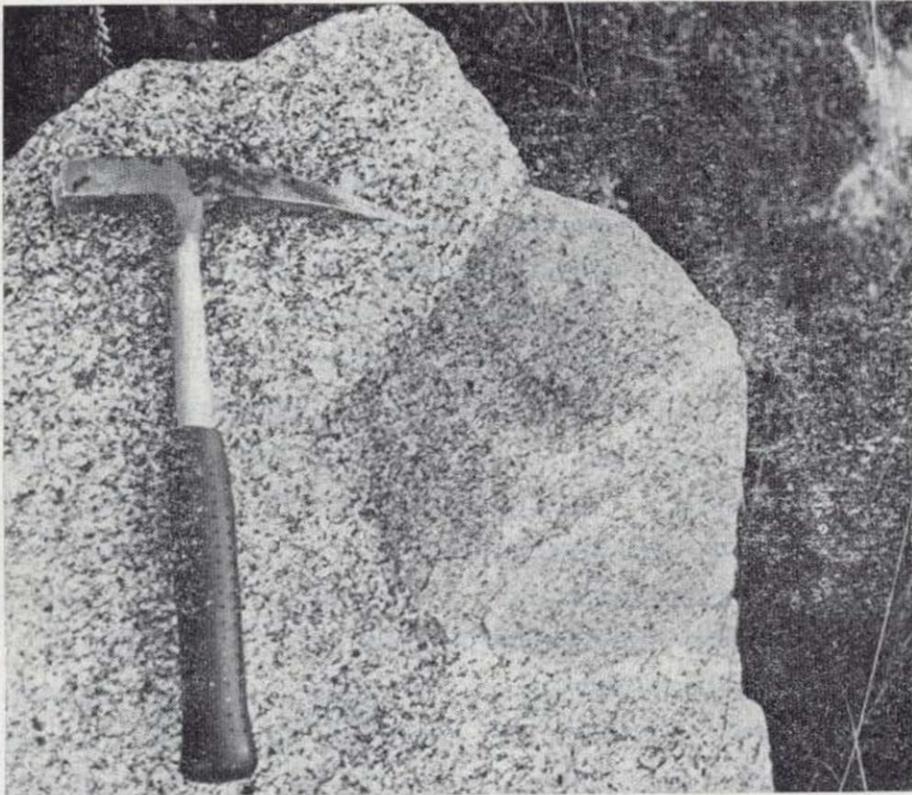


Figura 3

Enclave de granito leucocrático en la facies central del batolito de Albalá, de tamaño de grano más reducido que el de la matriz y con límites rectilíneos. Posee las características de los autolitos de FERSHTATER y BORODINA (1977).

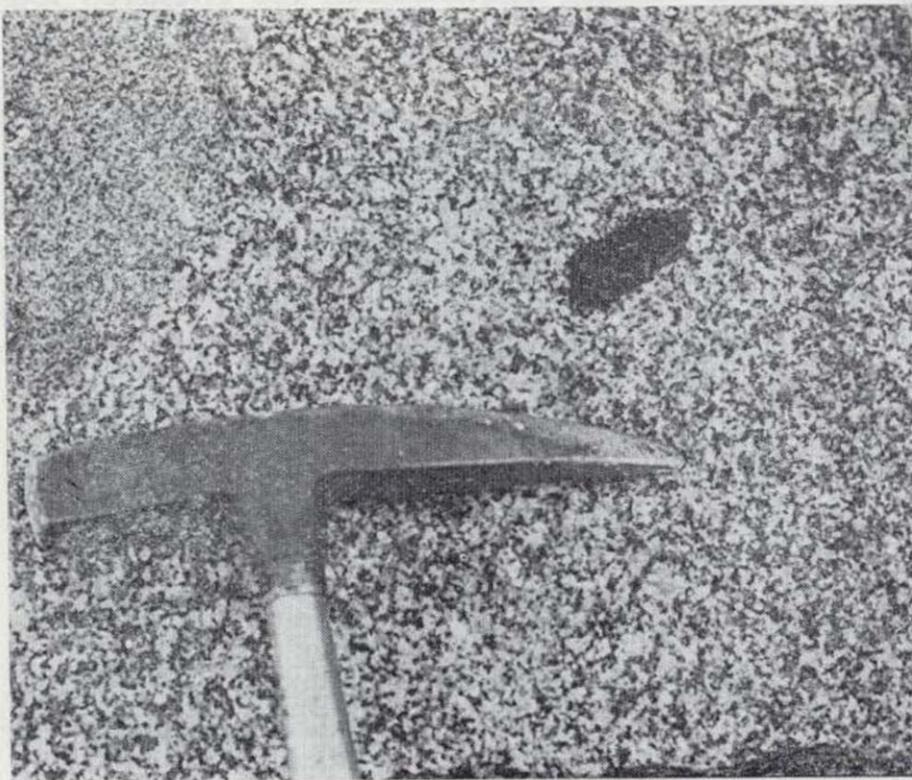


Figura 4

Los dos tipos de enclaves existentes (excluyendo los xenolitos micáceos) en la misma facies que en la figura 3. El más leucocrático coincide con el descrito en dicha figura, salvo en lo que respecta al borde, que es más redondeado. El enclave oscuro es fundamentalmente diorítico, con un tamaño de grano más fino que el de las rocas anteriores.

formas redondeadas y también angulosas, figura 3; no obstante, hay también xenolitos oscuros, de rocas básicas, asociados a los graníticos, figura 4.

En otros batolitos no se han encontrado tantos enclaves ígneos, dominando los leucocráticos de todas formas. Sin embargo, a veces se observan grandes masas de encajante englobado. Tal es el caso que se presenta en la antigua cantera granítica que sirvió para la construcción del embalse de Cedillo, en las proximidades de San Vicente de Alcántara, a algunos kilómetros del contacto. Los fragmentos de esquistos son bloques de límites rectilíneos de decenas de metros de longitud, esporádicamente de rango hectométrico, inmersos en una matriz granítica de dos micras, figura 5.



Figura 5

Un aspecto de los grandes bloques de encajante visibles en la cantera que ha servido para la construcción del pantano de Cedillo. Las dimensiones relativas se pueden apreciar en base a los matorrales del fondo, que tienen dimensiones medias de unos tres metros los mayores. El granito que les engloba es bastante moscovítico y más tardío que las facies biotíticas próximas, presentando también algunas escasas inclusiones de menor tamaño de otros granitos porfiroides.

*Presencia de schlieren y viscosidad*

En todos los granitos aludidos se han observado schlieren, ya señalados por CORRETGE (1971), en facies del granito de Cáceres. En general, constan de acumulaciones direccionales de biotita y feldespato en mega o macrocristales alineados según la superficie plana mayor, figuras 6 (en corte) y 7 (en horizontal); no hay cambios cualitativos de mineralogía. Por tanto, puede afirmarse que son suspensiones cristalinas en un medio con cierta viscosidad (en toda la masa ígnea son muy fre-

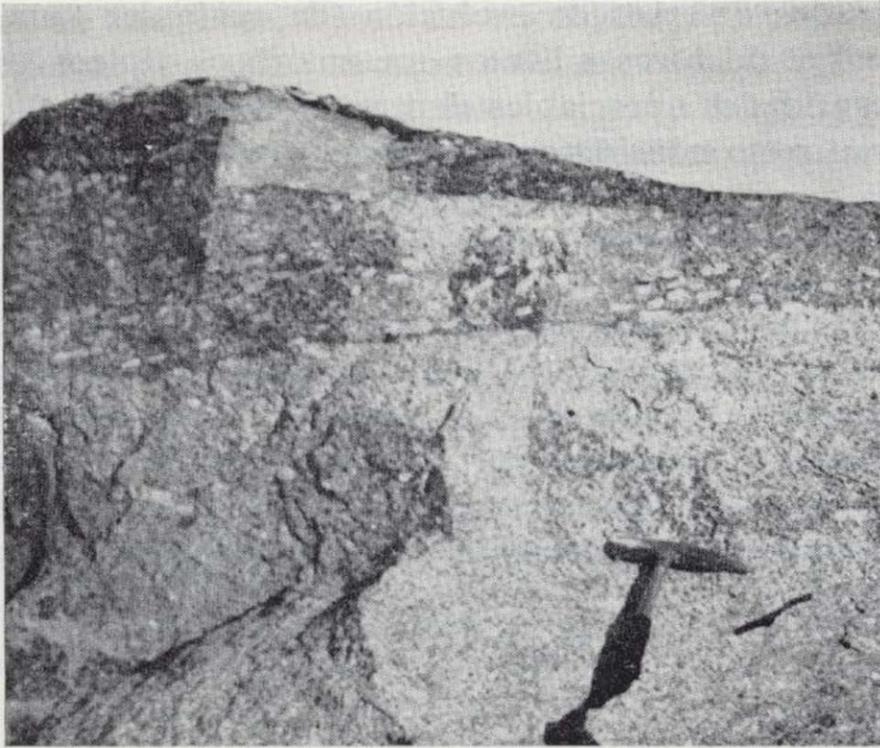


Figura 6

Schlieren típicos del macizo de Albalá, vistos en un corte vertical. Se destaca la neta disposición planar de la biotita y los feldespatos potásicos (no hay cordierita, muy frecuente en el granito local).

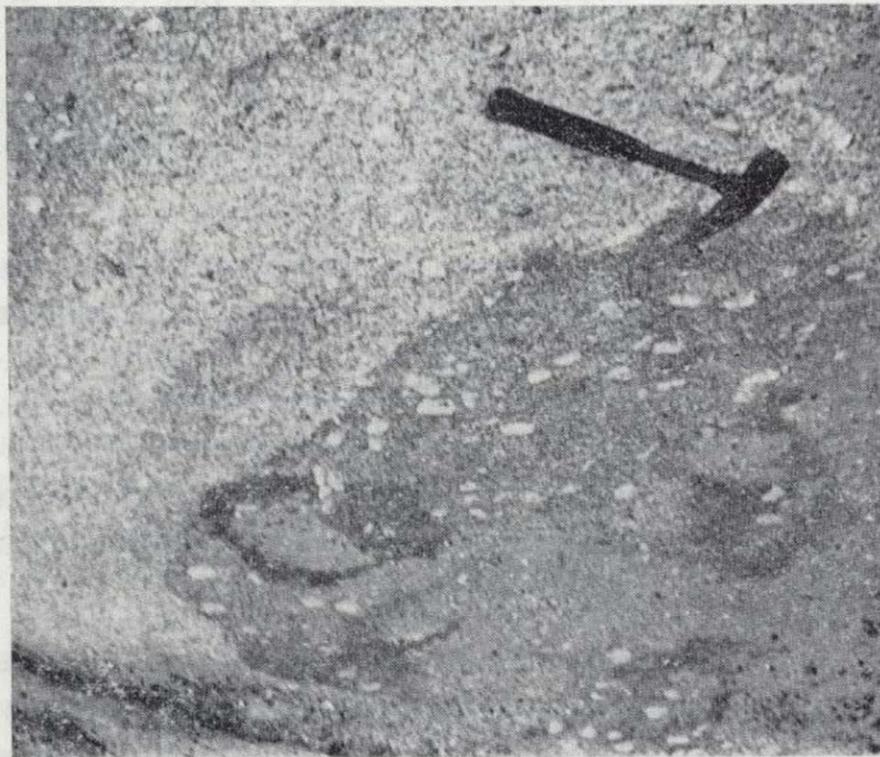


Figura 7

Mismo lugar que en figura 6, pero con una visión horizontal.

cuentos los feldespatos alcalinos con cierta orientación) y la evidencia de movimiento de esta masa pastosa se aprecia bien, figura 8. Es común ver cuerpos irregulares, pegmatoides, que cortan a los bandeados biotíticos, figuras 9 y 10. Al no existir en las franjas minerales anatécnicos típi-

cos y abundantes debe descartarse definitivamente el que se trate de restitas y entonces el mecanismo posible de la fluidaridad es la convección (proceso normal en el enfriamiento de un plutón que se ha emplazado antes de su consolidación), habiendo actuado poco la gravedad (contraste fuerte entre las densidades de biotita y feldespato alcalino); el contacto está cerca en muchas ocasiones, pero no en otras, por lo que se supone que la cubierta desaparecida ha estado muy próxima (aquí, el encajante significa una zona de tem-

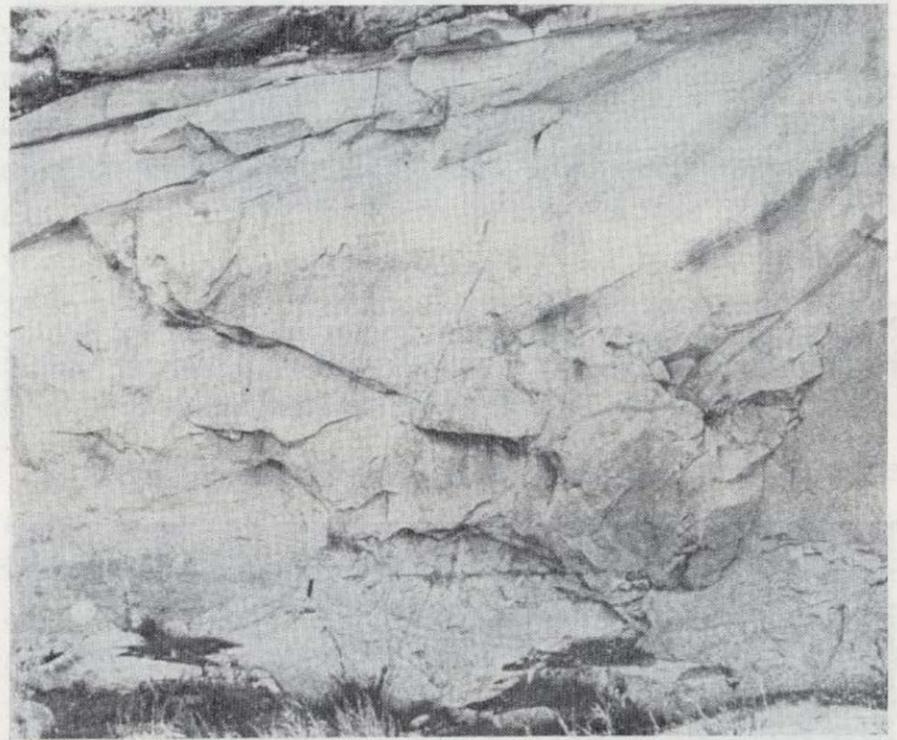


Figura 8

Disposición general de los schlieren en el granito de Albalá (proximidades de la cabeza del embalse sobre el río Salor). Puede apreciarse la disposición de las bandas biotíticas de acuerdo con la fluidaridad, evidenciada por los cambios de curvatura. En el tercio superior de la foto se observa una delgada banda aplítica que corta a las alineaciones de biotita hacia el centro inferior. El carácter tardío, respecto a los schlieren, de parte del cortejo granítico es muy general.

peratura más baja, sin más). Finalmente, el hecho de que aparezcan los cristales gruesos en el centro de los canales irregulares de masas pegmatoides, figura 10, es un indicio del predominio del efecto Bagnold en el movimiento de suspensiones de sólidos en fluidos (BARRIERE, 1976).

En las proximidades de Cáceres, capital, en la nueva trinchera de ferrocarril, los schlieren presentan, a veces, una peculiaridad: las bandas más leucocráticas contienen cordierita idiomorfa pin-itizada, como en el granito de Albalá, pero las bandas biotíticas son más pobres en feldespato



Figura 9

Núcleo pegmatoide mostrando discordancia con los schlieren biotíticos (derecha) y acomodación (izquierda), simultáneamente. Mismo lugar que en figura 8.

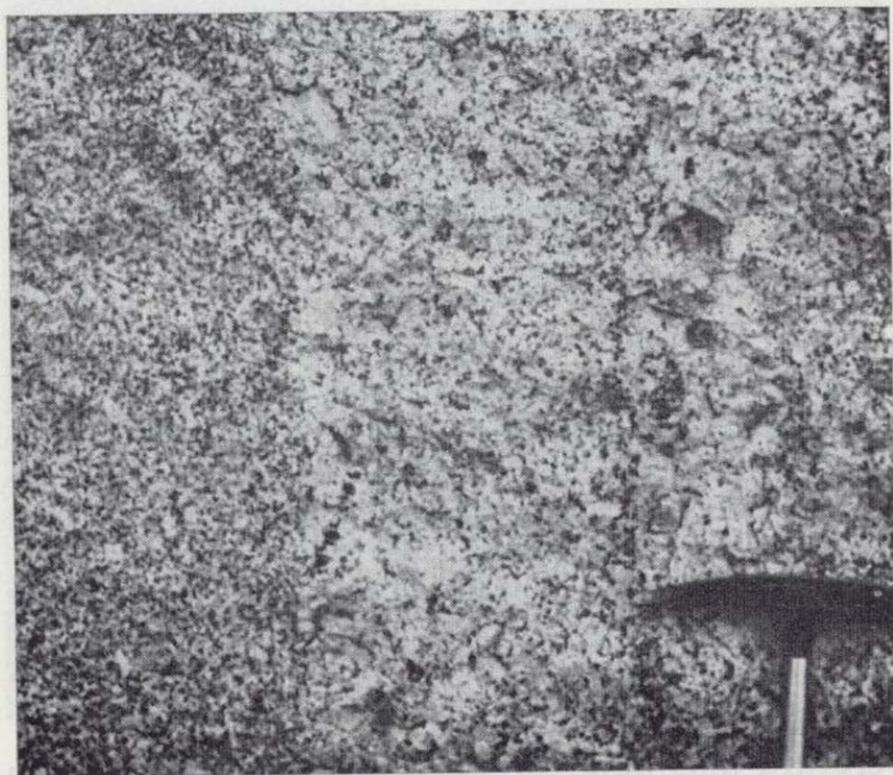


Figura 10

Núcleo pegmatoide cortando a schlieren. Se pone de relieve el incremento en tamaño de grano (junto al martillo) en el centro del pegmatoide, cordierítico. Mismo lugar que en las figuras 6 y 7.

alcalino y contienen una buena proporción de una cordierita (también alterada) en cristales más pequeños que la ordinaria y que, a veces, rodea a algún cristal grueso de la cordierita idiomorfa mayor. No obstante, la ausencia de enclaves en

grados diversos de evolución (de cualquier tamaño) y de otros silicatos metamórficos típicos en cantidades apreciables dentro de tales bandas llevan a no considerar que sean rasgos de restitas; la cordierita se considera aquí de origen ortomagmático (SAAVEDRA, en prensa).

Teóricamente, el desarrollo de schlieren es factible. Utilizando los datos bibliográficos convenientes a este caso, aún referidos a medios plutónicos, recogidos por SPARKS et al. (1977), la convección aparecerá al superar el número adimensional de Rayleigh el valor de 660, teniéndose:

$$Ra = \frac{\alpha(\Delta T)d^3\rho g}{K \cdot \nu}$$

siendo:

$\alpha$  = coeficiente de expansión térmica ( $5 \cdot 10^{-5}$ , °C<sup>-1</sup>);

$\Delta T$  = diferencia de temperatura entre encajante y masa granítica (un valor de 200 a 400° C es razonable);

$d$  = longitud del contacto en donde aparece convección (escala métrica, al menos);

$g$  = aceleración de la gravedad (9,8 m/seg<sup>2</sup>);

$\rho$  = densidad granítica ( $2,7 \cdot 10^3$  Kg/m<sup>3</sup>);

$K$  = difusibilidad térmica ( $3 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/seg); y

$\nu$  = viscosidad (del orden de  $10^6$  p, según medidas en magmas ácidos).

El valor de Ra es más que suficiente para producir una convección natural e incluso no laminar ( $Ra > 10^4$ ), lo que explicaría la turbulencia de algunos de estos schlieren en puntos determinados. Cuando el encajante está ya calentado, el contraste térmico puede ser tan débil que no se produzca el fenómeno; otro tanto pasa si la cristalización avanza y la viscosidad se hace mayor.

Los estudios experimentales de aplicación a las intrusiones ígneas permiten seleccionar observaciones muy significativas. Los resultados correspondientes indican que una roca encajante caliente es más plástica (de menor viscosidad) que si no lo está. Entonces, una intrusión fluida (más o menos pastosa) en un medio frío (encajante sin precalentamiento) dará lugar a un sistema físico de mayor contraste de viscosidad que si tal medio intruido hubiese sufrido previamente un aporte calorífico. Si dicho contraste de viscosidad es débil (aureola calentada), la deformación ocasionada por la intrusión será apreciable, con el desarrollo de domos y formas análogas. Por otra par-

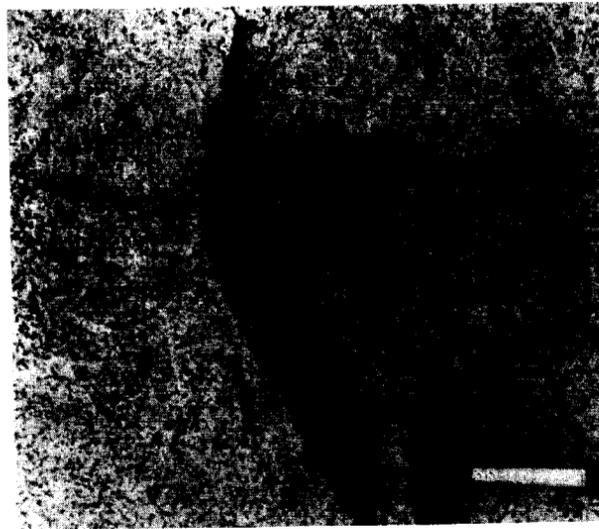


Figura 9

Núcleo pegmatoide mostrando discordancia con los schlieren biotíticos (derecha) y acomodación (izquierda), simultáneamente. Mismo lugar que en figura 8.



Figura 10

Núcleo pegmatoide cortando a schlieren. Se pone de relieve el incremento en tamaño de grano (junto al martillo) en el centro del pegmatoide, cordierítico. Mismo lugar que en las figuras 6 y 7.

alcalino y contienen una buena proporción de una cordierita (también alterada) en cristales más pequeños que la ordinaria y que, a veces, rodea a algún cristal grueso de la cordierita idiomorfa mayor. No obstante, la ausencia de enclaves en

grados diversos de evolución (de cualquier tamaño) y de otros silicatos metamórficos típicos en cantidades apreciables dentro de tales bandas llevan a no considerar que sean rasgos de restitas; la cordierita se considera aquí de origen ortomagmático (SAAVEDRA, en prensa).

Teóricamente, el desarrollo de schlieren es factible. Utilizando los datos bibliográficos convenientes a este caso, aún referidos a medios plutónicos, recogidos por SPARKS et al. (1977), la convección aparecerá al superar el número adimensional de Rayleigh el valor de 660, teniéndose:

$$Ra = \frac{\alpha(\Delta T)d^3\rho g}{K \cdot \nu}$$

siendo:

$\alpha$  = coeficiente de expansión térmica ( $5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

$\Delta T$  = diferencia de temperatura entre encajante y masa granítica (un valor de 200 a 400° C es razonable);

$d$  = longitud del contacto en donde aparece convección (escala métrica, al menos);

$g$  = aceleración de la gravedad (9,8 m/seg<sup>2</sup>);

$\rho$  = densidad granítica ( $2,7 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$ );

$K$  = difusibilidad térmica ( $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{seg}$ ); y

$\nu$  = viscosidad (del orden de  $10^6 \text{ p}$ , según medidas en magmas ácidos).

El valor de Ra es más que suficiente para producir una convección natural e incluso no laminar ( $Ra > 10^4$ ), lo que explicaría la turbulencia de algunos de estos schlieren en puntos determinados. Cuando el encajante está ya calentado, el contraste térmico puede ser tan débil que no se produzca el fenómeno; otro tanto pasa si la cristalización avanza y la viscosidad se hace mayor.

Los estudios experimentales de aplicación a las intrusiones ígneas permiten seleccionar observaciones muy significativas. Los resultados correspondientes indican que una roca encajante caliente es más plástica (de menor viscosidad) que si no lo está. Entonces, una intrusión fluida (más o menos pastosa) en un medio frío (encajante sin precalentamiento) dará lugar a un sistema físico de mayor contraste de viscosidad que si tal medio intruido hubiese sufrido previamente un aporte calorífico. Si dicho contraste de viscosidad es débil (aureola calentada), la deformación ocasionada por la intrusión será apreciable, con el desarrollo de domos y formas análogas. Por otra par-

te, un fuerte contraste de viscosidad dificulta la deformación y la intrusión sólo es posible si existen zonas de debilidad tales como fallas (RAMBERG, 1970; DIXON, 1975. Ver también las discusiones de DEBON, 1975, y BARRIERE, 1977). Como se acaba de explicar, en el momento de la intrusión de los batolitos aquí estudiados la masa ígnea tenía una viscosidad (existencia de schlieren) que no era muy fuerte (ausencia de bordes cataclásticos); al existir un encajante con una cierta plasticidad (a la que de por sí exhiben los esquistos, se añade el aumento sufrido en la aureola térmica), la diferencia no debe ser muy grande y la acomodación de la esquistosidad al cuerpo intruido es factible si no existen estructuras (líneas de debilidad) previas. Hecho muy importante a la hora de explicar las distorsiones variables observadas en el encajante.

#### La zonación granítica

La discusión a este respecto se ha detallado, a propósito del batolito de Albalá (SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), sosteniéndose la idea de intrusiones múltiples, aunque se continuasen por diferenciaciones normales en condiciones tranquilas (CORRETGE, 1971). En el esquema de los dos primeros autores, la intrusión central tardía está rodeada por un anillo con ciertas facies (algo variadas debidas obviamente a la diferenciación); posteriormente aparecen otros tipos.

En las inmediaciones de Casas de Don Antonio, en dicho batolito, se observa una facies típica de enfriamiento de borde: grano fino, biotítico, un poco más básico que el resto. Pero algo más hacia el Norte, rodeando al batolito hasta las inmediaciones de Torremocha, se dispone una banda de granito leucocrático, con frecuentes lineaciones amarillas, verdes o azules (SAAVEDRA y ARRIBAS, 1974) entre el granito principal y el encajante; con análogas características se presenta en otros batolitos de la zona. Su afloramiento se sigue de manera parcialmente discontinua en forma radial; la potencia es, en general, bastante reducida para poderse cartografiar a escala ordinaria. Suele ir asociado a granitos (de pegmatíticos a aplíticos), con abundantes minerales típicos de magmas subalcalinos ricos en volátiles, teniendo bandeados más o menos regulares y siempre en contacto muy neto con el granito ordinario. Tales rasgos sugieren peculiaridades estructurales y que di-

chos granitos periféricos forman parte de una línea evolutiva que les es característica.

#### Ensayo de síntesis interpretativa

La existencia de accidentes en la zona, profundos, algunos modificados en el Hercínico y difícilmente evidenciables sin datos geofísicos o consideraciones a gran escala de los rasgos geológicos, parece indudable. Los batolitos siempre están en o próximos a ellos. Dada la naturaleza del contacto y su forma poligonal en detalle (muchas veces), se admite aquí un emplazamiento preferencial a través de estas líneas de debilidad cortical; hay que tener en cuenta que las edades encontradas o supuestas para los plutones indican que aparecieron posteriormente a las fases mayores de los plegamientos, en un medio cratonizado o semicratonizado, simultáneamente a la génesis de depósitos continentales del Carbonífero Superior en áreas próximas.

El ascenso pulsatorio de un magma granítico de estas características a niveles tan epizonales es factible a través de accidentes preexistentes. Como antes se dijo, el contraste de viscosidad no es muy alto y el encajante, cada vez más plástico por su recalentamiento, puede deformarse con mayor facilidad y se adquiere una estructura de domo, facilitada por el desprendimiento de volátiles calientes, mucho más permeables a través de los esquistos si la temperatura se eleva. Esto explica que puedan aparecer en anticlinorios y que no existan siempre los estrechos sinclinales marginales que cabría esperar teóricamente.

La zonación simplificada en batolitos como el de Albalá podría explicarse por una intrusión forzada o por un hundimiento del granito ya emplazado, siempre en la parte ocupada por el granito central. Hay que destacar tres puntos:

1) Los enclaves graníticos son poco numerosos, redondeados, figura 4 (indicio de contemporaneidad) o con bordes rectos y sinuosos, figura 3 (consolidación parcial), lo que descarta un emplazamiento del tipo «piecemeal stoping»; tales xenolitos se pudieron originar por enfriamiento ocasional de las primeras pulsaciones del magma.

2) La edad dada por PENHA y ARRIBAS (1974), 313 m. a., está dentro de las etapas que pueden considerarse compresivas, de acuerdo con las re-

ferencias reseñadas anteriormente; según la descripción de estos autores, la roca tiene las características de las que aquí se consideran como facies más antiguas.

3) El mecanismo clásico de suponer que la zona central ha sufrido una subsidencia (parecen apreciarse fracturas que delimitan este bloque interno) y que el espacio libre dejado por esta masa ha sido ocupado por otra más ligera, implica que el volumen correspondiente de fundido granítico se ha intruido en el encajante como un satélite del plutón; esto supone considerar la vía estructural factible, y si el granito aflorante corresponde a dicha masa (descontando la cantidad que, razonablemente, ocupa la parte no visible entre el plutón y el satélite), además de corroborar que la mineralogía y la geoquímica son análogas (corrigiendo el probable autometasomatismo y la evolución posmagmática). El granito próximo de la pequeña apófisis de El Trasmorquión podría ser significativo a este respecto.

Es difícil, con los conocimientos actuales, decidirse por un mecanismo dado. Desde luego, pensando en el punto 3), si los primeros granitos ya han fluidarizado el encajante, los satélites posteriores darán lugar a un efecto de «doming» más desarrollado, puesto que las viscosidades de la aureola y el magma del stock serán más semejantes aún que las del granito anterior principal, y el encajante primitivo, más frío. Hay stocks graníticos en la zona que no dan lugar a esta posibilidad, pero otros, sí.

Por otra parte, el batolito de Valencia de Alcántara ofrece más datos claros. Las dos dataciones existentes se han hecho en puntos en los que, según la opinión del autor, la edad es diferente: la más antigua corresponde a granitos menos leucocráticos, pues el batolito es también zonado. Próximo al lugar que dio la edad más moderna se encuentra el punto de la figura 5 (en donde se opina aquí que hay granitos más recientes aún). Los grandes enclaves poligonales se explican satisfactoriamente por un mecanismo de «major stoping», descartando compresiones. A este respecto cabe decir que están citados granitos más jóvenes en zonas próximas, en el Sistema Central, de edades netamente pérmicas (período considerado como distensivo), obtenidas por dataciones absolutas (MENDES et al., 1972). UGIDOS (1973, p. 198) alude a granitos, también emplazados en

distensión, en el bloque al N de la zona. UBANELL (1976) cita la existencia de granitos (en el bloque de El Piélagos) contemporáneos o posteriores a diques aplíticos de distensión.

En resumen, hay motivos razonables para pensar que el plutonismo en estos lugares apareció en accidentes preexistentes, manifestándose en principio por un mecanismo del tipo «doming». Antes de la consolidación definitiva de los granitos así emplazados surgen otros en régimen de distensión, con la posibilidad de un origen mixto en los que presenten zonalidad. Las pulsaciones y posibles cambios en el mecanismo de emplazamiento no son de extrañar, ya que las escasas dataciones graníticas indican una actividad plutónica durante unos 85 m. a. al menos (en la Meseta Hercínica).

#### LAS ROCAS GRANITICAS

Los datos petrográficos y geoquímicos están muy irregularmente representados en la bibliografía, dependiendo del batolito. Existen varios centenares de análisis efectuados en granitos de la zona (WEIBEL, 1955; CORRETGE, 1971; PENHA, 1973; BEA, 1975; ROSSI, 1975; SAAVEDRA et al., 1975; SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976; APARICIO et al., 1977 b), con descripciones más o menos detalladas sobre su mineralogía y petrografía.

De todas maneras, el conjunto de las informaciones sobre estas rocas pone de relieve una serie de rasgos que los apartan de los granitos típicamente orogénicos (LAMEYRE et al., 1974; MARTIN y PIWINSKI, 1974). Tienen ciertos caracteres de los granitos cratónicos: circunscritos, relativamente ricos en álcalis y pobres en Ca (que, a veces, es casi un elemento en traza; si se excluye el combinado con el fósforo para dar apatito, este rasgo se generaliza y acentúa) y Mg, zonados, con pulsaciones magmáticas que dan lugar a volúmenes poligonales, circulares o elípticos *a grosso modo*, y con frecuentes enriquecimientos en Sn, W, etc. Dentro del amplio ámbito antes aludido, se han citado en zonas de distensión del Pérmico. Sin embargo, no son puramente anorogénicos, como se verá.

En primer lugar, el carácter hipersolvus, con pertitas tipo «piel de tigre» y minerales sódicos coloreados, etc., no se aprecia. Lo ordinario es que existan como subsolvus, con feldespato potásico y albita (u oligoclasa ácida) de cristalización magmática (CORRETGE y MARTÍNEZ, 1975), independien-

temente de que aparezcan también en procesos autometasomáticos. Pero sí se observan rasgos mixtos. La microclina pertítica automorfa es frecuente en una matriz granítica de grano más fino y más regular, en cierta manera semejante a los términos designados como transolvus por BONIN (1972), intermedios entre hipersolvus y subsolvus. De acuerdo con MARTIN y BONIN (1976), el tránsito entre estos dos términos se produce a una  $P_{H_2O}$  de unos 2,5 Kb. La variación del grado de saturación en agua (que va creciendo continuamente) en estos magmas graníticos (SAAVEDRA, en prensa) explica el hecho. Hay que tener en cuenta que si bien en la etapa final de la evolución y cristalización del magma puede hablarse frecuentemente de saturación en agua y de somera profundidad de emplazamiento ( $P_{H_2O}$  inferior a 2,5 Kb), no se presentarán las teóricamente obligadas facies hipersolvus si el contenido en anortita normativa es apreciable; una cantidad tan baja como un 0,6 por 100 CaO (alrededor del 3 por 100 de An) da lugar a que cristalicen dos feldespatos (subsolvus) ya a presiones (con saturación en agua) del orden de 1 Kb (JAMES y HAMILTON, 1969). Finalmente, hay que tener en cuenta que si la temperatura del solidus granítico disminuye (cosa muy fácil, por ser ricos estos granitos en volátiles que dan lugar a este efecto), la presión a la que se produce el tránsito es más baja (así, alrededor de 1 Kb en el caso de las pegmatitas). Todas estas razones justifican sobradamente que aquí se den esencialmente granitos subsolvus. Los rasgos de transolvus pueden interpretarse como relictos de un proceso bajo condiciones deficitarias en agua.

En segundo lugar, estos granitos presentan tendencia alcalina, pero la relación molar  $(Na + K)/Al$  es inferior a la unidad (del orden de 0,6 a 0,8 en general), como en los granitos orogénicos típicos. Sin embargo, para un contenido de sílice del 73 por 100, puede esperarse un valor no inferior al 8 por 100 de  $Na_2O + K_2O$  (MARTIN y PIWINSKI, 1974) para granitos no orogénicos, como ocurre aquí. El aluminio no debía de superar el 13 por 100 de  $Al_2O_3$ , mientras que en este caso se tiene un valor en torno al 14 por 100. Esta mayor riqueza en  $Al_2O_3$  no procede del hecho que hace que los granitos orogénicos tengan un contenido más elevado en alúmina, porque ello se produciría por un incremento en la cantidad de anortita, cosa que no se evidencia por tener estos granitos una cantidad más baja de dicho mineral.

En tercer lugar, los batolitos anorogénicos suelen ser homogéneos, con algún enclave básico sólo en condiciones esporádicas, sin relaciones con magmas calcoalcalinos y de dimensiones de unos 300 Km<sup>2</sup> (aunque existen plutones mucho mayores, pero corresponden a otros tipos muy diferentes). En el batolito de Albalá, p. ej., se aprecia bien cómo la mayoría del anillo externo, bastante heterogéneo, es la parte más antigua y plenamente afectada por la actividad tardihercínica que precisan ARTHAUD y MATTE (1975); en cambio, la facies central (que aquí se tiene hipotéticamente como más tardía y emplazada en régimen distinto) es más homogénea y pobre en restos básicos, como corresponde morfológicamente al medio ya más cratonizado. El granito de Valencia de Alcántara está formado, en opinión del autor, por dos macizos cuyo límite está en el estrechamiento presentado en los alrededores de San Vicente de Alcántara, mostrando ambas evoluciones paralelas: zona interna más leucocrática, de grano más regular, posterior a la facies externa biotítica, porfiróide y de grano más grueso, con un contacto rápido entre las dos. El batolito de Cabeza de Araya (CORRETGE, 1971) también está constituido por varios plutones en los que se ha podido establecer una cronología relativa, aunque la falta de dataciones absolutas no permite establecer relaciones más precisas con los otros granitos.

A la vista de estas consideraciones no puede tomarse a estos granitos como clásicamente orogénicos, pero tampoco son anorogénicos típicos, como ya fue señalado por CORRETGE (1971). Este carácter intermedio ha sido citado en otros batolitos del norte de Africa (BOISSONNAS, 1973), poniéndose de relieve, de todas formas, su vinculación a un medio cratonizado ajeno a las deformaciones plásticas y asociado a las discontinuas. Las pulsaciones se producen en un área cada vez más rígida y próxima a un ambiente verdaderamente cratónico.

#### *Ideas previas sobre el origen de los granitos de la zona*

La naturaleza del magma granítico para los plutones de Extremadura central no está unánimemente definida. En la visión sintética de CAPDEVILA et al. (1973), que considera numerosas informaciones anteriores, estos granitos son dudosos, en base a su emplazamiento epizonal y carencia de asociaciones con masas apreciables de rocas básicas; al analizar los rasgos, a título de avance hipo-

tético, los autores piensan en una fusión cortical seca sin aporte de material mantélico. Un origen cortical también es admitido por APARICIO et al. (1977 b), en base a datos geoquímicos principalmente. BEA (1976) apunta que el magma se originó a 9 Kb y 900° C, en la corteza inferior, aceptando la contaminación con niveles corticales superiores en las facies cordieríticas propuesta por UGIDOS (1976); este origen mixto, mezcla de magma calcoalcalino y mesocortical (UGIDOS y BEA, 1976), queda englobado en un solo proceso para los citados autores, descartándose los aportes materiales mantélicos admitidos por otros investigadores en las zonas circundantes a las que aquí se tratan. Para SAAVEDRA (en prensa), la presencia de los diversos silicatos aluminicos «de metamorfismo» puede explicarse no sólo como restos de asimilación cortical, sino como productos cristalizados de un magma que se va enriqueciendo en agua, marcando la andalucita el término próximo a la saturación.

#### *Interpretación de la presencia de los enclaves en la génesis magmática*

Ya se ha señalado que existen enclaves básicos en los granitos, especialmente en el plutón de Albalá. A veces, en ellos se aprecia muy bien la superposición de dos texturas: una de ellas magmática típica (que contiene plagioclasas muy zonadas, de núcleo andesínico y biotitas, anhedralas en general) y otra blástica, manifestada en esencia en los feldespatos (alguna vez, en micas). La forma redondeada de estas masas sugiere un carácter contemporáneo al magma granítico (dispersión en «gotas» en el seno de una masa líquida). A este respecto, conviene destacar algunos datos de laboratorio muy significativos.

La inmiscibilidad de dos magmas distintos ha sido investigada y establecida por PHILPOTTS (1976) cuando se trata de un magma básico netamente alcalino y otro felsítico (monzonítico), p. ej. Pero materiales de composición próxima a la que aquí se presenta (basáltico a riolítico) son miscibles; solamente si hay saturación de agua puede aparecer durante corto tiempo una interfase, con posible hibridación y transferencia de materia más acusada hacia el término básico (YODER, Jr., 1973). Los estudios termodinámicos de BURNHAM (1975) también concluyen en la miscibilidad ideal de magmas graníticos y gabroicos.

Todas estas informaciones teóricas se interpretan adecuadamente con ayuda de medidas cinéticas. Un magma básico en medio de otro ácido da formas esféricas que alcanzan el equilibrio térmico en cierto tiempo; de acuerdo con los valores utilizados por SPARKS et al. (1977), una bola de composición basáltica de un diámetro de 40 cm se equilibra térmicamente en unas siete horas. Si la temperatura sobrepasa un valor mínimo (para que haya fluidez suficiente), una masa básica del mismo diámetro debería disolverse en unos ciento veinticinco años, según empleo de los datos seleccionados por dichos autores.

Por tanto, el equilibrio térmico se alcanza en un tiempo unas 150.000 veces menor que el que sería necesario para su desaparición; dada la diferencia de temperatura de fusión de ambos tipos de materiales y el largo intervalo de ésta entre el solidus y el líquidus (es decir, el margen de temperatura en la que la cristalización es parcial), es razonable pensar que antes de que el magma básico se haya disuelto en el ácido ha comenzado a cristalizar y, en consecuencia, la miscibilidad es mucho más difícil (ya es una mezcla de sólido y líquido en el seno de un fluido distinto), aunque exista cierta interacción entre ellos. Puesto que las masas más básicas, dioríticas, son deficitarias en potasio (relativamente a los granitos), resulta factible la migración de este elemento hacia las mismas, transformando primero los minerales inestables en este medio: paso de piroxenos o anfíboles a biotita (a favor de lo cual se argumenta la identidad de composición, aunque no de hábito, de tal biotita con la del granito, SAAVEDRA y GARCÍA SÁNCHEZ, 1976), etc. Este proceso conlleva una fijación de agua por el carácter hidroxilado de dicho mineral, con disminución localizada de  $P_{H_2O}$  en un corto entorno alrededor del cuerpo básico y, consiguientemente, aumento del punto de fusión de los feldespatos alcalinos. Este hecho explica el carácter blástico de éstos en los xenolitos y la corona de dichos minerales alrededor de los enclaves, figura 2.

A favor del origen mantélico (más o menos evolucionado) de los enclaves dioríticos o cuarzodioríticos está la presencia, rara, pero manifiesta, de cristales gruesos de cuarzo, unas veces angulosos y otras redondeados y/o corroídos; esto denota una inmiscibilidad neta en el primer caso y una modificación de las aludidas circunstancias en el segundo, muy factible por lo que se ha dicho. De

acuerdo con GREEN y RINGWOOD (1968), la interpretación obvia es de que dicho cuarzo inmisible sólo es estable a elevadas presiones. Concluyendo, descartar por completo un cierto aporte básico, subcortical, para este granito no resulta muy factible. Si aquí es pequeño, en los demás batolitos parece menor aún o inexistente. De todas maneras, la crítica de origen magmático ha de tener en cuenta este hecho.

Los enclaves ácidos son de grano diferente, en morfología, del granito en el que aparecen. Los que presentan las formas angulosas de la figura 3 pueden considerarse como fragmentos de masas graníticas parcialmente consolidadas, mientras que los del tipo de la figura 4, redondeados, indican un contraste de fluidez menor (temperaturas más semejantes). Se interpretan clásicamente como granitos marginales de un borde más frío. Aquí se piensa que son autolitos (FERSHTATER y BORODINA, 1977), esto es, derivados de alguna manera del granito en el que están englobados.

#### *Origen granítico*

Los datos geoquímicos regionales a los que se ha hecho referencia señalan anomalías que se suman a otros rasgos geológicos ambiguos, lo que se tratará seguidamente.

La fusión total de las rocas encajantes normales en la región no explica el alto contenido en potasio de los granitos. Los escasos datos analíticos de las mismas que han sido publicados señalan una pobreza respecto tanto a este elemento como al sodio (SAAVEDRA, 1971; GARCÍA SÁNCHEZ, 1973). Rocas más profundas, en Extremadura, estudiadas en las proximidades de la zona por BLADIER (1974) y LAURENT (1974), son más ricas en álcalis. El enriquecimiento relativo en potasio es posible en una anatexia cortical si hay déficit en agua, cosa no vista en los niveles sedimentarios observados en la zona. Todo esto apoya la idea de que el conjunto de la corteza superior (sin mayores modificaciones), con el complejo esquisto-grauváquico local y el Paleozoico Inferior-Medio como componentes esenciales, no ha podido ser la fuente del granito; el aporte alcalino ha de buscarse en profundidad y la génesis magmática a partir de estos materiales, sin procesos peculiares, no es admisible. Por otra parte, en terrenos con metamorfismo regional tan bajo, el gradiente geotérmico no permite la aparición de baños graníticos en la corteza superior.

A partir de la corteza media, de acuerdo con la presencia de rocas tipo «ollo de sapo» y otras citadas en la bibliografía aludida, se tienen formaciones cuyo contenido en volátiles (agua, sobre todo) es más reducido y está ligado más fuertemente a las estructuras de minerales hidratados. Estas disponibilidades de fases volátiles y de elementos químicos condicionan el mecanismo genético.

Como ya se ha dicho, la presencia de los distintos silicatos aluminicos típicos del metamorfismo implican diferentes grados de saturación en agua, además de variaciones en P y T. Los datos de HOLDAWAY y LEE (1977) dan rangos en dichas variables que están conformes con los valores atribuidos a los granitos de la zona (SAAVEDRA, en prensa); estos autores ya señalan que la asociación almandino-cordierita en presencia de cuarzo y feldespato potásico es posible si hay déficit de agua. De acuerdo con el estudio de GREEN (1977), los almandinos derivados de la fusión de un material de composición pelítica enriquecido con un 0,2 por 100 de MnO aparecen a 6 Kb y 880° C con un 3 por 100 de MnO (superior, incluso, al que presentan los granates analizados de la zona), lo que tampoco discrepa de lo ya establecido.

HARRIS (1977) señala que la cristalización de un magma granítico, esencialmente con albita, aumenta la temperatura varias decenas de grados si hay desprendimiento de volátiles y el régimen es adiabático; alguno de los plutones de la zona muestra, de manera espectacular como se ha dicho, un borde ovalado de facies netamente tardías, muy ricas en volátiles y de probable emplazamiento a favor de debilidades estructurales, pero no puede hablarse de un carácter puramente adiabático, porque es general la existencia de una aureola de contacto mejor o peor desarrollada. Este autor insiste en que magmas con más del 5 por 100 inicial en agua sólo pueden alcanzar la superficie por fenómenos explosivos; para un 15 por 100 en agua, sostiene que es imposible su aparición en la corteza superior. De todas maneras, sus conclusiones son parcialmente aplicables aquí y constituyen una aproximación primera válida.

MARTIN y BONIN (1976) proponen un mecanismo genético para granitos de tendencia alcalina, con origen profundo (tomando como ejemplos granitos del norte de América y de Córcega). Sugieren que fundidos diferenciados básicos (de origen ga-

broico), calientes, reciben agua y refunden (liquidus húmedo de temperatura más baja que solidus seco). El magma, durante su ascensión, sufre varios procesos de este tipo y va cambiando de ser hipersolvus y alcalino a subsolvus y subalcalino, sin necesidad de admitir recalentamiento alguno. Esta sugestiva idea explica la acumulación de ciertos elementos trazas, en principio no compatibles, y la presencia de feldespatos hipersolvus típicos (menos ordenados) en una matriz subsolvus (tendencia a microclina). Hay bases experimentales suficientes para justificar la teoría. KADIK et al. (1975) comprueban que la fusión hace descender la presión de vapor en el medio circundante y hay un flujo de volátiles desde las rocas encajantes hacia el magma. Este agua puede lixiviar de alguna manera ciertos elementos trazas más débilmente retenidos en las redes cristalinas y producir así acumulaciones; de acuerdo con KHITAROV et al. (1975, 1976), la difusión en la sílice es pequeña, aunque aumenta con la temperatura y la presión (en este último caso sólo porque así la cantidad de agua disuelta, que es el factor esencial, es mayor), por lo que se prefiere admitir una nueva fusión más que la interacción por difusión. Alcanzado el emplazamiento definitivo, la cristalización implica el desprendimiento del agua ganada en el recorrido, que se manifiesta por una sobrepresión (BURNHAM, 1975; KADIK et al., 1975), con deformación del encajante plástico ya calentado por el cuerpo ígneo y aspecto más acentuado del carácter de domo; los fluidos calientes, enriquecidos en ciertos elementos, pueden disponerse discordantemente en torno a los granitos, bajo formas de facies muy ricas en volátiles, o difundirse lejos de los mismos hasta su fijación o enfriamiento finales. No se pretende que todos los granitos de la zona se hayan originado de esta forma, pero sí se sostiene que es un mecanismo al que se debe una parte de las rocas actuales.

OROWAN (1960) estableció un conjunto de bases teóricas que condujo a BROOKS (1967) a explicar la formación de algunos granitos de América del Norte por incremento de P y T en zonas de amplia fracturación por cizallamiento. Como se ha señalado anteriormente, se admite en la zona asociación de granitos con las fracturas profundas, apreciándose en algún caso tectonización. En particular, así podría explicarse la existencia de algunos minerales raramente deformados (feldespatos, micas y cuarzo) en el seno de una matriz granítica

normal, sin evidencia alguna de cataclasis. Por tal motivo, y dado el gran volumen de granitos, se descarta esta teoría como válida en general, pero sí se piensa que una pequeña cantidad de magma puede haberse generado de acuerdo con ella.

Las discutibles, pero críticas, consideraciones de SKVOR (1970) a propósito de los macizos de Bohemia son muy adecuadas aquí. En efecto, accidentes profundos implican que, a lo largo de ellos, se tengan rocas muy distorsionadas coincidentes con debilidades corticales a través de las cuales el gradiente geotérmico sea más alto. A título de ejemplo se cita el que en los Pirineos ZWART (1963) indica un valor de dicho gradiente tan elevado como 150° C/Km, justamente en una región en la que se ha puesto de manifiesto la existencia de una muy importante falla, que se corresponde con el tipo de accidentes a los que aquí se alude. En el interior de los bloques definidos por estos accidentes el gradiente es mucho menor; con tales condiciones, las rocas distorsionadas que los limitan funden con facilidad ante este aporte de calor. De esta manera se explica la posición direccional de los plutones, el magmatismo en el tiempo (que en Extremadura central tiene una duración no inferior a 50 m. a.), la posibilidad de contaminación mantélica (aunque sea en un grado bajo), el origen del exceso de aluminio, la especialización, etc. Todo ello no incompatibiliza el solapamiento con la génesis de parte del magma por refusiones sucesivas (MARTIN y BONIN, 1976) o, en algún caso, por cizallamiento (BROOKS, 1967).

Las paragénesis mineralógicas de los granitos regionales proporcionan indicaciones sobre el gradiente geotérmico. De acuerdo con los datos recientes de GREEN (1977) sobre los almandinos pobres en Mn (como los que se tienen en la zona), la presencia de éstos y las asociaciones andalucíticas permite establecer un rango de gradientes entre 45 y 70° C/Km; desde luego, en el encajante no se pueden aceptar estos valores. La fusión afecta a la corteza inferior o media (en donde se puede alcanzar la temperatura del liquidus granítico), y el ascenso por la corteza superior puede hacerse por ir aumentando el flujo de agua a causa de que en los esquistos superiores ésta es más abundante y se encuentra mucho menos retenida que en los niveles inferiores, de composición más anhidra: el paso de los últimos a los primeros implica un brusco incremento de saturación en volátiles que se manifiesta mineralógicamente por

un salto en los procesos incipientes de cristalización, destacando a partir de entonces una fase netamente relicta.

Por lo dicho, el aporte cortical, aunque no es único, siempre es fundamental. Sin embargo, es muy difícil de cuantificar. A las consideraciones de BEA (1976), en su crítica a la participación de material mantélico en la génesis granítica y la validez de los escasos valores isotópicos del Sr en rocas de la zona, hay que añadir dos precisiones. Primera, que la asimilación cortical puede conducir a valores más bajos en la relación  $Sr^{87}/Sr^{86}$ , en contra de lo normal, puesto que están citadas en Extremadura, como se dijo, abundantes rocas con participación ígnea importante, tanto en el complejo esquisto-grauváquico como en los niveles cristalinos inferiores (todos más antiguos que los granitos que se discuten); no hay aún medidas de tal relación isotópica en ellas, por lo que no puede descartarse que una participación cortical disminuya a ésta. Segundo, y más delicado, las ideas sobre la corteza inferior han evolucionado y hoy se admite algo mucho más complejo que lo que se pensaba.

Recogiendo ideas diversas expresadas más o menos claramente por otros autores, SMITHSON y BROWN (1977) han sintetizado numerosos datos geológicos (incluyendo esencialmente los geofísicos y geoquímicos), que conducen a borrar la imagen tradicional de una corteza máfica inferior, antigua idea que se ha manifestado como una simplificación extrema; al hecho se le atribuye importancia aquí. A grandes rasgos, para estos autores la corteza superior es una piel con domos, esencialmente graníticos e intrusivos, que recubre a una capa migmatítica (corteza media), estando constituida la corteza inferior por bloques de composición ácida a básica, con distinto grado de metamorfismo e irregular distribución de fase fluida. Así, para LEYRELOUP (1973), en el Macizo Central francés las rocas de la corteza inferior son un mosaico de términos básicos-intermedios predominantes, ácidos (granulitas, kinzigitas), peridotitas y granitos (subordinados), que corresponden (edad absoluta) a una época prehercínica; una removilización y un retrometamorfismo da lugar a una corteza intermedia hercínica más ácida, constatándose siempre la gran heterogeneidad cortical (el autor se refiere a variaciones visibles al dominio inferior al dm<sup>3</sup>). Por tanto, a nivel de zona de pla-

ca la composición basicortical intermedia andesítico-diorítica carece de significado. Sin un detallado estudio geofísico e isotópico local, la participación mantélica (sea térmica, material o en relación con la fase volátil) es difícil de evaluar, aunque la explicación propuesta la implica necesariamente, con caracteres minoritarios en ocasiones (elementos químicos) o más importantes (térmicos) en general.

#### APLICACION A LA ESPECIALIZACION GRANITICA

El origen que se ha dado aquí para los batolitos considerados explica la especialización de estos granitos. Independientemente de que quepa la posibilidad de que ciertos elementos tenidos como típicamente corticales puedan tener una geoquímica más complicada (véase, p. ej., ZASEDATELEV, 1973; LEVASHEV et al., 1974; STOLL, 1976), la heterogeneidad admitida de la corteza, la fusión cortical a lo largo de los accidentes profundos de materiales a veces enriquecidos, los aportes de volátiles (que lixivian del encajante los elementos en trazas, menos retenidos en redes cristalinas que los mayores que configuran la estructura del cristal), las posibles refusiones sucesivas y el largo ascenso son razones suficientes para explicar este hecho. Sin embargo, las concentraciones anormales (sean de interés práctico o no) requieren algunas consideraciones más.

Los granitos leucocráticos de diferenciación cupuliforme, si bien son más ricos en los elementos típicos de estas rocas, raramente presentan acumulaciones importantes; éstas aparecen sobre todo en los contactos del plutón o, también, cuando es zonado, en los límites entre las facies de grano grueso, biotíticas (más antiguas) y las tardías, más homogéneas, con predominio de moscovita sobre biotita. No es un hecho casual. Aquí se atribuye a que la mayor parte de los volátiles se desprende en la consolidación de las masas biotíticas dominantes; los elementos en trazas están acumulados en esta fase bajo forma compleja y juegan cantidades muy importantes desde el punto de vista geológico. El transporte, procesos autometamórficos, etc., en este tipo de evolución ya ha sido descrito precedentemente (SAAVEDRA, 1974). Las pulsaciones más leucocráticas posteriores pueden ejercer una cierta acción sobre el granito ya en vías de consolidación (mineralógicamente, se

aprecia en estos contactos un paso de los feldespatos a formas más turbias y alteradas, algún desarrollo mayor de turmalina, etc.) sin llegar a refundirlo, pero no hay condiciones para que se tengan concentraciones interesantes de los elementos más escasos, pese a que no es raro su mayor valor medio.

#### El papel del encajante

El enfriamiento del granito puede conducir a la génesis de células de convección de los fluidos entre su borde externo y el borde del encajante, produciendo una hidratación en éste (son frecuentes las cordieritas y andalucitas de contacto alteradas a silicatos laminares por una fase deutérica) y, como consecuencia, incrementándose la porosidad al reducirse el volumen de los minerales implicados en la interacción (FERRY, 1976). Si el granito en consolidación forma en su borde una masa de facies satélites (Albalá, Plasenzuela, etc.) enriquecidas en agua y alcalinas (emigración hacia los bordes más fríos de volátiles y elementos alcalinos), la convección a través de ellas da lugar a estructuras como las descritas por SAAVEDRA y ARRIBAS (1974), en las que las bandas coloreadas son minerales ricos en agua, halógenos y aniones volátiles subordinados (carbonato y borato). De esta forma pueden producirse impregnaciones minerales como fosfatos (apatito con diversas cantidades de F, Cl o CO<sub>2</sub>), borosilicatos, etcétera. La célula cesa al progresar el enfriamiento.

Los estudios de TAYLOR (1973), con ayuda de isótopos, en contactos graníticos, han puesto de manifiesto que, en muchas ocasiones, gran parte del agua hidrotermal es de superficie, es decir, que procede de las rocas encajantes. Esto apoya la hipótesis de las refusiones por aporte acuoso cortical e implica una lixiviación a través de las zonas por donde este agua pasa, lo que contribuye a la especialización magmática. De acuerdo con los datos de laboratorio de COSTESEQUE et al. (1974), si el material está tectónicamente triturado, la extracción es muy fácil. Estas condiciones se han admitido al situar los granitos en zonas de accidentes importantes a nivel cortical. Por tanto, es un factor más a añadir en calidad favorable para acumulación.

#### Formas de movilización

Algunos elementos están estudiados con más detalle que otros respecto a su geoquímica en procesos posmagmáticos. Así, las investigaciones sobre inclusiones fluidas en diques de cuarzo y wolframita han puesto de relieve que las asociadas con este último mineral son ricas en F y K y menos en Ca, Mg y CO<sub>2</sub> (IVANOVA et al., 1976), lo que concuerda con la hipótesis establecida en granitos mineralizados próximos por PELLITERO et al. (1976) de que el W es extraído del mismo granito según un proceso tardío de microclinización que afecta a los minerales preexistentes. De todas maneras, el transporte de este elemento no es problema, pues su solubilidad en haluros alcalinos es muy elevada a partir de unos 300° C. Para BRYZGALIN (1976) los cationes de los wolfratos (Fe, Mn, Ca) son extraídos de las inmediaciones de los depósitos y no se transportan tanto como el W, lo que concuerda con lo anterior. Las disoluciones enriquecidas de esta forma son inmiscibles con el fundido granítico ya a menos de unos 1.000° C (REYF y BAZHEYEV, 1977), por lo que pueden extraerse y dar concentraciones anómalas o bien quedar dispersas en el granito, dando valores altos sin acumulaciones interesantes.

Según lo expuesto, las especializaciones son una consecuencia de los aspectos condicionantes de la aparición del granito como tal. El conjunto se coordina bastante armónicamente a pesar de la falta de poder precisar en muchos casos.

#### CONCLUSION

La hipótesis sostenida es que los granitos especializados de Extremadura Central se emplazaron en una etapa intermedia entre las fases finales de la orogenia hercínica y un ambiente completamente cratonizado (no orogénico), a favor de accidentes preexistentes de alcance cortical. En su mayor parte, el material procede de la fusión del material distorsionado a lo largo de los límites de tales accidentes por incremento del grado geotérmico y sucesivas refusiones por aporte de agua cortical que conducen a una evolución muy fuerte hacia granitoides subalcalinos. El aporte de material del manto (sin discutir que inicialmente sea un diferenciado o un híbrido) es pequeño en todo caso, pero difícil de cuantificar. La cristalización concluyó, fundamentalmente, después del emplazamiento.

to; éste no es del tipo domo puro, sino que evolucionó, apreciándose etapas finales distensivas. El papel de los volátiles es el principal factor a tener en cuenta, pues condiciona no sólo a la génesis y emplazamiento, sino también a las acumulaciones de elementos.

#### BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.: *Estudio del macizo cristalino de Toledo*. Est. Geol., 27, 369-414 (1971).
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CASQUET, C.; PEINADO, M., y TINAO, J. M.: *El plutonismo hercínico post-metamórfico en el SO del macizo hespérico (España)*. Bol. Geol. Min., 88, 497-500 (1977 a).
- *Caracterización geoquímica del plutonismo post-metamórfico del SO del macizo hespérico*. Stvdia Geologica, 12, 9-39 (1977 b).
- ARTHAUD, F., et MATTE, Ph.: *Les décrochements tardi-hercyniens du sud-ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation*. Tectonophysics, 25, 139-171 (1975).
- BADHAM, J. P. N.: *Cornubian geotectonics-Lateral thinking*. Usset Soc. Proc., 3, 448-454 (1976).
- BADHAM, J. P. N., and HALLS, C.: *Microplate tectonics, oblique collisions, and evolution of the Hercynian orogenic systems*. Geology, 2, 373-376 (1975).
- BALLARD, R. D., and UCHUPI, E.: *Carboniferous and Triassic rifting: a preliminary outline of the tectonic history of the Gulf of Maine*. Geol. Soc. Am. Bull., 83, 2285-2302 (1972).
- BARD, J. P.: *Signification tectonique des métatholites d'affinité abyssale de la ceinture métamorphique de basse pression d'Aracena (Huelva, Espagne)*. Bull. Soc. Géol. Fr., 19, 385-393 (1977).
- BARRIERE, M.: *Flowage differentiation: limitation of the «Bagnold effect» to the narrow intrusions*. Contr. Min. Petrol., 55, 139-145 (1976).
- *Le complexe de Ploumanac'h (Massif Armoricaín). Essai sur la mise en place et l'évolution pétrologique d'une association plutonique subalcaline tardi-orogénique*. Thèse, Univ. Brest, France (1977).
- BEA, F.: *Caracterización geoquímica y esquema petrogenético de los granitoides hercínicos del área Salamanca-Cáceres*. Tesis, Univ. Salamanca (1975).
- *Anomalía geoquímica de los granitoides calcoalcalinos hercínicos del área Cáceres-Salamanca-Zamora (España). Implicaciones petrogenéticas*. Stvdia Geologica, 11, 25-73 (1976).

BLADIER, Y.: *Structure et pétrologie de la bande blastomilitique de Badajoz-Córdoba (Chaîne Hercynienne Sud Ibérique à l'W d'Azuaga, Espagne). Les roches cataclastiques-Classification-Interprétation*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Montpellier, France (1974).

BOCHMANN, H. G.: *Geologische Karte aus dem bereich von Cáceres und der östlichen Sierra de San Pedro (Prov. Cáceres, Spanien)*. Diss. Iumster, Univ. Münster (1956).

BOISSONNAS, J.: *Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara Central, Algérie)*. Thèse, Univ. Paris VI (1973).

BONIN, B.: *Le complexe granitique annulaire de la région de Tolla-Cauro (Corse)*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris VI (1972).

BROOKS, E. R.: *Multiple metamorphism along the Green-ville Front, north of Georgian Bay, Ontario*. Geol. Soc. Am. Bull., 78, 1267-1280 (1967).

BRYZGALIN, O. V.: *On the solubility of tungstic acid in aqueous salt solutions at high temperatures*. Geochem. Internat., 13, 155-159 (1976).

BURNHAM, C. W.: *Water and magmas: a mixing model*. Geochim. et Cosmochim. Acta, 39, 1077-1084 (1975).

BURTON, C. J.: *Provincial affinities of Eifelian phacopids (Trilobita) of south west England and Brittany*. Usset Soc. Proc., 2, 458-463 (1972).

CADAVID, S.: *Avance del mapa de isopacas de una «corteza normal» para la Península Ibérica y principales accidentes de posible alcance cortical*. Bol. Geol. Min., 88, 561-566 (1977).

CAPDEVILA, R.; CORRETGE, G., et FLOOR, P.: *Les granitoïdes varisques de la Meseta ibérique*. Bull. Soc. Géol. Fr., 15, 209-228 (1973).

*Carte Géologique Internationale de l'Europe et des Régions Riveraines de la Méditerranée 1:5.000.000*. Bundesanstalt für Bodenforschung et UNESCO. Coords. H.-R. Gaertner et H. W. Walther (1972).

*Carte Géologique du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique (Hercynien et Antehercynien) 1:500.000*. Dir. I. Parga-Pondal, Lab. Géol. du Lage, Coruña (1967).

*Cartografía Geológica del Macizo Hespérico del Sudoeste de la Península Ibérica 1:500.000*. Dirs. L. C. García de Figuerola y C. Teixeira (1975).

CORRETGE, G.: *Estudio petrológico del batolito de Cabeza de Araya (Cáceres)*. Tesis, Univ. Salamanca (1971).

— *Contribución para el conocimiento del batolito de Cabeza de Araya (Cáceres-España): el microgranito granatífero-cordierítico con megacrístales feldespáticos*. Stvdia Geologica, 3, 43-65 (1972).

CORRETGE, G., y GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Rasgos geológicos de la región comprendida entre el sinclinal de Cañaverál y la Sierra de San Pedro (Cáceres)*. I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, I, 183-195 (1971).

- CORRETGE, G., y MARTÍNEZ, F. J.: *Albitización y sodificación en granitos hercínicos españoles*. Stvdia Geologica, 9, 115-141 (1975).
- COSTESEQUE, P.; DANDURAND, J. L.; FORTUNE, J. P.; SCHOTT, J., and TOLLON, F.: *On three factors essential to the formation of ore deposits: geochemical preconcentration, fracturation and thermal gradient*. IV IAGOD Symp., Varna, II, 269-278 (1974).
- DEBON, F.: *Les massifs granitoïdes à structure concentrique de Caunterets-Panticosa (Pyrénées occidentales) et leurs enclaves. Une étude pétrographique et géochimique*. Thèse, Univ. Nancy, France (1975).
- DIXON, J. M.: *Finite strain and progressive deformation in models of diapiric structures*. Tectonophysics, 28, 89-124 (1975).
- FERM, J. C.: *Carboniferous paleogeography and continental drift*. Internat. Strat. et Geol. Carbon. Cong., 7, C. R. (III), 9-25 (1974).
- FERSHTATER, G. B., and BORODINA, N. S.: *Petrology of autoliths in granitic rocks*. Internat. Geol. Rev., 19, 458-468 (1977).
- FERRY, J. M.: *Fluid interaction between granite and sediment during metamorphism, South-Central Maine*. Carnegie Inst. of Washington, Year Book 75, 764-771 (1976).
- GARCÍA DE FIGUEROA, L. C.: *Excursión geológica por el Bloque del Piélago*. Not. y Com. del IGME, 50, 77-93 (1958).
- GARCÍA DE FIGUEROA, L. C.; CORRETGE, G., y SUÁREZ, O.: *Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor (Provincia de Cáceres)*. Bol. Geol. Min., 82, 217-233 (1971).
- GARCÍA DE FIGUEROA, L. C.; CORRETGE, G., y BEA, F.: *El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos en Extremadura (Estudio comparativo)*. Bol. Geol. Min., 85, 308-337 (1974).
- GARCÍA SÁNCHEZ, A.: *Geoquímica de elementos trazas en los procesos de meteorización y edafogénesis*. Tesis, Univ. Salamanca (1973).
- GREEN, T. H.: *Garnet in silicic liquids and its possible use as a P-T indicator*. Contr. Min. Petrol., 65, 59-67 (1977).
- GREEN, T. H., and RINGWOOD, A. E.: *Genesis of the calc-alkaline igneous rock suite*. Contr. Min. Petrol., 18, 105-162 (1968).
- GUMIEL, P.; ARRIBAS, A., y SAAVEDRA, J.: *Geología y metalogenia del yacimiento de estibina-scheelita de «San Antonio», Alburquerque, Badajoz*. Stvdia Geologica, 10, 61-93 (1976).
- HARRIS, D. M.: *Ascent and crystallization of albite and granitic melts saturated with H<sub>2</sub>O*. J. of Geol., 85, 451-459 (1977).
- HOLDAWAY, M. J., and LEE, S. M.: *Fe-Mg cordierite stability in high-grade pelitic rocks based on experimental, theoretical, and natural observations*. Contr. Min. Petrol., 63, 175-198 (1977).
- IGME: *Mapa Geológico de España 1:200.000*. Síntesis de la cartografía existente. Hojas núms. 50 (Valencia de Alcántara), 51 (Cáceres), 52 (Talavera de la Reina), 58-59 (Villarreal-Badajoz) y 60 (Villanueva de la Serena). Madrid (1971).
- INSTITUTOS GEOGRÁFICOS Y CATASTRALES DE ESPAÑA Y PORTUGAL: *Avance del Mapa Gravimétrico de la Península Ibérica 1:2.000.000* (1972).
- IRVING, E.: *Drift of the major continental blocks since the Devonian*. Nature, 270, 304-309 (1977).
- IVANOVA, G. F.; KHITAROV, D. N.; LEVKINA, N. I.; MILOVSKIY, G. A., and BANNYKH, L. P.: *Gas-liquid inclusion data on the compositions of tungsten-bearing hydrothermal solutions*. Geochem. Internat., 13, 17-26 (1976).
- JAMES, R. S., and HAMILTON, D. L.: *Phase relations in the system NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>-SiO<sub>2</sub> at 1 kilobar water vapor pressure*. Contr. Min. Petrol., 21, 111-141 (1969).
- JIMÉNEZ, E., y SAAVEDRA, J.: *Contribución al conocimiento del Silúrico de la Sierra de Tamames (Salamanca)*. Stvdia Geologica, 2, 7-24 (1971).
- KADIK, A. A.; OSTAPENKO, G. T., and FRENKEL', M. Ya.: *The steam pressure in a magma crystallizing in a constant-volume chamber*. Geochem. Internat., 12, 130-138 (1975).
- KHITAROV, N. I.; LEBEDEV, Ye. B., and DORFMAN, A. M.: *Physical properties of silica-water system at high T and P*. Geochem. Internat., 13, 129-133 (1976).
- KHITAROV, N. I.; LEBEDEV, Ye. B.; VENITSIANOV, Ye. V., and DORFMAN, A. M.: *Diffusion of water in molten silica*. Geochem. Internat., 12, 172-183 (1975).
- LAMEYRE, J.; ROCCI, G., et DIDIER, J.: *Granites orogéniques et granites cratoniques: réflexions sur un aspect fondamental de la géotectonique*. Cent. de la Soc. Géol. de Belgique, Géol. des Dom. Crist., Liège, 183-221 (1974).
- LAURENT, Ph.: *Structure et pétrologie de la bande blastomylonitique de Badajoz-Córdoba (Chaîne hercynienne sud-ibérique) à l'Est de Azuaga (Espagne)*. Description et interprétation de la déformation dans les blastomyonites. Thèse, Univ. Montpellier, France (1974).
- LEUTWEIN, F.; SAUPE, F.; SONET, J., et BOUYX, E.: *Première mesure géochronologique en Sierra Morena. La granodiorite de Fontanosas (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Geol. en Mijnb., 49, 297-304 (1970).
- LEVASHEV, G. B.; GOLUBEVA, E. D., and GOVOROV, I. N.: *Distribution of tungsten in mafic, intermediate and silicic volcanics of the continental part of the Circum-Pacific belt, as illustrated by the Sikhote Alin*. Dok. Akad. Nauk SSSR, 214, 199-202 (1974).

- LEYRELOUP, A.: *Le socle profond en Velay d'après les enclaves remontées par les volcans Néogènes. Son thermometamorphisme et sa lithologie: granites et série charnockitique (Massif Central français)*. Trav. du Lab. de Pétrol. et Min. de l'Inst. des Sc. de la Nat., Nantes, France (1973).
- MARTIN, R. F., and BONIN, B.: *Water and magma genesis: the association hypersolvus granite-subsolvus granite*. Can. Min., 14, 228-237 (1976).
- MARTIN, R. F., and PIWINSKI, A. J.: *The contrasting origin of orogenic and non-orogenic granitoid rocks*. IAVCI symposium on Andean and Antarctic Volcanism, Santiago de Chile. In: Bull. Volc., 482-496 (1974).
- MARTÍNEZ, F.: *Données sur le métamorphisme régional hercynien dans le dôme du Tormes (provinces de Salamanca et Zamora, Espagne)*. Geol. Rund., 66, 91-98 (1977).
- MENDES, F.: *Contribuição à l'étude géochronologique, par la méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal*. Bol. Mus. Lab. Miner. Geol. Univ. Lisboa, 11, 1-150 (1968).
- MENDES, F.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E., et FERNÁNDEZ-SANTÍN, S.: *L'âge de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Système Central Espagnol)*. Rev. da Fac. de Cién. de Lisboa, 17, 345-365 (1972).
- OEN, I. S.: *The intrusion mechanism of the late-Hercynian post-tectonic granite plutons of northern Portugal*. Geol. en Mijnb., 22, 257-296 (1960).
- *Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal*. Bol. Geol. Min., 81, 271-298 (1970).
- OROWAN, E.: *Mechanism of seismic faulting*. In: Rock deformation. Geol. Soc. Am., Mem. 79, 323-345 (1960).
- PARGA, J. R.: *Spätvariszische Bruchsysteme im Hesperischen Massiv*. Geol. Rund., 59, 323-336 (1969).
- *Evolución del Macizo Hespérico en los tiempos antemesozoicos y sus relaciones con otras áreas europeas*. Bol. Geol. Min., 81, 115-143 (1970).
- PELLITERO, E.; SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., y ARRIBAS, A.: *Geoquímica del W en el área circundante al yacimiento de scheelita de Barruecopardo (Salamanca)*. Acta Geol. Hisp., 11, 133-136 (1976).
- PENHA, H. M.: *Caracteres metalogenéticos de los yacimientos intragraníticos españoles de uranio*. Tesis, Univ. Salamanca (1973).
- PENHA, H. M., y ARRIBAS, A.: *Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles*. Bol. Geol. Min., 85, 271-273 (1974).
- PHILIPOTTS, A. R.: *Silicate liquid immiscibility: its probable extent and petrogenetic significance*. Am. J. Sci., 276, 1147-1177 (1976).
- PRIEM, H. N. A.; BOELRIJK, N. A. I. M.; VERSCHURE, R. H.; HABEDA, E. H., and VERDURMEN, E. A.: *Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula*. Eclogae geol. Helv., 63, 255-274 (1970).
- RAMBERG, H.: *Model studies in relation to intrusion of plutonic bodies*. In: Mechanism of igneous intrusion. Gallery Press, Liverpool, 261-286 (1970).
- REYF, F. G., and BAZHEYEV, Ye. D.: *Magmatogenic chloride solutions and tungsten mineralization*. Geochem. Internat., 14, 45-51 (1977).
- RIDING, R.: *Model of the Hercynian foldbelt*. Earth Plan. Sci. Letters, 24, 125-135 (1974).
- ROSALES, F.; CARBO, A., y CAVIDAD, S.: *Transversal gravimétrica sobre el Sistema Central e implicaciones corticales*. Bol. Geol. Min., 88, 567-573 (1977).
- ROSSI, Ph.: *Géologie et géologie du Cerro de San Cristóbal, Logrosán (Cáceres, Espagne)*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris XI (1975).
- RUITENBERG, A. A.; VENUGOPAL, D. V., and GILES, P. S.: *«Fundy cataclastic zone», New Brunswick: evidence for post-acadian penetrative deformation*. Geol. Soc. Am. Bull., 84, 3029-3044 (1973).
- SAAVEDRA, J.: *Las formaciones paleozoicas de la comarca salmantina Sierra de Francia y sus procesos de alteración*. Acta Salmanticensia, Ciencias, 37, 55-90 (1971).
- *Geoquímica de los procesos postmagmáticos de granitos y su relación con las mineralizaciones asociadas del grupo Sn-W-Mo*. Stvdia Geologica, 8, 13-26 (1974).
- *Sobre la presencia de silicatos aluminicos (cordierita, andalucita, sillimanita y granate) en granitos de Extremadura Central*. Acta Geol. Hisp. (en prensa).
- SAAVEDRA, J., y ARRIBAS, A.: *Características y probable génesis de una estructura típica en granitos mineralizados de la provincia de Cáceres (España)*. Stvdia Geologica, 8, 125-132 (1974).
- SAAVEDRA, J.; BLANCO, C. A.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., y RODRÍGUEZ, S.: *Estudio del granito de Trujillo (Cáceres)*. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires, Argentina, IV, 315-340 (1975).
- SAAVEDRA, J., y GARCÍA SÁNCHEZ, A.: *Geología del granito de Albalá (Extremadura Central, España)*. Tecniterrae, 14, 10-23 (1976).
- SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., y MORENO, L.: *Sobre la existencia de un vulcanismo silúrico en El Castillo, sinclinal de Tamames (Salamanca)*. Acta Geol. Hisp., 8, 30-32 (1973).
- SADLER, P. M.: *Trilobites from the Gorran quartzites, Ordovician of South Cornwall*. Paleontology, 17, 71-93 (1974).
- SKVOR, V.: *Metamorphic processes in the Bohemian Massif*. Geol. Soc. Am. Bull., 81, 955-960 (1970).
- SMITHSON, S. B., and BROWN, S. K.: *A model for lower continental crust*. Earth and Plan. Sci. Letters, 35, 134-144 (1977).

- STOLL, W. C.: *Provincias metalogénicas en Argentina, Bolivia y Chile: aspectos de una teoría evolutiva de la Metalogenia*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 74, 171-189 (1976).
- SPARKS, S. R. J.; SIGURDSSON, H., and WILSON, L.: *Magma mixing: a mechanism for triggering acid explosive eruptions*. Nature, 267, 315-318 (1977).
- TAMAIN, G.: *Mégatectonique, linéaments et fracturation profonde dans la Meseta ibérique*. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., 17, 375-392 (1975).
- TAYLOR, H. P., Jr.: *Oxygen and hydrogen isotope studies of hydrothermal alteration and ore deposition in volcanic terrains*. Internat. Symp. on volcanism and associated metallogenesis. Bucarest, Roumania (1973).
- UBANELL, A. G.: *Los diques aplíticos de Almorox-Navamarcuende (Sistema Central Español) en relación con los «decrochements» dextrales tardihercínicos*. Com. dos Serv. Geol. de Portugal, 60, 53-68 (1976).
- UGIDOS, J. M.: *Estudio petrológico del área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres)*. Tesis, Salamanca (1973).
- *Significado petrológico de cordierita, sillimanita y andalucita en migmatitas y granitos de Plasencia-Béjar y áreas adyacentes (Salamanca-Cáceres)*. Stvdia Geologica, 10, 31-43 (1976).
- UGIDOS, J. M., y BEA, F.: *Análisis comparativo del área Béjar-Plasencia con otros granitos «younger» centropeninsulares: precisiones sobre la serie mixta*. Stvdia Geologica, 10, 45-59 (1976).
- VAN HOUTEN, F. B.: *Late Variscan nonmarine deposits, Northwestern Africa: implications for pre-drift North Atlantic reconstructions*. Am. J. of Sci., 276, 671-693 (1976).
- VEGAS, R.: *Las fallas de desgarre del SO de la Península Ibérica*. Bol. Geol. Min., 85, 153-156 (1974).
- WEIBEL, M.: *Zur Lagerstättenkunde Westspaniens. Überblick über die Petrographie und mineralogische Beschreibung der Lagerstätten Zentral-Estremaduras*. Beit. zur Min. und Pet. Heidelberger, 4, 379-411 (1955).
- WESTPHAL, M.: *Configuration of the magnetic field and reconstruction of Pangaea in the Permian period*. Nature, 267, 136-137 (1977).
- YODER, H. S., Jr.: *Contemporaneous basaltic and rhyolitic magmas*. Am. Min., 58, 153-171 (1973).
- ZASEDATELEV, A. M.: *Metamorphosed sedimentary and volcanic-sedimentary and metamorphic deposits of tin, tungsten and beryllium*. Dok. Akad. Nauk SSSR, 212, 193-194 (1973).
- ZWART, H. J.: *Some examples of the relations between deformation and metamorphism from the central Pyrenees*. Geol. en Minjb., 5, 143-154 (1963).

Recibido: Enero de 1978.

## Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional

Por F. J. GARCIA ABBAD (\*)

### RESUMEN

La entidad territorial con mayor sentido geológico y, sobre todo, geomorfológico es la Unidad Morfoestructural. Con esta perspectiva, se ha realizado en este trabajo un ensayo de sistematización territorial en unidades morfoestructurales de una parte de la Submeseta meridional. Para ello se han utilizado los datos bibliográficos y los obtenidos por el autor referentes a la estructura del basamento en la región implicada y su reflejo en la cobertera sedimentaria.

### ABSTRACT

The territorial division most adequate in Geology and, above all, in Geomorphology is the Morphostructural Unit. In this perspective, an essay of territorial systematization in morphostructural units has been realized for the SE of the Spanish Meseta. To this end, the author has utilized bibliographic and his own data referent to the basement structure and its influence upon the sedimentary covering in this region.

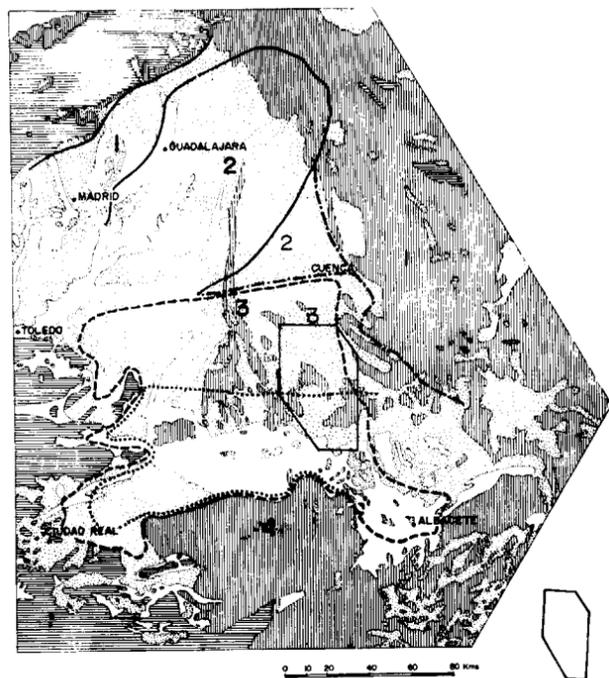
Los conocimientos actuales de la morfoestructura de la Meseta han desbordado los esquemas clásicos de SOLÉ SABARÍS (1952). Sin embargo, una actualización de los mismos que unifique los criterios y la terminología está aún por hacer. La mayor dificultad reside, quizá, en los diferentes puntos de vista con que se designa a las distintas regiones y unidades y en lo arraigado y tradicional de las denominaciones empleadas. Así, unas veces se trata de comarcas geográficas naturales; en otras, de unidades orográfico-estructurales, accidentes morfológicos, etc.

En el último tercio del pasado siglo, ya CORTÁZAR (1875) distingue tres regiones en la provincia de Cuenca: Serranía, Alcarria y La Mancha, esquema geográfico que ha perdurado largo tiempo con pocas modificaciones. Para este autor, «la comarca de la Alcarria es el territorio que constituye la región hidrográfica del Tajo», mientras que de La Mancha sólo se dice que su suelo es muy llano. Por último, la Sierra de Altomira se menciona sólo como accidente orográfico.

(\*) Cátedra de Geodinámica Externa. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

Parecido esquema encontramos en ROYO GÓMEZ (1920 y 1928). Considera una Cuenca del Tajo de incierto significado, ya que «en realidad está recorrida también por el Guadiana y el Júcar con divisorias muy inciertas». En ella, y con criterios morfológicos referidos a que «la erosión fluvial ha labrado en los terrenos que la rellenan formas topográficas muy típicas», se cita una región de llanura, otra de términos transitorios a la llanura y una tercera de páramos. La región de la llanura equivale a La Mancha, y la región de los páramos ocuparía «la zona central de la mitad septentrional de esta cuenca», formando la Alcarria y limitando al E con la Sierra de Altomira y por el W con el valle del Henares y su continuación con los del Jarama y Tajo. Según el autor, la Alcarria «es la misma Mancha, pero elevada por las acciones orogénicas a unos ciento cincuenta o doscientos metros de altitud», pasándose de una a otra «casi insensiblemente, sin formar verdadero escalón, pues la altiplanicie de sus cumbres (de la Alcarria) no es horizontal, sino bastante inclinada hacia el SW», consecuencia «del movimiento orogénico postpontiense o rodaniense».

Por último, la artificiosa comarca de los térmi-



REGIONES CONSTITUTIVAS DE LA PROVINCIA DE CUENCA

(según Cortázar, 1875). (Interpretado)

- — delimitación
- 1 Serranía
- 2 Alcarria
- 3 Mancha

COMARCAS NATURALES DE LA SUBMESA MERIDIONAL (mitad oriental)

(según Dantín Cereceda, 1942). (Interpretado)

- — delimitación
- 1 Campiña
- 2 Alcarria
- 3 Mancha
- 4 Campo de Montiel

LIMITES DE LA REGION DE LA MANCHA

(según E. Hernández Pacheco, 1932). (Interpretado)

- — — delimitación
- IDEM (según Jessen, 1930). (Interpretado)
- ..... delimitación

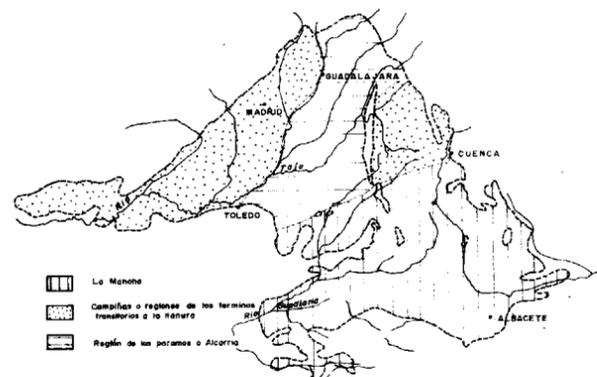
Figura 1

nos transitorios a la llanura comprende «dos regiones que, sin ser llanas completamente, tampoco son montañosas», y que se sitúan «a ambos lados de la de los páramos, una al NW, entre la Cordillera Central y el valle del Henares, con su

continuación en los del Jarama y Tajo, y otra al NE, comprendida entre la Serranía de Cuenca y la Sierra de Altomira». Esta última unidad es ya analizada por este autor con detenimiento como accidente orográfico-estructural, pero no llega a definirse como unidad diferenciada, pese a que se utiliza como límite entre la Alcarria y la región oriental de los términos transitorios. Por otra parte, no se prolonga esa denominación más al sur de Puebla de Almenara.

Con un criterio diferente al aquí empleado, DANTÍN CERECEDA (1922) sistematiza las comarcas naturales de España, distinguiendo dentro de la España árida la Alcarria, la Campiña, la Sagra, La Mancha y el Campo de Montiel como regiones subordinadas de una «región manchega», cuya red hidrográfica plantea el problema «de su tectónica significación, al presente por estudiar». Para la Alcarria, fija como «límites occidentales las degradadas terrazas cuaternarias de la margen izquierda del río Henares; ... las altas mesetas triásicas ... de Sigüenza y de Molina de Aragón sirven de límites septentrionales; las altiplanicies de fecha mesozoica que, situadas en el borde Nordeste de la Meseta, ringlan el Sistema Ibérico, limítanla por el Oriente; del rumbo Sur, por las hoscas llanuras de Huete y Priego, acierta a desvanecerse en La Mancha». El carácter definitorio de esta región sería el constituir un «país de páramos en meseta, imperio del Neógeno continental».

Por su parte, la Campiña sería «la pequeña región que, colocada al W de la Alcarria y en su contacto, se extiende por la faja diluvial de la margen derecha del Henares al antepaís cretáceo



Regiones constituyentes de la cuenca terciaria del Alto Tajo (según ROYO GÓMEZ, 1928).

Figura 2



con que la Sierra comienza». Es, por tanto, equivalente a la región occidental de los términos transitorios de ROYO GÓMEZ (1928).

Del Campo de Montiel, en cambio, no se hace ningún comentario, en tanto que la Sagra no nos interesa por su localización muy occidental. Por último, La Mancha «es la tierra llana por excelencia de la Meseta española. Está situada en el ámbito sudeste del macizo meseteño y ocupa el suelo terciario, ya aparamado, como en la Mesa de Ocaña en La Mancha alta, ya raso, terso, inacabable (Mancha baja)».

A E. HERNÁNDEZ PACHECO se deben las primeras referencias de «una zona deprimida que existe entre el macizo de la Cordillera Central y la meseta toledano-cacereña», que, desde entonces, figura en la terminología geológica con la denominación de Fosa del Tajo (1929), y que el mismo autor analizaría con más detalle en su Síntesis fisiográfica y geológica de España (1932). En ella se distinguen, dentro de la región de Castilla la Nueva, cuatro unidades de rango inferior: Altiplanicie de la Alcarria, Fosa del Tajo medio, Llanura de La Mancha y Montes de Toledo y Campo de Calatrava. La Alcarria estaría «constituida por parameras», «formada geológicamente por terrenos terciarios de facies continental, apareciendo en superficie el Paleógeno, no muy intensamente plegado, en las zonas orientales, mientras que el Mioceno, horizontal o muy suavemente ondulado, es el terreno que constituye las comarcas del Oeste». Con ello se prescinde acertadamente de artificiosas regiones de campiña o de términos transitorios, pero se extiende indebidamente el ámbito de la Alcarria hasta la propia Cordillera Ibérica. Otro acierto del trabajo es la definitiva incorporación de la Fosa del Tajo a la relación de unidades geográfico-geológicas de la Península. Pero si bien su delimitación por el N y por el S se perfila adecuadamente, ni siquiera se esboza el problema que supone su terminación por el E y SE.

La obra incluye un extenso apéndice dedicado a la llanura de La Mancha, cuya delimitación por el Norte se fija aproximadamente al sur del Tajo, por Ocaña y Tarancón hasta Cuenca. Los restantes límites serían más netos, y así «el borde paleógeno y los mesozoicos de la Hispania calcárea levantina la limitan por el E. El Triásico de la altiplanicie del Campo de Montiel y los paleozoicos del borde meridional de la Meseta espa-

ñola por el Sur. Al Oeste forman la linde de la región los terrenos paleozoicos de la altiplanicie toledana y de los Campos de Calatrava». La descripción que se hace de la región manchega no aporta ningún dato acerca de su significado morfoestructural, limitándose a reseñar su carácter de extensa y monótona llanura constituida por materiales terciarios horizontales, y a analizar con cierto detalle la problemática de la red fluvial cuaternaria y sus extensos depósitos detríticos.

Ausente en el estudio de E. HERNÁNDEZ-PACHECO está la Sierra de Altomira, a la que no se hace ninguna referencia. Ello obliga a la artificiosa exageración de la extensión oriental de la Alcarria, prolongada hasta la Cordillera Ibérica, pero al menos se evita así la consideración de arbitrarias zonas de campiña o términos transitorios a la llanura. La definición de la Fosa del Tajo es una de las adquisiciones del trabajo, aunque no se complete la interpretación de su mitad oriental. Lo mismo ocurre con VIDAL BOX (1942), quien, combinando observaciones geológicas y morfológicas con datos de geofísica, caracteriza la naturaleza tectónica del frente septentrional de la depresión.

Anteriormente, el estudio geográfico de La Mancha debido a JESSEN (1930) proporciona la primera interpretación de esta región con visos de realidad. En primer lugar, se rebaja el límite septentrional, que se sitúa en la línea Villacañas-Belmonte-Alarcón. Se individualiza la Mesa de Ocaña como región independiente, así como los Campos de Calatrava y de Montiel, con todos los cuales limitaría La Mancha. Finalmente, el autor observa «la enorme cuenca central, esto es, La Mancha propiamente dicha, rellena por materiales terciarios que han permanecido horizontales desde su depósito», de forma que «la cuenca de La Mancha desde Ciudad Real hasta Chinchilla es una amplia depresión tectónica entre dos zonas montañosas que la limitan y que muestran bien manifiestas las huellas de los movimientos alpinos». Con ello se da por primera vez, al menos en la bibliografía consultada, una interpretación morfoestructural de La Mancha.

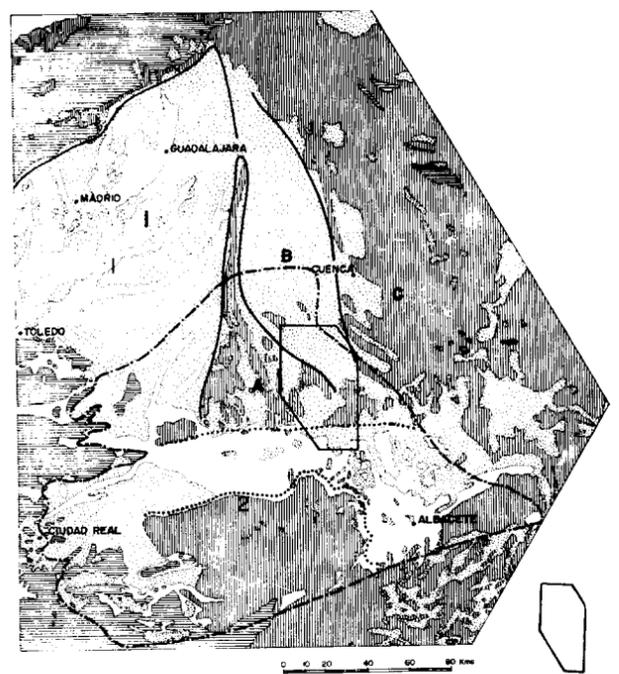
CABAÑAS (1948) estudia la Serranía de Cuenca, región que E. HERNÁNDEZ-PACHECO tampoco menciona individualmente en su Síntesis (1932). Como límite occidental de la Serranía, CABAÑAS señala aproximadamente una línea NW-SE que pasa por

Cuenca, interpretando su orografía como la de una meseta truncada por el encajamiento de la red fluvial.

Por último, la síntesis peninsular de SOLÉ SABARÍS (1952) no supone avances sustanciales sobre la de E. HERNÁNDEZ-PACHECO en lo que se refiere a la interpretación morfoestructural de la Submeseta inferior. El modelo propuesto es muy simplista, distinguiendo solamente en su mitad oriental las depresiones terciarias del Tajo y del Guadiana. De esta forma desde el Sistema Central hasta la Cordillera Ibérica sólo se considera la existencia de una unidad, la Depresión del Tajo, cuando se ha visto que ya los autores antiguos habían sentido la necesidad de un esquema más complejo. Probablemente lo más destacado de las aportaciones de SOLÉ SABARÍS sea la consideración de la Sierra de Alcaraz como espolón terminal de Sierra Morena, la interpretación de la terminación occidental de la Serranía de Cuenca constituyendo «un país de gradas que se hunde, mediante pliegues laxos, bajo las areniscas terciarias de la Meseta» y la concepción de la Sierra de Altomira como «avanzadilla de la Cordillera Ibérica en el interior de la Meseta».

**NUEVAS CONCEPCIONES MORFOESTRUCTURALES**

A ALIA MEDINA (1960) se debe el primer ensayo de reconstrucción detallada de la geometría del zócalo que soporta los depósitos terciarios de la Depresión del Tajo. De la distribución espacial de los diferentes terrenos de la cobertera se deduce una marcada asimetría en la disposición de las numerosas dovelas en las que estaría compartimentado el basamento. La Sierra de Altomira resultaría de la proximidad de un bloque elevado del zócalo y constituiría de este modo el borde morfoestructural de la Depresión del Tajo por el Este. «Al Oeste de Altomira las superficies tranquilas y extensas de los páramos de las mesetas parecen corresponder a un basamento de tectónica profunda poco accidentada. En las zonas intermedias de la región de Aranjuez y contiguas la mayor accidentación estratigráfica, tectónica y morfológica que se observa en superficie parece, por el contrario, ser el reflejo de una zona profunda más intensamente fallada. Esta zona correspondería a la de inflexión mayor y tránsito a la



**DELIMITACION DE LA MANCHA Y LA DEPRESION DEL TAJO**

(según Lautensach, 1967). (Interpretado)

- — — delimitación
- 1 Depresión del Tajo
- 2 La Mancha

**UNIDADES SUBORDINADAS DE LA SUBMESETA MERIDIONAL**

(según Alia Medina, 1971). (Interpretado)

- — — delimitación
- 1 Depresión del Tajo
- 2 Dominio celtibérico (A, B, C)
  - A Sierra de Altomira
  - B Depresión intermedia
  - C Serranía de Cuenca

**LIMITES DE LA «FOSA MANCHEGA»**

(según Aldolz et al., 1971). (Interpretado)

- ..... delimitación

Figura 3

más deprimida del conjunto, que según nuestra interpretación y conclusiones se encuentra adosada al borde meridional de la Sierra de Guadarrama». De esta forma quedaría explicada la patente complejidad estructural de la Depresión del Tajo en el sector enfrentado a la Sierra de Guadarrama, cobrando significado morfoestructural las uni-

dades que habían distinguido los autores antiguos con meros criterios morfológicos. Así, por ejemplo, cotejando las ideas de ROYO GÓMEZ (1928), la Sierra de Altomira separaría una región de términos transitorios al E, exterior ya a la propia Depresión, de la región de los páramos, correspondiente «a un basamento de tectónica profunda poco accidentada». E inmediatamente al W se encontraría la otra región de los términos transitorios, «la más deprimida del conjunto», realizándose la transición a través de una estrecha banda frecuentemente aprovechada por la red fluvial, en que «la mayor accidentación estratigráfica, tectónica y morfológica que se observa en superficie parece ser el reflejo de una zona profunda más intensamente fallada». Es muy notable, por tanto, la intuición de ROYO GÓMEZ en su esquematización morfológica, así como la de los otros autores antiguos revisados que proponían modelos parecidos.

Las ideas anteriores de ALIA MEDINA son sintetizadas y completadas en una breve comunicación (1971), en la que se establece claramente que el ámbito de la Depresión tectónica del Tajo queda cerrado en su borde oriental por la Sierra de Altomira. Por primera vez, además, se menciona entre esta unidad y la Serranía de Cuenca una depresión intermedia «caracterizada por pliegues mesozoico-paleógenos cubiertos en gran parte por el Mioceno horizontal». En este trabajo se incorpora además la terminología extranjera que denomina celtibérico al dominio de la Cordillera Ibérica y cuyo borde externo sería la Sierra de Altomira. De esta forma se propone la distinción de dos dominios, «uno al Este, perteneciente al ámbito celtibérico alpídico, y otro al Oeste, la Fosa del Tajo, que forma parte del Macizo Hespérico». La distinción nos parece afortunada en el sentido de reafirmar la exclusión de la Fosa del Tajo de todo el territorio que se extiende desde la Sierra de Altomira hacia el E. Sin embargo, en el sentido clásico del término, el Macizo Hespérico no incluye la Fosa del Tajo o, en todo caso, si se extiende su designación aunque el zócalo no esté aflorante, incluiría tanto a esa unidad como al dominio celtibérico. Aunque se trata sólo de una cuestión terminológica, convenía esta aclaración para evitar confusionismos. Todas estas ideas parecen tener su confirmación en los datos suministrados por M. E. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (1971) quien, por métodos geofísicos, confirma el papel

de umbral elevado que se ha venido atribuyendo a la Sierra de Altomira. Igualmente, la Depresión intermedia queda bien caracterizada como una zona de basamento profundo. Por último, la Mesa de Ocaña, estudiada por el equipo de ALIA MEDINA (1973), es incluida como parte constituyente de la Depresión del Tajo e interpretada de igual modo que la región de la Alcarria.

De esta forma, a la vista de todas las anteriores referencias bibliográficas, y especialmente las debidas a ALIA MEDINA y colaboradores, puede ya adelantarse un esbozo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la Submeseta inferior.

El esquema propuesto caracteriza dos grandes unidades: la Depresión tectónica del Tajo y el Dominio celtibérico alpino. Cada una de ellas comprende a su vez otras tres unidades subordinadas, como se vio en la revisión bibliográfica anterior. Para la Fosa del Tajo, la supuesta accidentación del basamento es el criterio utilizado para distinguir en ella una región «de tectónica profunda poco accidentada», otra «más intensamente fallada» y una tercera, «la más deprimida del conjunto, adosada al borde meridional de la Sierra de Guadarrama» a través de la línea morfotectónica de VIDAL BOX (1942). La delimitación, análisis detallado e incluso la denominación de estas tres unidades está aún por sistematizar. Además, quedan por establecer las relaciones de esta Fosa del Tajo con su segmento occidental, al pie del Macizo de Gredos, y la morfoestructura de su borde suroriental, en dirección a La Mancha.

La disposición del basamento ha caracterizado también las tres unidades subordinadas del Dominio celtibérico, pero en este caso los materiales aflorantes y la estructura de la propia cobertera han sido también definitorios. Estas tres unidades, como ya se vio, son la Sierra de Altomira como umbral externo, elevado y dislocado; la Depresión intermedia y el propio dominio de la Cordillera Ibérica. Esta última tiene una sistematización propia más antigua, que recoge SOLÉ SABARÍS (1952), y que considera una rama castellana y otra aragonesa escindidas por la Depresión Longitudinal Ibérica. Convendría además diferenciar la Serranía de Cuenca como unidad con entidad propia dentro de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, limitada al E por la Depresión Longitudinal y por las parameras triásicas de Mo-

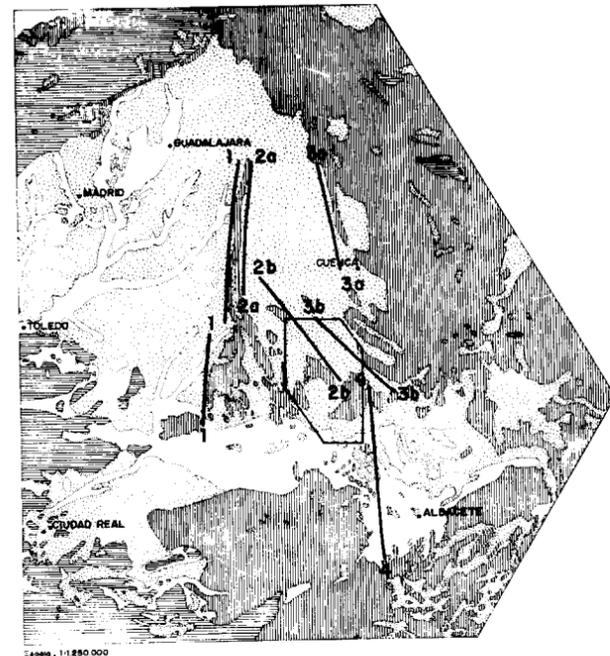
lina de Aragón al N, donde esta rama se infligiona bruscamente.

La consideración de la región manchega como unidad morfoestructural independiente ha sido para nosotros hipótesis de trabajo previa. Las referencias bibliográficas son, como se ha visto, confusas y contradictorias, empezando por la propia delimitación de la región, a causa en buena parte de los criterios geográficos y morfográficos a menudo utilizados. Se trata, por tanto, de una cuestión plenamente abierta y pendiente de resolución. El problema se complica con la presumible existencia de importantes accidentes estructurales de escala e implicaciones peninsulares en la región.

El Campo de Montiel, por último, es una clara unidad independiente, a pesar de alguna opinión en contra, que cierra La Mancha por el Sur. En líneas generales su significación morfoestructural es conocida, incluso en lo que se refiere a su terminación meridional y suroriental, donde se establece el borde de la Meseta mediante el espolón terminal de Sierra Morena y el accidente Alcaraz-Albacete. Sin embargo, su enlace y relaciones con el Dominio celtibérico a través de La Mancha son prácticamente inéditos.

#### ENSAYO DE MODELO MORFOESTRUCTURAL

Nuestras propias investigaciones en el sector del enlace meridional de las unidades representadas por la Sierra de Altomira y la Ibérica (1975) nos han permitido un perfilado más concreto y detallado del anterior esbozo de sistematización morfoestructural. En síntesis, se puede afirmar que la región directamente estudiada por nosotros presenta una disposición en U de sus elementos arquitectónico-estructurales, orientados según el rumbo NW-SE. Los dos brazos de esta U equivalen, respectivamente, a los dominios tectónicos de las ramas orientales de Altomira y al borde externo de la Serranía, unidos mutuamente por el Sur por los enlaces meridionales Altomira-Ibérica. Entre estos dominios se desarrolla una unidad deprimida, exenta de afloramientos mesozoicos y delimitada por el NE y SW de forma muy rígida por sendas fracturas de zócalo a las cuales la cobertera se adapta de forma más o menos compleja.



ACCIDENTES LONGITUDINALES DEL BASAMENTO

1. Accidente occidental de Altomira.
2. Accidente oriental de Altomira (a, nor-oriental; b, sur-oriental).
3. Escalón occidental de la Serranía de Cuenca (a, nor-occidental; b, sur-occidental).
4. Accidente del Júcar-Campo de Montiel.

Figura 4

El borde de la Serranía supone el reflejo en esta cobertera del Escalón sur-occidental, con posible desplome gravitacional y la consiguiente probable falta de coincidencia entre la localización de la flexión externa de la cobertera y la situación real de la fractura del zócalo. En zonas más internas, la Serranía adopta su típico aspecto macizo y compacto, de topografía altamente arrasada de auténtica altiplanicie.

Las ramas orientales de Altomira se caracterizan, por el contrario, por la intensa fracturación que se deduce para su basamento, al parecer compartimentado en un auténtico enrejado de dovelas y paneles individualizados. Este hecho sería el resultado de la fuerte compresión sufrida por este dominio, situado entre el Macizo Hespérico castellano y los rígidos bloques en horst de la Serranía de Cuenca. De esta forma, la Sierra de Altomira, al menos en su mitad meridional, habría

absorbido buena parte de los esfuerzos orogénicos de compresión tangencial de zócalo, sufriendo una auténtica trituración de su basamento a favor de fracturas tardihercínicas preexistentes. Hay, de esta forma, un neto contraste entre el estilo de fracturación del zócalo en la Sierra de Altomira y en la Serranía de Cuenca. Así, en la primera de estas unidades son dominantes los desplazamientos en dirección de unos paneles respecto a sus contiguos, en tanto que en la Serranía son las fracturas longitudinales de dirección ibérica las que han jugado preferentemente y con componente de movimiento vertical, determinando el levantamiento general de la cordillera y el plegamiento de su cobertera a favor de imbrica-

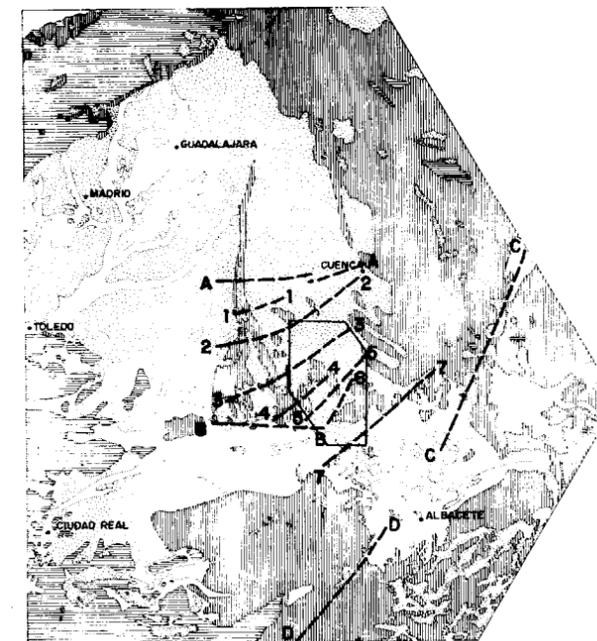
ciones y acortamientos compresivos de los distintos bloques longitudinales.

Resulta así igualmente comprensible el diferente estilo que se observa en el plegamiento de la Serranía y de Altomira. Frente al aspecto amplio y compacto del primero, en Altomira son dominantes las estructuras estrechas e irregulares, contorsionadas, interrumpidas y mutuamente relevadas, que sólo resultan posibles gracias al importante juego del Keuper como nivel de despegue e incluso a su probable funcionamiento eyectivo. El resultado es que, en este dominio de Altomira suroriental, los afloramientos mesozoicos alargados se intercalan con vallonadas y depresiones terciarias, dando una topografía ondulada que contrasta con la arrasada altiplanicie de la Serranía de Cuenca. La diferencia entre estas unidades es así no sólo de estilos de plegamiento, sino también morfoestructural y geomorfológica. Entre ambas, y constituyendo su nexo de unión o, si se quiere, de separación, se extiende la Depresión Intermedia que corresponde incuestionablemente a un bloque hundido y probablemente comprimido de zócalo.

Por el Sur, la Depresión Intermedia desaparece al extinguirse las dos fracturas longitudinales que la limitaban, y queda cerrada por un nuevo dominio elevado que establece la soldadura entre Altomira y la Ibérica. Su desarrollo es precario y enseguida se extingue, de forma neta, a favor de una fractura correspondiente al sistema general de dislocación SW-NE de Altomira. Al SE de este «Accidente de Pozoamargo», así como más al W, al S del «Accidente de Pedro Muñoz-San Clemente», la unidad de la Sierra de Altomira acaba bruscamente y abre paso al dominio manchego, de claro significado negativo y subsidente, que se extiende de forma ininterrumpida hasta el Campo de Montiel.

#### CARACTERIZACION DE LAS UNIDADES MORFOESTRUCTURALES DIFERENCIADAS EN EL MODELO PROPUESTO

De todo lo que antecede se desprende que la mitad oriental de la Submeseta Inferior queda ocupada casi por entero por una unidad morfoestructural de rango elevado que, siguiendo a ALIA MEDINA (1971), puede denominarse Dominio Celti-



ACCIDENTES TRANSVERSALES DEL BASAMENTO

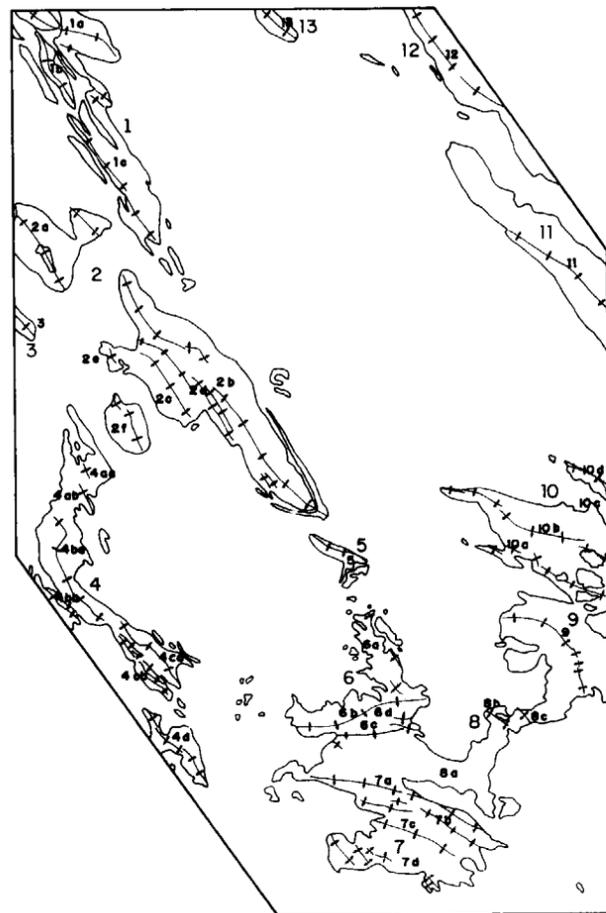
##### Accidentes principales:

- A. A. de Tarancón.
- B. A. de Pedro Muñoz-San Clemente.
- C. A. de la Depresión de Teruel.
- D. A. de Alcaraz-Albacete.

##### Accidentes secundarios:

1. A. del Cigüela.
2. A. de Hontanaya-Villares.
3. A. de Villaescusa-San Lorenzo.
4. A. de Pinarejo.
5. A. de La Alberca de Zancara.
6. A. de El Cañavate.
7. A. de Pozoamargo.

Figura 5



NOMENCLATURA DE LOS ACCIDENTES ESTRUCTURALES

1. Alineación anticlinal de Zafra de Záncara-La Hinojosa.
2. Anticlinorio de Montalbanejo-Pinarejo-Castillo de Garcimuñoz.
3. Anticlinorio de Alconchel de la Estrella.
4. Anticlinorio de Villar de la Encina-San Clemente.
5. Anticlinorio de El Cañavate.
6. Unidad de Enlace de El Cañavate-Villar de Cantos.
7. Anticlinorio de Vara de Rey-Casas de Fernando Alonso-Pozoamargo.
8. Mesa de Sisante.
9. Anticlinorio de Tébar.
10. Anticlinorio de Tébar-Alarcón.
11. Anticlinorio de Barchín del Hoyo.
12. Anticlinorio de Valera.
13. Anticlinorio de San Lorenzo de la Parrilla.

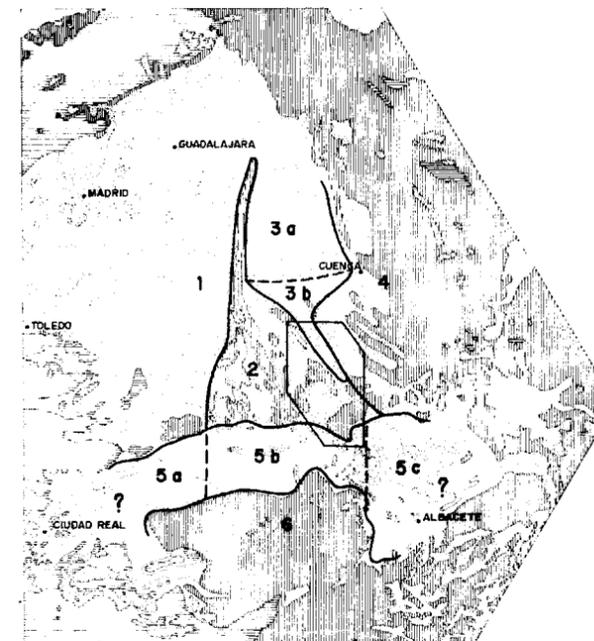
Figura 6

la Sierra de Altomira y a las áreas comprendidas entre ambas. Con ello en la Submeseta Inferior queda claramente deslindada por el E la Depresión Tectónica del Tajo, cuyo borde oriental sería, de acuerdo con ALIA MEDINA (1960 y 1971), la propia Sierra de Altomira como unidad externa del Dominio Celtibérico.

Como unidad morfoestructural subordinada del Dominio Celtibérico, la Sierra de Altomira tiene entidad y carácter propios y definidos. Constituye un reborde anticlinorial que cierra a la unidad mayor por el W, hacia donde es sustituida por la Depresión Tectónica del Tajo. Presenta dos sectores bien diferenciados que pueden considerarse como otras tantas unidades subsidiarias, y cuyo límite quedaría establecido por el Accidente de Tarancón (ALIA MEDINA, 1971). Al N del mismo la Sierra de Altomira es una estructura lineal única que, en su sector meridional, se abre en abanico, dando numerosas ramas mesozoicas divergentes separadas por depósitos más recientes. De este modo, la delimitación de la unidad morfoestructural de la Sierra de Altomira es en principio inmediata, quedando definida por la envolvente a los afloramientos mesozoicos. Sin embargo, las estructuras más surorientales del conjunto divergen acusadamente en relación al eje central de la unidad, de forma que cabe preguntarse si deben ser incluidas en ella o más bien podrían entrar a formar parte de la Depresión Intermedia. En nuestra opinión la alineación mesozoica que arranca del anticlinal de Carrascosa del Campo y que, de forma interrumpida, puede considerarse prolongada hasta el anticlinal de Tébar, constituye el extremo suroriental de la Sierra de Altomira. El amplio territorio existente entre dicha alineación y el tronco principal de Altomira corresponde, como se ha interpretado en otro trabajo nuestro anterior (1975), a una estructura en sinclinorio complicada por accidentes transversales del basamento, que puede encuadrarse fácilmente en el dominio de deformación de Altomira.

Al este de la Sierra de Altomira se extiende, como unidad morfoestructural de igual rango, la Depresión Intermedia Altomira-Ibérica. Su rasgo definitorio es el constituir una zona en sinclinorio estructuralmente deprimida en relación a las unidades enmarcantes, lo que determina la existencia generalizada de recubrimientos terciarios y la ausencia total de asomos mesozoicos. En estas condiciones, al igual que la Sierra de Altomira, la

bérico. Esta unidad incluye a la totalidad del territorio que constituye la Cordillera Ibérica y, a partir del cambio de rumbo que experimenta la misma en Molina de Aragón, agrupa también a



MODELO DE SISTEMATIZACION MORFOESTRUCTURAL

1. Depresión del Tajo.
- 2+3+4. Dominio Celtibérico.
  2. Sierra de Altomira.
  3. Depresión Intermedia Altomira-Ibérica.
  4. Cordillera Ibérica.
5. La Mancha.
  - 5a. Mancha occidental.
  - 5b. Corredor Manchego.
  - 5c. Mancha oriental.
6. Campo de Montiel.

Figura 7

Depresión Intermedia presenta dos sectores netamente diferenciados separados por el Accidente de Tarancón. Al N del mismo esta unidad presenta un desarrollo preferente según la dirección N-S, paralelamente a las directrices de las unidades enmarcantes, y una notable y constante anchura, del orden de los 45 Km. Al S del Accidente de Tarancón la Depresión Intermedia se inflexiona bruscamente hacia el SE, conservando de esta forma el paralelismo con las ramas orientales de Altomira y con las directrices de la Serranía de Cuenca en esta zona. Consecuentemente con la aparición de las ramas orientales de Altomira, la Depresión Intermedia se estrecha notablemente y así no llega a superar en este sector

meridional los 15 Km de anchura. Por el Sur, la Depresión Intermedia quedaría cerrada por el «Anticlinorio de Tébar-Alarcón», que constituye el elemento de soldadura de la rama más oriental de Altomira con la Cordillera Ibérica, y luego por Buenache de Alarcón y San Lorenzo de la Parrilla seguiría, de forma aproximada, la envolvente de los afloramientos mesozoicos.

Por su parte, la Cordillera Ibérica es subdividida tradicionalmente en dos ramas paralelas, castellana y aragonesa, separadas por una Depresión Longitudinal Ibérica, tal como sugiere SOLÉ SABARÍS (1952). A su vez, para la mitad meridional de la Rama castellana, desde las parameras triásicas de Molina de Aragón, donde se inflexiona bruscamente, proponemos la consideración de una nueva unidad subordinada a la anterior que podría responder a la denominación genérica de Serranía de Cuenca. Por último, y formando parte de ésta, el Arco de Cuenca constituiría, de acuerdo con P. VIALARD (1973), su borde suroccidental, en el que el incurvamiento de sus directrices estructurales sería su rasgo definitorio. Esta unidad es la que queda parcialmente incluida en nuestro estudio (1975), y de ella formarían parte los anticlinales de San Lorenzo de la Parrilla, Valera y Barchín del Hoyo. Igualmente, aunque de forma menos obvia, el «Anticlinorio de Tébar-Alarcón» pertenece a nuestro juicio al mencionado Arco de Cuenca, estableciendo la soldadura de la Serranía de Cuenca con la Sierra de Altomira, y cerrando por el Sur la Depresión Intermedia Altomira-Ibérica.

Las zonas más meridionales de nuestro estudio están caracterizadas por la horizontabilidad y monotonía de su topografía y por la inexistencia casi absoluta de afloramientos mesozoicos. Estos rasgos permiten así atribuir a La Mancha el carácter de unidad morfoestructural autónoma y exterior e independiente del Dominio Celtibérico. Finalmente, más al Sur, el Campo de Montiel sería la última unidad constituyente de la mitad oriental de la Submeseta Inferior, que acaba tajantemente con el ya citado «Accidente estructural de Alcaraz-Albacete». La morfoestructura de ambas unidades, todavía incompletamente perfilada, ha sido esbozada por A. MARTÍN-SERRANO (1976), J. M. ROIZ (1977) y en un trabajo nuestro anterior (1975), pero el problema exige un tratamiento más detallado, aún sin realizar.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. La arquitectura estructural de la región estudiada consta de cinco elementos constituyentes fundamentales que determinan un esquema en U, orientados según el rumbo NW-SE.
2. Los brazos de esta U están constituidos por los dominios elevados de las ramas orientales de Altomira y el borde externo de la Serranía. En el primer caso se trata de un conjunto muy dislocado e irregular, en tanto que en el segundo se da una mayor compacidad y robustez estructural. Ambos dominios delimitan el sector negativo de la Depresión Intermedia.
3. Por el Sur, la Depresión Intermedia queda cerrada por otro dominio elevado, limitado al NW y SE por sendas fracturas transversales.
4. Por último, más al Sur se abre el Corredor manchego, de evidente significado negativo, que se extiende hasta el Campo de Montiel.
5. Bajo un punto de vista de diferenciación de unidades morfoestructurales, los dominios anteriores coinciden con las entidades de este tipo que se proponen, a excepción del que cierra la Depresión Intermedia por el Sur y realiza la soldadura de Altomira y la Ibérica. Este dominio hay que asimilarlo parcialmente a cada una de estas dos unidades, efectuándose la transición mediante el Anticlinal de Tébar y el Anticlinorio de Tébar-Alarcón.
6. Dichas unidades morfoestructurales, Sierra de Altomira, Depresión Intermedia y Cordillera Ibérica, integran una unidad de rango superior, el Dominio Celtibérico, del que son independientes la Depresión del Tajo al W y La Mancha al S.
7. El sector de la Cordillera Ibérica, delimitado por la brusca inflexión que se observa en Molina de Aragón, La Mancha y la Depresión de Teruel, podría ser considerado como unidad morfoestructural subsidiaria de la Ibérica bajo la denominación de Serranía de Cuenca.

## BIBLIOGRAFIA

- CORTÁZAR, D.: *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*. Mem. Com. Mapa Geol., de España, t. II, 406 pp. Madrid (1875).
- ROYO GÓMEZ, J.: *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo*. Trab. Museo Cien. Nat. ser. geol., núm. 27, 39 pp. Madrid (1920).
- *El Terciario continental de la cuenta alta del Tajo*. En: Datos para el estudio de la geología de la provincia

- de Madrid. Mem. Inst. Geol. y Min. de España, número XXXV, pp. 2-89. Madrid (1928).
- DANTÍN CERECEDA, J.: *Ensayo acerca de las regiones naturales de España*. Inst. Juan Sebastián Elcano. CSIC, 396 pp. Madrid (1.ª ed., 1922) (1942).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: *Datos geológicos de la meseta toledano-cacereña y de la fosa del Tajo*. Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XV, fasc. 1, pp. 183-202. Madrid (1929).
- *Síntesis fisiográfica y geológica de España*. Junta Ampl. Est. Trab. Museo Cien. Nat. ser. geol., núm. 38, 584 pp. Madrid (1932).
- JESSEN, O.: *La Mancha: Ein Beitrag zur Landeskunde Neucastilliens*. Mitt. der Geogr. Gesell. n.º 41, band XLI, pp. 132-227. Hamburgo. Trad. esp. Est. Geogr., n.º 23, pp. 269-312 y 479-524. Madrid, 1946 (1930).
- VIDAL BOX, C.: *La línea morfoestructónica meridional de la Sierra de Guadarrama*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XL, n.º 3-4, pp. 117-132. Madrid (1942).
- CABAÑAS, F. R.: *Resumen fisiográfico y geológico de la Serranía de Cuenca*. Rev. R. Acad. Cien. Exac. Fis. y Nat., t. XLII, pp. 263-277. Madrid (1948).
- SOLÉ SABARÍS, L.: *Geografía de España y Portugal*, t. I. Ed. Muntaner y Simón. 500 pp. Barcelona (1952).
- ALIA MEDINA, M.: *Sobre la tectónica profunda de la Fosa del Tajo*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España, n.º 58, pp. 125-162. Madrid (1960).
- ALIA MEDINA, M., y CAPOTE, R.: *Esquema geológico de la Depresión tectónica del Tajo y su borde oriental*. I Congreso Hisp.-Luso-Amer. Geol. Económ. E-1-1, pp. 1-2. Madrid (1971).
- ALIA MEDINA, M.: *Evolution post-hercynienne dans les régions centrales de la Meseta espagnole*. XXIV Congr. Geol. Intern., secc. 3.ª, pp. 265-272. Ottawa (1972).
- ALIA MEDINA, M.; PORTERO, J. M., y MARTÍN ESCORZA, C.: *Evolución geotectónica de la región de Ocaña durante el Neógeno y Cuaternario*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. LXXI, pp. 9-20. Madrid (1973).
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M. E.: *Estudio por magnetometría del basamento de la región NE de la Fosa Tectónica del Tajo*. Tesis. Fac. Cienc. Univ. Complutense. Madrid (inédito) (1971).
- VIALARD, P.: *Recherches sur le cycle alpin dans la Chaîne Ibérique Sudoccidentale*. Thèse. Trav. Lab. Géol. Méditerranéenne. 445 pp. Univ. Paul Sabatier. Toulouse (1973).
- GARCÍA ABBAD, F. J.: *Estudio geológico de la región del Pantano de Alarcón (Cuenca)*. Tesis. Fac. Cienc. Geol. Univ. Complutense. 475 pp. Madrid (1975).
- MARTÍN-SERRANO, A.: *Estudio geomorfológico de la región de Los Llanos de Albacete y sus marcos montañosos*. Tesina de Licenciatura. Fac. Cienc. Geol. Univ. Complutense. 113 pp. Madrid (inédito) (1976).
- ROIZ GARCÍA, J. M.: *Notas morfológicas sobre el borde septentrional del Campo de Montiel*. Rev. Tecniterrae, n.º 18, pp. 1-6. Madrid (1977).
- GARCÍA ABBAD, F. J.: *Sobre el concepto de morfoestructura y su utilidad en Geomorfolología regional*. Est. Geol., n.º 34, pp. 5-7. Madrid (1978).

Recibido: Febrero de 1978.

## Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla)

Por A. GARCIA VELEZ (\*)

## RESUMEN

Se estudian diversas mineralizaciones cupríferas y Zn-Pb-Ag, ligadas a procesos hidrotermales y localizadas en fracturas de los materiales del Cámbrico Inferior de la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla).

## SUMMARY

It has been analysed several cupriferous and Zn-Pb-Ag type mineralizations in the Guadalcanal-Cazalla area (province of Sevilla).

They are deposits related with hidrothermal processes being filled fissures in Cambrian sediments.

## 1. INTRODUCCION

Los yacimientos estudiados están localizados en Guadalcanal y Cazalla de la Sierra, son de tipo hidrotermal y encajados en los materiales del Cámbrico Inferior que constituyen el amplio sinclitorio de Zafra-Alanis.

Sobre los materiales volcano-sedimentarios de las Capas de Transición del Precámbrico a Cámbrico existe un conjunto conglomerático poligénico de 250 m. de potencia que indica la base del Cámbrico, sobre ellos en esta región se diferencian claramente tres formaciones: Detrítica Inferior, Carbonatada y Detrítica Superior.

La Formación Detrítica Inferior consta de tres tramos litológicos, conglomerados basales, areniscas y cuarcitas y pizarras silíceas. La Formación Carbonatada está formada en su parte inferior por un conjunto bastante detrítico con niveles calcáreos y un tramo de areniscas intermedio y en su parte superior por materiales esencialmente carbonatados que terminan en un tramo de calizas arrecifales con arqueociátidos. Contienen numerosos niveles de rocas diabásicas. La Formación Detrítica Superior son pizarras de colores variados con Trilobites (Capas de Saukianda) asimilados al Georgiense Medio.

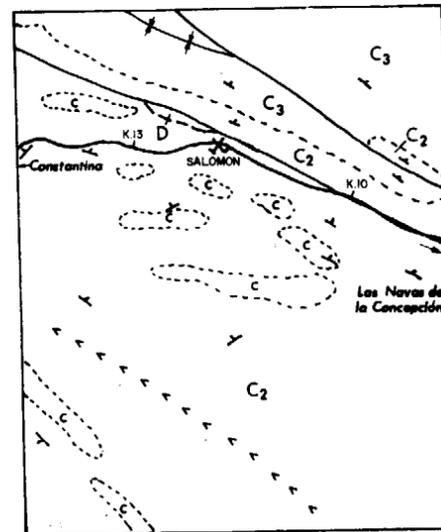
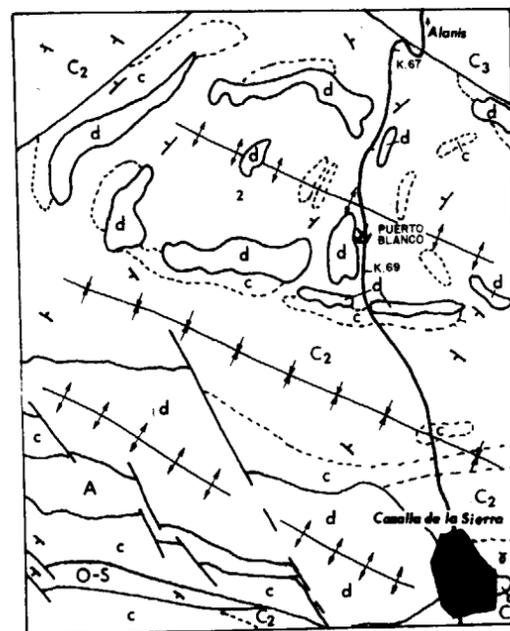
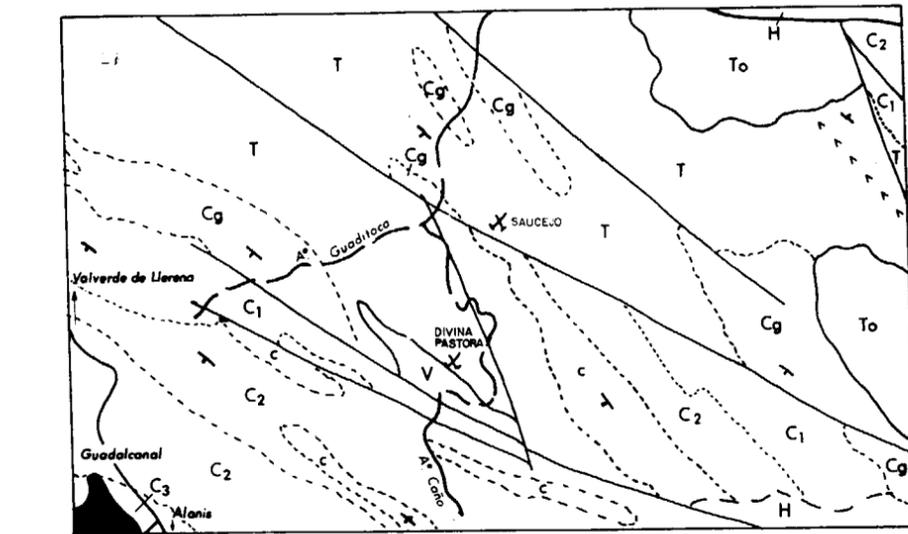
En discordancia sobre los materiales cámbricos

(\*) Dpto. de Geología de Geotecnia y Cimientos, S. A.

aparecen diferentes surcos de pizarras silúricas, algunos retazos de calizas devónicas y varias cuencas carboníferas.

En las Capas de Transición aparecen dos afloramientos de rocas plutónicas, intensamente tectonizadas y con un alto grado de alteración. Los tipos más representativos son Tonalita y Leucocuarzodiorita. En la Formación Carbonatada aparecen frecuentemente rocas diabásicas; en este grupo se incluyen distintas variedades de rocas que petrográficamente se clasifican como gabros, dioritas y diabasas, siempre anfibólicas y afectadas por una epidotización a veces muy intensa. Siempre se localizan debajo de las calizas cámbricas y plegadas como un nivel más del conjunto. En Cazalla forman el núcleo de un anticlinal, configurándose en apariencia como un plutón diorítico. Estas rocas representan niveles volcánicos con características de rocas algo más profundas, bien por haberse consolidado a cierta profundidad o bien por modificarse su textura al retardarse el momento de la recristalización. También son frecuentes rocas aplíticas que forman bandas ligadas a fracturas, como en el borde meridional del afloramiento diabásico de Cazalla.

En este contexto geológico se han estudiado cuatro yacimientos de tipo hidrotermal: Saucejo I y Divina Pastora en la Formación Detrítica Inferior y Salomón y Puerto Blanco en la Formación Carbonatada.



0 1 2 Km.

- H — CARBONIFERO
- O-S — PIZARRAS ORDOVICICAS-SILURICAS
- D — CALIZAS DEVONICAS
- C<sub>3</sub> — FORMACION DETRITICA SUPERIOR
- C<sub>2</sub> — FORMACION CARBONATADA (c-TRAMO CALIZO)
- C<sub>1</sub> — FORMACION DETRITICA INFERIOR (Cg-TRAMO CONGLOMERATICO)
- T — CAPAS DE TRANSICION. PRECAMBRICO-CAMBRICO
- To — TONALITAS
- A — APLITAS
- d — DIABASAS
- V — ANDESITAS

- ↑ ↑ ↑ ANTICLINAL
- < < < < < ANTICLINORIO
- ↓ ↓ ↓ SINCLINAL

## 2. TRANSFORMACIONES DE LA ROCA ENCAJANTE

Las transformaciones que sufren las rocas encajantes se deben en general a los procesos de alteración que acompañan al metamorfismo regional que afectó a los materiales de la región.

### 2.1. CLORITIZACIÓN Y SERITIZACIÓN.

El contenido en clorita de las rocas mineralizadas es muy alto y procede de la transformación de elementos ferromagnesianos primitivos.

Los cristales de plagioclasas están casi totalmente alterados a sericita, que también abunda junto a la clorita en la matriz de la roca. Ambos fenómenos suelen darse conjuntamente y normalmente uno es consecuencia del otro; la clorita se dispone alrededor de los fenocristales de plagioclasas y aún cortándolos, indicando su formación postcinemática, aunque también existan cristales sincinemáticos, los cristalinos micáceos de sericita llegan en muchos casos a cubrir parcialmente a los fenocristales y formar el principal componente de la matriz.

### 2.2. EPIDOTIZACIÓN Y URALITIZACIÓN.

Son procesos comunes en las rocas estudiadas en la región y que están constituidas por minerales básicos, como son las diabasas existentes en distintos niveles de la Formación Carbonatada. En la mayoría de las muestras la epidotización es tan intensa que se ha pensado que la roca ha de tener su origen en otra más básica que la actual y se han clasificado como variedades epidioritizadas.

La uralitización es frecuente y los piroxenos han pasado a hornblenda verde, así como igualmente la hornblenda marrón también se ha transformado; se observan cristales de actinolita. Estos procesos se producen en una etapa de metamorfismo de tipo regional y de una intensidad de epizona.

### 2.3. SILICIFICACIÓN Y CARBONATACIÓN.

Ambos procesos se encuentran ligados a la formación hidrotermal del yacimiento y constituyen el relleno principal de las fracturas donde se sitúan las menas metálicas.

La recristalización de los granos de cuarzo es frecuente y se produce en distintas fases ocupando los espacios abiertos en las pequeñas fisuras, tam-

bién hay sílice que cementa los fragmentos de rocas y cuarzo detrítico.

Los filones de carbonato cálcico son abundantes en la roca mineralizada, así como también forma parte de la matriz en producto de alteración.

### 2.4. HEMATITIZACIÓN.

La formación de hematite como resultado de los procesos de alteración a veces es muy intenso, sobre todo en aquellas rocas con cierta proporción de elementos ferromagnesianos. También se produce en la oxidación de sulfuros de hierro y cobre.

### 2.5. ARCILLITIZACIÓN.

Debido a la meteorización, la roca ha ido cambiando paulatinamente volviéndose deleznable, razón por la cual ha sido difícil conseguir en algunos casos una muestra consistente. Se han acentuado todos los procesos descritos anteriormente.

## 3. INFLUENCIA DE LA TECTONICA

La tectónica tiene suma importancia tanto en el origen de la mineralización como en las características propias del yacimiento. Las estructuras de la región están determinadas por los plegamientos y fracturas que se produjeron durante las fases tectónicas de la orogénesis hercínica, que provoca en los materiales diversos accidentes de dirección ONO.-ESE. Consecuencia de estos movimientos tectónicos es la formación de fracturas abiertas de cierta importancia y que son rellenadas posteriormente por soluciones hidrotermales que constituyen los distintos filones estudiados.

Las fracturas pequeñas adquieren gran importancia una vez formada la mineralización principal, ya que a través de ellas circulan soluciones metalíferas procedentes de los minerales primarios y que precipitan en las fisuras dando lugar a zonas de enriquecimiento y los indicios externos.

Las grandes fracturas en las que se han desarrollado las mineralizaciones estudiadas presentan direcciones N 135° E y N 30° E, según los casos.

## 4. MINERALIZACIONES

Las características de los yacimientos se pueden resumir de la siguiente forma:

<i>Yacimiento</i>	<i>Roca encajante</i>	<i>Mineralización</i>	<i>Ganga</i>	<i>Otros minerales</i>
Saucejo I	Arenisca	Calcopirita	Cuarzo	Goethita
	Pelita silícea	Calcosina Covelina		
	Conglomerados	Azurita Malaquita		
Salomón	Pelita silícea caliza	Calcopirita	Calcita	Hematite
		Bornita	Cuarzo	Goethita
		Cuprita		
		Cobre Nativo		
		Covelina Malaquita		
Divina Pastora	Subarcosa	Calcopirita	Cuarzo	Hematite
		Bornita	Calcita	
		Calcosina		
		Covelina		
		Malaquita		
Puerto Blanco	Pelita silícea	Blenda	Calcita	Pirita
		Galena	Cuarzo	Marcasita
	Diabasas	Platas Rojas		Arsenopirita
		Cobres Grises		
		Calcopirita		

#### 4.1. SAUCEJO I.

En Saucejo I se ha beneficiado cobre a partir de sulfuros que impregnan una brecha que rellena una fractura de dirección N 130° y con buzamiento de 50° hacia el SO.

El filón está encajado en una serie sedimentaria formada por distintos tramos detríticos con heterometría granular, variando los términos entre pelitas y conglomerados.

Los conglomerados están formados por cantos

gruesos, de unos 5 cm. de longitud máxima, de naturaleza sedimentaria o volcánica, pero siempre fragmentos rocosos de grano fino. Los afloramientos son discontinuos con una potencia de unos 50 m. para el nivel más próximo a la mineralización. Bajo estos tramos hay otros de arenisca lítica formada por granos de cuarzo de 0,75-1,25 mm., subangulosos, y en menor proporción cristales de plagioclasas muy sericitizados. Todos los granos están inmersos en una matriz de cristales de cuarzo inferiores a 0,01 mm. en parte de tipo chert, y ya en menor proporción láminas de mica (seri-



cita) y bastante clorita (clinocloro). La estructura de la roca es esquistosa y la textura granolepidoblástica, se ha clasificado la mayoría de las muestras como areniscas feldespáticas afectadas de metamorfismo de débil grado. A veces la roca presenta un tamaño de grano menor y una fuerte esquistosidad, considerándose entonces la roca como pelita silícea de débil metamorfismo.

La roca mineralizada es una brecha cuyo componente principal es el cuarzo. Macroscópicamente está formada por algunos fragmentos de roca de varios centímetros de longitud junto a otros de cuarzo heterogranulares. Al microscopio se observan vacuolas rellenas por cuarzo de recristalización que ocupan además numerosas fracturas y forman una aureola alrededor de los fragmentos líticos. Los procesos de recristalización son muy frecuentes y se han originado en distintas fases, como indica la presencia de varios tipos de cuarzo de neoformación.

La estructura es brechoide y la textura holocristalina cataclástica. Son abundantes los cristales de azurita relleno intersticios entre los granos de cuarzo y en fisuras, así como los óxidos de hierro (goethita) que se disponen alrededor de los granos de calcopirita.

La mineralización primaria es calcopirita que impregna una brecha que rellena una fractura y como producto secundario está calcosina y covelina que se han formado por precipitación a partir de soluciones procedentes de la lixiviación de los anteriores. También se han formado óxidos de hierro como producto de precipitación a partir de una solución coloidal sobre los granos de calcopirita y que han provocado pequeños reemplazamientos sobre ellos.

La oxidación de los cristales de calcopirita depende mucho de las circunstancias locales del yacimiento. En general, la meteorización conduce de manera directa a la formación de goethita, pero usualmente se origina primero una delgada capa de calcosina o de covelina, según los casos. La mayor parte del cobre liberado en la oxidación es removido durante este proceso y precipita posteriormente por debajo de la zona de oxidación en un ambiente reductor. Parte del cobre precipita como malaquita, cuando hay carbonatos, en la zona del «gossan».

Se ha observado la zonación calcopirita-calcosina-covelina-malaquita, como fenómenos de reemplazamiento entre ellos. De modo insistente apa-

rece la zonación de calcopirita-covelina-calcosina-azurita.

Los sulfuros se encuentran en forma de pequeñas diseminaciones que impregnan un filón cataclástico que se formó a partir de una solución hidrotermal de mediana temperatura, relacionada con las fases tectónicas que afectaron a las rocas encajantes.

#### 4.2. SALOMÓN.

La mineralización Salomón se localiza en una brecha de una fractura de dirección N. 135° E y que afecta a los materiales calcáreos con niveles detríticos de la parte superior de la Formación Carbonatada del Georgiense Medio.

La brecha está formada por trozos calizos de unos 4 cm. de diámetro, englobados por diversos minerales que componen la ganga de la mineralización, cuarzo y calcita. Las rocas encajantes son pelitas de tamaño muy fino (0,03 mm. máximo) formadas por clastos equigranulares y muy angulosos de cuarzo y en menor proporción feldespatos y moscovita, todo engastado en una matriz finísima y de naturaleza clorítico-sericitica. Presenta una débil esquistosidad marcada por la presencia de óxidos de hierro. Estos niveles detríticos alternan con calizas en bancos discontinuos y de origen bioquímico.

La ganga es muy abundante y en ella se observa un tipo de cuarzo de tamaño muy pequeño (0,5 milímetros) agrupados en núcleos irregulares, y que constituyen el primer aporte silíceo, suelen presentar recristalizaciones en los bordes. A continuación hay un nuevo aporte de carbonatos junto a las menas cupríferas, y se disponen en grietas entre los primitivos cristales de cuarzo. Hay una nueva formación de cristales de calcita de gran tamaño y que a veces forman las paredes de la zona mineralizada. Se han observado filones de cuarzo con cristales elongados de 3 mm. de longitud, filoníticos y tardíos. Hay otro aporte silíceo que origina pequeños cristales de cuarzo idiomorfos, que se distribuyen ampliamente por la brecha mineralizada.

El mineral primario es calcopirita, diseminado entre la calcita, y junto con ella rellena fracturas e intersticios entre los cristales de cuarzo más antiguos. Estos sulfuros han sido sometidos a procesos de oxidación debido a la acción intensa del agua y origina una solución rica en cobre, que des-

ciende hacia la parte inferior del filón hasta el nivel de las aguas freáticas. Cuando esta solución llega a un medio reductor reacciona con el resto de los sulfuros y da lugar a calcosina u bornita, cubriéndolos y reemplazándolos. La zona mineralizada puede sufrir la acción de importantes procesos erosivos, con lo que la zona de alteración cada vez es más pequeña y hay un descenso del nivel freático. Con este descenso la zona de enriquecimiento secundario pasa a ser paulatinamente una zona de oxidación. En este nuevo ambiente, los cristales de calcosina dan lugar a nuevos minerales de cobre, como cuprita y cobre nativo, además de sulfato de cobre, que migra a zonas más inferiores.

Así, pues, la presencia de calcosina junto a cuprita y cobre nativo indica la formación de una zona oxidada a partir de una zona de enriquecimiento supérgeno, representa una subzona de enriquecimiento por oxidación. Posteriormente se originan óxidos de hierro y malaquita que recubren la roca mineralizada, también se forma covelina ligado a los cristales de calcosina. La zonación más frecuente encontrada ha sido calcopirita-bornita-calcosina-covelina-malaquita y calcosina-cuprita-cobre.

La mineralización se ha originado a partir de una solución hidrotermal de baja temperatura ligada a las fases últimas de la tectónica, ocupando la superficie de una fractura abierta.

#### 4.3. DIVINA PASTORA.

Es una antigua labor minera donde se ha beneficiado cobre. Las rocas encajantes son los niveles detríticos que hay junto a tramos andesíticos en la Formación Detrítica Inferior. Las rocas sedimentarias están compuestas por clastos de cuarzo y feldespatos. El cuarzo representa el 60 por 100 de los minerales esenciales de la roca, el tamaño de grano oscila entre 0,5 y 0,10 mm., los cristales son angulosos y subredondeados, a veces forman concentraciones globulares. Menos abundantes son los cristales de feldespato potásico, que pueden aparecer bajo la forma de pertita, así como no es raro encontrar cristales de microclima, además hay clastos pequeños de plagioclasas, pero ya en mucha menor proporción. En las rocas cuyo tamaño de grano es mayor, la mica sólo aparece como sericita, sin embargo, en las de grano más fino, suele encontrarse biotita casi totalmente des-

compuesta, pero de forma aislada. En algunos casos hay pequeños granos de circón, turmalina y apatito.

Todos estos clastos están unidos por una matriz constituida por minerales de alteración, tales como clorita, sericita y calcita. La textura es equigranular y aplicando la clasificación de McBride la roca se situaría en el dominio de las subarcosas, ya que el porcentaje de fragmentos líticos es bajo, sería pues, una arenisca de tipo subarcosa lítica y madura. A veces presenta un cemento clorítico carbonatado asociado a la etapa metamórfica de los esquistos verdes. En algunas muestras se ha observado una fuerte orientación en sus granos, presentando en estos casos una textura protoblástica con esquistosidad de fractura.

La mineralización se muestra externamente por un recubrimiento casi total de la roca por malaquita, y consiste en impregnaciones de calcopirita y bornita que pasan en muchos casos a calcosina y covelina, siendo éstos los sulfuros de cobre más extendidos. Se puede considerar un grupo de minerales primarios constituido por calcopirita y bornita (en algunos casos) y otro secundario, supérgeno que reemplaza a los anteriores, en los que se incluye bornita, calcosina y covelina.

Es frecuente ver la zonación producida por los fenómenos de reemplazamiento: bornita-calcosina-covelina. Como producto final de la alteración de los sulfuros de hierro y cobre se originan cristales de hematites y malaquita. La mineralización aparece como disseminaciones en las areniscas, rellenando pequeñas fracturas y en pequeños filones de cuarzo y calcita.

Durante la tectonización de la región se produce la removilización de elementos metálicos existentes en las rocas de caja (sería una etapa de pre-concentración) y conduce a la precipitación de distintos sulfuros, bien en pequeñas fisuras o en pequeños filones de carácter hidrotermal acompañados de una ganga de cuarzo y calcita. Las microfisuras facilitan los fenómenos de reemplazamiento y conduce a la concentración de las disseminaciones a lo largo de ellas, por precipitación en espacios abiertos. Después de la formación de sulfuros en las fracturas, con o sin ganga, hay una etapa de enriquecimiento supergénico debido a la formación de sulfuros secundarios y óxidos de hierro.

#### 4.4. PUERTO BLANCO.

Las antiguas explotaciones de Puerto Blanco se sitúan en el flanco meridional de un anticlinal de dirección hercínica. Los dos pozos de explotación están alineados en la dirección N 20° E, que corresponde a la dirección de la brecha mineralizada.

El filón se encuentra en una pelita formada por granos detríticos de tamaño fino (0,03 mm.) equigranular, siendo el mineral esencial más abundante cuarzo, con cierta angulosidad. Los cristales de plagioclasas son menos abundantes y algo más pequeños. Estos elementos detríticos están soportados por una matriz de naturaleza clorítico-sericítica de grano extremadamente fino. En esta pelita se ve una pequeña esquistosidad de fractura, rellena por limonita, lo que facilita su observación. Por el contenido en clorita, se puede incluir en la facies de esquistos verdes.

Junto a las pelitas aparecen diversos niveles de rocas diabásicas que presentan una estructura fanerítica, con un tamaño de grano medio (1,25 milímetros), aunque en otros puntos, rocas de similar composición mineralógica y textura lleguen a alcanzar un tamaño mayor. La textura es holocristalina hipidiomorfa con tendencia a ofítica o subofítica; el componente esencial más abundante es el feldespático, son cristales de plagioclasas hipidiomorfos, frecuentemente zonados, y con un tamaño máximo de 1 mm. El término corresponde a andesita, pero siendo más ácido en las zonas externas de los individuos, están muy alterados a sericita; las únicas micas presentes se muestran bajo la forma de sericita y los materiales ferromagnesianos más comunes son los anfíboles, del tipo hornblenda, predominando la variedad verde sobre la marrón, y comúnmente está uralitizados. La clorita también es muy abundante como producto de alteración de los primitivos piroxenos y algunos anfíboles que tuvieron que formar parte de la roca, dadas las características de la misma, muestran su típico color verde. No son raros los cristales de pennina, con su fuerte color de polarización azul, que debe proceder de algunos cristales de biotita. También existen cristales alargados de apatito, con forma subhedral y de una nitidez extraordinaria, y agujas de ilmenita en forma de bastoncillos ligados a cristallitos de esfena. La mayoría de los minerales de la serie epidota-clinozoisita están asociados a las pla-

gioclasas, de las que proceden por alteración. Como mineral secundario es frecuente encontrar calcita ligados a los fenómenos de decalcificación de otros minerales, aparece dispersa en granos sumamente finos, o bien rellenando fracturas indicando una calcificación tardía de la roca, relacionada con los procesos hidrotermales asociados a la mineralización. Teniendo en cuenta las características mineralógicas y texturales, la roca se ha clasificado como diabasa uralitizada.

La mineralización principal consiste en esfalerita y galena, acompañada ésta de pequeñas cantidades de sulfuros y sulfoantimoniuros metálicos. La ganga es cuarzo y calcita. Esta paragénesis corresponde a un yacimiento hidrotermal de baja temperatura de tipo Zn-Pb-Ag. Macroscópicamente la mineralización forma un filón de galena introducido en otro de esfalerita encajado en cuarzo y calcita.

En cortes pulidos se ha observado que la esfalerita es anterior a la galena, según las texturas observadas. La relación entre sus granos muestran una forma típica de anticaries (las partes cóncavas están hacia el mineral reemplazado) propio de reemplazamientos en minerales que tienen contornos redondeados o dejan residuos redondeados. La galena se presenta en granos alotriomorfos entre intersticios y en bordes de cristales idiomorfos de esfalerita que muestran un zonado perfecto debido a su variación en la composición química, y un fuerte maclado producido posiblemente por esfuerzos de tensión.

Los cristales de esfalerita rodean a cristales de cuarzo depositados anteriormente, estando éstos corroidos por aquélla. En algunos puntos existe esfalerita con una textura fuertemente cataclástica originada durante una etapa de fracturación, luego estas fisuras se rellenan por piritita y se llega a un reemplazamiento entre ambos. La esfalerita suele contener pequeños cristales casi idiomorfos de niquelina y calcopirita (como pequeñas láminas orientadas).

La galena, alotriomorfa entre cristales de esfalerita, suele contener pequeñas cantidades de pirargirita, proustita (la más abundante de las platas rojas), tetraedrita, boulangierita y bournonita. Los cristales de platas rojas se localizan en fracturas de galena y muy relacionados con bournonita y boulangierita. También se ven, en menor cantidad, cristales de arsenopirita y marcasita, con la que se asocia algo de hematites.

La ganga está formada por calcita y cuarzo; la primera es muy abundante y está atravesando los granos de esfalerita y galena, forma parte de la matriz que une los sulfuros. El cuarzo manifiesta su existencia bajo dos formas: intersticial y filonítico. El primero, muy diseminado y en granos pequeños, es anterior a la mineralización de zinc. El segundo se presenta en grandes cristales, generalmente posteriores a las menas metálicas y a los cristales de calcita de gran tamaño; por el contrario, es anterior a otro tipo de calcita que aparece en agregados radiados.

### 5. CARACTERES METALOGENICOS

Los procesos que han condicionado las características de los yacimientos estudiados son:

#### — Fase mineralizadora.

Se produce durante el desarrollo de la actividad tectónica que afectó a la zona, consecuencia de la cual es la formación de una fractura brechificada. A lo largo de esta fractura se produce el enfriamiento de una solución hidrotermal mineralizada. En la mina de Puerto Blanco este proceso se realiza en dos etapas: una primera, en la que se originan los sulfuros primarios y cuarzo, y otra tardía, en la que hay una removilización de los anteriores, aporte de galena y demás minerales de plata y plomo, junto al resto de la ganga. En Divina Pastora se da una concentración de sulfuros de cobre que estaban preconcentrados en diseminaciones.

#### — Fase supérgena.

En los yacimientos cupríferos, las soluciones de sulfato de cobre procedentes de zonas superiores oxidadas sufren una migración hacia abajo y precipitan sulfuros secundarios como calcosina, aisladamente, al conseguirse la saturación de la solución o al reaccionar con los sulfuros primarios (calcopirita y a veces bornita) dando una aureola alrededor de ellos y provocando fenómenos de reemplazamiento. El hierro precipita como goethita sin evidencia de transporte.

#### — Fase de meteorización.

Después de la etapa mineralizadora y la posterior formación de una zona de enriquecimiento, hay nuevos cambios de las condiciones ambienta-

les y el medio puede volver a ser oxidante (quizá relacionado con un descenso del nivel freático) y en la mina Salomón a partir de los granos de calcosina se forma cuprita e incluso cobre nativo. Es frecuente en esta fase la formación de covelina y malaquita a partir de los minerales cupríferos y goethita y hematites como minerales férricos de alteración. En Puerto Blanco se forma carbonato de zinc.

En Saucejo I la paragénesis es de calcopirita, calcosina, covelina, azurita y malaquita; en Salomón, además, cuprita y cobre nativo; corresponden en ambos casos a un yacimiento hidrotermal de mediana temperatura y ligado a la tectónica de la región. Las soluciones cupríferas provienen de zonas internas que han sufrido una removilización. Aunque no cerca, existen diversos afloramientos de rocas plutónicas en la zona.

Las mineralizaciones de Saucejo I y Salomón representan la zona de cementación de un yacimiento hidrotermal originado por el relleno de una fractura de dirección, en ambos casos, N 135° E.

El origen de la mineralización cuprífera de Divina Pastora hay que buscarlo en los niveles volcánicos de naturaleza andesítica y quimismo calcoalcalino suprayacente sobre las rocas detríticas donde se encaja la mineralización. Esta procedencia queda corroborada por la existencia de minerales de cobre diseminados en la andesita, en menor proporción. Estos minerales, contenidos en los niveles volcánicos, pueden lixiviarse y migrar hacia zonas más bajas, hacia los niveles detríticos, donde luego serán afectados por la removilización hidrotermal.

El yacimiento de Puerto Blanco está en una zona donde no hay afloramientos de rocas plutónicas, pero que no se descarta su existencia en profundidad; estas rocas debieron ser la fuente de los elementos metálicos Zn-Pb y Ag que forman la mena. Es de tipo filoniano hidrotermal de baja temperatura. Los diferentes minerales que componen el filón se encuentran en diferente concentración según la profundidad del mismo, por tal motivo hay en las muestras más profundas mayor proporción de esfalerita respecto a la galena. Los minerales argentíferos quedan totalmente ligados a los cristales de galena. Los procesos de alteración superficial dan lugar a carbonatos de zinc y plomo que recubren los cristales primarios y hacen que los minerales de plomo queden

preservados de una posterior alteración, no ocurriendo así con los de zinc, que de esta forma sufren una migración parcial hacia las zonas inferiores del filón.

### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, CH. A.: *Oxidation of copper sulfides and secondary sulfide enrichment*. Econ. Geol. 15th Anniversary, vol. 1, pp. 324-340 (1955).
- ANGOLOTI APOLINARIO, J. M.; MUELAS PEÑA, A., y GARCÍA VÉLEZ, A.: *Memoria y Hoja Geológica núm. 920 (Constantina)*. Mapa Geológico de España, E. 1:50.000 (Segunda Serie), IGME, Madrid (1973).
- BARD, J. P.: *Le métamorphisme régional progressif de Sierra Aracena en Andalucía Oriental*. Tesis Univ. Montpellier, 398 pp. (1969).
- FABRIES, J.: *Les formations cristallines et métamorphique du Nord Est de la province de Sevilla. Essai sur le métamorphisme des roches éruptives basiques*. Tesis F. Sec. Univ. Nancy. Mém. Science de la Terre, núm. 4, 262 pp. (1963).

FRICKE, W.: *Die Geologie des Grenzgebietes zwischen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura*. Z. Deutsche Geol. Ges, núm. 103, pp. 136-138 (1951).

GARCÍA VÉLEZ, A.: *Estudio geológico, mineralógico y metalogénico de la zona Guadalcanal-Constantina (Sevilla)*. Tesis doctoral Universidad de Salamanca (1974).

GARCÍA VÉLEZ, A.: *Mineralizaciones de cobre de origen volcánico-sedimentario en la zona de Alanis (Sevilla)*. Bol. IGME (en prensa) (1978).

LOTZE, F., y SDZUY: *Das Kambrium Spaniens*. Teil I: *Stratigraphie*. Akad. Wiss-Lit. Abh math naturwiss, núm. 6, pp. 283-498 (trad. por Gómez de Larena en Memorias del IGME, núm. 75) (1961).

MELÉNDEZ, B., y MINGARRO, F.: *Memoria y Hoja Geológica núm. 899 (Guadalcanal)*. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, IGME (1962).

PELISSONNIER, H.: *Les dimensions des gisements de cuivre du monde*. Mém. B. Q. G. M., núm. 57, 405 pp., 90 figs., París (1972).

SAADI, M.: *Les gisements de cuivre du Maroc, principaux résultats de recherches depuis les origines*. Mines et Géologie, núm. 26 (1968).

VARIOS: *Gisement stratiformes de cuivres en Afrique*. Ass. Serv. Geol. Afric. (Congr. Geol. Int.), 2 partes (1962 y 1963).

Recibido: Marzo de 1979.

# Protección de la calidad de las aguas subterráneas en el acuífero Mesozoico de Segovia

Por J. PORRAS MARTIN (\*)

## RESUMEN

Para complementar el abastecimiento de aguas a Segovia, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha realizado tres sondeos en la zona de Madrona, que captan aguas de acuíferos mesozoicos arenoso-dolomíticos. Se establecen las normas para proteger la calidad de dichas aguas frente a una hipotética contaminación, y se exponen los cálculos realizados para explicar el contenido en compuestos de N en el agua.

## ABSTRACT

In order to provide additional water supply to the city of Segovia during summer months, the Instituto Geológico y Minero de España (IGME), has drilled and completed three boreholes in the Madrona area, tapping dolomite and sand Mesozoic aquifers. Desirable measures for protection of groundwater quality are established, and an explanation for the amounts of Nitrogen compounds found in groundwater is given, based on calculations concerning urban and agricultural activities in the areas of recharge.

## 1. INTRODUCCION

En el año 1975, y en base a los conocimientos adquiridos durante el Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) comenzó el Plan Nacional de Urgencia de Abastecimientos, vigente en la actualidad, y que hasta el momento ha resuelto los problemas de abastecimiento doméstico para un total de más de 600.000 habitantes.

En 1976, y en el marco de este Plan, el Instituto Geológico y Minero de España decidió llevar a cabo los estudios hidrogeológicos necesarios para complementar el abastecimiento a Segovia mediante aguas subterráneas en aquellos meses de verano en los que los aportes superficiales regulados no alcanzaban para cubrir las necesidades de abastecimiento de la población.

Las investigaciones llevadas a cabo han permitido poner de manifiesto la existencia de un manto acuífero subterráneo en materiales mesozoicos,

que permitirá satisfacer las necesidades de complemento previstas hasta el año 2000.

El Instituto Geológico y Minero de España ha realizado tres sondeos de captación en este acuífero cerca de Madrona, al sur de Segovia, con objeto de captar los caudales necesarios. Dado que el agua de estos sondeos se va a utilizar para una finalidad tan noble como el abastecimiento urbano, el Instituto Geológico y Minero de España ha llevado a cabo un estudio de la protección frente a la contaminación del acuífero, cuyos resultados se describen a continuación.

## 2. SINTESIS HIDROGEOLOGICA

Se describen a continuación las principales características geológicas e hidrogeológicas del acuífero, en base a las cuales se han planteado las medidas de protección de la calidad del agua subterránea.

### 2.1. MARCO GEOLÓGICO

El afloramiento de materiales mesozoicos que forman el acuífero se extiende en forma de banda orientada en dirección N-S, a lo largo de unos 40

(\*) Jefe Dpto. Estudios Hidrogeológicos. Div. Aguas Subterráneas. IGME.

kilómetros, y con una anchura media de unos 2,5 kilómetros. Estos materiales se apoyan discordantemente sobre los granitos paleozoicos de las estribaciones nororientales del Sistema Central, y a su vez son recubiertos por los materiales terciarios de la cubeta del Duero.

La serie estratigráfica del Mesozoico, cuyo buzamiento es de unos 8-10° WNW, se compone de muro a techo y en síntesis de los siguientes niveles:

- Facies Utrillas (posiblemente Albense). 26-50 metros de potencia, arenas, limos y arcillas, estas últimas de colores blanco, rojo, violeta y amarillo, de permeabilidad baja.
- Areniscas y dolomías basales (probablemente Cenomanense), 20 m. de areniscas y dolomías arenosas, karstificadas con arenas sueltas en los huecos, sin fósiles, muy permeables.
- Dolomías. 30 m. de dolomías blanco-grisáceas con signos de karstificación. Al techo, y separando el conjunto dolomítico-arenoso de los tramos superiores, se encuentra un nivel de arcillas verdes puras alternando con margo-dolomías de unos 2-4 m. de potencia.
- Serie superior de calizas y dolomías margosas y arcillas. Sobre las arcillas verdes, 30 metros de margo-dolomías de colores claros, calizas dolomíticas y niveles de arcillas, de permeabilidad no muy elevada.
- Techo Mesozoico de calizas margosas y arenosas. 25 a 30 m. de calizas y calizas margosas amarillentas o blanquecinas que pasan a calizas arenosas, con fósiles garumnenses, relativamente poco permeables.

A continuación y concordante o con ligera discordancia regional, se encuentra el Terciario, con areniscas y conglomerados, arcillas y más areniscas. Ciertos niveles arenosos terciarios son permeables.

Tanto en el Mesozoico como en el Terciario se presentan cambios laterales de facies frecuentes y a veces bruscos.

El Cuaternario aluvial permeable sólo se presenta a lo largo del camino Madrona-La Losa (río Milanillos) y se supone favorece la infiltración de las aguas del río hacia el Mesozoico permeable.

### 2.2. EL MANTO ACUÍFERO

Las formaciones mesozoicas albergan un manto acuífero subterráneo, producido por la infiltración del agua de lluvia y de escorrentía superficial, en las zonas de afloramiento.

El manto, cuya superficie piezométrica no se puede dibujar con precisión por el momento, es libre bajo los afloramientos del Cretácico permeable, y se transforma en manto cautivo bajo el Terciario, cuyo contraste de permeabilidad es elevado respecto del Mesozoico.

La permeabilidad de la formación acuífera es muy variable, mayor en el muro, en las dolomías arenosas karstificadas, y relativamente baja a partir del nivel de arcillas verdes. El impermeable de base es el granito paleozoico. En algunos niveles arenosos terciarios se alberga otro acuífero subterráneo de importancia secundaria aislado del Mesozoico, y que se hace cautivo al quedar recubierto por materiales más impermeables.

El acuífero queda limitado al Sur gracias al acuífero del Mesozoico cerca del río Moros, y por el Norte queda cortado por el afloramiento paleozoico de Torreiglesias.

El agua subterránea circula hacia los cauces del Eresma y del Tejadilla, que dividen por tanto el acuífero en dos subunidades, separadas, en condiciones actuales, por una línea de nivel de drenaje constante. La subunidad a la que se va a conceder mayor atención será la situada al Sur, por ser en ella donde se han situado los sondeos de captación para Segovia.

La alimentación del acuífero se lleva a cabo por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables, y por infiltración de las aguas de escorrentía superficial en algunas de las cuencas vertientes de la zona. Se ha podido comprobar que esta infiltración, a partir de los cauces de los ríos y arroyos, es de magnitud bastante superior a la de infiltración directa del agua de lluvia.

En la subunidad norte se infiltran las aguas del río Pirón, que pierde un 25 por 100 de su caudal al atravesar los afloramientos mesozoicos, mientras que en la subunidad sur el río Frío (pierde el 34 por 100 del caudal), Arroyo Milanillos (pierde el 48 por 100), Arroyo de Otero (queda casi seco) y Arroyo de Valdeprados son los

que proporcionan la mayor parte del agua de infiltración. Considerando el conjunto del acuífero se ha estimado la recarga natural por infiltración de la lluvia en unos 5 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la recarga a partir de los cauces de los ríos alcanza los 22 hm<sup>3</sup>/año.

La explotación actual del acuífero por obras de captación es poco intensa, siendo los sondeos realizados por el Instituto Geológico y Minero de España cerca de Madrona, en la subunidad sur, los más importantes. Se ha evaluado en 4 a 6 hm<sup>3</sup>/año el volumen de agua subterránea que sale al exterior, sin contar el drenaje del Eresma y Tejadilla; de esa cantidad la mayor parte corresponde a manantiales naturales.

### 3. SONDEOS DE CAPTACION DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

El Instituto Geológico y Minero de España ha realizado tres sondeos, Madrona 1, 2 y 3, respectivamente, cuya descripción detallada se ofrece en otro lugar (J. GÓMEZ DE LAS HERAS, L. LÓPEZ VÍLCHEZ, 1977), y cuyas características más interesantes desde el punto de vista de la calidad del agua subterránea son las siguientes:

	Prof.	Tramo		Caudal	Observaciones
		acondic.			
Madrona 1	130	110	-130	110 l/s	El agua procede de todo el tramo Cretácico, con preponderancia de la zona inferior dolomítica.
Madrona 2	130	76 96 118	- 90 -114 -126	40 l/s	La zona dolomítico-arenosa inferior sólo se ha atravesado en su parte alta. Este sondeo será reperforado. El agua procede de los dos tramos del Cretácico.
Madrona 3	171	88,5 119 129 141 148 155	90,5 -127 -137 -145 -152 -167	70 l/s	El agua procede fundamentalmente de la zona inferior, dolomítico-arenosa y arenosa; la parte calcárea - dolomítico margosa aporta sólo una pequeña cantidad de agua.

En los sondeos, y dada la complejidad de la columna estratigráfica, es difícil asegurar al 100 por 100 la procedencia de las aguas de uno u otro nivel, aunque en líneas generales los tramos más permeables y productivos corresponden a la base dolomítico-arenosa del Cretácico, por encima de la facies Utrillas, que no se ha alcanzado en los sondeos. En las tres perforaciones existe un nivel artesiano, surgente en los sondeos 1 y 3, producido por un acuífero cautivo de poca importancia implantado en zonas permeables del Terciario, en el que se emboquillan los sondeos. Este acuífero se ha aislado del acuífero inferior, y en los sondeos 1 y 3 se dispone de tubos de evacuación donde se puede medir la presión y tomar muestras de dicho acuífero.

En los tres sondeos el acuífero cretácico es cautivo. El sondeo número 3 se ha reperforado de 130 a 167 m. recientemente, mejorando su caudal y la calidad del agua.

### 4. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

En los tres sondeos del Instituto Geológico y Minero de España, se han llevado a cabo análisis químicos y bacteriológicos en diversas ocasiones. Los datos y fechas de análisis se detallan en el Anexo 1.

En líneas generales, y dejando aparte las diferencias de magnitud, el análisis de las aguas subterráneas bombeadas en los tres sondeos demuestra su facies bicarbonatada cálcico-magnésica, como corresponde a aguas que han atravesado formaciones calcáreas y dolomíticas; cloruros y sulfatos se encuentran en escasas cantidades, mientras que la proporción de bicarbonatos es elevada.

La presencia de cantidades relativamente importantes de iones de calcio y magnesio confiere a estas aguas una cierta dureza.

Desde el punto de vista de su potabilidad se encuentran dentro de lo que el Código Alimentario Español establece como límites convenientes; ninguno de los componentes disueltos supera estos límites, por tanto se trata de aguas de buena calidad química.

Las cantidades de nitratos presentes, cuya proporción es ligeramente superior a la normal, se

explican por la procedencia y composición de las aguas de infiltración que van a recargar el acuífero; en cualquier caso siempre se encuentran dentro de los límites recomendados por el Código Alimentario. Esta circunstancia, así como los indicios de nitritos en el sondeo número 2, se analizan en detalle en el apartado siguiente.

En ninguna ocasión se ha detectado la presencia de amonio, metales pesados, grasas ni detergentes, y la demanda química de oxígeno se encuentra dentro de los límites normales en las aguas subterráneas.

De acuerdo con los resultados de los análisis y desde el punto de vista químico, por tanto, el agua es perfectamente adecuada para el uso urbano, siendo únicamente la dureza ligeramente más alta de lo normal, lo que podría plantear un gasto superior de jabón y algún otro pequeño inconveniente doméstico a las amas de casa acostumbradas a aguas de baja dureza.

Se ha podido comprobar que la calidad química de las aguas subterráneas es superior en los niveles arenoso-dolomíticos de la base cretácica, como era de esperar dada la mayor velocidad de circulación y el menor tiempo de contacto. Este hecho ha quedado demostrado sobre todo en el sondeo número 3, que una vez reperforado hasta cortar en mayor longitud el paquete inferior, no sólo ha mejorado su caudal, casi duplicándolo, sino que ofrece agua de superior calidad química, menos dura y con menor cantidad de sales disueltas que antes de su reperforación y acondicionamiento final.

### 5. ADQUISICION DE SU COMPOSICION POR EL AGUA SUBTERRANEA

De acuerdo con las hipótesis de alimentación del acuífero, la mayor parte del agua de infiltración (22 hm<sup>3</sup>/año de un total de 27 hm<sup>3</sup>/año), procede de la escorrentía de superficie que, recogida en las cuencas del río Pirón, río Frío, arroyo Milanillos, arroyo de Otero y arroyo de Valdeprados se infiltra al discurrir sobre los afloramientos cretácicos impermeables.

Para explicar la composición química de las aguas bombeadas en los sondeos del Instituto Geológico y Minero de España, y especialmente las cantidades de nitratos presentes, se ha cen-

trado la atención en la subunidad sur. Se ha llevado a cabo una serie de análisis en las aguas superficiales de los arroyos que se infiltran (ver Anexo 1 con los resultados) en dicha subunidad, comparándose con los análisis del agua bombeada.

En dicha comparación se comprueba el incremento espectacular de los iones Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> y CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup>, debido a la disolución por las aguas de los materiales dolomíticos, mientras que el incremento en Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>=</sup> es muy reducido. Estos resultados son completamente normales.

Aunque el número de análisis de aguas de superficie que se han recogido hasta el momento es insuficiente para pronunciarse definitivamente (el muestreo continúa periódicamente), se puede comprobar que la carga en nitrógeno total de estas aguas en las zonas de infiltración es muy semejante a la del agua subterránea bombeada en los sondeos. El agua de superficie muestra los resultados de la actividad agrícola y sobre todo ganadera en la cuenca de recogida.

Para mayor seguridad se ha procedido a un inventario de las fuentes aportadores de Nitrógeno al terreno dentro de dicha cuenca, estudiando la cantidad de cabezas de ganado, los fertilizantes nitrogenados y el número de habitantes, aguas arriba de las zonas de infiltración. Los cálculos realizados en base a este inventario, que se recogen en el Anexo número 2, muestran que la cantidad de N aportado al terreno drenado por las aguas de lluvia y escorrentía aguas arriba de los afloramientos cretáceos en la subunidad sur (cuenca de Riofrío y Milanillos) es de unas 336 Tm/año de nitrógeno.

Considerando una capacidad de retención para los compuestos nitrogenados por parte del suelo de un 75 por 100, lo cual está dentro de la realidad observada en casos similares, y teniendo en cuenta una escorrentía superficial de unos 35,3 hm<sup>3</sup>/año en la cuenca Riofrío-Milanillos, se obtendría una carga media en el agua de superficie de dichos ríos de unos 10 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Las concentraciones realmente observadas gracias a los análisis de estas aguas oscilan entre 6 y 10 mg/l (en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), lo cual demuestra que las hipótesis se acercan mucho a la realidad.

En su trayectoria subterránea, tanto el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) como el nitrógeno, presente en forma orgánica, se oxidan hasta llegar al término final, el

ión  $\text{NO}_3^-$ , en cuya forma aparecen en el agua subterránea.

La presencia en el sondeo núm. 2 de indicios de ión  $\text{NO}_2^-$  en cantidades que hace algunos años hubiesen pasado inapercibidos, no debe preocupar. El actual Código Alimentario Español menciona que la presencia de  $\text{NO}_2^-$ , fosfatos, amoníaco, fenoles, grasas, detergentes, etc., es prohibitiva en aguas para el consumo humano; sin embargo, este párrafo debe entenderse aplicado fundamentalmente a las aguas de superficie, mientras que para las aguas subterráneas, y en el caso de los nitritos específicamente, es necesario analizar esta prohibición con mayor profundidad. En las aguas de superficie, que tienen un fácil acceso al oxígeno atmosférico, la materia orgánica y otros compuestos biodegradables se oxidan con cierta rapidez; el nitrógeno pasa de su forma orgánica a formas amoniacales, y luego continúa oxidándose, primero a  $\text{NO}_2^-$ , que es relativamente inestable y no suele existir en grandes cantidades, y luego a  $\text{NO}_3^-$ , el término más estable y soluble de la serie. La presencia de  $\text{NO}_2^-$  en aguas relativamente bien aireadas puede significar, y de hecho es así casi siempre, la presencia de un vertido próximo de aguas residuales, con el correspondiente peligro de presencia de microorganismos patógenos.

El peligro real que el Código Alimentario trata de prever es precisamente esta presencia, y no la posible acción nociva de los nitratos, fenoles, grasas, etc. (que también existe, pero a ciertas concentraciones, y no a nivel de indicios).

En el caso de las aguas subterráneas, y sobre todo en acuíferos cautivos y semicautivos de cierta profundidad, suelen encontrarse indicios de  $\text{NO}_2^-$  junto a los nitratos, debido a las condiciones reductoras del medio y/o a la presencia de bacterias (HEM, 1970; CATALÁN, 1969). Estas cantidades de  $\text{NO}_2^-$  suelen ser casi siempre inferiores a 0,1 mg/l, no existiendo próximas a los sondeos fuentes de aguas fecales o materias putrescibles que pudieran descomponerse.

Por ello, la presencia de indicios de  $\text{NO}_2^-$  en el agua subterránea, si no va acompañada de otros indicadores, detergentes, grasas,  $\text{NH}_4^+$ , aminas, etcétera) no puede considerarse, a priori, como producida por un proceso de contaminación, y no ha de asociarse, por tanto, sin un estudio detallado, a la existencia de microorganismos.

El agua extraída en el último bombeo de en-

sayo del sondeo 2 contenía 0,01 mg/l de  $\text{NO}_2^-$ , junto a 20 mg/l de  $\text{NO}_3^-$ , explicables de acuerdo con las hipótesis mencionadas, mientras que en los sondeos 1 y 3, que obtienen mayores caudales de la zona arenoso-dolomítica, los nitratos alcanzan valores de 8 y 13 mg/l, respectivamente, y no existen indicios de  $\text{NO}_2^-$ . En ninguno de los tres sondeos se detectan amoníaco, fenoles, grasas ni detergentes.

En cualquier caso, el recorrido subterráneo de las aguas infiltradas, desde las zonas de recarga hasta los sondeos, contando con el poder filtrante del material acuífero, garantiza la pureza bacteriológica de las aguas bombeadas.

### 6. MEDIDAS DE PROTECCION DE LA CALIDAD

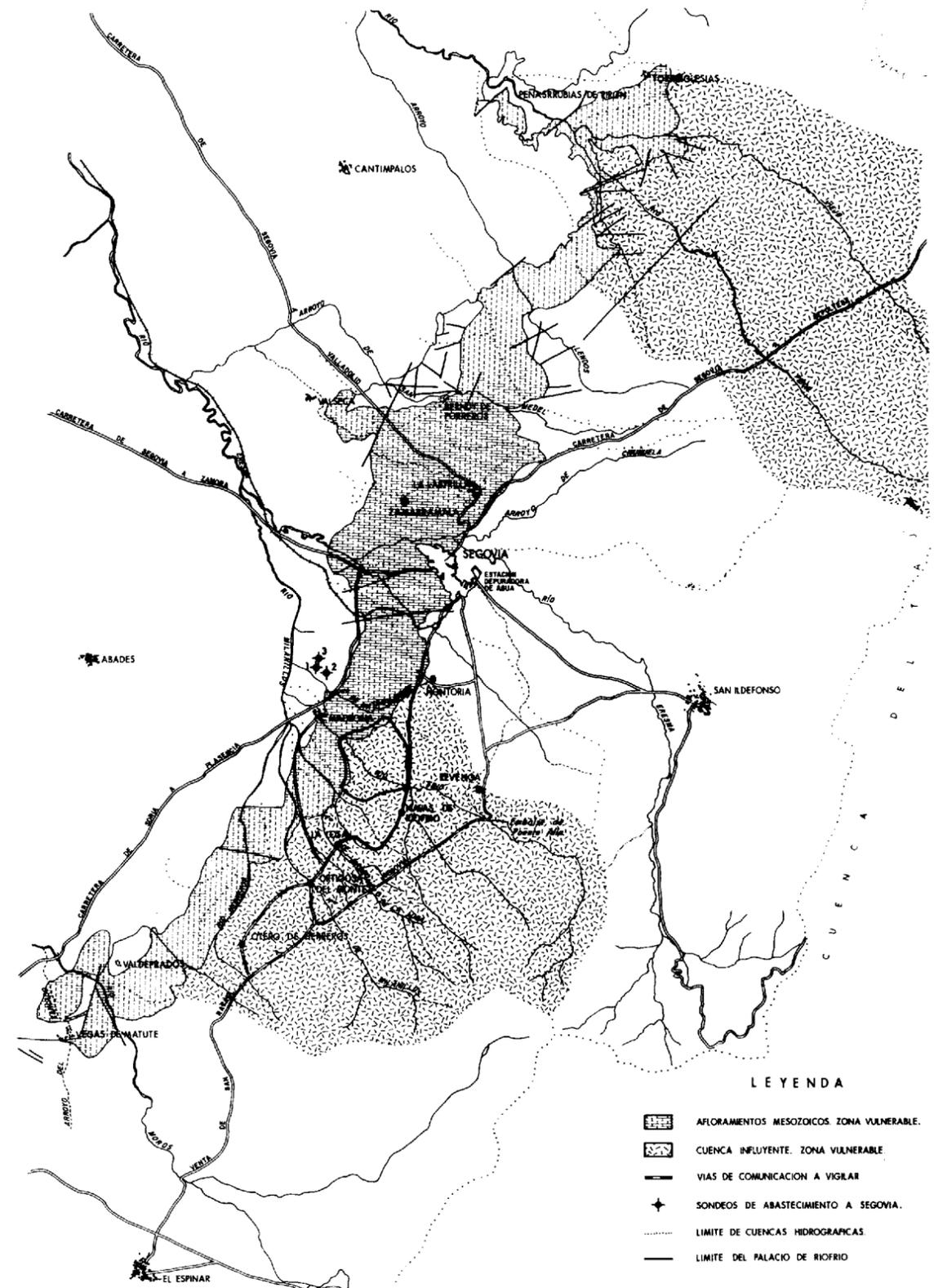
Para proteger la calidad del agua subterránea del acuífero y específicamente de los sondeos de captación de Madrona es necesario adoptar ciertas medidas preventivas, referidas fundamentalmente a los siguientes aspectos:

- Actividades que impliquen el vertido o deposición de agentes contaminantes directamente sobre los afloramientos mesozoicos permeables.
- Actividades que impliquen la contaminación de las aguas de superficie en las cuencas cuyas aguas se van a infiltrar a su paso por los afloramientos permeables.
- Actividades relacionadas con la perforación, utilización y abandono de pozos o sondeos que atraviesen el acuífero mesozoico.

Para ilustrar gráficamente los dos primeros aspectos se ha preparado un mapa cuyo objetivo es ofrecer la orientación necesaria para que se regulen debidamente las actividades que pudieran afectar a la calidad de las aguas subterráneas del acuífero.

En el mapa, y de acuerdo con las características hidrogeológicas y de alimentación ya mencionadas, se determinan dos grupos de zonas:

- A) Afloramientos de materiales permeables.
- B) Tramos altos de las cuencas superficiales receptoras, cuyas aguas se infiltran en parte al discurrir sobre los afloramientos permeables.



Para conseguir una eficaz protección frente a eventuales contaminaciones del acuífero mesozoico, se recomiendan las siguientes medidas:

— En las zonas A), es decir, sobre los afloramientos permeables, debe evitarse cualquier tipo de vertido de residuos, líquidos o sólidos, urbanos, agrícolas o industriales, o cualquier actividad que implique el manejo de materiales contaminantes, incluyendo el estercolado del terreno. Para la protección de los sondeos del Instituto Geológico y Minero de España para abastecimiento a Segovia esta recomendación deberá aplicarse con especial interés en los afloramientos situados al sur de Segovia.

— En las zonas B) es necesario proteger la calidad de las aguas superficiales que se van a infiltrar en el acuífero. Dadas las características de buena oxigenación de los ríos y arroyos, que favorecen la descomposición de las materias orgánicas, el punto más importante es evitar el vertido de productos residuales no biodegradables de origen industrial. Productos orgánicos estables, iones metálicos, grasas, hidrocarburos, productos tóxicos, etc., han de evitarse.

En su nivel actual, las actividades ganaderas y agrícolas de la zona, aunque aportan materia orgánica y nitrógeno, no plantean problemas graves; sin embargo, será necesario controlar el tipo de pesticidas utilizados, así como las explotaciones ganaderas intensivas, granjas o vaquerías, cuyos residuos se viertan a los ríos, en el sentido de someter las aguas residuales a un tratamiento que reduzca la carga orgánica en las aguas.

Dentro de estas cuencas y especialmente en la situada al sur de Segovia (Río Frío y Milanillos) consideramos indispensable el montaje y correcta operación de plantas de tratamiento de las aguas residuales urbanas en todos los pueblos; de esta manera se evitarán sobrecargas excesivas de materia orgánica en las aguas de superficie. El tratamiento de desinfección de las aguas residuales urbanas en estas plantas debe recibir especial atención.

Además de las recomendaciones expresadas para las zonas A) y B) es necesario indicar que cualquier accidente de carretera o ferrocarril en el que se pudiesen verter dentro de estas zonas pro-

ductos contaminantes, afectaría negativamente la calidad de las aguas infiltradas. Por ello convendría establecer medidas especiales de precaución en los tramos de la red de carreteras y ferrocarril situados dentro de las zonas B), y especialmente en la cuenca alta del río Frío y del Milanillos. El estudio y alcance de dichas medidas se sale fuera del ámbito de este informe.

En lo que se refiere a la perforación, explotación o abandono de otros sondeos que en la zona existan o se realicen en el futuro, y dejando aparte el aspecto de las posibles limitaciones a la explotación cuantitativa del acuífero mesozoico que puedan establecerse, es necesario considerar la posibilidad de que dichas perforaciones contaminen las aguas subterráneas.

En el caso de perforaciones que se abandonen permanentemente será necesario evitar que a través de ellas puedan los contaminantes vertidos en superficie llegar hasta el acuífero. Para evitar esto, la perforación deberá rellenarse con materiales inertes, siendo éstos de naturaleza impermeable por lo menos en los diez metros superiores de la perforación. El concepto de relleno ha de aplicarse igualmente al espacio anular entre el orificio y la tubería, caso de que el mismo no estuviese cementado en los primeros metros.

En cualquier sondeo que se utilice permanente o esporádicamente será necesario evitar que lleguen a la perforación contaminantes; para ello deberá evitarse alrededor de un radio de por lo menos 20 m. cualquier actividad de vertido en superficie (excrementos, estiércol, basuras, etc.) que pudiera alcanzar el sondeo. En los sondeos de nueva construcción deberán aislarse y cementarse adecuadamente los diez primeros metros del espacio anular entre la perforación y la tubería, y mantener la cabeza del sondeo aislada y cerrada para evitar que se arrojen en él basuras, aceites, etc. La perforación debería ser vigilada para evitar que durante la misma se incorporen agentes contaminantes al acuífero.

Estas recomendaciones van especialmente dirigidas a los sondeos existentes en las inmediaciones del pueblo de Madrona, que son los que más directamente podrían afectar a la calidad del agua bombeada para abastecimiento de Segovia en los sondeos del Instituto Geológico y Minero de España.

**A N E X O I**  
**ANALISIS QUIMICOS**

**Sondeo núm. 1. Análisis del agua bombeada**  
(Composición en mg/l, si no se especifican otras unidades)

Componente	FECHA DEL ANALISIS			
	1-10-76	23-10-76	22-12-76	16-11-77
Na+	6,3	6,5	6,1	5,1
K+	2	2	1,1	0,9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No	No	No	No
Mg <sup>++</sup>	19,1	34,1	39,3	17,1
Ca <sup>++</sup>	44,2	47,6	67,4	29,7
Fe	No	No	No	—
Mn	—	No	—	—
Al	No	No	No	—
Cl <sup>-</sup>	9,5	7,2	9,4	7,2
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Indicios	6,9	16,1	6,5
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	230,5	307,1	369	263,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,7	8,6	14	8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	No	No	No	No
SiO <sub>2</sub>	1,3	1	0,9	0,4
Mat. org.	2,1	2,7	3,1	1,1
Res. seco	198,6	310	380	202
Dureza (°F)	18	26	33	14
pH	7,7	7,7	8,2	7,2

**Sondeo núm. 2. Análisis del agua bombeada**  
(Composición en mg/l, si no se especifican otras unidades)

Componente	FECHA DEL ANALISIS	
	22-12-76	16-11-77
Na+	6,2	6,9
K+	1,6	1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No	No
Mg <sup>++</sup>	24,8	31,2
Ca <sup>++</sup>	44,7	48,8
Fe	No	—
Mn	—	—
Al	No	—
Cl <sup>-</sup>	9,5	10,6
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	7,4	6,1
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	179,3	285,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9	20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	No	0,01
SiO <sub>2</sub>	1	0,4
Mat. org.	2,1	1,4
Res. seco	258	284
Dureza (°F)	21	25
pH	8	7,7

**Sondeo núm. 3. Análisis del agua bombeada**  
(Composición en mg/l, si no se especifican otras unidades)

Componente	FECHA DEL ANALISIS	
	16-11-77	31-1-78 (después de reperforar)
Na+	7,1	6
K+	2	0,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No	No
Mg <sup>++</sup>	32,5	25
Ca <sup>++</sup>	55	38
Cl <sup>-</sup>	10,7	10,5
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	15	8,6
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	293,3	227

Componente	FECHA DEL ANALISIS	
	16-11-77	31-1-78 (después de reperforar)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22	13
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,17	No
SiO <sub>2</sub>	0,6	0,6
Mat. org.	1,6	0,8
Res. seco	302,2	250
Dureza (°F)	27	21
pH	7,2	7,4

**Análisis de las aguas del acuífero artesiano surgente en materiales terciarios en los sondeos núms. 1 y 3. Fecha de los análisis: 16 de noviembre de 1977**

Componente	Artesiano 1	Artesiano 3
Na+	7,1	6
K+	1	1,6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No	No
Mg <sup>++</sup>	38	32,3
Ca <sup>++</sup>	58,8	37,1
Cl <sup>-</sup>	14,3	7,1
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	15,6	4,5
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	336,7	253,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12	27
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	No	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,4	0,6
Mat. org.	0,8	1,7
Res. seco	371	294,6
Dureza (°F)	30	23
pH	7,6	7,9

**Análisis de las aguas de superficie en los ríos Milanillos, Frío y La Losa. Fecha de los análisis: 26 de enero de 1978**

Componente	PUNTO DE TOMA				
	Milanillos 1 (aguas arriba)	Milanillos 2 (aguas abajo)	Río Frío (aguas arriba)	Río Frío (aguas abajo)	La Losa
Na+	2,7	2,7	2,9	2,8	3,3
K+	0,5	0,5	0,8	1,8	1,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,3	1,4	1,3	1,3	1,5
Mg <sup>++</sup>	1	1	1,6	1,6	1,9
Ca <sup>++</sup>	4,7	3,2	3,2	3	7,2
Cl <sup>-</sup>	2,6	2,5	3,1	3	3,6
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Indic.	Indic.	1,9	2,1	4,7
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	18,2	18,3	20,6	20,2	21,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4	2	No	No	No
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03
SiO <sub>2</sub>	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
Mat. org.	4,4	3,8	4,8	5,4	6,5
N Kjehldahl	1,4	1,3	1,5	1,5	1,6
Res. seco	37	35,6	48,2	46,1	50,1
Dureza (°F)	2	2	1,5	1,5	2
pH	6,5	6,2	6,4	6,5	6,7
Conduct. eléctrica (mho/cm)	30	30	40	40	50
Contenido equivalente de N exp. en NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10,3	7,7	6,6	6,6	7,1

A N E X O I I

EVALUACION DE LOS FACTORES APORTADORES DE N AL AGUA DE SUPERFICIE DE LAS CUENCAS RIOFRIO - MILANILLOS EN SU PARTE ALTA INFLUYENTE EN EL ACUIFERO MESOZOICO

Cuadro núm. 1. Habitantes y saneamiento. Aporte de N

Población	Núm. de habitantes (1971)	Saneamiento
Hontoria	566	Terminado (contratada depuradora).
Revenga	435	Terminado.
Madrona	813	En obras (contratada depuradora).
Otero de H.	1.058	Terminado.
Navas de R.	190	No.
La Losa	297	Incompleto.
Ortigosa del M.	282	Terminado.

Total habitantes (excepto Madrona): 2.828.  
 Producción media de N por hab/día: 10 gramos.  
 Total N aportado al año:  $2.828 \times 0,01 \times 365 = 10.332$  kg/cuenca/año.

Cuadro núm. 2. Fertilizantes. Aportes de N

Término	Sup. cereales	Tipo	
		Complejo: 17 Kg/Ha/año	Nitrogen.: 39 Kg/Ha/año
Hontoria	195	Total: 56 Kg/Ha/año	
Revenga	23		
La Losa y Navas	58		
Madrona	1.530 (153)	Se toma sólo el 10 por 100	
Otero	229	aguas arriba.	
Ortigosa	2		

Total Ha.: 660.  
 N total anual aportado:  $660 \times 56 = 36.960$  Kg.

Cuadro núm. 3. Ganadería. Aporte de N

Término	Vacas	Cerdos	Ovejas	Aves	Gamos
Hontoria	873	2.200	1.600	—	—
Revenga	1.034	130	375	—	—
Madrona	560 (0)	—	1.500 (0)	—	—
Otero	1.257	650	1.623	13.000	—
Navas	240	12	—	250	—
La Losa	1.700	1.035	—	750	—
Ortigosa	425	100	—	450	—
Palacio Riofrío	—	—	—	—	2.200
Total, excepto Madrona	5.520	4.127	3.598	14.450	2.220

Producción unitaria de N por el ganado:  
 Gramos/año

Vacas	35.770
Cerdos	6.387
Ovejas	7.300
Aves	474
Gamos	14.600

Producción de N total en la zona: 289.336 Kg. de N.

Cuadro núm. 4. Aporte total de N y concentración global

	Kg/año
Habitantes	10.322
Ganado	289.336
Fertilizantes	36.960
Total	336.618

Volumen total de aguas de superficie aportadas por la parte alta de la cuenca:

	Hm <sup>3</sup> /año
Riofrío - Matamujeres	18,5
Milanillo-Herreros	16,8
Total	35,3

Suponiendo una retención de N por el terreno y las plantas de un 75 por 100, la concentración media global anual, expresada en contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el agua de superficie, sería:

$$C = \frac{336.618 \cdot 0,25 \cdot 4,42 \cdot 10^6}{35,3 \cdot 10^9} = 10,5 \text{ mg/l.}$$

BIBLIOGRAFIA

IGME: *División de Aguas Subterráneas 1977. Estudio de los acuíferos mesozoicos de Segovia. Abastecimiento a Segovia mediante captación de aguas subterráneas.*

— *Bombeos de ensayo de los sondeos Madrona 1, Madrona 2 y Madrona 3 (Segovia). División de Aguas Subterráneas. Madrid. Enero 1978.*

CALIFORNIA DEPT. OF WATER RESOURCES: *Water Well Standards. Bulletin núm. 74. Febrero 1968.*

IGME-FAO: *Contaminación de las aguas subterráneas: Tecnología, Economía y Gestión 1975.*

MINISTERIO DE AGRICULTURA. DELEGACIÓN PROVINCIAL DE SEGOVIA: *Censo Agrícola y Ganadero de 1976.*

J. CALVÍN: *Contaminación agrícola: II Curso sobre contaminación de aguas subterráneas. CIFCA. Madrid. Noviembre 1977.*

J. D. HEM: *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U. S. Geological Survey Water Supply Paper, 1473 (1970).*

FETH: *Nitrogen compounds in natural Water a review. Water Resources Research, v. 2 (1966).*

L. LEVESQUE: *Elimination des nitrates des eaux potables, Rapport de Synthèse. Agence Financiere de Bassin Seine Normandie (1976).*

J. CATALÁN LAFUENTE: *Química del agua. Ed. Blume. Madrid (1969).*

Recibido: Enero 1979.

Las Granodioritas de El Molar (Madrid)

Por G. OCHOA RUIZ DE ZUAZO (\*)

R E S U M E N

Se realiza un estudio petrológico sobre el afloramiento de las rocas plutónicas de El Molar (Madrid).

Se comprueba que estas rocas son granodioritas originadas por un proceso de granitización fría, en el que los focos térmicos estaban muy alejados. Su génesis está relacionada con la primera fase de deformación hercínica del Sistema Central.

S U M M A R Y

A petrographic study about the outcrop of plutonic rocks in El Molar (Madrid) has been developed.

This study demonstrates that these rocks are granodiorites originated by a cold granitization process in which the thermic focus were very far. Its genesis has some relation with the first phase of the hercynic deformation of the Central System.

I. INTRODUCCION

El afloramiento granodiorítico de El Molar es de dimensiones muy reducidas, con una superficie ligeramente superior a un kilómetro cuadrado. Se encuentra situado a 40 kilómetros al N de Madrid, en las estribaciones meridionales de la Sierra de Guadarrama. Está atravesado por la Carretera Nacional I y la carretera de El Molar a Torrelaguna. La totalidad de este afloramiento queda incluido en la Hoja 509 (Torrelaguna) del Mapa Topográfico Nacional.

Sobre este afloramiento de rocas plutónicas no se ha realizado hasta la fecha ningún estudio petrográfico. El único autor que le dedica unas líneas es PRADO (1864), considerando por sus observaciones de campo un origen magmático para estas rocas. Con posterioridad a este autor, las únicas referencias que se han hecho se limitan a mencionarlas como granitos, adamellitas o granodioritas, no dedicándoles más de un renglón.

La cartografía existente, incluso en los trabajos más detallados (Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid y Hoja 509,

Torrelaguna), es también poco precisa, debido probablemente a que dicha cartografía se ha hecho fotogeológicamente, y las rocas plutónicas de la zona oriental del afloramiento, bastante fracturadas, presentan una morfología parecida a la de los neises encajantes, por lo que solamente aparece representado poco más de la mitad del afloramiento real.

II. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

Estas rocas presentan macroscópicamente un aspecto muy diferente a otras rocas graníticas existentes en el Sistema Central. El tamaño del grano es variable, dominando el medio y grueso; tienen estructura porfídica con fenocristales que aumentan en tamaño y cantidad hacia la zona N del afloramiento.

Los fenocristales son principalmente de feldespato potásico, llegando a alcanzar con frecuencia los cinco centímetros de longitud máxima, pudiendo observarse a simple vista en algunos de ellos una zonalidad que microscópicamente se comprueba es debida a inclusiones de plagioclasa o moscovita, que forman estrechas bandas paralelas a las caras del cristal.

Los cristales de cuarzo son también con fre-

(\*) Laboratorio de Geología de la E. T. S. de Ingenieros Agrónomos. Madrid.

MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE EL MOLAR G. OCHOA

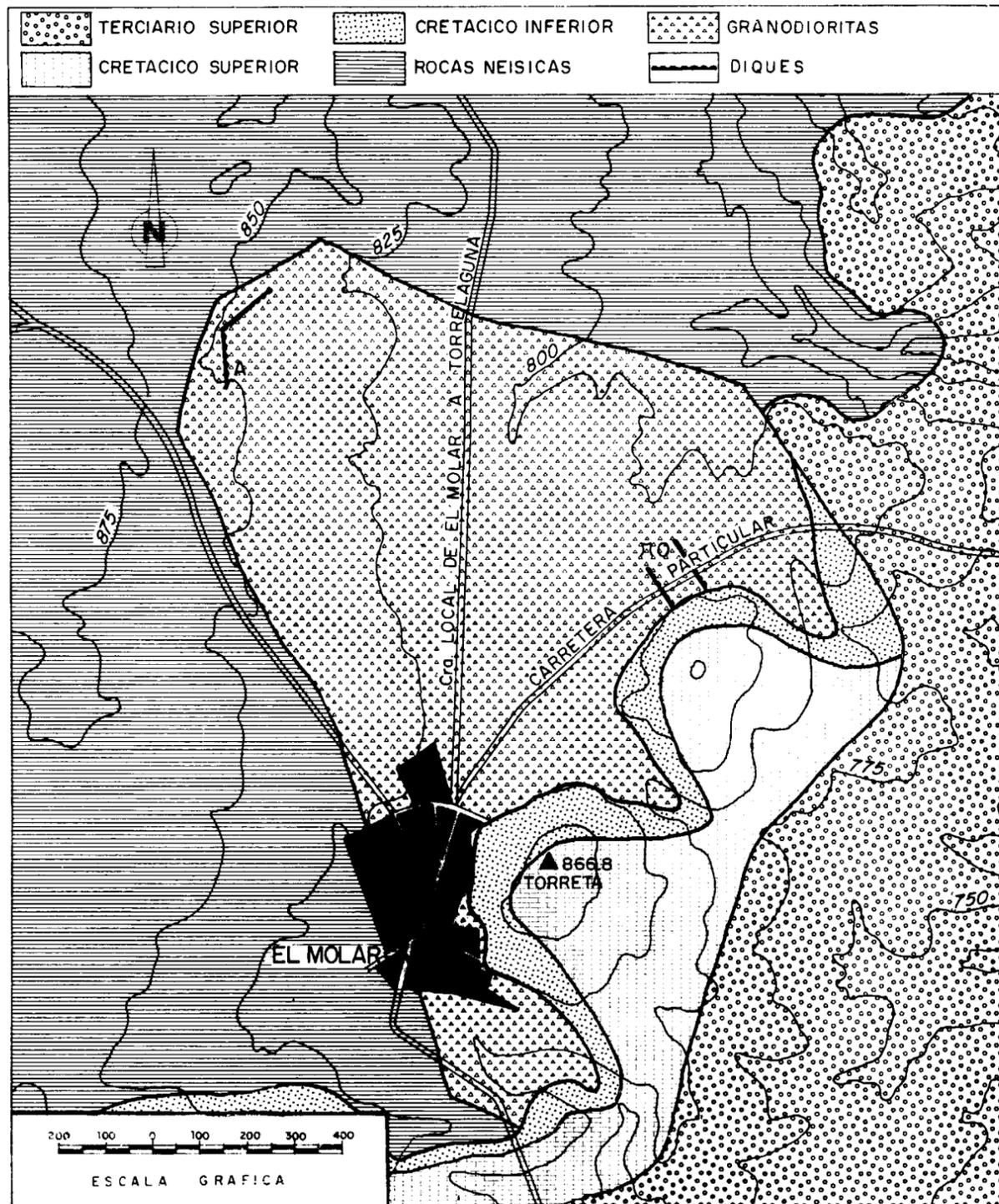


Figura 1

cuencia muy grandes, y a simple vista tienen aspecto idiomorfo, apareciendo en algunas zonas, como la que queda al NE del afloramiento, como el componente de mayor tamaño. Sin embargo, microscópicamente se ha comprobado que estos «fenocristales» corresponden a agregados de cristales.

En esta granodiorita no se han observado enclaves ni gabarros. Los diques que la atraviesan son escasos, mereciendo destacarse unos aplíticos localizados en la zona N del afloramiento, y otros de pórfido granítico situados en la base del Cerro de la Ermita de San Isidro. En la zona oriental, muy tectonizada, abundan los diquecillos aplítico-pegmatíticos y de cuarzo, de escala centimétrica.

Los contactos de las granodioritas con las rocas encajantes son tectónicos, observables con toda claridad en el campo y, por consiguiente, los límites granodiorita-neis son netos y rectilíneos. En la zona S, estas rocas quedan recubiertas por sedimentos cretácicos, en franca discordancia, que impiden observar su terminación meridional con relación a los neises, exceptuando la zona que queda cortada por la profunda trinchera de la carretera N-I, inmediatamente al S de El Molar, en la que puede comprobarse cómo una falla separa la granodiorita de un bloque neísico situado al S, y que se sumerge bajo los sedimentos de edad cretácica.

Las rocas encajantes de este afloramiento son

neises embrechítico-migmatíticos con ligera tendencia a glandulares. Se caracterizan por la alternancia de «paquetes de capas» en las que predominan los materiales cuarzo-feldespáticos, y «paquetes de capas» en los que predominan los materiales micáceos. La dirección de estos neises varía en ocasiones en las zonas próximas a las fracturas, pero en general se mantiene bastante constante, siendo la dominante N-S, con débiles desviaciones hacia el O y buzamientos bastante constantes de 30° E.

Mineralógicamente, estos neises se caracterizan por tener una proporción no muy elevada de feldespato potásico, alotriomorfo, con  $2V_{\alpha}$ , que varía de 82° a 84°. Las plagioclasas, idiomorfas o subidiomorfas, presentan una media de 25 por 100 An. y están macladas según la ley de Albita. El cuarzo alotriomorfo es abundante, con extinción ondulante o en mosaico. Moscovita y biotita coexisten y son abundantes, predominando en general la primera. La biotita está frecuentemente transformada en clorita. Como accesorios aparecen fundamentalmente apatito, circón, esfena, opacos y turmalina.

III. COMPOSICION

La composición de estas rocas plutónicas, como puede apreciarse en el Cuadro I, es granodiorítica, según la clasificación de Nockolds, como se ha determinado en su análisis modal por método de puntos.

CUADRO I  
ANALISIS MODAL DE LAS GRANODIORITAS DE EL MOLAR

Prep.	Puntos	Cuarzo	Feldes. Potásico	Plag.	Biotita	Clorita	Moscov.	Apatito	Circón	Epidot.	Opaco
3.697	2.882	26,89	20,33	43,47	1,11	1,84	5,88	0,24	—	0,12	0,12
3.693	3.403	25,83	18,21	45,75	0,09	5,49	3,90	0,38	—	0,06	—
3.804	2.509	22,82	22,82	39,90	6,69	0,83	6,54	0,31	—	—	0,03
4.125	4.520	25,73	19,83	43,18	2,60	2,90	4,96	0,47	—	0,14	0,11
4.003	3.651	26,84	21,30	42,50	1,37	2,56	5,09	0,21	—	0,09	0,04
4.101	3.863	26,93	20,47	42,67	2,69	1,25	5,42	0,41	—	0,08	0,08

La plagioclasa duplica sobradamente la cantidad de feldespato potásico.

El porcentaje de biotita es muy reducido para este tipo de rocas en comparación con otras zonas del Sistema Central, incluso sumándole el porcentaje de clorita que procede de su transformación. Por el contrario, la moscovita primaria, y en menor proporción secundaria, se encuentra en cantidad muy abundante.

El cuarzo se encuentra en proporciones normales en este tipo de rocas.

#### IV. MINERALOGIA

##### *Cuarzo*

Los cristales de cuarzo son alotriomorfos. Es frecuente que aparezcan reunidos formando «agregados» que en ocasiones llegan a alcanzar más de dos centímetros de diámetro medio. Estos agregados son los que macroscópicamente dan la sensación de fenocristales.

La extinción varía de homogénea a ondulante o en mosaico, siendo estas dos últimas las más frecuentes.

Las microinclusiones, adiagnósticas, son francamente abundantes, siendo muy característico que paralelamente a las microfracturas disminuyan de forma muy notable, e incluso que desaparezcan.

Entre las macroinclusiones, bastante escasas, merecen destacarse la biotita, a veces parcialmente transformada en clorita, moscovita y plagioclasa.

##### *Feldespato potásico*

La mayor parte del feldespato potásico de estas rocas se encuentra en cristales de gran tamaño, idiomorfos o subidiomorfos. En menor proporción aparece feldespato potásico intersticial, totalmente alotriomorfo.

Cuando se presenta en forma de fenocristales es frecuente que tenga inclusiones de moscovita, y puede comprobarse fácilmente que en esta moscovita aparecen islotes de feldespato que conservan la misma orientación óptica. También son abundantes las inclusiones de plagioclasa o moscovita, que forman estrechas bandas paralelas a las caras del cristal, por lo que macroscópicamente pueden tener aspecto de cristales zonales.

En ocasiones el feldespato potásico se encuen-

tra pertitzado, formando vénulas, o más excepcionalmente islotes de tamaño considerable, en los que se aprecian con claridad las maclas polisintéticas de la albita. Algunos cristales aparecen maclados según Carlsbaad, y a veces tienen extinción ondulante.

Las inclusiones son muy abundantes, y en ge-



Figura 2

N +,  $\times 40$ . Cristal de feldespato potásico con abundantes inclusiones de sericita, que se concentran preferentemente en «bandas» paralelas a las caras del cristal.



Figura 3

N +,  $\times 40$ . Cristal de feldespato potásico con «inclusiones» de plagioclasa dispuestas paralelamente a las caras del cristal.

La plagioclasa duplica sobradamente la cantidad de feldespatos potásicos.

El porcentaje de biotita es muy reducido para este tipo de rocas en comparación con otras zonas del Sistema Central, incluso sumándole el porcentaje de clorita que procede de su transformación. Por el contrario, la moscovita primaria, y en menor proporción secundaria, se encuentra en cantidad muy abundante.

El cuarzo se encuentra en proporciones normales en este tipo de rocas.

IV. MINERALOGIA

Cuarzo

Los cristales de cuarzo son alotriomorfos. Es frecuente que aparezcan reunidos formando «agregados» que en ocasiones llegan a alcanzar más de dos centímetros de diámetro medio. Estos agregados son los que macroscópicamente dan la sensación de fenocristales.

La extinción varía de homogénea a ondulante o en mosaico, siendo estas dos últimas las más frecuentes.

Las microinclusiones, diagnósticas, son francamente abundantes, siendo muy característico que paralelamente a las microfracturas disminuyan de forma muy notable, e incluso que desaparezcan.

Entre las macroinclusiones, bastante escasas, merecen destacarse la biotita, a veces parcialmente transformada en clorita, moscovita y plagioclasa.

Feldespatos potásicos

La mayor parte del feldespato potásico de estas rocas se encuentra en cristales de gran tamaño, idiomorfos o subidiomorfos. En menor proporción aparece feldespato potásico intersticial, totalmente alotriomorfo.

Cuando se presenta en forma de fenocristales es frecuente que tenga inclusiones de moscovita, y puede comprobarse fácilmente que en esta moscovita aparecen islotes de feldespato que conservan la misma orientación óptica. También son abundantes las inclusiones de plagioclasa o moscovita, que forman estrechas bandas paralelas a las caras del cristal, por lo que macroscópicamente pueden tener aspecto de cristales zonales.

En ocasiones el feldespato potásico se encuen-

tra pertitzado, formando vénulas, o más excepcionalmente islotes de tamaño considerable, en los que se aprecian con claridad las maclas polisintéticas de la albita. Algunos cristales aparecen maclados según Carlsbaad, y a veces tienen extinción ondulante.

Las inclusiones son muy abundantes, y en ge-

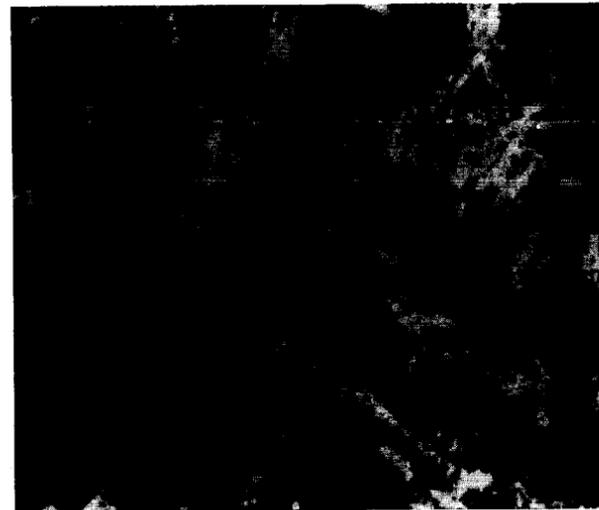


Figura 2

N +, x 40. Cristal de feldespatos potásicos con abundantes inclusiones de sericita, que se concentran preferentemente en «bandas» paralelas a las caras del cristal.

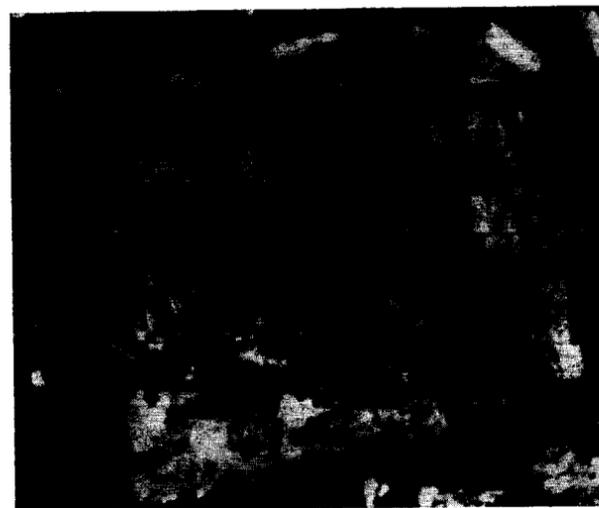


Figura 3

N +, x 40. Cristal de feldespatos potásicos con «inclusiones» de plagioclasa dispuestas paralelamente a las caras del cristal.

neral de tamaño considerable. Las más frecuentes son las de plagioclasa y moscovita ya mencionadas, así como las de cuarzo, biotita, a veces cloritizada, y apatito.

Los datos obtenidos para la determinación del valor del ángulo de los ejes ópticos, y que aparecen representados en el diagrama binario de frecuencia-composición de la figura 4, varían de  $2V_{\alpha} = 48^{\circ}$  a  $2V_{\alpha} = 64^{\circ}$ , siendo la media de ellos  $2V_{\alpha} = 57^{\circ}$ . Estos valores, según TUTTLE, O. F. (1952) y MAZKENZIE, W. S., y SMITH, S. V. (1956), corresponden a ortosa micropertítica, quedando el primero de ellos en el límite con la ortosa.

La composición para el valor medio de  $2V_{\alpha} = 57^{\circ}$  es Or 75, obteniéndose para los términos extremos Or 82 para  $2V_{\alpha} = 48^{\circ}$  y Or 67 para  $2V_{\alpha} = 64^{\circ}$ .

Plagioclasa

Los cristales de plagioclasa son idiomorfos o subidiomorfos y de tamaño muy variable. En general, son zonales, pudiendo llegar esta zonalidad a ser muy débil o nula. También se observa que con bastante frecuencia existen cristales sin maclear polisintéticamente.

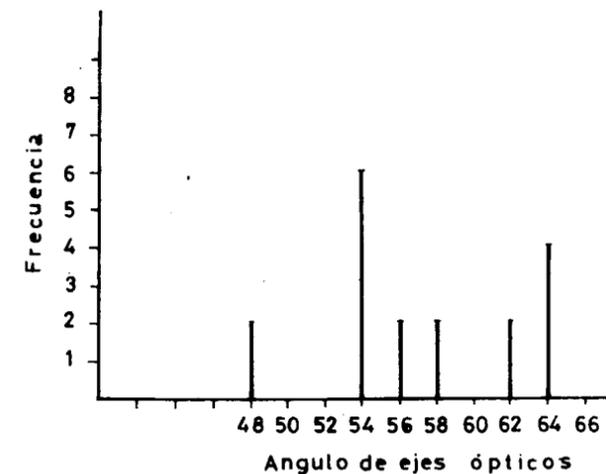


Figura 4

Histograma de la distribución del  $2V_{\alpha}$  en los cristales de feldespatos de las rocas granodioríticas de El Molar.

Los núcleos, y a veces también las zonas medias, suelen presentarse fuertemente sericitizadas. Excepcionalmente se observa un recrecimiento, y en este caso los bordes presentan textura mirmekítica.

Las inclusiones de biotita, frecuentemente cloritizada, son relativamente abundantes, pudiendo también observarse moscovita, cuarzo y plagioclasa.

Para determinar los porcentajes de anortita y ley de macla de las plagioclasas se han seguido los métodos de REINHARD (1951) y KOHLER (1923, 1942, 1949), y los diagramas de VAN DER KAADEN (1951), REINHARD (1931) y TERTSCH (1942). Los valores obtenidos se mantienen, como puede apreciarse en el Cuadro II, muy constantes para los núcleos cuyos límites están entre 42 y 46 por 100 An., así como para zonas más externas entre 26 y 31 por 100 An., obteniéndose una media de 35,2 por 100 An. Las leyes de macla son muy variables, como puede observarse en la figura.

Biotita

Este mineral se encuentra en proporción muy reducida en comparación con otras rocas granodioríticas y adamellíticas del Sistema Central, ya que la suma de los porcentajes de biotita y clorita (seudomórfica de biotita y procedente de su alteración) da una media de 4,9 por 100.

Los cristales tabulares son idiomorfos o subidiomorfos, con fuerte pleocroísmo rojizo.

CUADRO II  
PLAGIOCLASAS DEL AREA DE EL MOLAR

Prep.	Roca	Cristal	% An.	Ley
3.593	Granodiorita	A	45 % B.T.	Ab.-Karls.
		B	31 % B.T.	Albita
3.697	Granodiorita	A	26 % B.T.	Ab.-Ala.
		B	46 % B.T.	Ala.
3.804	Granodiorita	A	46 % B.T.	Ala.
		B	44 % B.T.	Ala.
		C	28 % B.T.	Ab.-Ala.
4.125	Granodiorita	A	26 % B.T.	Ab.-Ala.
4.003	Granodiorita	A	45 % B.T.	Ala.
		B	42 % B.T.	Ab.-Karls.
4.101	Granodiorita	A	27 % B.T.	Ab.-Ala.
		B	27 % B.T.	Ab.-Ala.

Las inclusiones más frecuentes son apatito, circón, que forma los característicos halos radiactivos, rutilo en forma acicular y mineral opaco, posiblemente ilmenita, originada como subproducto en la transformación biotita-clorita. También se observa como subproducto de esta transformación (CHAYES, F., 1955) la aparición de feldespato potásico, desarrollado preferentemente entre los planos de exfoliación.

#### *Moscovita*

Se encuentra en proporción mucho más elevada que en las otras rocas graníticas del Sistema Central. Este carácter, observable a simple vista, se ha comprobado mediante el análisis modal, obteniéndose una media de 5,3 por 100.

Se presenta en grandes cristales idiomorfos o subidiomorfos o en forma intersticial. En muchos cristales de moscovita se ve un recrecimiento secundario.

#### *Apatito*

Entre los minerales accesorios destaca por su abundancia el apatito, que alcanza una media de 0,33 por 100.

Es muy heterométrico, llegando a encontrarse cristales de gran tamaño. Se presenta idiomorfo, subidiomorfo o alotriomorfo.

En la mayoría de las ocasiones está asociado a la biotita, en la que unas veces se presenta como inclusión, otras ocupando el centro de «nidos» o también rodeado por una pequeña corona de este mineral.

Las inclusiones de circón son muy abundantes en el apatito, siendo excepcional el cristal que no presenta varias. En algunos casos se han observado además inclusiones de biotita.

#### *Otros minerales accesorios*

En proporciones reducidas se encuentran circón, rutilo, epidota y opaco, algunos de los cuales no están representados en el Cuadro I, debido a que por su escasa proporción no han sido integrados en el análisis modal por puntos.

El circón aparece idiomorfo, subidiomorfo o redondeado, teniendo a veces una manifiesta zonaridad.

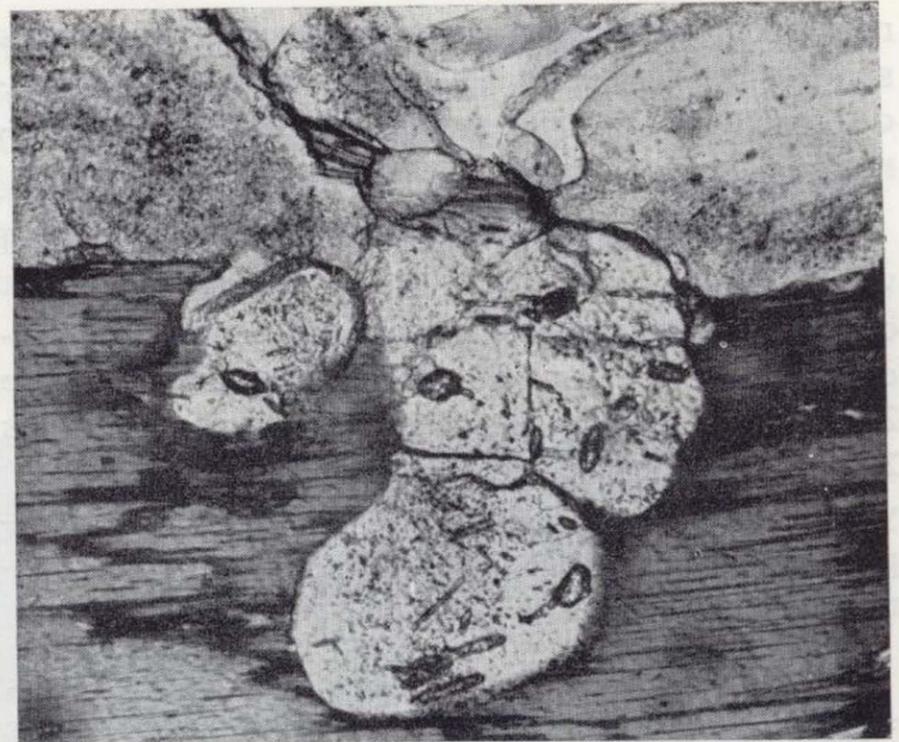


Figura 5

L //,  $\times 150$ . En la parte central de la fotografía se observan cristales de apatito con abundantes inclusiones de circón.



Figura 6

L //,  $\times 390$ . Detalle de un cristal de apatito con inclusiones de circón.

El rutilo se presenta en pequeñas agujas, observable casi exclusivamente en las secciones basales de biotita.

La epidota y el mineral opaco están asociados a la biotita, y son un subproducto de la transformación biotita-clorita, siendo más abundante el mineral opaco que la epidota.

Las inclusiones más frecuentes son apatito, circón, que forma los característicos halos radiactivos, rutilo en forma acicular y mineral opaco, posiblemente ilmenita, originada como subproducto en la transformación biotita-clorita. También se observa como subproducto de esta transformación (CHAYES, F., 1955) la aparición de feldespato potásico, desarrollado preferentemente entre los planos de exfoliación.

#### Moscovita

Se encuentra en proporción mucho más elevada que en las otras rocas graníticas del Sistema Central. Este carácter, observable a simple vista, se ha comprobado mediante el análisis modal, obteniéndose una media de 5,3 por 100.

Se presenta en grandes cristales idiomorfos o subidiomorfos o en forma intersticial. En muchos cristales de moscovita se ve un recrecimiento secundario.

#### Apatito

Entre los minerales accesorios destaca por su abundancia el apatito, que alcanza una media de 0,33 por 100.

Es muy heterométrico, llegando a encontrarse cristales de gran tamaño. Se presenta idiomorfo, subidiomorfo o alotriomorfo.

En la mayoría de las ocasiones está asociado a la biotita, en la que unas veces se presenta como inclusión, otras ocupando el centro de «nidos» o también rodeado por una pequeña corona de este mineral.

Las inclusiones de circón son muy abundantes en el apatito, siendo excepcional el cristal que no presenta varias. En algunos casos se han observado además inclusiones de biotita.

#### Otros minerales accesorios

En proporciones reducidas se encuentran circón, rutilo, epidota y opaco, algunos de los cuales no están representados en el Cuadro I, debido a que por su escasa proporción no han sido integrados en el análisis modal por puntos.

El circón aparece idiomorfo, subidiomorfo o redondeado, teniendo a veces una manifiesta zonaridad.

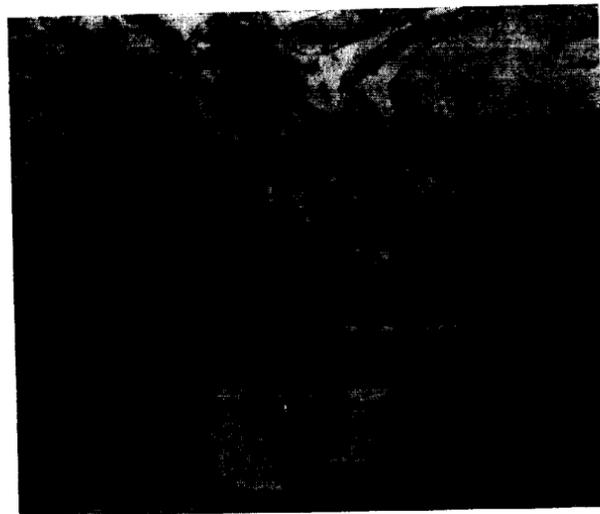


Figura 5

L //,  $\times 150$ . En la parte central de la fotografía se observan cristales de apatito con abundantes inclusiones de circón.

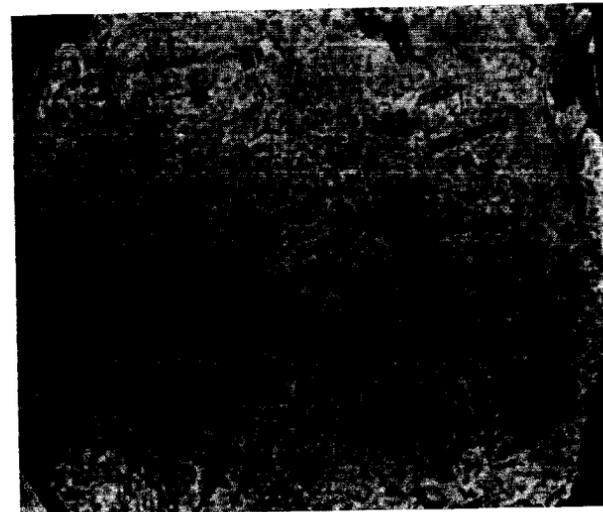


Figura 6

L //,  $\times 390$ . Detalle de un cristal de apatito con inclusiones de circón.

El rutilo se presenta en pequeñas agujas, observable casi exclusivamente en las secciones basales de biotita.

La epidota y el mineral opaco están asociados a la biotita, y son un subproducto de la transformación biotita-clorita, siendo más abundante el mineral opaco que la epidota.

#### V. HIPOTESIS GENETICA

Es indudable que estas granodioritas están totalmente relacionadas con las rocas metamórficas encajantes, aunque sus contactos sean tectónicos. Estas rocas encajantes corresponden a los neises descritos anteriormente, y se han originado en un ambiente de gradiente geotérmico bajo en la primera fase de deformación del Sistema Central (OCHOA, G., 1976), y no han sido afectados por procesos térmicos posteriores.

Por estos datos, se admite que la formación de estas rocas se realizó en un momento petrogenético en el que los «focos térmicos» granitizantes se encontraban muy alejados, y corresponden a lo que podría denominarse «granitos fríos».

Son temporalmente algo posteriores a la primera fase de deformación hercínica del Guadarrama, en la que se originaron por un proceso de granitización, en el que hubo un importante aporte de silicio, sodio y fundamentalmente potasio, como elementos esenciales.

Parece probable que esta granitización metasomática se realizase según una alineación muy próxima a la N-S, que modificó sensiblemente, por procesos de recrystalización de los filosilicatos, la esquistosidad de las rocas encajantes, y también muy posiblemente dio origen a los «neises de El Vellón» (OCHOA, G., 1962-1976), que quedan inmediatamente al N de este afloramiento.

Por consiguiente, estas granodioritas son temporalmente más antiguas que las de otras áreas próximas, concretamente que las de la zona de Colmenar Viejo (OCHOA, G., 1976), relacionadas con la segunda fase de deformación del Sistema Central.

#### VI. CONCLUSIONES

1. Las rocas plutónicas de El Molar son de composición granodiorítica.
2. Las diferencias mineralógicas de estas rocas con otras granodioritas del Sistema Central son muy manifiestas, como se ha comprobado estableciendo comparaciones con los numerosos datos obtenidos por el autor en otras zonas de dicho Sistema, así como con los datos publicados por APARICIO et al. (1975). El porcentaje de biotita es muy reducido, y el de moscovita, muy elevado.

La cantidad de apatito es muy grande, y el porcentaje de circón, muy reducido.

3. La génesis de estas granodioritas está relacionada con la primera fase de la Orogenia Hercínica, por lo que son más antiguas que las de otras áreas próximas del Sistema Central.
4. Estas rocas son «granitos fríos», por haberse formado cuando los «focos térmicos» se encontraban muy alejados, como parece deducirse del tipo de metamorfismo que afectó a las rocas encajantes, y la no existencia de metamorfismo de contacto.

#### BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAD, J. M.: *Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español*. Memorias Inst. Geol. Min. Esp. Tomo LXXXVIII (1975).
- CHAYES, F.: *Potash feldspar as a by-product of the biotite-clorite transformation*. J. Geol., V. 63, pp. 75-82 (1955).
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Mapa Geológico de España, 1:50.000, Torrelaguna*. Núm. 509, pp. 99. (1959).
- KOHLER, A.: *Recent results of investigations on the feldspars*. Jour. Geol., V, 57, pp. 592-599 (1949).
- MAC KENZIE, W. S., and SMITH, J. V.: *The alkali feldspars. III. An optical and X-ray study of high-temperature feldspars*. Am. Mineral., 41, pp. 405-427 (1956).
- OCHOA, G.: *Datos preliminares sobre el macizo metamórfico de San Pedro*. Real Acad. de Cien. Exac. Fís. y Nat. de Madrid, t. LVI, cuad. 2.º, pp. 443-457 (1962).
- *Estudio geológico del macizo metamórfico de San Pedro (Madrid)*. Tesis Doctoral. Univ. Zaragoza (inédito) (1976).
- PÉREZ REGODÓN, J.: *Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid*. Mem. del Inst. Geol. Min. de España, t. LXXVI, pp. 183 (1970).
- PRADO, C. DEL: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta Superior de Estadística, pp. 219 (1864).
- REINHARD, M.: *Universaldrehtismethoden*. Basel (1931).
- FERTSCH, H.: *Zur Hochtemperatro Optik basischer Plagioklase*. Min. Petr. Mitt., V, 54, pp. 193-217 (1942).
- TUTTLE, O. F.: *Optical studies on alkali feldspars*. Am. Jour. Sei. Bowen Vol, pp. 553-567 (1952).
- VAN DER KAADEN, G.: *Optical studies on natural plagioclase feldspars with high and low temperature opties*. Utrech (1951).

Recibido: Enero de 1979.

# INFORMACION

## Panorámica general de los principales aspectos geológicos de las cuencas españolas de carbón y de otros depósitos minerales del Carbonífero (\*)

Señoras y señores:

A modo de breve introducción general al conocimiento de los yacimientos de carbón y de otros depósitos minerales relacionados con el Carbonífero de España, me cabe el honor de dirigirles la palabra en esta Sección de Clausura del IX Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero, para exponerles de forma muy resumida su distribución y algunas de sus características geológicas más sobresalientes.

Constituiría una pretensión inútil por mi parte, intentar en un breve espacio de tiempo exponer una síntesis completa de todos los aspectos de interés, que para las especialidades tan diversas representadas en esta Sesión por expertos de todo el mundo, puede mostrar el Carbonífero español. Síntesis que, por otra parte, podrán efectuar ustedes mismos directamente y de manera más profunda y detallada en cada ámbito temático, si tenemos el placer de recibirles en nuestro País dentro de cuatro años con ocasión del X Congreso próximo.

Desde antiguo es conocida en España la existencia de la mayoría de los principales yacimientos de carbón que actualmente están en explotación, particularmente de los de hulla y antracita, habiendo constituido esta materia prima nuestra principal fuente de energía hasta la década de los 50. En los últimos lustros el carbón comenzó a padecer una crisis de mercado que paulatinamente fue acentuándose, en razón de la facilidad de compra al exterior, en condiciones favorables, de otras formas de

(\*) Conferencia pronunciada por el Ilmo Sr. D. Adrián García-Loygorri, Director del Instituto Geológico y Minero de España, en la Sesión de Clausura del IX CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA DEL CARBONIFERO, celebrado en Urbana —Illinois— USA, en mayo de 1979.

energía, como el petróleo, de bajo coste y de uso más cómodo.

En los años siguientes a 1973 la producción total ha aumentado, principalmente para cubrir la demanda de las centrales térmicas, llegando en 1977 a ser de 17,9 Mt, correspondiendo 8,3 Mt a hulla, 3,8 Mt a antracita y 5,8 Mt a lignito.

En cuanto a la distribución de los consumos, son la fabricación de coque y la producción de energía eléctrica los sectores consumidores más importantes, sobrepasando en su conjunto el 90 por 100 del total. La participación del carbón en el consumo bruto de energía primaria oscilará en la próxima década entre el 15 por 100 y el 17 por 100, estando previsto que prosiga incrementándose porcentualmente la parte de su producción destinada a la generación de electricidad, que actualmente es próxima al 75 por 100.

En líneas generales, el potencial de los recursos de carbón existentes en España es lo suficientemente importante como para contribuir de manera relevante a la producción energética.

Las cifras de recursos, que en estos momentos son manejadas, podrían ser objeto de modificaciones en algunas zonas y casos concretos, con la realización de los estudios encuadrados en el Plan Nacional de Investigación del Carbón, actualmente en ejecución, referidos a las cuencas de existencia conocida, así como en las prolongaciones ocultas y en posibles yacimientos nuevos no aflorantes.

A lo largo de los dos últimos años, se ha elaborado un inventario de los recursos de carbón, contenidos en las cuencas españolas que se hallan en producción o de las que se sabe albergan tonelajes con potencial carbonero de interés.

### SINTESIS GEOLOGICA DE LAS CUENCAS CARBONIFERAS

La formación de carbón se ha producido en España desde el Dinantiense hasta la actualidad, pero, naturalmente, no de una manera continuada. En particular, ha sido durante el Westfaliense, Estefaniense, Aptense-Albense, Oligoceno y Mioceno cuando se desarrollaron las cuencas más importantes, origen de los actuales depósitos de carbón de mayor interés.

En las cuencas españolas se encuentran representados los dos modelos de formación —parálico y límnico—, cuyas características condicionan en gran medida la riqueza y disposición de las series productivas.

Las cuencas carboníferas de tipo parálico se dan, generalmente, en etapas de sedimentación preorogénica, de subsidencia lenta, durante el Westfaliense y, posteriormente, en el tránsito Aptense-Albense, dando lugar a series productivas de notables espesores, con numerosas capas, de potencias medianas o pequeñas y, por lo general, de mayor regularidad.

En las cuencas parálicas reviste gran importancia la sedimentación marina, pudiendo representar más del 50 por 100 de la serie productiva, con frecuentes intercalaciones calizas con fauna marina. Se trata de cuencas con series sedimentarias muy potentes y de borde geosinclinal, muy plegadas. A este tipo pertenece la mayoría de las cuencas del Carbonífero, del denominado «arco interno de la rodilla astúrica» y entre ellas se pueden citar la Cuenca Central Asturiana, La Camocha, norte de León, Velderrueda-Guardo, La Pernía, Barruelo, Quirós, Teverga, etc., e incluso, los pequeños asomos de las provincias de Logroño y Burgos, como San Adrián de Juarros y Turruncún-Préjano.

Las de tipo límnico, propias de etapas sin-o postorogénicas, corresponden al Westfaliense del sur de España, al Estefaniense y al Neógeno, con series más delgadas y capas de carbón más potentes, irregulares y menos numerosas.

En general, son frecuentes los yacimientos de edad carbonífera que muestran una disposición geológica compleja, con capas de carbón replegadas y de fuertes pendientes. Corresponden estos caracteres a los de edad pre-estefaniense, que han sido afectados por la fase principal del plegamiento herciniano. Las originadas posteriormente presentan, en líneas generales, una disposición más tranquila en aquellas zonas en las que la orogenia de edad alpina no se ha dejado sentir con especial violencia.

### CUENCAS DEL CARBONIFERO

Durante la Era Carbonífera, el mar Mesogeo que alcanzaba el noroeste de España, se encontraba enmarcado al Oeste por los terrenos antiguos que se pueden observar hoy en Galicia y en el norte y centro de Portugal, abriéndose hacia el sur de este País, como lo ponen de manifiesto los materiales del Carbonífero Inferior del sur de Portugal y del norte del Valle del Guadalquivir. A lo largo de este período y antes de los plegamientos astúricos, la configuración de la costa occidental del mar

Mediante un tratamiento homogéneo de los datos existentes en la actualidad, acerca de la geología y minería de las cuencas de hullas, antracitas y lignitos, se han cubicado los recursos de carbón en el territorio nacional incluidos en capas de potencia no inferior a 0,50 m y a profundidades máximas de 800.

El estudio comprende también un juicio de valor sobre el conocimiento geológico de que se dispone en cada yacimiento, así como un índice relativo de economicidad referentes a zonas geológicamente uniformes dentro de cada uno de ellos, que refleja la mayor o menor rentabilidad que quepa esperar de su explotación, en base a las técnicas de beneficio actualmente existentes.

Como resumen de las estimaciones efectuadas en este trabajo, las cifras de los recursos totales nacionales de carbón, comprendidas en las cuencas de existencia conocida, son las siguientes (Mt):

Recursos	Hullas y antracitas	Lignitos		Total carbón
		negros	pardos	
Identificados	1.273	569	435	2.277
Totales	2.298	1.026	435	3.759

De tales recursos se pueden estimar como reservas conocidas, que pueden ser económicamente explotables en la actualidad, las siguientes (Mt):

Reservas muy probables y posibles	Hullas y antracitas	Lignitos		Total carbón
		negros	pardos	
	826	376	405	1.607

La distinción entre los recursos de hulla y antracita presenta problemas en determinadas ocasiones, toda vez que en algunas cuencas se comprueba la existencia de carbones de los dos tipos, con sus tránsitos intermedios, tanto lateralmente como en profundidad, originados a lo largo de su proceso de formación.

Por razones similares resulta aún más difícil proceder a la evaluación de los recursos de hullas para fabricación de coque, teniendo además en cuenta que los avances tecnológicos están permitiendo ya aprovechar para uso siderúrgico carbones de diferentes clases, tras un adecuado proceso de mezcla, que antes resultaban impropios para tal fin. A este respecto, solamente cabe señalar que este tipo de carbón procede en su inmensa mayoría de la Zona Cantábrica —Cuenca Central Asturiana, La Camocha (Oviedo) y Sabero (León)—, cuyos recursos totales, comprendiendo distintos tipos de hulla con diferente utilización, ascienden a unos 800 Mt.

carbonífero fue cambiando paulatinamente: a partir del Westfaliense Medio comenzaron a instalarse cuencas límnicas en Andalucía —Peñarroya-Bélmez y Villanueva del Río y Minas—, mientras que el régimen parálico persistía en Asturias, León, Cordillera Ibérica y Pirineos.

Los plegamientos astúricos elevan la cadena herciniana haciendo desaparecer el mar y finalizar por completo el régimen parálico de la sedimentación.

En este contexto, se produjeron yacimientos de carbón que hoy persisten con dimensiones más o menos limitadas, y con edades que comprenden desde el Dinantiense hasta el Estefaniense Superior.

Dentro del *Dinantiense* se pueden citar los yacimientos de Valdeinfierno (Córdoba) y Santos de Maimona (Badajoz); de edad *Viseiense Superior-Namuriense Inferior* son las pequeñas cuencas de El Couce y Benejarafe (Córdoba), y de *Bienvenida* y Casas de Reina (Badajoz).

A la época comprendida por el *Viseiense-Westfaliense* corresponden las cuencas de mayor extensión y con mayor importancia productiva de España. Se distribuyen principalmente por la zona cantábrica, al Norte, y Sierra Morena, al Sur.

En la zona de Sierra Morena existe una serie de pequeños yacimientos de carbón, de los que son los más importantes los de Peñarroya-Bélmez (Córdoba) y Villanueva del Río y Minas (Sevilla), que adoptan estructuras sinclinales; son de origen límnic y de edad *Westfaliense B*, y sus series productivas, con capas de carbón poco numerosas y variables lateralmente, descansan sobre conglomerados y brechas basales de la misma edad.

Solamente la primera de ellas se halla en explotación —hullas y antracitas—, y aunque durante buen número de años dio producciones importantes, en la actualidad sus recursos son muy limitados, del orden de los 22 Mt.

Las cuencas de la Zona Cantábrica incluyen numerosas áreas mineras, de las que no todas se encuentran actualmente en producción, que genéticamente podrían corresponder a una sola y cuya separación debió producirse a consecuencia de la tectónica sufrida posteriormente. De ellas, es la más importante y conocida la Cuenca Central Asturiana (Oviedo), que aflora en toda su extensión y cuyos recursos, fundamentalmente de hulla, ascienden a unos 700 Mt, y han venido proporcionando hasta ahora las mayores producciones españolas. El resto de los yacimientos de esta zona —La Camocha, Taverga, Quirós, Santo Firme, Naranco, Viñón, Riaño—, albergan unos recursos de unos 70 Mt.

En la serie estratigráfica de estas cuencas, se puede distinguir un conjunto inferior presente en todas ellas, en cuya parte alta se encuentran capas de carbón (*Westfaliense C*), y otro superior, solamente desarrollado en la Cuenca Central, con una serie productiva importante (*Westfaliense D*, principalmente).

En la Zona Cantábrica, al final del Devoniano se inicia una transgresión marina procedente del SE, originando una importante sedimentación caliza que se extiende por la mayor parte de la cuenca, y produciendo en determi-

nadas áreas la deposición de materiales de tipo turbidítico.

Se produce así, a excepción de las áreas situadas al Norte y Noroeste, la formación de la caliza «griotte» —*Viseiense-Namuriense A*—, de espesor muy reducido y notable continuidad, y de la cabeza de montaña que con una potencia variable de unos lugares a otros, yace inmediatamente encima, y da origen a un agreste paisaje montañoso de notables alturas y desniveles.

A partir del *Namuriense B*, la sedimentación calcárea comienza a dejar paso a una deposición terrígena, iniciándose una regresión general que progresa desde el Norte hacia el Sur y desde el Oeste hacia el Este. El fin de las series de calizas de montaña se produce progresivamente en estas direcciones, pudiendo llegar en determinadas zonas situadas al este de la cuenca hasta el *Westfaliense A*.

La sedimentación terrígena en aguas marinas, que en determinados momentos se ve interrumpida por la aparición de bancos calizos, da paso poco a poco a un régimen parálico en el que la cuenca se mantiene a un nivel próximo al del mar, que se situaba al Este y al Sur. En este ámbito alternan materiales ricos en fauna marina con otros de origen continental, con plantas, y los intermedios con fósiles de agua dulce, presentándose tránsitos laterales de unos a otros. Este régimen se inició muy pronto en el Norte y Oeste, existiendo ya con seguridad en el *Westfaliense A*. Hacia el Sur y el Este, no se estableció hasta el *Westfaliense C*.

Estas condiciones se mantienen hasta el comienzo del *Estefaniense*, dando lugar en la Cuenca Central a la deposición de cerca de 6.000 metros de serie, de los que el 80 por 100 es de origen marino, siendo este régimen más acusado en los primeros 3.000 metros, que comprende el final del *Namuriense* y llega hasta el *Westfaliense C*, y con alternancias marinas y continentales en el resto. La secuencia productiva se presenta principalmente en los 2.500 metros superiores, siendo en ellas también predominante la sedimentación marina, aunque en menor grado, e incluyendo numerosos niveles continentales con carbón. La edad de toda esta serie es, en general, *Westfaliense D* y comprende del orden de 65 a 70 capas de carbón con espesores de 0,50 a 1,80 metros, intercaladas con pizarras, areniscas, algunos bancos calcáreos y niveles de conglomerados silíceos de notable espesor, o de cantos calizos *westfalienses*, más delgados, que indican, en este último caso, proximidad de relieves emergidos constituidos por materiales de deposición reciente.

A lo largo de este período, el proceso de subsidencia se vio interrumpido en diversas áreas de la zona cantábrica por fases de la orogenia herciniana.

Las fases *Palentina* y *Leónica*, ocurridas, respectivamente, antes del *Westfaliense B* y en el *Westfaliense D Superior*, son apreciables en Palencia y en el NE de León.

La fase *Astúrica* que se produce en el *Estefaniense A* se encuentra generalizada en todas las cuencas de la zona cantábrica y marca el fin de la sedimentación parálica y la posterior implantación de cuencas límnicas.

El conjunto de las cuencas cuya constitución estratigrá-

fica acabo de exponer de manera muy resumida, se encuentra afectado por una tectónica acusada que origina numerosos pliegues y fracturas, dando lugar a fuertes buzamientos y cambios de orientación en las capas de carbón, complicando en muchas ocasiones de modo notable su explotación.

En general, se distinguen estructuras de tipo tangencial —mantos y escamas—, que posteriormente fueron afectadas por dos sistemas principales de pliegues, siguiendo el más importante las directrices del arco astúrico, y siendo el segundo, perpendicular a éste. Como ya ha quedado indicado, la fase principal del plegamiento es la *Astúrica*.

La formación de las fallas tuvo lugar también en esta fase, aunque han debido ser rejuvenecidas posteriormente.

Como hecho verdaderamente interesante de la sucesión estratigráfica de la Cuenca Central, merece la pena destacar la diferencia existente con la mayoría de las cuencas de Europa Occidental, en cuanto a la importancia que tiene la sedimentación marina, con abundante fauna, muy repartida desde el *Tournaisiense* hasta el *Estefaniense Inferior* entre la que se intercalan materiales de origen continental, con flora, que permiten intentar correlaciones con las series del oeste de Europa, rusas y americanas, que contribuyan al mejor establecimiento de las escalas del Carbonífero.

Pertencen al *Westfaliense-Estefaniense Inferior* las cuencas de Valderrueda-Guardo-Cervera (León-Palencia), La Pernía y Barruelo (Palencia) y Cabrales (Oviedo), cuyos recursos ascienden a unos 220 Mt de hulla y antracita.

En la zona Guardo-Barruelo, el Carbonífero presenta características peculiares que lo diferencian del resto de las cuencas carboníferas descritas en la zona cantábrica. Hasta el *Westfaliense A*, las series pueden considerarse, en general, semejantes (caliza «griotte», caliza de montaña, etc.), a las expuestas en la Cuenca Central Asturiana. La presencia de potentes depósitos conglomeráticos discordantes sobre lo anterior (conglomerados de Curavacas), indica la existencia de una fase tectónica cuyos efectos sólo han sido conocidos en la zona de Palencia-León: la fase *Palentina*. Siguen a estos conglomerados sedimentos finos (pizarras, facies turbidíticas y algunos niveles calizos) que indican un relativo alejamiento de la costa. Su edad llega hasta finales del *Westfaliense C*. En esta época cambian las condiciones, el mar se hace más somero y se depositan lodos y arenas (depósitos deltaicos) con intercalaciones continentales que contienen algunas capas de carbón y calizas biogénicas lenticulares.

En el *Westfaliense D* se producen los movimientos de la Fase *Leónica*, posteriormente a la cual se instala una nueva cuenca sedimentaria carbonífera, de tipo deltaico, en la que se depositan pizarras, areniscas, calizas y conglomerados y carbón. La distribución de los materiales es muy irregular. La cuenca fue preferentemente marina en la parte oriental (Pernía-Barruelo), aumentando hacia el Oeste la influencia continental, que llega en la zona de Valderrueda-Guardo a representar más del 50 por 100 de la serie. Aquí la presencia de gonfolitas señala la proximidad del borde de la cuenca.

Estas condiciones se mantienen durante el *Westfaliense D Superior* y el *Estefaniense Inferior*, a finales del cual la fase *Astúrica* pliega todos los materiales y cierra la sedimentación de la cuenca post-Leónica.

La secuencia sedimentaria en la zona de Valderrueda-Guardo-Cervera, discordante sobre terrenos más antiguos (devónicos y carboníferos), con un espesor aproximado de 3.000 metros, está constituida por una alternancia de tramos marinos y continentales, con capas de carbón.

En La Pernía-Barruelo, con 8.000 metros, predominan, como ya se dijo antes, los sedimentos marinos con pequeñas intercalaciones continentales en las que se localizan capas de carbón.

Las estructuras más importantes se originaron en la fase *Astúrica*. En la zona Valderrueda-Guardo-Cervera el plegamiento tiene dirección E-O, y en La Pernía-Barruelo, NO-SE. Adquieren también gran importancia en esta zona los sistemas de fallas y fracturas.

Dentro del grupo de *cuencas estefanienses*, se incluyen aquellas cuyos depósitos, con características de molasa, en el sentido de depósitos posttectónicos, son discordantes sobre las formaciones plegadas de la fase *Astúrica*.

Al *Estefaniense*, en la zona sur de España, corresponde la cuenca de Puertollano (Ciudad Real), con unos recursos de hulla de 20 Mt, y en la zona occidental del área cantábrica, los yacimientos asturianos del Narcea (Subcuencas de Tineo, Cangas, Carballo y Rengos), Tormaleo-Cerredo-Villablino (Oviedo-León) y Bierzo (León). Además de las anteriores existen otras de importancia muy pequeña en la actualidad, como son las de Ferroñes, Arnao y Puerto-Ventana, en Oviedo.

De éstas son las más importantes la del Bierzo, con unos recursos de antracita de 573 Mt, y la de Tormaleo-Cerredo-Villablino con 377 Mt de hulla y antracita. Asimismo presenta un potencial considerable la cuenca del Narcea, con 79 Mt de antracita.

Son igualmente del *Estefaniense* las siguientes, incluidas en la zona oriental del área cantábrica: Ciñera-Matallana, Sabero, La Magdalena, Cansuco, Rucayo, Rezero, Salamón y Huelde-Carende, en la provincia de León, y Peña Cildá y Sebarga, al norte de la de Palencia.

La mayor parte de los recursos de este conjunto de cuencas corresponde a la de Ciñera-Matallana, con 171 Mt, seguida de Sabero con 53 Mt y La Magdalena con 12 Mt, todos ellos de hulla. El resto de las citadas reviste, en este aspecto, poca importancia.

La cuenca de Puertollano, actualmente explotada a cielo abierto, se extiende en dirección E-O, con una longitud de 11 km y anchura máxima de 4 km. Se apoya discordante sobre el Ordovicense, encontrándose recubierta en su mayor parte por acarreo cuaternarios, salvo en algunas zonas en que lo está por calizas miocenas y basaltos, y se dispone en forma de una cubeta alargada producida por un plegamiento ocurrido probablemente en la última fase de la orogenia herciniana. La edad, por la parte más alta del tramo, es *Estefaniense C* o *B* muy bajo.



# Noticias

## MINERIA

### DESCUBRIMIENTO DEL MAYOR YACIMIENTO DE URANIO DEL MUNDO

Científicos del Instituto Geológico-Paleontológico de la Universidad de Hamburgo han descubierto en la zona turca del Mar Negro unos yacimientos de uranio con las mayores cantidades hasta ahora conocidas de este metal. Según informes facilitados por la Universidad, en esta región yacen varios millones de toneladas de uranio que se han ido concentrando en los últimos 5000 años a profundidades entre 1.000 y 2.000 metros. El valor de estos yacimientos, según el precio actual de este metal en el mercado, vendría a suponer varios cientos de miles de millones de dólares.

### LA HULLERA DE YANZHOU

Desde la iniciación de los trabajos en 1966, se han puesto en funcionamiento tres pozos, y tienen cuatro en construcción, con lo cual pueden considerarse las hulleras de Yanzhou (China), como una de las principales de dicha república. Cubre una superficie de 4.000 km<sup>2</sup>, con importantes reservas. Su estructura geológica es sencilla y las capas son potentes y uniformes. Con los pozos terminados tiene una capacidad de producción de 2 millones de toneladas, la cual podrá elevarse a once millones, cuando se finalicen los otros pozos. El carbón tiene un contenido reducido en azufre y en cenizas, es óptimo para la producción de electricidad y también para la coquización.

## ARQUEOLOGIA

### 3.000 LUGARES CON OBJETOS DE VALOR ARQUEOLOGICO

En el «Hambacher Forst», entre Aquisgrán y Colonia, se inician actualmente las mayores excavaciones hasta la fecha en la República Federal de Alemania. Debido a los movimientos de tierra en comarcas enteras, a cargo de las Fábricas Renanas de Lignito (Rheinische Braunkohlewerte) existe la oportunidad de descubrir numerosos objetos procedentes desde la edad de piedra más antigua hasta el medioevo. El número de los lugares de interés arqueológico, según cálculos de los especialistas, será de unos 3.000. Un 80 por 100 de los lugares hasta ahora conocidos pertenecen a la época de la colonización romana de esta región, aunque también se han descubierto colonizaciones enteras de los campesinos más antiguos de Renania de hacia el año 4500 a. C., así como objetos de bronce de más de 3.000 años de antigüedad.

## HIDROLOGIA

### 1.400 MILLONES DE METROS CUBICOS DE AGUA SOBRE LA TIERRA

Anualmente están en circulación sobre la Tierra unos 496.000 m<sup>3</sup> de agua. Si se repartieran sobre toda la superficie terrestre, supondría un nivel de agua de 973 mm de

altura. A tal resultado han llegado los bioclimatólogos muniqueses Albert Baumgartner y Eberhard Reichel, a base de numerosos datos internacionales de medición. De la cantidad total de agua, corresponde un promedio de 82 por 100 a los mares, del que la lluvia supone un 78 por 100 (385.000 m<sup>3</sup>) y la evaporación un 86 por 100 (424.700 m<sup>3</sup>). En la superficie de los continentes resta un 22 por 100 (110.000 m<sup>3</sup>) en el caso de la lluvia y un 14 por 100 (71.400) en el de la evaporación, o sea, sólo el 18 por 100 de la masa total de agua.

El agua dulce constituye sólo una mínima parte (2,6 por 100) de la masa total acuática, que en metros cúbicos es de 1.400 millones.

## CONTAMINACION

### RESIDUOS NUCLEARES

Según la opinión de los técnicos es posible «dominar con seguridad en todas las fases de funcionamiento» la preparación química de combustibles nucleares radioactivos. A este resultado llegaron 60 representantes de las universidades, industria y centros de investigación nuclear, a quienes la Sociedad de Químicos Alemanes (Gesellschaft deutscher Chemiker) había invitado a un seminario en Gerlos/Tirol para discutir cuestiones relativas a los residuos nucleares.

Gracias a las experiencias realizadas en la instalación de reciclado de Karlsruhe desde 1971 y en la de Bélgica, explotada entre 1966 y 1974, la cuestión de los residuos nucleares no presenta problemas desde el punto de vista técnico. Así lo manifestó el presidente de la sección de química nuclear de la Sociedad de Químicos, a los Ministerios Federales del Interior y de Investigación, en el protocolo de los resultados obtenidos en el seminario. En el informe se añade que, según el estado actual de la técnica, tampoco constituye un peligro para el medio ambiente el almacenamiento intermedio de los combustibles nucleares consumidos. La Sociedad de Químicos hace la petición al Gobierno Federal de sustituir por datos exactos la formulación elegida en las disposiciones oficiales para protección radioactiva, en las que se indica que el grado de radioactividad ha de mantenerse «lo más reducido posible».

## ENERGIA

### CENTRALES TERMICAS DE CARBON COMO FUENTE DE RADIACIONES

El riesgo radiactivo en las inmediaciones de una central térmica, alimentada con hulla puede ser, bajo condiciones particularmente desfavorables, casi cien veces superior que en las inmediaciones de una central nuclear de análoga potencia. A tal conclusión han llegado los cálculos de científicos del Centro Físico-Técnico Federal de Brunswick. Una central moderna de hulla con una potencia instalada de 300 megavatios lanza todos los años a la atmósfera unos 500 toneladas de volátiles de ceniza, en los que se acumulan por enriquecimiento una serie de sustancias radiactivas contenidas en el carbón. La ingestión de tales sustancias

—por ejemplo, plomo 210 y radio 226— con la alimentación diaria, da lugar a una sobrecarga radiactiva de los huesos que puede ascender al año a 19 miliros. Una central nuclear de 600 megavatios, que emita yodo-131, no produce, en cambio, más que una sobrecarga de la tiroides de 0,4 miliros en el peor de los casos. Ambos valores no alcanzan el margen tolerable en materia de radiactividad.

### ESTRELLA DE NEUTRONES CON CAMPO MAGNETICO GIGANTESCO

Por medio de una sonda a bordo de un globo han medido por primera vez el enorme campo magnético de una estrella de neutrones. Este campo magnético, en el doble sistema estelar Hercules X-1 y a unos 12.000 años luz de la Tierra, constituye con sus 4,6 billones de gausios el mayor campo que hasta ahora se conoce en el cosmos. La Tierra, por ejemplo, tiene un campo magnético de sólo unas décimas de gausio.

Las estrellas de neutrones son el producto final de cuerpos celestes que poseen mayor masa que nuestro sol. Una vez que el cuerpo celeste agote el material combustible de su núcleo, una enorme explosión «supernova» hace que su envoltura externa salte al espacio. Tras ello se apodera la gravitación del resto de la estrella que se descompone. Hasta una especie de «cadáver de estrella» en donde se concentra en forma de bola toda la masa de un sol que viene a tener un diámetro de sólo unos 20 km. Con tales condiciones, la Tierra vendría a medir sólo unos tres milímetros.

### EL GAS NATURAL SINTETICO CAPAZ DE COMPETIR A PARTIR DE 1990

El gas natural sintético producido por reactores de temperatura alta, equivalente más o menos al gas de tierra natural, podrá competir con el petróleo y el actual gas natural ya en el año 1990, según lo muestran estudios realizados en la instalación de investigación nuclear de Jülich. Para estos años se espera también que la primera instalación combinada de reactor de temperatura alta y de gasificación del carbón entre en funcionamiento.

Para el año 2000 podrían existir ocho de estas grandes instalaciones que contribuirían con una cantidad de 25 millones de toneladas de unidades de carbón piedra, al abastecimiento energético de la República Federal de Alemania. 25 años más tarde, podrían ser ya 31 las instalaciones que vendrían a producir gas natural con una capacidad energética equivalente a 100 millones de toneladas de carbón piedra —lo cual supone aproximadamente un cuarto de todo el actual consumo de energía de la República Federal.

### EXPERIMENTO DE EXPLOTACION DEL GAS NATURAL, POR FISURACION ARTIFICIAL EN LAS MONTANAS

El desarrollo de métodos nuevos de extracción brinda la posibilidad de explotar nuevas reservas de gas natural. Mediante un tratamiento de fractura, la roca que contiene gas natural es agrietada someténdola a presiones altas con la ayuda de un líquido gelatinizado de fractura, con el objeto de crear vías artificiales de salida, por las que el gas natural pueda llegar hasta el orificio de sondeo. Con el fin de que bajo el enorme peso de los miles de metros

de subsuelo que yacen sobre ellas no vuelvan a cerrarse las grietas artificiales así abiertas, se introduce a presión un material de apoyo.

Los primeros ensayos de fractura se llevaron ya a cabo en 1947 en Kansas Occidental (EE. UU.). Pero hasta los años 70 no se llevaron a cabo tratamiento de fractura más que con cantidades pequeñas de material inyectado y en sondeos no muy profundos a través de estratos cuya permeabilidad era varias veces mayor que la del Carbonífero Superior. El avance decisivo lo supuso una tecnología de fractura desarrollada en los EE. UU. en los años 1973-1974 bajo la denominación de «MHF» («massiv hydraulic fracturing»), mediante la cual pueden inyectarse cantidades enormes —hasta cincuenta veces el sistema convencional— de líquido y material de apoyo en el estrato que contenga gas natural. De esta manera pueden crearse en el subsuelo grietas artificiales de varios centenares de metros de longitud, las cuales conectan con el orificio de sondeo una extensa zona del yacimiento.

Una fractura de este tipo se realizó dentro del marco de un programa de sondeos a plazo largo para poner en explotación los profundos y escasamente permeables yacimientos del gas naturales alemanes del Carbonífero Superior del sur de Oldenburg en el sondeo de 4.000 metros «Cappeln Z 4» de la «BEB» Gewerkschaften Brigitta y Elwerath Betriebsführungsgesellschaft, de Hannover, y Mobil Oil. En el proyecto se bombearon 660 metros cúbicos de líquido de fractura y 120.000 kilogramos de esferillas de circonio como material de apoyo o sustentación en el orificio de sondeo. Se pretende así abrir una grieta artificial de unos 580 metros de longitud.

Esta tecnología nueva fue aplicada por vez primera en la República Federal de Alemania con éxito en 1977 en el sondeo de 4.000 metros de «Goldenstedt Z 7», igualmente en el sur de Oldenburg. La extracción de gas natural en dicho sondeo se ha incrementado de unos pocos centenares a varios miles de metros cúbicos por hora. Desde entonces, el sondeo ha producido ya 100 millones de metros cúbicos de gas.

### LA SAL ACUMULA EL CALOR DEL SOL

Se ha descubierto un método de acumular la energía solar, para compensar las oscilaciones en la oferta y la demanda de energía en las diferentes épocas del año. Los cristales de sal en disolución de una solución de sal hidratada acopian en el acumulador de calor latente el calor del Sol y lo liberan cuando se produce la recristalización. Mediante la adición o la privación de calor son provocados los procesos de disolución o de solidificación. 10 metros cúbicos de sal de Glauber bastan para acumular la energía de 1.000 kilovatios/hora. Un acumulador de agua caliente debería tener un volumen de once veces y media para poder acumular la misma cantidad de calor. Las pérdidas de calor naturales de uno de estos acumuladores debidamente aislados se reducen a la mitad al cabo de unos noventa días.

### GASIFICACION NUCLEAR DEL CARBON

Con la gasificación del carbón se obtiene una especie de gas natural sintético que puede transformarse sin dificultades en metanol, probado con éxito como sucedáneo

de la gasolina. Se habla de gasificación «autotérmica», en la que se consume parcialmente el carbón como fuente de energía en el generador de gas. Una mejora del 40 por 100 del aprovechamiento del carbón en un método en el que se utiliza un reactor de temperaturas altas como fuente térmica. En esta «gasificación nuclear del carbón», el refrigerante helio calienta a través de un intercambiador de calor un segundo circuito del mismo gas que hace llegar al carbón en el generador de gas la considerable temperatura de unos 950 grados celsius.

Se proyecta en Alemania Federal la construcción de una planta prototipo que, junto con un reactor de altas temperaturas y una potencia de 500 megavatios se erigirá a mediados de la década de los 80.

Funciona desde 1977 una planta de demostración con un consumo de carbón de 200 kilogramos por hora, hallándose también en período de pruebas las condiciones posteriores de funcionamiento, es decir, una temperatura de 950 grados celsius y una presión de 40 bares en el generador de gas. La afluencia de calor se realiza de una manera «natural» a través de un circuito de helio, si bien necesita todavía el apoyo de un recalentador eléctrico para alcanzar la temperatura necesaria.

No existe la posibilidad de introducir sin más el gas de helio a temperaturas altas en el generador de gas, ya que entonces se mezclaría con el gas sintético en trance de producción, lo que plantearía después problemas de separación. Se ha impuesto también la necesidad de un segundo intercambiador de calor, una especie de «calentador eléctrico de inmersión» que penetra hasta la capa de carbón del fondo de la vasija de reacción, finamente molido y mantenido constantemente en agitación por el vapor de agua.

Deberán construirse de aquí al año 2000 varias plantas de gasificación del carbón a escala industrial, cada una de las cuales estará combinada con un reactor de temperaturas altas de 3.000 megavatios de potencia. Una instalación de este tipo dispondría de siete generadores de gas de 30 m de longitud y 7 de altura cada uno y podría transformar en gas más de 300 toneladas de carbón por hora.

El gas natural sintético así producido a partir de la hulla costaría actualmente el doble aproximadamente de lo que el gas natural normal. Pero hay que partir de la base de que cuando empiece a escasear el gas natural dentro de 15 ó 20 años habrá llegado el momento en que el gas natural resulte más caro que el sintético producido sobre tales bases, y entonces el futuro de la gasificación nuclear del carbón.

## GEOFISICA

### SONDEO SISMICO DEL MEDITERRANEO

Se espera arroje nueva luz en los misterios de la región oriental del Mediterráneo el quincuagésimo cruce de investigación que realiza el «Meteor». Durante la primera fase del viaje se sondeará el fondo del Mediterráneo junto con el buque oceanográfico israelí «Shikmona» por medio de explosiones submarinas en parte muy potentes (a veces, hasta una tonelada de trinitrotolueno). El Mediterráneo se considera más bien como un viejo océano, que, lo más probable, es que entre una placa europea y otra o varias africanas de la corteza terrestre, que se

desplazan hacia el Norte, haya sido «empujado» lentamente.

Las piezas de este juego de puzzle se juzgan e interpretan de manera muy diferente, y la realidad geológica no se corresponde muchas veces con las audaces hipótesis de los científicos. Así, por ejemplo, la distribución de las capas submarinas de sal en el Mediterráneo occidental, por ejemplo, delatan que, en contraposición a la teoría, no puede haberse operado allí ninguna clase de desplazamiento horizontal desde hace por lo menos cinco a ocho millones de años.

En el Mediterráneo oriental se alza una dorsal medioceánica, desde la que podría separar Europa y África la corriente de la corteza terrestre. También se ha descubierto allí una superficie que penetra transversalmente en la corteza terrestre y que está materialmente sembrada de focos de terremotos intensos, superficie que podría ser el límite de la placa norteafricana que penetra al mismo tiempo por debajo de Europa.

En la misma zona se halla también una fosa plana de 4.000 metros de profundidad, la cuenca del Mar Jónico, que no es menos enigmática, dando la impresión de que se trata de los restos del fondo de un antiguo océano y podría ser también el resto del océano aquí ubicado antes de la aproximación de las dos placas de la corteza terrestre procedente del Norte y el Sur. Pero las observaciones geológicas, concretamente los sondeos y mediciones de profundidad de viajes anteriores de reconocimiento del «Meteor» y del buque también alemán «Viktor Hensen», dan a entender todo lo contrario: la profunda cuenca submarina parece hundirse cada vez más y ampliarse al fragmentarse sus márgenes formando escalones.

## MATERIAS PRIMAS

### LOS YACIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS DE LA ANTARTIDA

Hasta fines de los años 60, la investigación y exploración de la Antártida cumplieron fines exclusivamente científicos. A comienzos de la década de los 70, se operó un cambio, iniciándose la investigación orientada al hallazgo de materias primas. Hoy se da por descontado que la Antártida posee unas reservas considerables de materias primas.

La base para la estimación de las reservas de materias primas de la Antártida era hasta aquí principalmente la historia geológica de este continente. Posteriormente se comprobó que el Macizo antártico de Dufek (Pensacola Mountains) se corresponde por su estructura geológica casi totalmente con los tres campos de materias primas hasta aquí conocidos de Bushveld (Sudáfrica), Sudbury (Canadá) y Stillwater (EE.UU.), en los que se explotan principalmente platino, níquel, cobre y cromo. Por otra parte, la plataforma continental del Mar de Ross tiene gran semejanza con la cuenca de Gippsland, en el extremo sudeste de Australia, donde se ha demostrado ya la existencia de unas reservas de 2.500 millones de barriles de petróleo y 220.000 millones de metros cúbicos de gas natural. En el continente antártico se han descubierto numerosos yacimientos aislados de manganeso, molibdeno, oro, plata, cobre, plomo, platino, níquel, cromo, uranio y hierro.

La exploración más avanzada es la que se dedica a la búsqueda de yacimientos de petróleo y gas natural. Los Estados Unidos han realizado, entre otros, con éxito sondeos de ensayo en el Mary Byrd-Land, sobre todo en el Mar de Ross, utilizando para ello el «Glomar Challenger». Según estimaciones del US Geological Survey, las reservas probables de dichos yacimientos se elevan a 45.000 millones de barriles de petróleo y a unos 410.000 millones de metros cúbicos de gas. También se han descubierto yacimientos de carbón en diversas partes de la Antártida oriental, de mineral de hierro en las Prince Charles Mountains y en las Pensacola Mountains, así como de cobre en la Lassiter Coast de la península antártica.

La política de información, más bien reservada, de las actuales potencias antárticas sobre los resultados de la exploración en busca de materias primas, hace sospechar, empero, que la importancia económica de dichas reservas es mucho mayor de lo que permiten sospechar los datos aseguibles sobre yacimientos de materias primas. Pero en un futuro próximo no revestirán importancia más que los bancos de krill, que están considerados como la mayor reserva de proteínas del mundo. La Unión Soviética y Japón han comenzado la explotación comercial del krill en pequeña escala, esperándose que Polonia haga próximamente lo mismo. Se calcula que hasta fines de los años 80 no se dispondrá de la tecnología adecuada para el aprovechamiento del petróleo y el gas natural antárticos. Y con la tecnología particularmente difícil para la explotación de minerales sólidos podrá contarse probablemente para fines del siglo actual.

## HIDROCARBUROS

### EL PETROLEO DE LOS ESQUISTOS BITUMINOSOS Y SU RENTABILIDAD

Como consecuencia de las subidas fuertes del precio del petróleo ha vuelto a cobrar actualidad una fuente de energía que, en su mayor parte, yace inaprovechada en el subsuelo. Según cálculos del Instituto Federal para las Geociencias y Recursos Naturales (Hannover), en la República Federal de Alemania, las reservas de esquistos o pizarras bituminosas tienen una parte extraíble de petróleo de 500 millones de toneladas.

En el yacimiento de Schandelah (Brunswick) podrían extraerse probablemente unos 100 millones de toneladas; de otros yacimientos en la Baja Sajonia, otros 25 millones aproximadamente, y de los de Baden-Wurtenber, unos diez. En Schandelah, donde las reservas de pizarras bituminosas ascienden a unos 2.000 millones de toneladas, las condiciones de explotación son relativamente favorables. El yacimiento se sitúa en una depresión a escasa profundidad y podría explotarse a cielo abierto. La cuestión de la rentabilidad de un aprovechamiento futuro de estos esquistos a gran escala técnica constituye el objeto principal de las investigaciones y no ha podido ser resuelta todavía de una manera satisfactoria. Lo que sí consta es que el aumento constante de los precios de la energía dan cada vez más visos de probabilidad a un aprovechamiento rentable de los esquistos bituminosos.

Pero por lo que se refiere al yacimiento de Brunswick, no se sabe aún qué método de destilación deberá emplear-

se. Mediante un sistema de destilación a temperaturas superiores a 450 grados celsius pueden transformarse los componentes orgánicos de las pizarras bituminosas en gas, petróleo y cok. En la elección definitiva del procedimiento de beneficio desempeñan un papel las cuestiones relacionadas con la defensa del medio, ya que no sólo se pretende que sea óptimo el resultado de la destilación, sino también mínima la contaminación a que dé lugar el procedimiento.

En la concepción básica de la planta de Brunswick, las pizarras, extraídas a cielo abierto, pasan a la planta de elaboración, donde son trituradas y secadas. En la planta de destilación se mezclan con el flujo ardiente de los residuos esquistos, calentándose hasta alcanzar la temperatura necesaria de destilación. Los productos así obtenidos son crudos de petróleo esquistoso y gases de destilación que poseen un elevado nivel térmico. El carbono contenido en los residuos esquistosos se quema y suministra energía para los procesos. El petróleo así obtenido tiene que pasar antes de destinarlo a los usos normales por una refinería.

Los análisis geoquímicos ponen de manifiesto que en las pizarras bituminosas de Brunswick hay toda una serie de trazas en concentraciones económicamente interesantes. Tal ocurre con materias primas como el molibdeno, el cobre, el cobalto, el níquel, el uranio, el torio, el vanadio y las tierras raras. La obtención de metales valiosos como productos secundarios mejoraría el cálculo de rentabilidad de una posible explotación de las pizarras bituminosas.

### BOTELLA GIGANTE PARA LA BUSQUEDA DE PETROLEO

La «Conat» es una gigantesca torre de hormigón en forma de botella, unida de una manera móvil al fondo del mar mediante una rótula de acero, no sobresaliendo de la superficie del mar más que su «cuello», relativamente corto. En él sólo hay una pequeña plataforma que sirve para el aterrizaje de helicópteros y para base de las grúas de la recogida de materiales, ya que la totalidad de los elementos de trabajo y todas las instalaciones de producción pueden ubicarse en el interior de la botella.

La articulación permite, por de pronto, rehuir la fuerza del oleaje, el viento y las corrientes que inciden sobre la torre, construida inicialmente para profundidades no superiores a 150 metros. Estos movimientos sólo supondrán unos pocos grados de inclinación y se desarrollan muy lentamente; representan una descarga considerable para la construcción de la torre, lo que abarata su fabricación y hace rentable su utilización en campos petrolíferos menores. También son posibles otras aplicaciones; por ejemplo, como estación de suministro o central eléctrica.

## INVESTIGACION ESPACIAL

### PROYECTO GALILEO PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA DEL PLANETA JUPITER

El proyecto Galileo es una misión espacial interplanetaria para el estudio del sistema de Júpiter con ayuda de mediciones del planeta in situ y a distancia, en sus alre-

dedores y en sus diversas lunas. La República Federal participa además con experimentos de grupos de trabajo del Instituto Max Planck de Aeronomía (Lindau/Harz), del Instituto Max Planck de Física Nuclear (Heidelberg) y de institutos de las Universidades de Bonn, Brunswick y Munich.

La sonda será transportada en 1982 a bordo del transportador especial Space-Shuttle a una órbita terrestre.

objetos muestra claras diferencias de luminosidad en menos de tres días. Y ello es sólo posible en el caso de que su volumen radiante sea menor que una centésima de año de luz. Podrá llegarse a conclusiones más exactas, con la ayuda de la «interferometría intercontinental», o interconexión a escala mundial de radiotelescopios, consistente en la observación simultánea exacta de los mismos objetos desde lugares muy distantes de la Tierra. Tal interconexión equivale entonces a un solo radiotelescopio gigante y de superprecisión.

LOS «ENANOS GIGANTES» DEL UNIVERSO

Los quasares, no obstante su inconcebible luminosidad, que equivale a más de un billón de soles, que están en el espacio a distancias de nosotros que pueden llegar a 10.000 millones de años de luz, son demasiado «pequeños» para poder producir una radiación energética de tal categoría. Su objeto central no puede tener más que unos 10.000 millones de kilómetros o una milésima de año de luz de diámetro, y se encuentran dentro de una nebulosa de uno a diez años de luz de diámetro, que en sus zonas exteriores alcanza todavía temperaturas de unos 10.000 grados celsius. Desde la vecindad inmediata de esos extraños cuerpos celestes llega hasta nosotros una intensísima radiación radioeléctrica que, aparentemente, procede de la «nada».

Para una interpretación de la balanza energética del objeto central del quasar no bastan los procesos de fusión nuclear, se supone que se encuentra en un estado de colapso gravitatorio. En comparación con la fusión nuclear, se alcanzan así niveles energéticos de cincuenta veces. Bajo tales condiciones, el centro de un quasar podría consistir en un cuerpo muy achatado como consecuencia de la rápida rotación y equivalente aproximadamente a la masa de 100 millones de soles de 10.000 millones de kilómetros de diámetro más o menos, es decir, de un llamado spinar.

En la superficie de dichos spinares existen enormes campos magnéticos del orden de los 100.000 gauss. Como participan en la rotación rápida, tiene lugar lo que se denomina un proceso de centrifugación del campo magnético. A partir de él puede explicarse a su vez el fenómeno de la radiación radioeléctrica en los «lóbulos», situado sobre los polos giratorios del spinar. Y es que aquí tiene lugar lo que Priester ha calificado de «segundo proceso radiactivo fundamental en el cosmos», junto a la reacción termonuclear. En dicho proceso producen electrones casi tan rápidos como la luz radioenergía bajo la forma de radiación sincrotrónica.

Los quasares —y las radiogalaxias, cuyas dimensiones son incomparablemente mayores— parecen llamar sobre todo la atención a causa de dicho efecto, toda vez que la inmensa mayoría de las radiogalaxias (alrededor del 78 por 100) dispone (casi siempre) de dos fuentes de radiación contrapuestas, que parecen estar situadas en la «nada», a una distancia mayor o menor del centro. Lo que, por supuesto, no está claro es si los electrones relativistas se producen en las mismas fuentes de radiaciones o llegan a ellas de modo no explicado aún desde el objeto central.

No cabe dudar del tamaño «mínimo» de los quasares en comparación con su inmensa emisión de energía, tamaño que ha dado necesariamente lugar a tales consecuencias, ya que un cierto número de esos enigmáticos

LOS IMPACTOS DE METEORITOS

Numerosas investigaciones nuevas han conseguido captar mejor la frecuencia de los impactos de meteoritos en el transcurso de la historia del sistema planetario. Fue posible documentar la protohistoria, realmente caótica, de nuestro mundo planetario. La posibilidad de tales investigaciones las pone, por ejemplo, de manifiesto la actuación en la Luna, donde se conoce muy bien la edad de las diversas estructuras de los cráteres y de los «mares» lunares. Merced al recuento de los impactos en las estructuras antiguas y su comparación con los recuentos en zonas más jóvenes de la Luna se ha conseguido demostrar claramente que los impactos de meteoritos en la protohistoria de nuestro sistema planetario eran incomparablemente más frecuentes que en períodos posteriores.

En la protohistoria de nuestro sistema planetario, cuyos protoplanetas y el Sol se condensaron hace unos 4.600 millones de años a partir de una colosal nube de polvo cósmico, reinaba un auténtico caos. Una modesta impresión del mismo lo da únicamente el anillo de asteroides —que probablemente procede de esa época— entre Marte y Júpiter, con sus decenas de miles de pequeños y pequeñísimos cuerpos celestes. En el estadio temprano pudo darse un hervidero parecido de pequeños y mínimos protoplanetas prácticamente por doquier. Todos ellos se movían por las trayectorias más diversas, chocando frecuentemente, uniéndose mediante la gravitación para formar masas mayores y, por último, el resultado final fue que los cuerpos celestes de mayor masa y, por consiguiente, que atraían con gran fuerza a los menores, formaron su propia masa a costa de los protoplanetas pequeños.

Las catástrofes de dimensiones cósmicas son hoy infrecuentes, aunque no imposibles. Hace 14,6 millones de años, por ejemplo, surgió el Nördlinger Ries a causa del impacto de un meteorito que formó un cráter de unos 20 kilómetros de diámetro. En 1908 devastó el impacto de un cometa probablemente la región de Tunguska en Siberia. Y numerosas tectitas o cuerpos de vidrio de fusión en una extensa área entre Australia y el sur de Asia, son los testimonios de un enigmático evento ocurrido hace unos 700.000 años, que muy probablemente fue una auténtica catástrofe cósmica, pese a que hasta la fecha no se han encontrado grandes cráteres producidos por los impactos de los meteoritos correspondientes.

El «mañana» tiene en este sentido un límite; la intensidad de irradiación del Sol aumenta lenta pero constantemente y dentro de 4.500 millones de años será tan intensa que los océanos de la Tierra comenzarán a hervir.

# Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
105	9953	2-V-79	I. y E.	Minerales. Concesiones de explotación.—Resolución de la Delegación Provincial de La Coruña por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
105	9952	2-V-79	I. y E.	Minerales. Permisos de investigación.—Resolución de la Delegación Provincial de Gerona por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación que se citan.
105	9954	2-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Toledo por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
106	10032	3-V-79	I. y E.	Minerales. Concesiones de explotación.—Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Córdoba por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Granada por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zaragoza por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita.
106	10032	3-V-79	I. y E.	Minerales. Permisos de exploración.—Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Huelva por la que se hace público el otorgamiento del permiso de explotación minera que se cita.
106	10032	3-V-79	I. y E.	Minerales. Permisos de investigación.—Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Castellón por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
106	10032	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Ciudad Real por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Jaén por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
106	10033	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Pontevedra por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Segovia por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Soria por la que se hace pública la cancelación de los permisos de investigación minera que se citan.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Toledo por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
106	10034	3-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zamora por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
107	10120	4-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resoluciones de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
107	10126	4-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Soria por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
107	10126	4-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zaragoza por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
108	10239	5-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
108	10240	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Córdoba por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
108	10241	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace pública la caducidad de la concesión minera que se cita.
108	10241	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de La Coruña por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
108	10242	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Málaga por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita.
108	10239	5-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Castellón por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
108	10240	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Ciudad Real por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
108	10241	5-V-79	I. y E.	RESOLUCIONES de la Delegación Provincial de Cuenca por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
108	10241	5-V-79	I. y E.	RESOLUCIONES de la Delegación Provincial de Gerona por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
108	10241	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Huelva por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
108	10242	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
108	10242	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
108	10243	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Orense por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
108	10243	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Soria por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
108	10243	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Toledo por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
108	10243	5-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zamora por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
145	13538	18-VI-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Santander por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
152	14404	26-VI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Jaén por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
152	14405	26-VI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Santander por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
<b>HIDROCARBUROS</b>				
109	10297	7-V-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 2 de abril de 1979 por la que se aprueba el contrato entre las Sociedades «Elf Aquitaine», «Ciepsa», «Eniepsa» y «Camps», por el que las dos primeras ceden a las segundas determinadas participaciones en el permiso de investigación de hidrocarburos «Salinas de Añana y Demasia».
128	11886	29-V-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Real Decreto 1253/1979, de 4 de abril, sobre otorgamiento a «Amoco» y «Conspain» de un permiso de investigación de hidrocarburos situado en la zona C, subzona a).
128	11887	29-V-79	I. y E.	REAL DECRETO 1254/1979, de 4 de abril, por el que se autoriza a la Sociedad «España Citiers Service Ins» para ser titular de permiso de investigación y concesiones de explotación de hidrocarburos.
132	12252	2-VI-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Real Decreto 1287/1979, de 20 de abril, de otorgamiento al «Monopolio de Petróleos» de los permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
152	14396	26-VI-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 3 de marzo de 1979 por la que «Shell España, N. V.», «American Petrofina Exploration Company» y «Monopolio de Petróleos» renuncian al permiso de investigación de hidrocarburos «Valls», en la zona A.
152	14396	26-VI-79	I. y E.	ORDEN de 3 de mayo de 1979 sobre un contrato por el que «Eniepsa» cede a «Murphy» y a «Ocean» un 25 por 100 a cada Sociedad en los permisos de investigación «Vizcaya B y C».
<b>RESERVAS</b>				
108	10234	5-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de carbones, en un área de las provincias de Lérida y Huesca.
126	11709	26-V-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de lignitos, en un área de las provincias de Jaén y Córdoba.
126	11710	26-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de lignitos, en un área de las provincias de Sevilla, Córdoba, Cádiz, Málaga y Granada.
126	11710	26-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de lignitos, en un área de las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz.
126	11710	26-V-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de carbones, en un área de las provincias de Guadalajara, Cuenca, Teruel y Valencia.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
<b>VARIOS</b>				
106	10021	3-V-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la ampliación de la concesión otorgada a «Llansá, S. A.», por resolución de 6 de diciembre de 1974, así como conceder a dicha Sociedad el aprovechamiento de un caudal de aguas públicas subálveas de la riera de Ballela.
110	10355	8-V-79	OP. y U.	<i>Autorizaciones.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas «Las Molinas» para continuar una perforación de una galería en término municipal de Los Realejos (isla de Tenerife).
118	10941	17-V-79	A. Ext.	<i>Acuerdos internacionales.</i> —Convenio entre el Gobierno del Reino de España y el Gobierno de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sobre Cooperación Científica y Técnica, firmado en Moscú el 19 de enero de 1979.
119	11069	18-V-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a doña Carmen y doña Eulalia Muns Bonvehi de un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente «Can Estela», de 237.600 litros diarios, en término municipal de Montgat (Barcelona), con destino a riegos.
120	11162	19-V-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a doña Nieves González Olalla y otra de un aprovechamiento de aguas subálveas del arroyo Manzano, en término municipal de Torrox (Málaga), con destino a riegos.
120	11163	19-V-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a don Antonio Blanch Font de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del torrente Poal, en término municipal de Las Franquesas del Vallés (Barcelona).
128	11639	29-V-79	I. y E.	<i>Aparatos a presión. Reglamento.</i> —Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
132	12221	2-VI-79	Hacienda	<i>Productos petrolíferos.</i> —Orden de 1 de junio de 1979 por la que se modifican los precios de venta al público de determinados productos petrolíferos en el ámbito del Monopolio de Petróleos.
132	12223	2-VI-79	I. y E.	<i>Productos petrolíferos.</i> —Orden de 1 de junio de 1979 por la que se modifican los precios de venta al público de determinados productos petrolíferos en las áreas fuera del Monopolio de Petróleos.
132	12224	2-VI-79	Cultura	<i>Patronato de Casas para Funcionarios.</i> —Corrección de errores de la Orden de 8 de mayo de 1979 por la que se aprueba el Reglamento para la adjudicación y uso de vivienda del Patronato de Casas para Funcionarios del Ministerio de Cultura.
138	12862	9-VI-79	I. y E.	<i>Combustibles y carburantes.</i> —Real Decreto 1336/1979, de 8 de junio, por el que se modifican temporalmente las especificaciones del fuel-oil pesado número 1.
147	13667	20-VI-79	Hacienda	<i>Productos petrolíferos.</i> —Corrección de erratas de la Orden de 1 de junio de 1979 por la que se modifican los precios de venta al público de determinados productos petrolíferos en el ámbito del Monopolio de Petróleos.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
147	13783	20-VI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Segovia por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
152	14384	26-VI-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don José Ferrer Torrents y otra de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del torrente Las Colominas, en término municipal de Santa María de Miralles (Barcelona), con destino a usos domésticos no potables y atenciones de una granja avícola.
152	14405	26-VI-79	Agricultura	<i>Conservación de suelos.</i> —Orden de 9 de abril de 1979 por la que se aprueba el plan de conservación de suelos de la «Cuenca del Barranco del Almendro», del término municipal de Villanueva de las Torres, en la provincia de Granada.
153	14615	27-VI-79	I. y E.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Orden de 5 de junio de 1979 por la que se aceptan las solicitudes para acogerse a los beneficios previstos en el Decreto 2879/1974, de 10 de octubre, aplicable a las empresas que proyectan instalaciones industriales en la zona de preferente localización industrial de Badajoz.
154	14686	28-VI-79	I. y E.	<i>Aparatos a presión. Reglamento.</i> —Corrección de errores del Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
154	14743	28-VI-79	Pcia., G.º	<i>Polígonos industriales.</i> —Real Decreto 1537/1979, de 22 de junio, sobre calificación de polígono industrial como de preferente localización industrial.
154	14745	28-VI-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión solicitada por don Julio Bonet Ninot de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Anguera, en término municipal de Rocafort de Queralt (Tarragona), con destino a usos domésticos, excepto bebida y riego de jardines.
156	14999	30-VI-79	I. y E.	<i>Gas. Instalaciones y suministros.</i> —Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se autoriza a la «Empresa Nacional del Gas, S. A.» (ENAGAS), la construcción de las instalaciones correspondientes al tramo de la red de gasoductos para la conducción de gas natural entre Barcelona, Valencia y Vascongadas, situado en la provincia de Burgos, y que afecta a los términos municipales de Miranda de Ebro, Condado de Treviño y La Puebla de Arganzón.
156	15000	30-VI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de la Energía por la que se autoriza a la «Empresa Nacional del Gas, S. A.» (ENAGAS), la construcción de las instalaciones correspondientes al tramo de la red de gasoductos para la conducción de gas natural entre Barcelona, Valencia y Vascongadas, situado en la provincia de Alava y comprendido entre los términos municipales de Zambrana y Villarreal de Alava.
156	15011	30-VI-79	Agricultura	<i>Conservación de suelos.</i> —Resolución del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza por la que se aprueba el plan de conservación de suelos de la finca «Río Salado», del término municipal de Bolea, en la provincia de Huesca.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

ASSUMPCIÓ ORÓ ALTISENT: *Bibliografía geológica española* (1973). Acta Geol. Hisp. Año X, núm. 6. Nov.-Dic. 1975, publicado en 1978, 37 págs.

En este fascículo se recopilan los trabajos sobre geología española publicados durante el año 1973, con esta aportación queda completa la información del decenio 1964-73.

Las reseñas están agrupadas en los capítulos siguientes: Mineralogía, Petrografía, Estratigrafía, Tectónica, Física del Globo, Fenómenos geológicos, Geología aplicada, Agrupaciones y actividades geológicas, Geología regional, Paleontología.—L. DE A.

### MINERALOGIA

GIUSEPPE MANUPPELLA y JOSE CARLOS BALACÓ MOREIRA: *Geología e amostragem. Argilas da região entre Rio Mãior e Alcobaca*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, págs. 147 a 157, 1977.

El estudio se refiere al denominado gran macizo calizo extremeño. Dan el panorama del encuadre geológico de la región, destacando cuanto se refiere a las formaciones geológicas aflorantes.

Indican el tipo de demuestre utilizado, y dan en unas tablas anejas los resultados de los análisis químicos.—L. DE A.

LUIS SERRANO: *Mineralogía e quimismo. Argilas da região entre Rio Mãior e Alcobaca*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, págs. 159 a 176, 1977.

Publican los datos concernientes a la composición química y mineralógica de las arcillas del Malm de la región de Rio Maior-Alcobaza. A partir de las composiciones mineralógica cualitativa y cuantitativa, obtenidas por técnicas corrientes (difracción de rayos X, ATD, TG y análisis químico), establecen una cartografía mineralógica con cinco unidades, definiendo una zona de arcillas carbonatadas, una zona de arcillas ílticas, una zona de arcillas caoliníticas, una zona de arcillas montmorilloníticas y una zona mixta al NW (o de arcillas diferentes coexistentes).

Queda estudiada la correlación posible entre los diferentes elementos y concluye, es significativo para los pares MgO-CaO, la pérdida por el fuego del SiO<sub>2</sub> y del CaO.—L. DE A.

A. CASAL MOURA y JOSÉ GRADE: *Estudo tecnológico. Argilas da região entre Rio Mãior e Alcobaca*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, págs. 177 a 202, 1977.

Efectúan el estudio tecnológico de 75 muestras de arcillas procedentes de la región de Rio Mayor-Alcobaza (sinclinal de A-dos-Francos). Mencionan las técnicas utili-

zadas y analizan los resultados, de manera de explicar en cuanto es posible, como consecuencia de la composición química y mineralógica de las arcillas, el comportamiento diferente de diversas muestras.

Hacen un resumen de las características generales más importantes de las arcillas estudiadas y se pronuncian sobre su aplicación probable para la fabricación de tejas, ladrillos, agregados ligeros y eventualmente de cerámica.—L. DE A.

G. MANUPPELLA y J. C. BALACÓ MOREIRA: *Calcários e dolómicos da serra da Picávessa (Loule)*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, pp. 233 a 241 (1977).

Como está previsto el estudio general de las formaciones calizas y dolomíticas de la cuenca sedimentaria del Algarve, los autores publican el criterio establecido para el muestreo.

Como ensayo efectúan un estudio del comportamiento químico de las formaciones de la Sierra de Picavessa, una de las zonas más complejas, desde los puntos de vista geológico y tectónico.—L. DE A.

G. MANUPPELLA y J. C. BALACÓ MOREIRA: *Calcários e dolómicos da área de Sesimbra-Cábo Espichel*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, pp. 263 a 279 (1977).

Se trata de una continuación para las calizas, de los estudios realizados anteriormente para las dolomitas de la misma zona.

Tratan del encuadre geológico general y de los accidentes tectónicos que afectan a la zona estudiada, completado con una descripción detallada de la serie estratigráfica.

Describen detenidamente los cortes efectuados en diversos puntos de la zona para la toma de muestras, con indicación de las formaciones cortadas, dan un cuadro con los resultados del análisis químico, así como una serie de consideraciones complementarias.—L. DE A.

### CRIADEROS

D. DE CARBALHO: *Lineament patterns and hypogene mineralization in Portugal*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, pp. 91-106 (1977).

Del análisis de la distribución de los criaderos higenéticos en relación con las alineaciones geológicas de naturaleza tectónica y estructural más importantes, detectadas por criterios geológicos, geomorfológicos y fotogeológicos, resultan implicaciones con interés inmediato de naturaleza teórica y práctica.

Ha definido cuatro grupos principales de alineaciones: NNE-SSW a NE-SW, NW-SE a NNW-SSW, E-W a ENE-WSW y N-S.

La localización de los yacimientos endógenos en relación con estas alineaciones, muestran la existencia de una presencia preferencial en las áreas próximas a sus intersecciones, sugiriendo que la intersección estructural fue un factor determinante de su deposición.

Entre las cuatro alineaciones destacan preponderantemente las de los grupos primero y segundo. Son notoriamente importantes los criaderos de la dirección E-W, en la zona de latitudes de 38 a 40° N correspondientes a zonas de franca estructura profunda.

Indica diversas áreas de interés aparente para la prospección. Sugiere que el condicionamiento estructural por alineaciones y sus intersecciones no excluyen, en modo alguno, una dependencia en relación con los ambientes tectónicos generados por los mecanismos de tectónica global. Una fracturación que afecte a las placas, condiciona muy probablemente a la localización preferencial de actividades eruptivas con todo el cortejo asociado de mineralizaciones, pudiendo resultar una distribución no lineal de los criaderos minerales. Refiere como ejemplo de probable combinación de los dos tipos de coincidencia estructural simultánea la faja piritosa ibérica.—L. de A.

J. M. FARINHA RAMOS y J. M. SANTOS OLIVEIRA: *Prospección geológica e geoquímica na área schelítica de Vila Nova de Foz Côa (Norte de Portugal)*. Estudios, Notas e Trabalhos do S. F. M., V. XXIII, pp. 107 a 145 (1977).

Realizan estudios geológicos y estructurales a escala regional, que permitirán individualizar áreas menores con posible interés minero.

La fase subsecuente de prospección comprende estudios geológicos y geoquímicos, a escala local, en una de las áreas definidas inicialmente como más favorables (área de Freixo de Numão). La realización de reconocimientos superficiales por zanjas, permiten reunir interesantes muestras de carácter geológico y estructural.

Fueron llevados a efecto simultáneamente estudios de prospección geoquímica de W, Sn, Be, estudiando las características de distribución y variación del volframio (y otros elementos) a lo largo de las zonas mineralizadas.

Los autores llegan a la conclusión de que en el área estudiada hay una concordancia estricta en los resultados obtenidos a partir de la aplicación conjunta de los dos métodos. Es posible descubrir la existencia de niveles calco-silicatados vírgenes, mineralizados con schelita, en zonas donde la cobertura no permitió anteriormente evidenciarlas.

Sugieren los autores la aplicación de sus técnicas de trabajo a otras zonas de características análogas, para la prospección de schelita.—L. de A.

## HIDROLOGIA

J. DURIGNEUX: *Composición química de las aguas y barros de la laguna Mar Chiquita, en la provincia de Córdoba*. Acad. Nac. de Cien. Córdoba (Argentina). Miscelánea 59, 13 pp. (1978).

Numerosos análisis químicos de muestras de agua tomadas en diversos puntos de la laguna de Mar Chiquita

(Córdoba, Rep. Argentina), tienen una homogeneidad grande a cierta distancia de las desembocaduras de los tres ríos. Muestran los resultados un contenido considerable en sulfato y cloruro de sodio, acompañados de cloruro de litio, cloruro de potasio y sulfato de magnesio. La contaminación por plomo, mercurio o cinc es prácticamente nula. Estos contaminantes precipitan en forma de sulfuros, constituyendo barros, los cuales tienen una variedad grande en su composición.—L. de A.

## PETROGRAFIA

A. CASAL MOURA y J. GRADE: *Contribuição para o estudo da expansibilidade dos xistos ardósíferos da região de Valongo*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M. V. XXIII, pp. 243 a 262 (1977).

Estudian la expansibilidad de los esquistos pizarrosos de la región Suzão (Valongo). Describen los fenómenos experimentados durante el tratamiento térmico y precisan las transformaciones mineralógicas consecuentes del cambio estructural.

Establecen las características de los esquistos que poseen esta propiedad y proponen una orientación para la continuación de las investigaciones de esta materia prima, con el objetivo de hacer posible su contribución en la fabricación de agregados ligeros utilizables en las obras públicas.—L. de A.

## AGUAS MINEROMEDICINALES

ANÓNIMO: *Los balnearios no son «reliquias»*. Documentos del B.º de Bilbao, núm. 49, 5 marzo 1979, 4 pp.

Comenta la situación actual de los clientes que «toman las aguas» en España, con un total de 60.000, y 15.000 camas, en sus 90 balnearios en actividad, y consideran la importancia de unos buenos y modernos establecimientos para fomentar un turismo más selecto que el actual, con una estancia media de tres semanas, acompañado de la consiguiente entrada de divisas.

Hasta ahora, el termalismo en España estuvo en manos de la iniciativa privada, el esfuerzo y el entusiasmo de sus propietarios. Destaca la importancia prácticamente nula dada en nuestras facultades de medicina a la hidrología aplicada a la terapia, salvo en el doctorado de la Universidad Complutense, en momentos en los que la OMS le concede trascendental significación.

Con ideas análogas a las que venimos defendiendo desde hace cuarenta años, referentes a la importancia del termalismo social, defensa en otros países de la economía de los establecimientos balnearios, con permanencia en épocas fuera de temporada, e incluso del «termalismo deportivo», del cual en nuestras visitas a algunos establecimientos hemos visto gráficas y conocido casos verdaderamente interesantes.

Finaliza con una serie de perspectivas futuras, basadas principalmente en subvenciones por la Secretaría de Estado para el Turismo.—L. de A.

## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 1.—1.º 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 x 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.

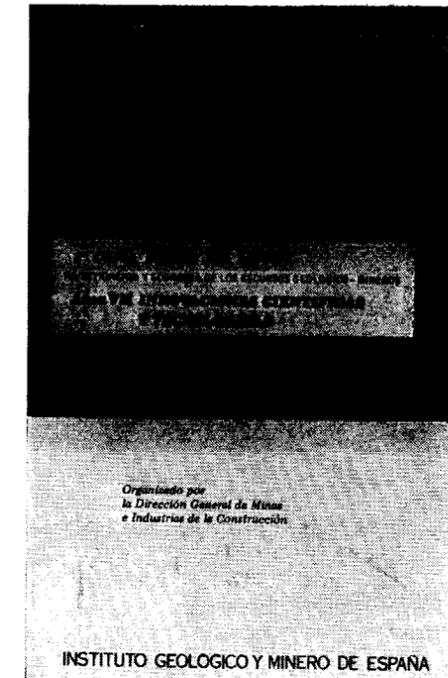
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros.

Area IV. Desarrollo Minero y Minerológico.

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 Arnteiro 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 Mennera, 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. Pirritas:** 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 Guillermín, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Estroncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugul (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

#### 4. AGRADECIMIENTOS.

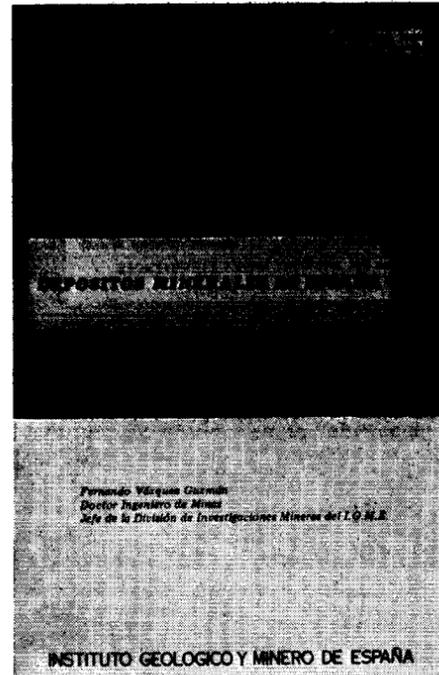
#### 5. BIBLIOGRAFIA.

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. Reunión de Mineralogía y Metalogénia del hierro

El tercer número de la colección Temas Geológico - Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogénia del hierro» en la Península Ibérica. 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:

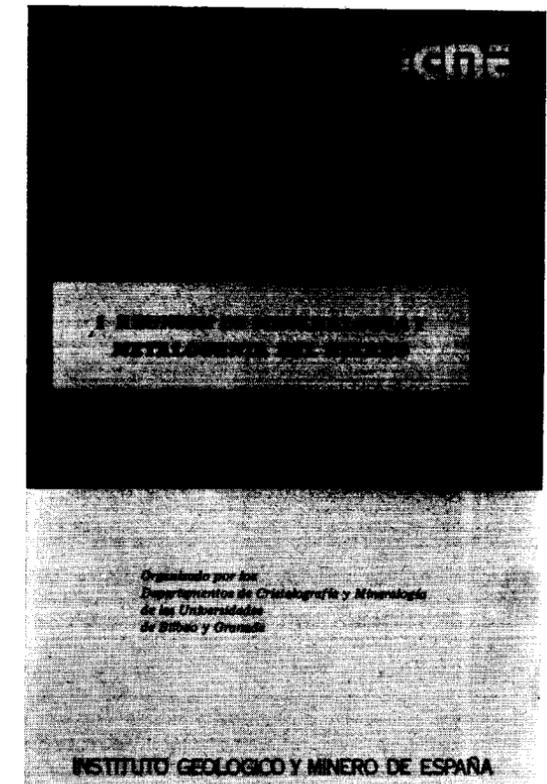
- Mineralizaciones de skarn Olivenza-Monesterio.
- La reserva de Alanis (Cerro Muriano).
- La reserva SW desde la provincia de Córdoba hasta la frontera de Portugal.

#### En el Sector SE:

- Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en el Triás 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 Triás 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 micasesquistos 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-Aii.



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 Porcia, 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-Aii.
5. Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. Por: F. Velasco y J. M. Amigó.
6. Metalogénia y Geología de las mineralizaciones de hierro oolítico del NW de la Península. Por: R. Lunar Hernández.
7. Mineralogía y Mineralogénia del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalupe). Por: C. Fernández-Nieto y F. Arrese Serrano.

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

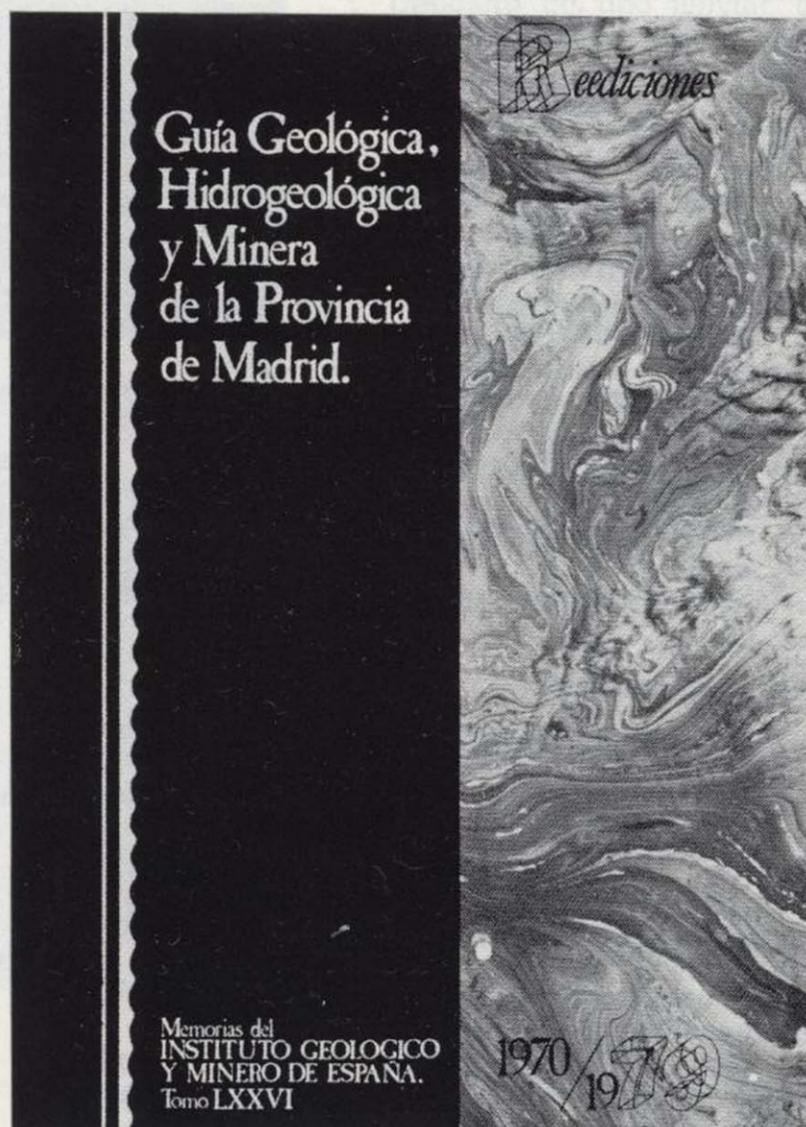
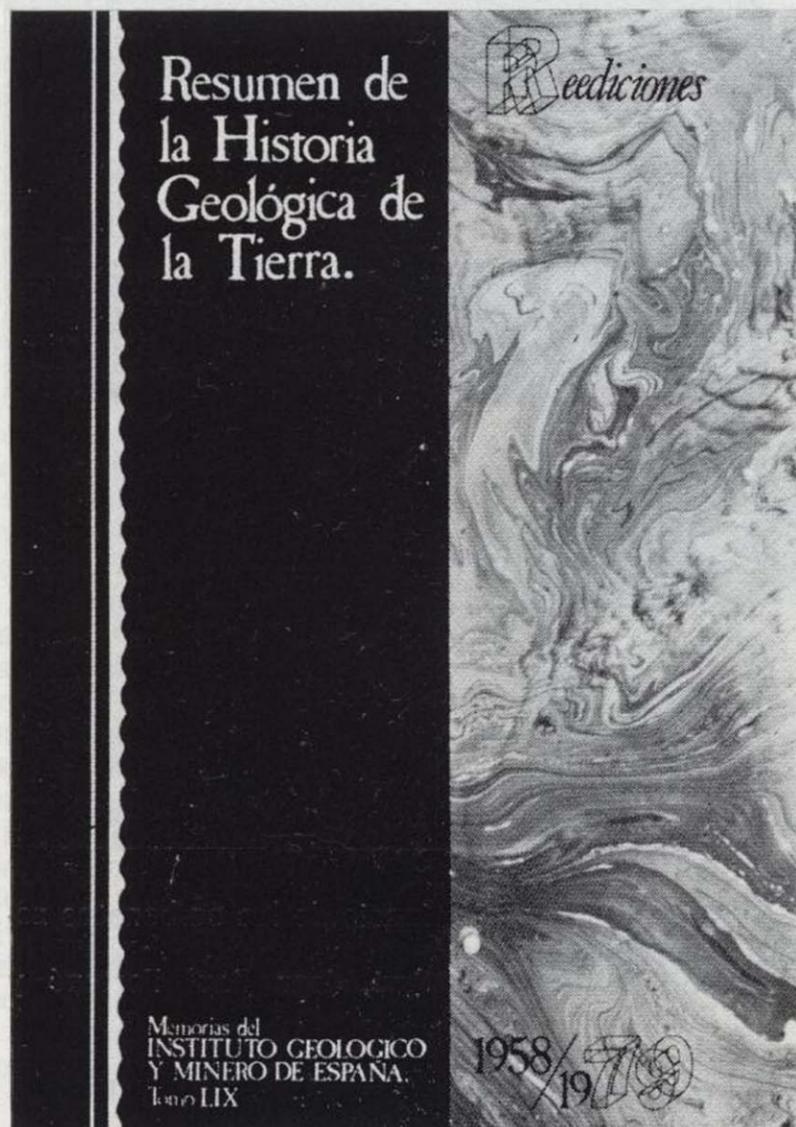
## COLECCION REEDICIONES

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 × 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

- Resumen de la Historia Geológica de la tierra.
- El petróleo.
- El Cretáceo en España.
- Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid.

En prensa quedan nuevos títulos para publicar en el próximo año de 1980.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

## COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 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 Siñeriz**. 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 42 - 1944. **P. Fallot y A. Marín**. La Cordillera del Rif. Volumen I, II y Atlas.
- Tomo 48 - 1944. **J. García Siñeriz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56 - 1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60 - 1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61 - 1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62 - 1961. **Febrel Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **J. M.ª Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65 - 1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66 - 1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 67 - 1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69 - 1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70 - 1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrenées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71 - 1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72 - 1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73 - 1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74 - 1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75 - 1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 77 - 1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de 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.ª Carballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89 - 1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90 - 1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91 - 1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.
- Tomo 92 - 1978. **Andrés Pérez Estaun**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93 - 1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.
- Tomo 94 - 1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón**. Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.
- Tomo 95 (\*) - 1979. **Antonio Pulido Bosch**. Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nor-Oriental (Provincias de Valencia y Alicante).
- Tomo 96 - 1979. **Luisa Martínez Chacón**. Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.
- Tomo 97 (\*\*)- 1979. **Tomás Rodríguez Estrella**. Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.

**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 I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

### VOLUMENES PUBLICADOS

- 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.
- 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.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
- 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).
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca (Málaga).
- Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos. Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcareas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.

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

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

## 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.

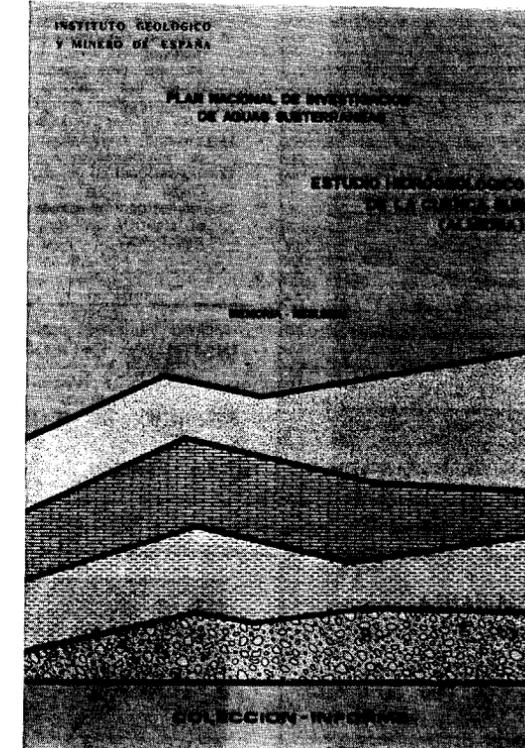
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO 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 Cuenca del Almanzora y Antas.
- INFORME VIII Cuenca del Aguas.
- INFORME IX Cuenca del Adra.
- INFORME X Campo de Níjar.

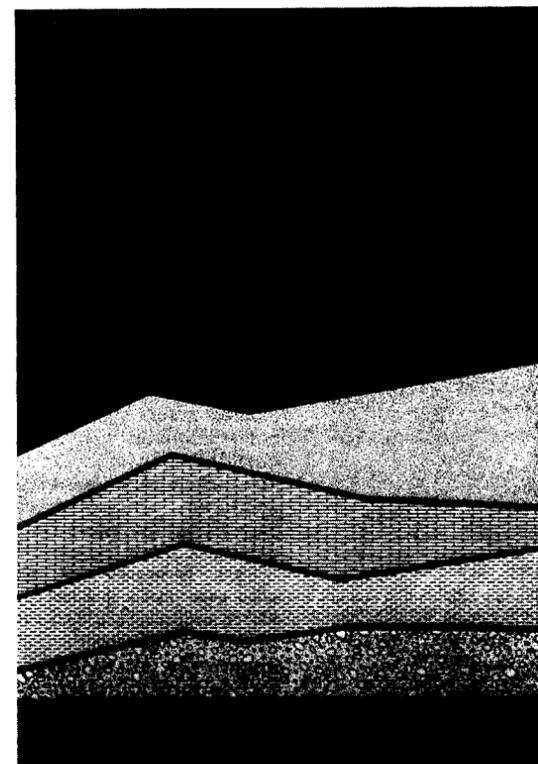


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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.

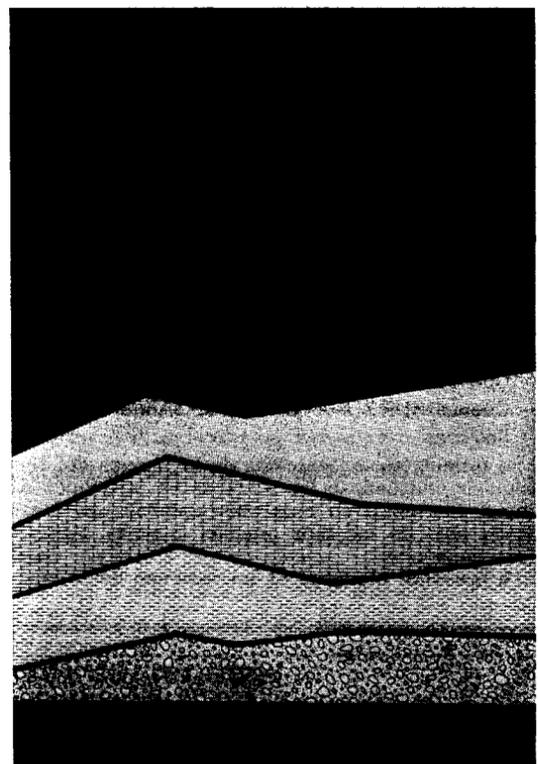
El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos 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.                       | 142. Aoiz.                    | 606. Chinchón.                      | 909. Nerpio.                       |
| 2. Cillero.                      | 143. Navascués.               | 607. Tarancón.                      | 910. Caravaca.                     |
| 3. San Ciprián.                  | 154. Lalín.                   | 612. Ademuz.                        | 911. Cehégín.                      |
| 6. San Salvador de Serantes.     | 155. Chantada.                | 613. Camarena de la Sierra.         | 912. Mula.                         |
| 7. Cedeira.                      | 159. Bembibre.                | 614. Manzanera.                     | 913. Orihuela.                     |
| 8. Vivero.                       | 169. Casalarreina.            | 615. Alcora.                        | 914. Guardamar del Segura.         |
| 9. Foz.                          | 175. Sigües.                  | 616. Villafames.                    | 919. Almadén de la Plata.          |
| 12. Busto.                       | 187. Orense.                  | 617. Faro de Oropesa.               | 920. Constantina.                  |
| 13. Avilés.                      | 188. Nogueira de Ramuín.      | 618. Ocaña.                         | 921. Navas de la Concepción.       |
| 14. Gijón.                       | 204. Logroño.                 | 619. Horcajo de Santiago.           | 922. Santa María de Trassierra.    |
| 15. Lastres.                     | 205. Lodoso.                  | 635. Fuentes.                       | 923. Córdoba.                      |
| 21. La Coruña.                   | 207. Sos del Rey Católico.    | 636. Villar del Humo.               | 924. Bujalance.                    |
| 22. Puentedeume.                 | 225. Ribadavia.               | 637. Landeta.                       | 930. Puebla de Don Fadrique.       |
| 23. Puentes de García Rodríguez. | 226. Allariz.                 | 638. Alpuente.                      | 931. Zarcilla de Ramos.            |
| 24. Mondoñedo.                   | 236. Astudillo.               | 639. Jérica.                        | 932. Coy.                          |
| 27. Tineo.                       | 237. Castrogeriz.             | 640. Segorbe.                       | 933. Alcantarilla.                 |
| 28. Grado.                       | 239. Pradoluengo.             | 641. Castellón de la Plana.         | 934. Murcia.                       |
| 29. Oviedo.                      | 240. Ezcaray.                 | 642. Islas Columbretas. Con la 641. | 935. Torreveja.                    |
| 30. Villaviciosa.                | 243. Calahorra.               | 659. Lillo.                         | 939. Castillo de las Guardas.      |
| 33. Comillas.                    | 244. Alfaro.                  | 663. Valera de Abajo.               | 940. Castilblanco de los Arroyos.  |
| 34. Torrelavega.                 | 245. Sádaba.                  | 664. Enguadanos.                    | 941. Ventas Quemadas.              |
| 35. Santander.                   | 263. Celanova.                | 665. Mira.                          | 942. Palma del Río.                |
| 36. Castro Urdiales.             | 264. Gínzola de Limia.        | 666. Chelva.                        | 943. Posadas.                      |
| 37. Algorta.                     | 274. Torquemada.              | 667. Villar del Arzobispo.          | 944. Espejo.                       |
| 38. Bermeo.                      | 275. Santa María del Campo.   | 668. Sagunto.                       | 951. Orce.                         |
| 39. Lekeitio.                    | 277. Salas de los Infantes.   | 669. Moncófar.                      | 952. Vélez Blanco.                 |
| 40. Jazquibel.                   | 278. Canales de la Sierra.    | 690. Santa María del Campo Rus.     | 953. Lorca.                        |
| 41. Irún.                        | 282. Tudela.                  | 691. Motilla del Palancar.          | 954. Totana.                       |
| 47. Villalba.                    | 300/301. Lovios.              | 693. Utiel.                         | 955. Fuente Alamo de Murcia.       |
| 48. Meira.                       | 302. Baltar.                  | 694. Chulilla.                      | 956. San Javier.                   |
| 49. San Martín de Oscos.         | 320. Tarazona de Aragón.      | 696. Burjasot.                      | 964. Aznalcóllar.                  |
| 51. Belmonte de Miranda.         | 321. Tauste.                  | 719. Venta del Moro.                | 962. Alcalá del Río.               |
| 52. Proaza.                      | 329. Pons.                    | 720. Requena.                       | 963. Lora del Río.                 |
| 53. Mieres.                      | 330. Cardona.                 | 722. Valencia.                      | 964. La Campana.                   |
| 57. Cabezón de la Sal.           | 331. Puigreig.                | 740. Villarrobledo.                 | 965. Eclija.                       |
| 59. Villacarriedo.               | 336. Portela d'Home.          | 741. Minaya.                        | 973. Chirivel.                     |
| 60. Valmaseda.                   | 351. Olvega.                  | 761. Llanos del Caudillo.           | 975. Puerto Lumbreras.             |
| 61. Bilbao.                      | 362. Calaf.                   | 763. Socuéllamos.                   | 976. Mazarrón.                     |
| 62. Durango.                     | 363. Manresa.                 | 767. Carcelén.                      | 977. Cartagena.                    |
| 63. Eibar.                       | 364. La Garriga.              | 788. El Bonillo.                    | 978. Llano del Beal.               |
| 64. San Sebastián.               | 391. Igualada.                | 789. Lezuza.                        | 983. Sanlúcar la Mayor.            |
| 65. Vera de Bidasoa.             | 392. Sabadell.                | 794. Canals.                        | 984. Sevilla.                      |
| 66. Maya del Baztán.             | 393. Mataró.                  | 796. Gandía.                        | 986. Fuentes de Andalucía.         |
| 72. Lugo.                        | 394. Calella.                 | 814. Villanueva de la Fuente.       | 987. El Rubio.                     |
| 73. Castroverde.                 | 417. Espuga de Francolí.      | 820. Onteniente.                    | 997. Águilas.                      |
| 74. Fonsagrada.                  | 418. Montblanch.              | 821. Alcoy.                         | 997 bis. Cope.                     |
| 78. Pola de Lena.                | 419. Villafranca del Panadés. | 823. Jàvea.                         | 999. Huelva - Los Caños.           |
| 83. Reinosa.                     | 420. Hospitalet de Llobregat. | 826. Cheles.                        | 1.000. Moguer.                     |
| 84. Espinosa de los Monteros.    | 421. Barcelona.               | 827. Alconchel.                     | 1.001. Almonte.                    |
| 85. Villasana de Mena.           | 446. Valls.                   | 828. Barcarrota.                    | 1.002. Dos Hermanas.               |
| 86. Landaco.                     | 447. Villanueva y Geltrú.     | 831. Zalamea de la Serena.          | 1.003. Útrera.                     |
| 87. Elorrio.                     | 448. Prat de Llobregat.       | 832. Montturrubio de la Serena.     | 1.004. Marchena.                   |
| 88. Vergara.                     | 473. Tarragona.               | 842. Liétor.                        | 1.013. Macael.                     |
| 90. Sumbilla.                    | 492. Segura de los Baños.     | 846. Castalla.                      | 1.014. Vera.                       |
| 91. Valcarlos.                   | 493. Oliete.                  | 851. Rabito.                        | 1.015. Garrucha.                   |
| 91 bis. Mendizar.                | 494. Calanda.                 | 852. Villanueva del Fresno.         | 1.016. Los Caños. Con la 999.      |
| 95. El Pino.                     | 495. Castellserás.            | 853. Burguillos del Cerro.          | 1.017. El Abalarío.                |
| 96. Arzúa.                       | 510. Marchamalo.              | 856. Maguilla.                      | 1.018. El Rocío.                   |
| 97. Guntín.                      | 518. Montalbán.               | 871. Elda.                          | 1.019. Los Palacios y Villafranca. |
| 98. Baralla.                     | 519. Aguaviva.                | 872. Alicante.                      | 1.030. Tabernas.                   |
| 108. Las Rozas.                  | 520. Peñarroya de Tastavins.  | 884. La Carolina.                   | 1.031. Sorbas.                     |
| 109. Villarcayo.                 | 545. Morella.                 | 885. Santisteban del Puerto.        | 1.032. Mojácar.                    |
| 110. Medina de Pomar.            | 546. Ulldecona.               | 887. Orcera.                        | 1.033. Palacio de Doñana.          |
| 111. Orduña.                     | 547. Alcanar.                 | 890. Calasparra.                    | 1.034. Lebrija.                    |
| 112. Vitoria.                    | 570. Albocácer.               | 891. Cieza.                         | 1.039. Colmenar.                   |
| 113. Salvatierra.                | 571. Vinaroz.                 | 893. Elche.                         | 1.040. Zafarraya.                  |
| 115. Gulina.                     | 571 bis. Con la 571.          | 894. Cabo de Santa Pola.            | 1.052. Alora.                      |
| 116. Garralda.                   | 582. Getafe.                  | 903. Montoro.                       | 1.053-1.067. Málaga-Torremolinos.  |
| 117. Ochagavía.                  | 583. Arganda.                 | 905. Linares.                       | 1.065. Marbella.                   |
| 138. Puebla de Arganzón.         | 584. Mondéjar.                | 906. Ubeda.                         | 1.066. Coín.                       |
| 139. Eulate.                     | 593. Cuevas de Vinromá.       | 907. Villacarrillo.                 | 1.072. Estepona.                   |
| 141. Pamplona.                   | 594. Alcalá de Chisvert.      | 908. Santiago de la Espada.         |                                    |

**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 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.	1.111. I-IV Güimar.	1.118-1.124. III-IV Los Cristianos.
1.097. III-IV Punta de Anaga.	1.111. III Fasnía.	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.	611. Cañete.	858. El Viso.
54. Río seco.	643. La Calobra.	859. Pozoblanco.
67. Mugía.	644. Pollensa.	864. Venta de los Santos.
77. Plaza Tavera.	645. Formentor.	865. Siles.
79. Puebla de Lillo.	650. Cañaverall.	869. Jumilla.
128. Riello.	653. Valdeverdeja.	876. Fuente de Cantos.
129. La Robla.	670. Sóller.	886. Beas de Segura.
160. Benavides.	671. Inca.	899. Guadalcanal.
162. Gradefes.	672. Artá.	917. Aracena.
163. Villamizar.	678. Casar de Cáceres.	918. Santa Olalla del Cala.
208. Uncastillo.	695. Liria.	937. El Cerro de Andévalo.
210. Yebra de Basa.	698. Palma de Mallorca.	938. Nerva.
211. Boltaña.	699. Porreras.	946. Martos.
241. Angulano.	700. Manacor.	959. Calañas.
252. Tremp.	702. San Vicente de Alcántara.	960. Valverde del Camino.
260. Oya.	703. Arroyo de la Luz.	967. Baena.
284. Ejea de los Caballeros.	705. Trujillo.	985. Carmona.
289. Benabarre.	723. Cala Figuera.	991. Iznalloz.
297. Estarrit.	724. Lluchmayor.	1.008. Montefrío.
293. La Guardia.	725. Felanix.	1.009. Granada.
313. Antigüedad.	727. Alburquerque.	1.025. Loja.
322. Remolinos.	731. Zorita.	1.046. Carboneras.
323. Zuera.	743. Madrigueras.	1.059. El Cabo de Gata.
324. Grañén.	744. Casas Ibáñez.	1.060. El Pozo de los Frailes.
325. Peralta de Alcofea.	745. Jalanco.	1.079/80. Alesgranza.
327. Os de Balaguer.	746. Llombay.	1.081. Montaña Clara.
347. Peñaranda de Duero.	750. Gallina.	1.082. Graciosa.
354. Alagón.	751. Villar del Rey.	1.083. Teguiise.
355. Leciñena.	754. Madrigalejo.	1.084. Haria.
356. Lenaja.	764. Munera.	1.087. Punta Pechiguera.
369. Coreces.	765. La Gineta.	1.088. Arrecife.
374. Peñafiel.	772. San Miguel.	1.089. El Charco.
435. Arcos de Jalón.	773. San Juan Bautista.	1.092. Cotillo.
486. Jadraque.	776. Montijo.	1.093. Lobos.
500. Villar del Ciervo.	795. Játiva.	1.096. Tegueste.
501. La Fuente de San Esteban.	798. Ibiza.	1.097. Punta de Anaga.
502. Matilla de los Caños del Río.	799. Santa Eulalia.	1.098. La Oliva.
503. Las Veguillas.	805. Castuera.	1.099. Puerto de Lajas.
525. Ciudad Rodrigo.	812. Valdepeñas.	1.102. Punta de Teno.
526. Serradilla del Arroyo.	815. Robledo.	1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés.
527. Sequeros.	818. Montealegre.	1.106/07. Puerto de las Cabras.
536. Guadalajara.	819. Caudete.	1.109. Los Carrizales.
537. Auñón.	824/849. San Francisco Javier.	1.111. Güimar.
541. Santa Eulalia.	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.114. La Pared.
550. Fuente Guinaldo.	838. Santa Cruz de Mudela.	1.115. Tuineje.
560. Alcalá de Henares.	840. Bienservida.	1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas.
561. Pastrana.	844. Ontur.	1.119. Lomo de Arico.
564. Fuertescusa.	845. Yecla.	1.122. Jandia.
573. Gata.	848. Altea.	
591. Mora de Rubielos.	857. Valsequillo.	

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). Agotados los números 10, 38, 45 y 84-85.

## Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 600 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

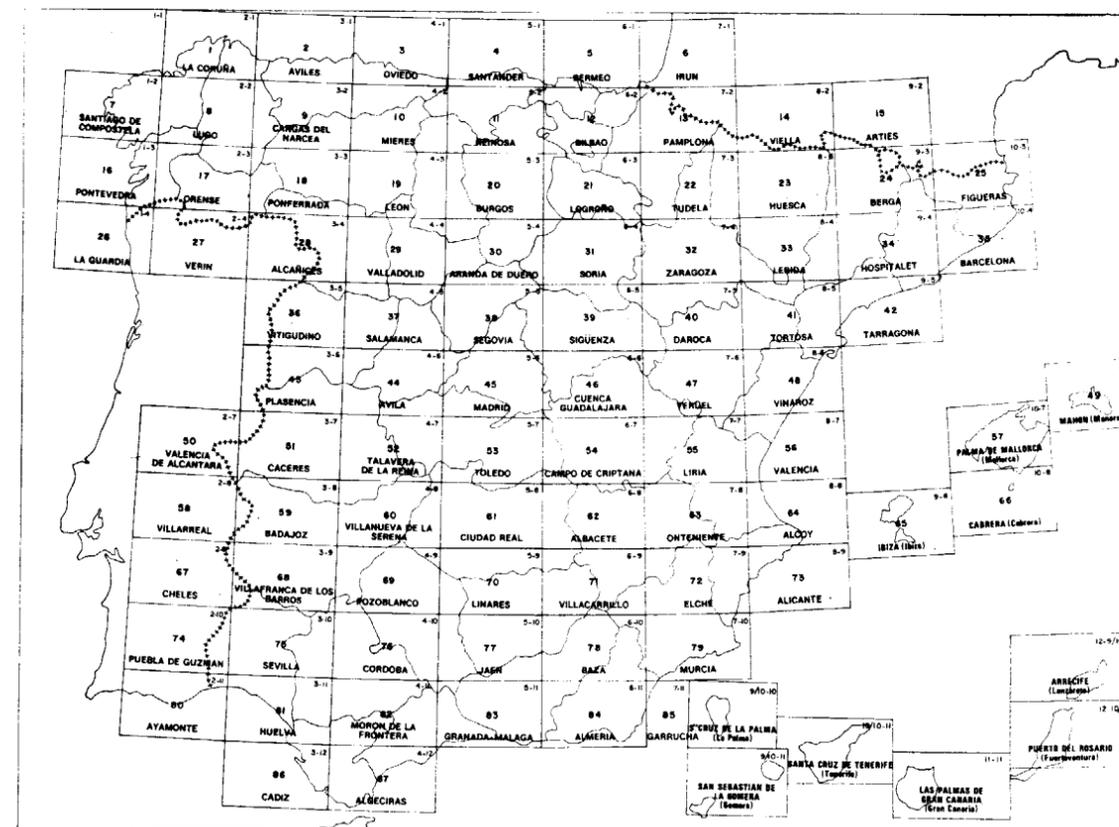
## Geotécnico General:

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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
**MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES**  
 Escala 1:500.000

**ATLAS E INVENTARIO DE ROCAS INDUSTRIALES**

Realizado por la División de Geotecnia del IGME  
 Precio: 600 ptas.

- Comprende los siguientes grandes apartados:
1. LAS ROCAS INDUSTRIALES Y SU APROVECHAMIENTO GLOBAL.
  2. PLANIFICACION DE LA INVESTIGACION DE ROCAS INDUSTRIALES EN EL III PLAN DE DESARROLLO.  
 — Planificación del estudio de los mapas de Rocas Industriales 1:200.000.  
 — Planificación de estudios sectoriales.
  3. INVENTARIO Y MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES 1:500.000.  
 — Mapa director.  
 — Mapa de provincias y división de hojas 1:200.000.  
 — Inventario y mapa de Rocas Industriales 1:500.000.
  4. INFORMACION ESTADISTICA.  
 — Cuadro de explotación de Rocas Industriales por provincias y tipos de rocas.  
 — Cuadro de utilización de las principales Rocas Industriales.  
 — Importación y exportación de Rocas Industriales.  
 — Cuadros de utilización de las Rocas Industriales por provincias.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
 c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67  
**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

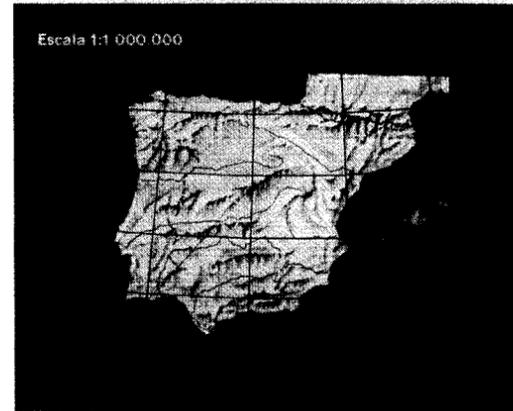
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid-16. Tel. 250 02 01/02/03/04

**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

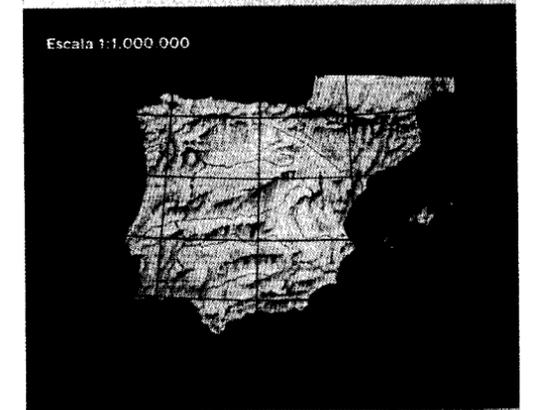
Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA TECTONICO de la Península Ibérica y Baleares**

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**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
— Litológico de España - Escala 1:500.000	2.000
— Sismotécnico 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 Leridano y Oscense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

**Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000**

En existencia los siguientes: Ejemplar: 500 ptas.

Hoja n.º	Hoja n.º
1. Almería.	7. Madrid.
3. Cáceres.	8. Murcia.
4. Cádiz.	9. Salamanca.
5. La Coruña.	10. Valencia.

**Mapas Geológicos - Escala 1:1.000.000**

- Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición) ..... 500 ptas.
- Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias ..... 500 ptas.
- Tectónico de la Península Ibérica y Baleares ..... 600 ptas.
- de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos ..... 500 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. Fluorita.	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.	

**MAPA GEOLOGICO de la Península Ibérica, Baleares y Canarias**



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA SISMOESTRUCTURAL de la Península Ibérica, Baleares y Canarias**



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

**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-

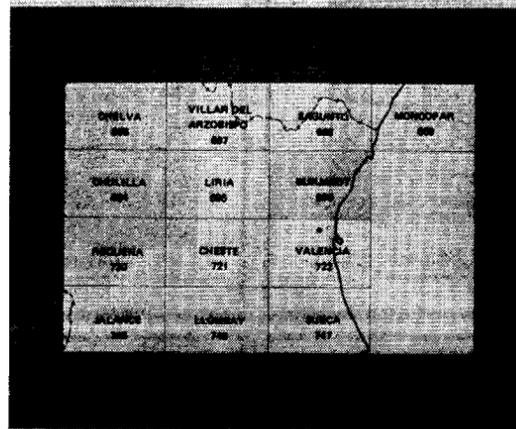
ductos tóxicos o peligrosos.

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.

### MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

BURJASOT HOJA 696



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 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:

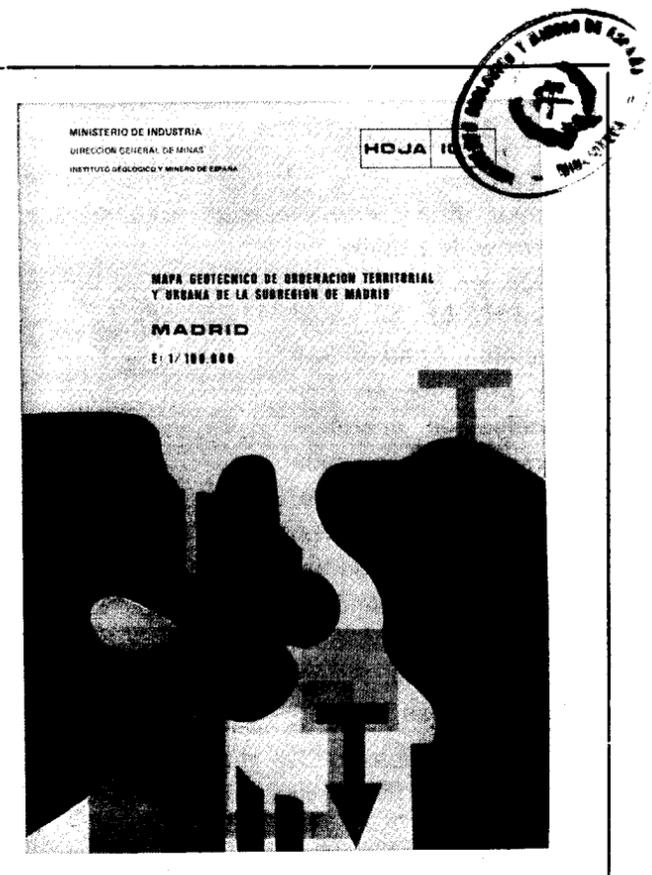
Hoja n.º	Hoja n.º
8/11 Avila de los Caballeros.	10/9 Riaza.
8/12 Arenas de San Pedro.	10/10 Torrelaguna.
8/13 Talavera de la Reina.	10/11 Madrid.
9/10 Segovia.	10/12 Getafe.
9/11 San Lorenzo de El Escorial.	10/13 Mora.
9/12 Navalcarnero.	11/9 Sigüenza.
9/13 Toledo.	11/10 Brihuega.
	11/11 Guadalajara.
	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

# BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

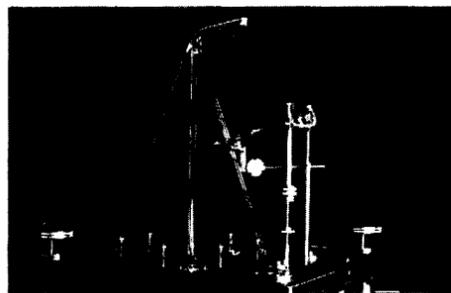
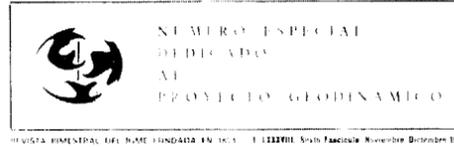
Precio: 300 ptas.

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 89, que corresponde al año 1978 (fascículos I al VI) y comprende 8 trabajos de Geología, 10 de Minería, 4 de Aguas Subterráneas, 5 de Geomatemática, 1 de Energía y 10 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.



## 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

## LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura diaria.  
 Espectrometría de absorción atómica.  
 Espectrografía mediante placas fotográficas.  
 Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.  
 Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.  
 Análisis Químicos.  
 Microsonda Electrónica.  
 Metalogenia.  
 Petrologia.  
 Preparación Mecánica de Minerales.  
 Mineralogía.  
 Macro y Micropaleontología.  
 Geotecnia.

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME  
 RIOS ROSAS, 23 TELEF. 441 65 00 MADRID - 3



**euroestudios, s. a.**  
 ingenieros de consulta

ESTUDIOS, PROYECTOS, SUPERVISION  
 Y OTROS SERVICIOS DE INGENIERIA EN:

CARRETERAS - AUTOPISTAS - FERROCARRILES -  
 TUNELES - PUENTES - OBRAS HIDRAULICAS - PUERTOS  
 Y OBRAS MARITIMAS - AEROPUERTOS - URBANISMO  
 Y PLANIFICACION TERRITORIAL - TOPOGRAFIA -  
 GEOLOGIA Y GEOTECNICA - INFORMATICA - CONTROL  
 DE CALIDAD - EDIFICACION EGRONOMIA

Euroestudios, S. A. Pedro de Valdivia, 10 MADRID-6  
 TELEF. 411 32 13 - TELEX: 43653 ESICE  
 VITORIA (945-266233) — SAN SEBASTIAN (943-455912)

## ESTADISTICA DE CONSUMO Y DISTRIBUCCION DE CARBONES 1973



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA  
 Doctor Fleming, 7 - Teléfs. 250 02 02-03-04 - MADRID - 16

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y 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 castellana 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.

## *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 modificaciones ni adiciones 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 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o 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



## EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- \* GEOLOGIA
- \* AGUAS SUBTERRANEAS
- \* EXPLORACION MINERA
- \* EXPLORACION PETROLERA
- \* SONDEOS
- \* ROCAS INDUSTRIALES
- \* GEOTERMIA
- \* GEOTECNIA
- \* GEOFISICA
- \* LABORATORIOS



**Compañía  
General de  
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50\* - MADRID-2  
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04\* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)