

En este número:

- Consideraciones sobre la morfogénesis del Sistema Central.
- La Tectónica Postmiocena del Sector Central de la Depresión del Tajo.
- Los osos fósiles de la Sierra de Atapuerca (Burgos-España).
- Geología y Metalogénia del Yacimiento de Sn-W de Torrecilla de los Angeles (norte de Cáceres).
- Dispositivo para alimentación en seco de mesas de sacudidas de laboratorio.
- El modelo matemático del sistema acuífero de Almonte-Marismas.
- Estudio cristalquímico de los carbonatos del yacimiento de Eugui.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXIX, Segundo Fascículo. Marzo - Abril 1978

# boletín geológico y minero

7801765

7801766

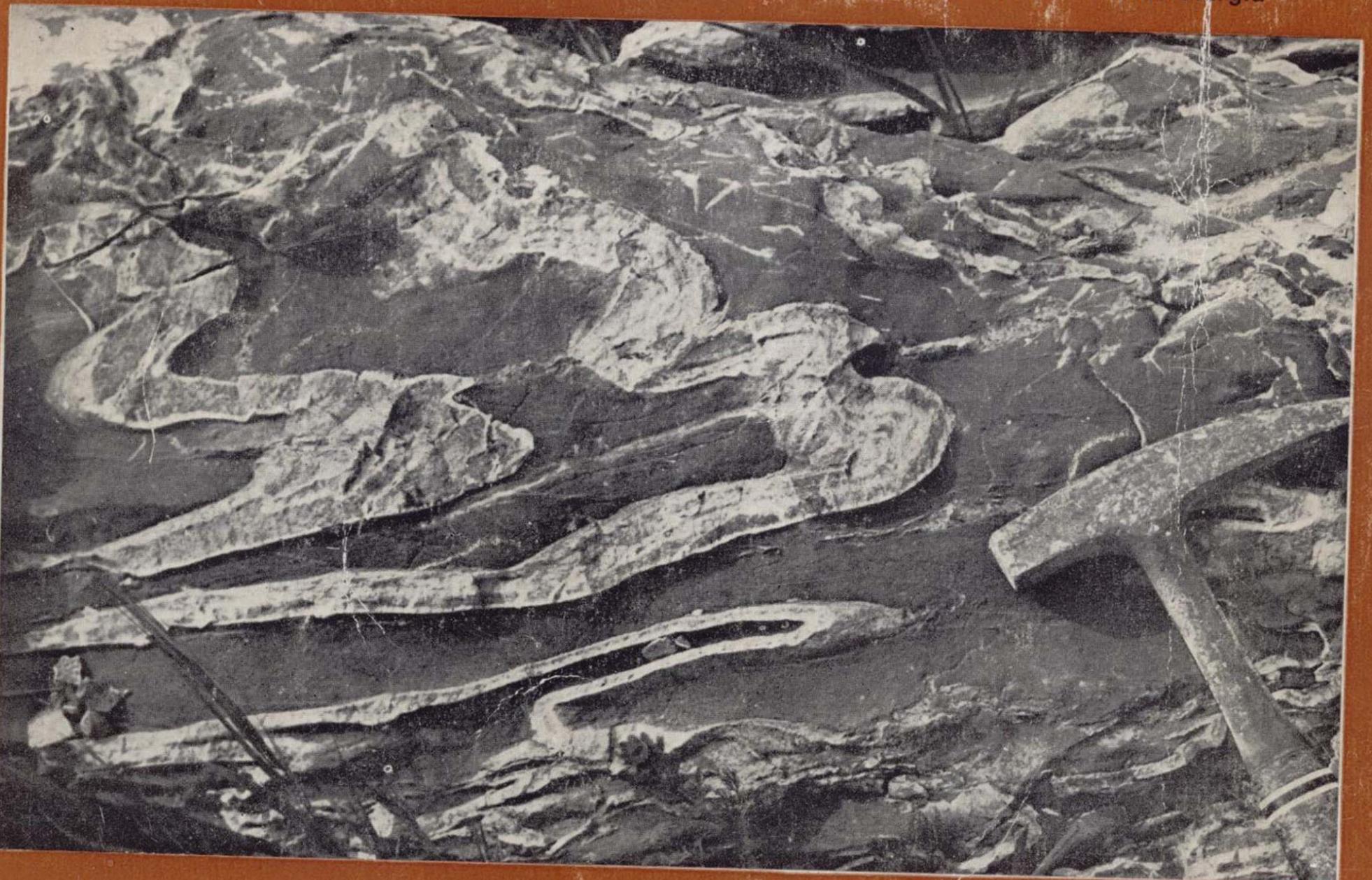
7801767

7801768

7801769

7801770

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



II / 2 - 4 - 1



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



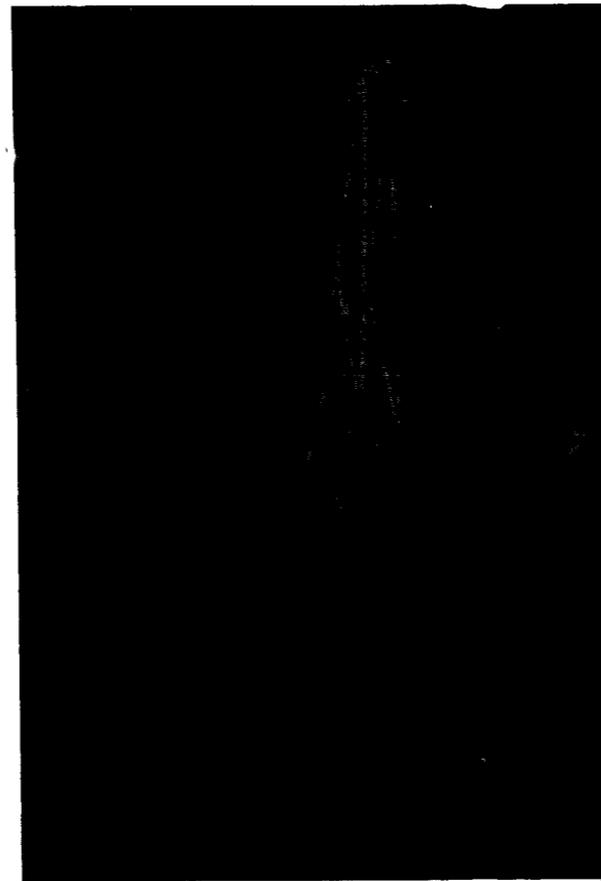
**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

**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 gavalá"**  
carretera de andalucía, km. 12  
getafe (madrid)  
☎ 797 34 00\*



**ALUMBRAMIENTO  
DE AGUAS  
SUBTERRANEAS**

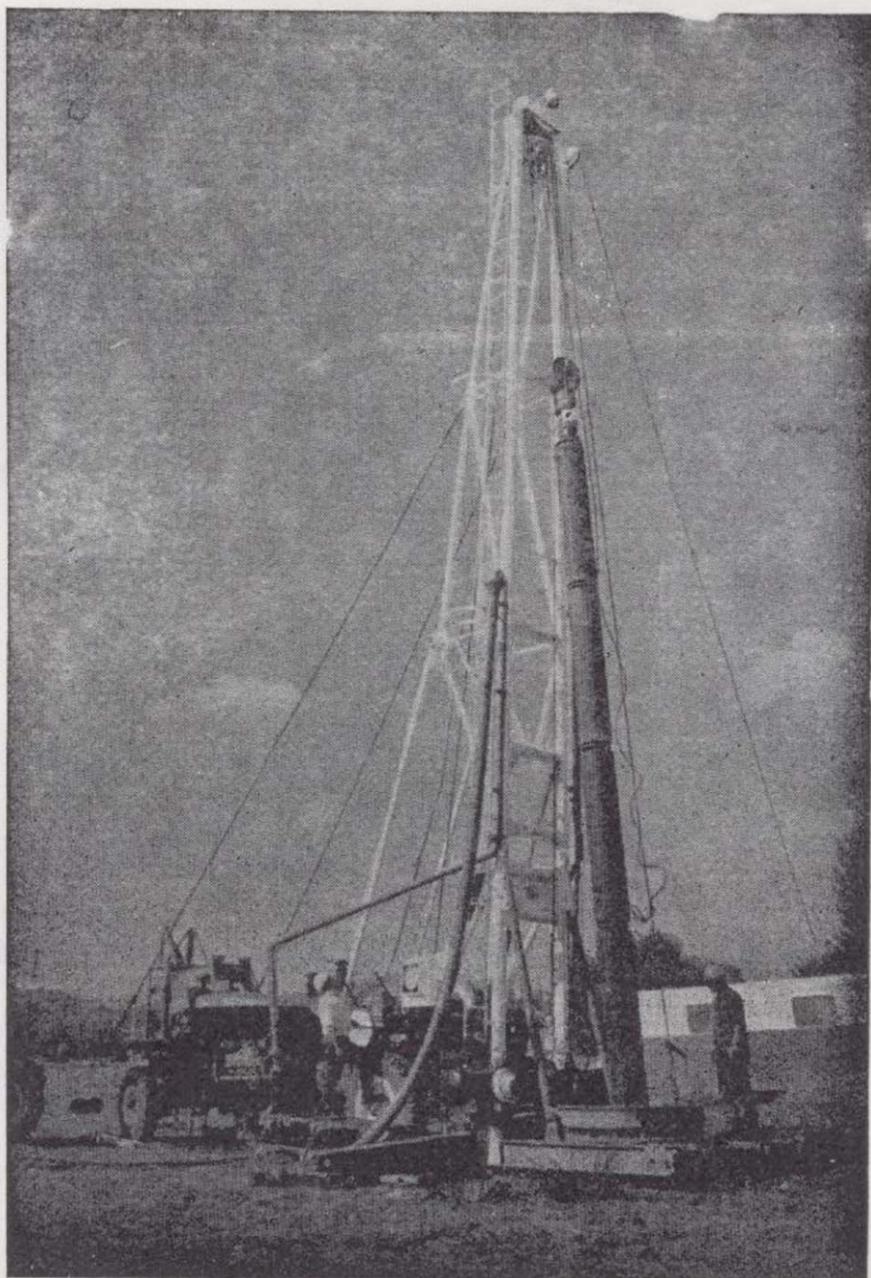
- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento 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**  
**MADRID - 16**

**SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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

MADRID - 16

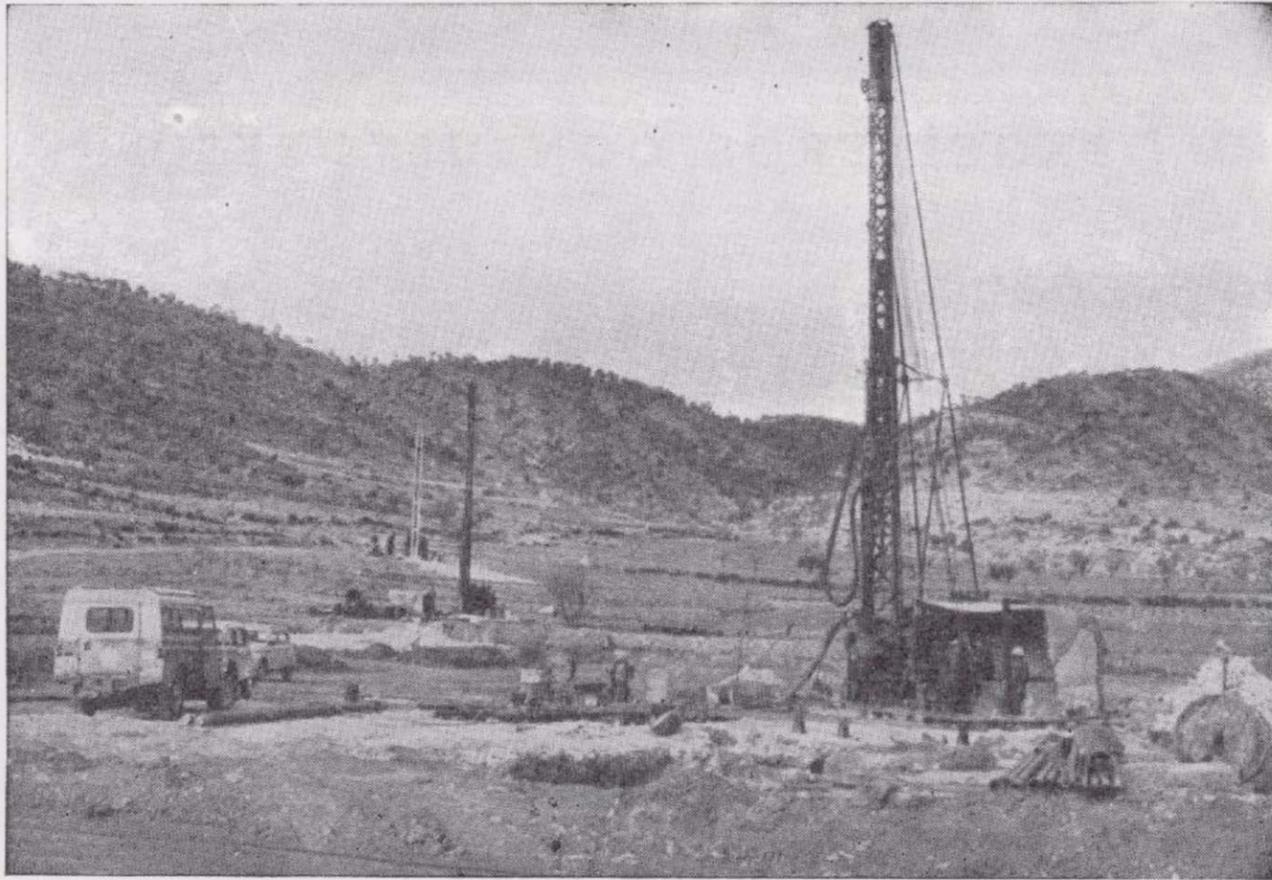
## SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

# 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**

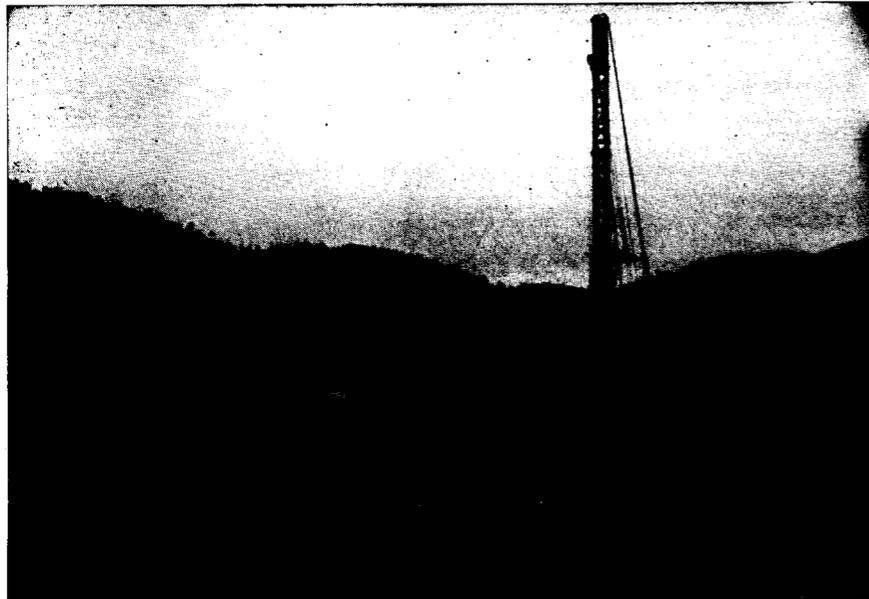
★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

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

**VILLENA (Alicante)**

# RODES-SONDEOS, S. L.



## 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

★ ★ ★

RODES - SONDEOS, S. L.

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 800983  
VILLENNA (Alicante)

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

## ESTUDIOS DE:

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

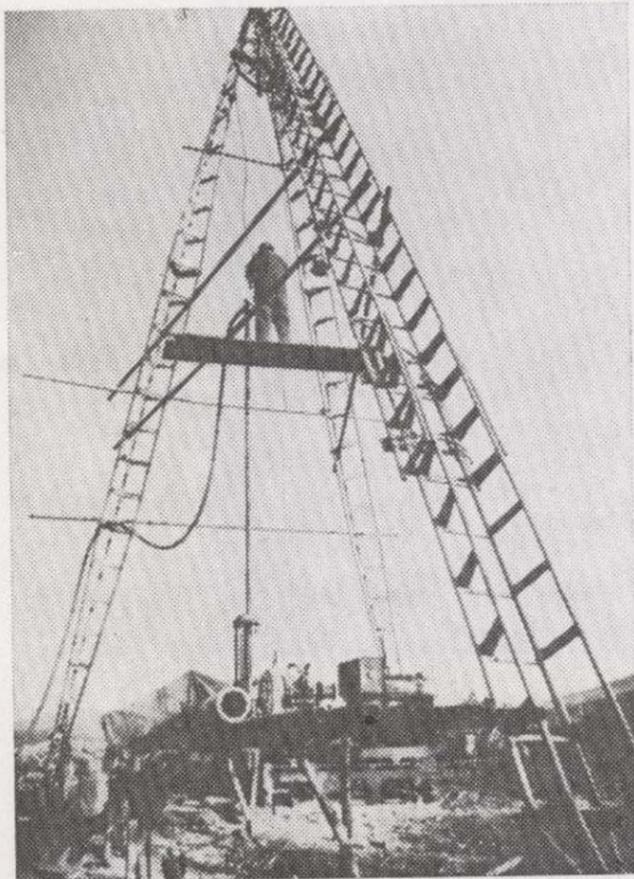
---

General Mola, 210, 1.º D — Teléfonos 2 50 18 03 - 45 — MADRID-2

# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier  
problema de perforación.



**MINERIA.**

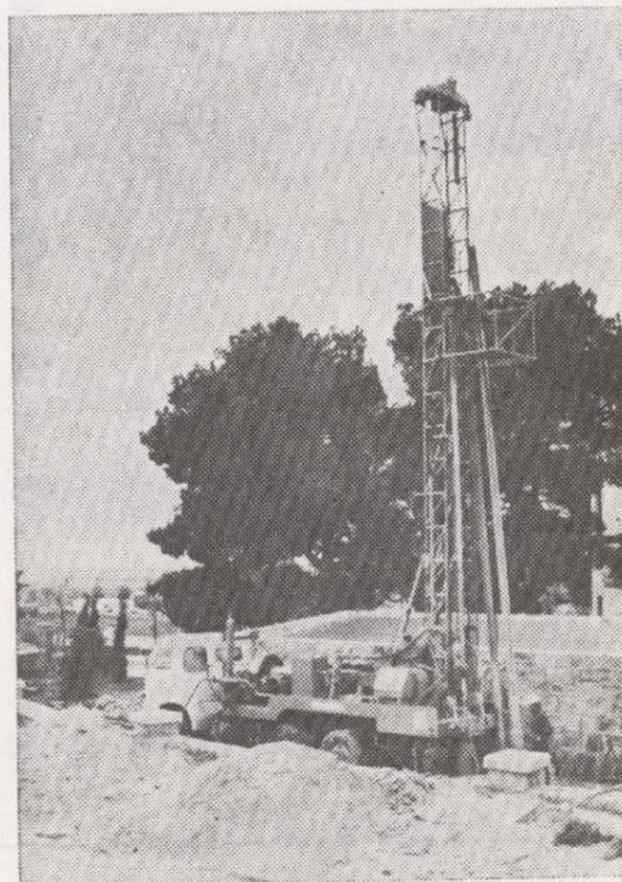
**ALUMBRAMIENTO DE AGUA.**

**ESTRATIGRAFICOS.**

**EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.**

**ESPECIALES, ETC.**

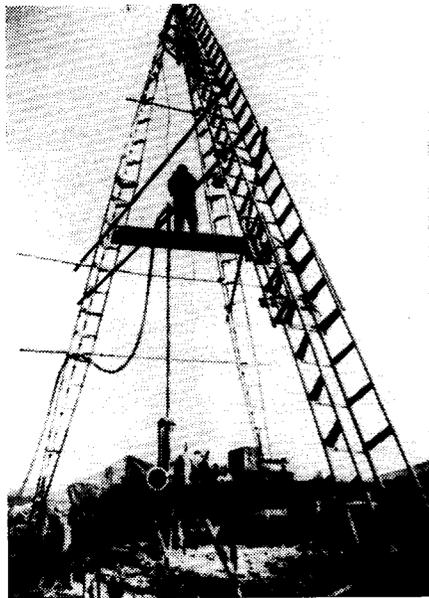
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- RotoperCUSión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.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



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

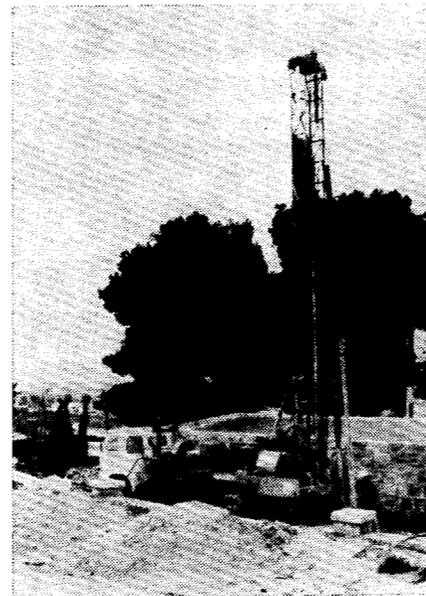
# IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier  
problema de perforación.

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



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

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

# ¡AGUA!

Si Vd. va a necesitar agua para:

- Su chalet o casa de campo.
- Su urbanización.
- Su piscina.
- Su agricultura.

Le ofrecemos nuestros servicios de

**CONSTRUCCION DE POZOS**

**Servicio rápido y eficiente**

Estamos cerca de Vd. en casi todas las provincias

Casa Central: **SONDEOS NOROESTE**

Puente Viejo, 19

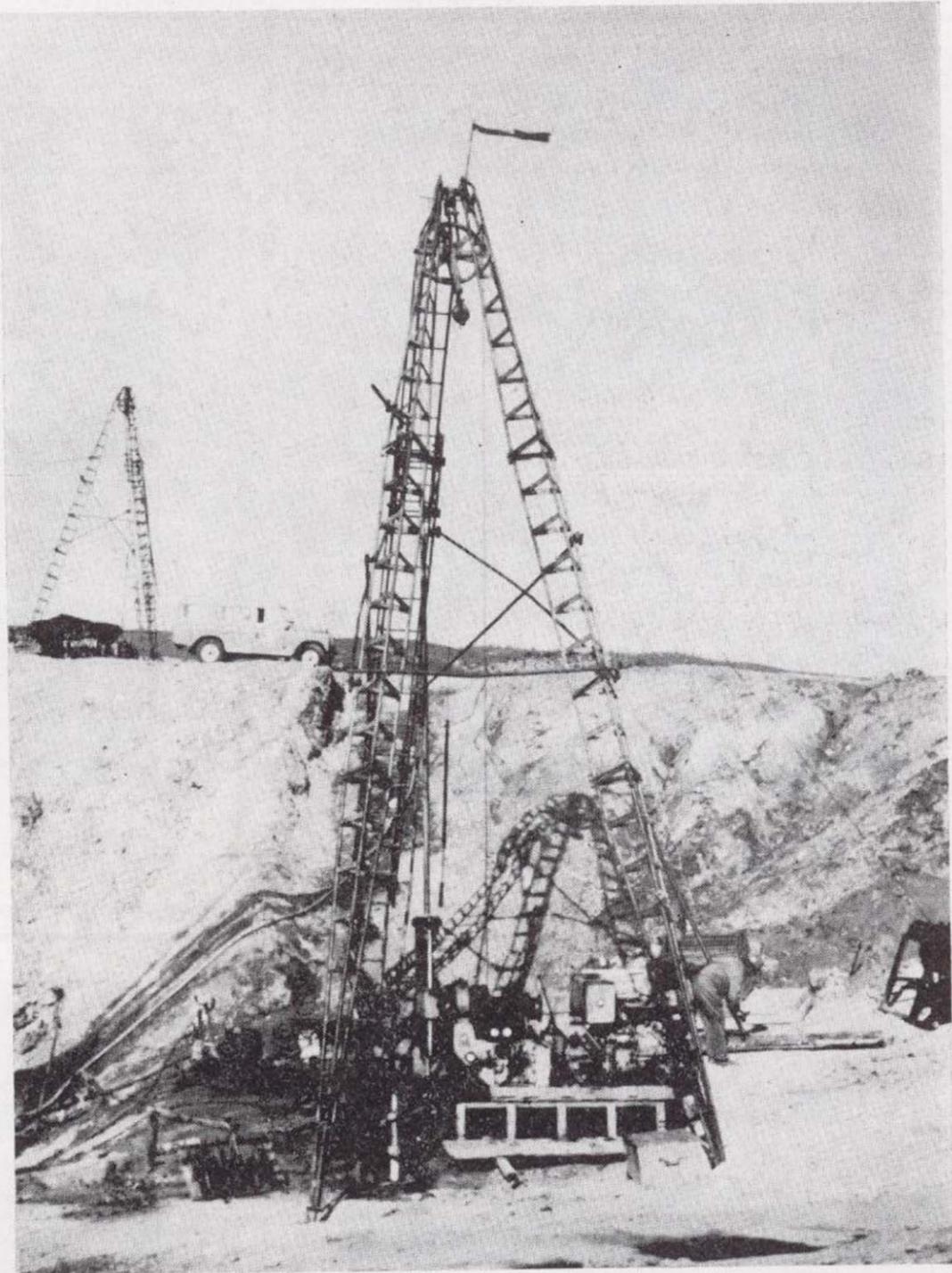
**BETAZOS (La Coruña)**

Teléfonos (981) 77 06 96 - 77 06 09

HAGANOS UNA LLAMADA TELEFONICA Y LE VISITAREMOS  
DE INMEDIATO, SIN COMPROMISO ALGUNO PARA USTED

# TERRATEST

equipos  
adecuados  
a  
cada  
problema  
manejados  
por  
expertos



## SONDEOS DE EXPLORACION MINERA Y GEOLOGICA

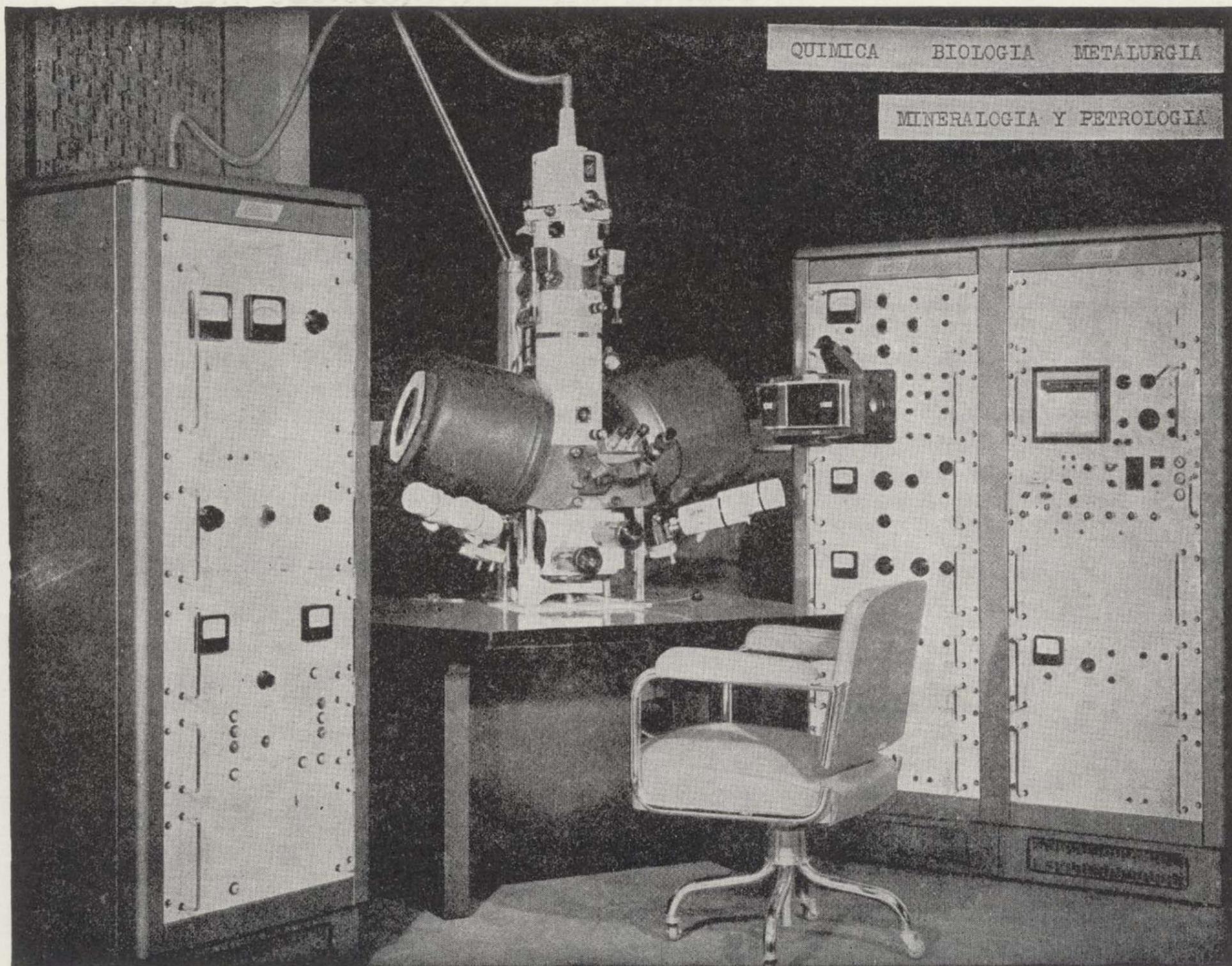
- Recuperación continua de testigo con métodos wire-line o convencional. Sistemas especiales para rocas poco consistentes. Perforación con tricono o martillo de fondo y recuperación de detritus.
- Estudios y control de perforación de sondeo. Mediciones de inclinación y desviación y orientación de testigos.
- Sondeos geotécnicos para la industria de la Construcción.



Oficina Principal

MADRID: Avda. de José Antonio, 70 - 6º. Teléfono 248 68.00

# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ★ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micras.
- ★ Especialmente indicada en la resolución de problemas de Mineralogía y Petrología, así como en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc.

---

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3



# Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

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

**Vegarada**

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



Pb-10

Tomo 89

Fascículo II

Marzo - Abril 1978

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	M. GUTIÉRREZ ELORZA y J. RODRÍGUEZ VIDAL: Consideraciones sobre la morfogénesis del Sistema Central ... ..	1
	R. CAPOTE y M.ª J. FERNÁNDEZ-CASALS: La Tectónica Postmiocena del Sector Central de la Depresión del Tajo ... ..	6
	T. DE TORRES PERÉZHIDALGO: Los osos fósiles de la Sierra de Atapuerca (Burgos-España) ... ..	15
<b>Minería</b>	P. GUMIEL MARTÍNEZ: Geología y Metalogénia del Yacimiento de Sn-W de Torrecilla de los Angeles (norte de Cáceres) ...	25
	R. ALVAREZ RODRÍGUEZ y J. M.ª FERNÁNDEZ BECERRIL: Dispositivo para alimentación en seco de mesas de sacudidas de laboratorio ... ..	40
<b>Aguas subterráneas</b>	C. LUCENA BONNY y E. GARCÍA FERNÁNDEZ: El modelo matemático del sistema acuífero de Almonte-Marismas ... ..	43
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	J. M. GONZÁLEZ LÓPEZ, C. FERNÁNDEZ-NIETO, F. ARRESE SERRANO y J. A. MEDINA: Estudio cristalquímico de los carbonatos del yacimiento de Eugui ... ..	56
<b>Información</b>	Don Adriano García-Loygorri nuevo Director del Instituto Geológico y Minero de España.—La enseñanza de la minería en el Mundo Hispánico (Noticias históricas).—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas ... ..	63

### DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

### ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-1

Teléfono 276 20 01

**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

Plegamiento por flujo ductil, dando origen a pliegues de tipo similar,  
en las calizas del Cámbrico inferior de Arisgotas, Montes de Toledo.

Foto: C. MARTÍN ESCORZA

# Consideraciones sobre la morfogénesis del Sistema Central

Por M. GUTIERREZ ELORZA (\*) y J. RODRIGUEZ VIDAL (\*)

## RESUMEN

Se aportan argumentos de tipo mineralógico, paleontológico y geomorfológico para señalar un clima subtropical, responsable de muchos de los modelados existentes en el Sistema Central.

## ABSTRACT

A number arguments, mineralogical, paleontological and geomorphological, are put forward to indicate a subtropical climate as responsible for many of the landscapes present in the Sistema Central.

## 1. INTRODUCCION

Hasta la actualidad, los estudios sobre el modelado del Sistema Central (excluyendo los retoques glaciares y periglaciares) han versado fundamentalmente sobre el estudio de las superficies de aplanamiento. Destacan como más fundamentales, a nuestro juicio, los trabajos realizados por SCHWENZNER, J. (1936) y BIROT, P. y SOLÉ SABARIS, L. (1954). El primero señala la existencia de una serie de superficies escalonadas y supone su formación debida a una evolución policíclica. Los segundos piensan que el relieve es debido a una superficie desnivelada. Por otra parte, PEDRAZA GILSANZ, J. (1973) propone para el origen del relieve de la Sierra una teoría intermedia entre los dos trabajos citados anteriormente.

Todos estos autores, y otros que no hemos citado por no alargar mucho estas consideraciones iniciales, explican los aplanamientos como debidos fundamentalmente a circunstancias tectónicas y climáticas secas.

En este trabajo, pretendemos simplemente llamar

la atención sobre una serie de observaciones, que creemos pueden contribuir a un mejor conocimiento de algunas de las formas que aparecen en el Sistema Central.

## 2. PERFILES DE METEORIZACION

Llaman poderosamente la atención los potentes regolitos o alteritas, que aparecen en numerosos puntos. Los desmontes realizados para la construcción de la autopista Villalba-Villacastín, constituyen excelentes ejemplos, entre otros, del desarrollo y profundidad de la meteorización.

Estos perfiles presentan zonaciones típicas, similares a las que señalan WILHELMY, H. (1958) y OLLIER, C. D. (1969). Teniendo en cuenta la zonación de estos autores, se observa que los perfiles están por lo general decapitados a diferentes niveles, aflorando fundamentalmente las zonas inferiores, caracterizadas por bloques de granito (paralelepípedicos o elipsoidales, según la zona del perfil) incluidos en un grus o lem más o menos desarrollado. La elevada potencia de estos perfiles nos hace sospechar en una meteorización muy intensa, producida por importantes procesos de hidrólisis, rela-

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

cionados sin duda con precipitaciones elevadas y temperaturas por lo menos moderadas.

Potentes perfiles de meteorización de rocas graníticas son señalados en Europa por numerosos autores. En Escocia los estudia FITZPATRICK, E. A. (1963); en Checoslovaquia, en las Montañas de Bohemia, los investiga DEMEK, J. (1964); los autores holandeses los analizan en diferentes puntos BAKKER, J. P. (1960 y 1967), BAKKER, J. P. y LEVELT, Th. W. M. (1964). BÜDEL, J. (1957) y GELLERT, J. F. (1970) señalan la presencia de pedimentos e inselbergs en Europa Central, generados en un clima subtropical durante el Terciario. De esta amplia y resumida, a la vez, literatura, podemos concluir que no es de extrañar que tengamos circunstancias similares en el Sistema Central y también, muy posiblemente, en otras áreas españolas.

La climatología actual de la mayor parte del Sistema Central no concuerda con la existencia de estos potentes perfiles de meteorización. Estas circunstancias nos obligan a pensar que muchos de estos perfiles son heredados y proceden de una etapa más húmeda y cálida que la actual. Dadas las circunstancias climáticas del Cuaternario, poco favorables para el desarrollo de una agresiva meteorización química, nos obliga a remontarnos a épocas prepleistocenas.

Por otra parte, bajo los depósitos de muchas de las rañas aparecen perfiles de meteorización de rocas graníticas de desarrollo variable en cuanto a su potencia, lo cual induce a pensar que es posible que la meteorización de estos granitos se haya producido con anterioridad al depósito de la raña.

### 3. MINERALOGIA DE LAS ARCILLAS

Es importante estudiar los diferentes minerales de la arcilla, presentes en estos perfiles, de cara a establecer las circunstancias climáticas. Esta es una labor que estamos comenzando y de la que en futuros trabajos daremos cuenta de sus resultados.

Por otra parte, son muy significativos los estudios de mineralogía de arcillas realizados en el análisis de series estratigráficas del Neógeno de las depresiones circundantes al Sistema Central: Cuenca del Duero y Fosa del Tajo.

Son numerosos los trabajos dedicados a esta temática. Acudiremos a la tabla IX de VAUDOUR, J. (1977) que resume los conocimientos existentes so-

bre la mineralogía de arcillas de los depósitos neógenos. Señala para la Fosa del Tajo, Cuenca inferior del Tajo (Portugal), Cuencas de Castilla la Vieja, León y Galicia, la presencia de caolinita en los tramos superiores del Mioceno y en el Plioceno.

Si tenemos en cuenta los trabajos de PEDRO, J. (1968) y SANCHES FURTADO, A. F. A. (1968) podemos deducir que la caolinita es indicadora de una precipitación abundante. Para el primero de estos autores este mineral se genera con precipitaciones de 500-1.200/1.500 mm, correspondiendo a la zona de monosialitización, de las tres en que divide el dominio tropical. SANCHES FURTADO, A. F. A. (1968) indica que la caolinita, cuando es predominante, caracteriza, en las regiones intertropicales, precipitaciones de 1.000-1.200 mm. La génesis de la caolinita supone unos procesos de hidrólisis importantes, a través de los cuales se produce la lixiviación de todas las bases y parte de la sílice.

SÁNCHEZ CAMAZANO, M. et al. (1974) señalan la presencia de gibsita en la Peña de Francia, en alteritas de granitos y pizarras. GALÁN, E. et al. (1977) indican también para la región de Riaza y en regolitos sobre pizarras silúricas la presencia de gibsita. Este mineral es indicador de condiciones de hidrólisis mucho más acusadas, pues supone un profundo lavado no sólo de todas las bases sino de la sílice. La presencia de gibsita señala para PEDRO, J. (1968) una precipitación superior a los 1.500 mm. correspondiente a la zona de alitización de este autor, mientras que para SANCHES FURTADO, A. F. A. (1968) estaría comprendida entre 1.200 y 1.500 mm.

Por otra parte, y aunque fuera de la temática de este apartado, es interesante señalar que las faunas de mamíferos hervíboros del Mioceno presentes en la Fosa del Tajo, señalan una vegetación del tipo sabana subtropical (HERNÁNDEZ-PACHECO, E. y F., 1926). Este argumento paleontológico corrobora los datos climáticos deducidos de la mineralogía de las arcillas.

Todos los datos anteriormente expuestos nos inducen a pensar que en el área madre para los tiempos del Terciario superior se produjeron, por lo menos en una gran parte de este período, potentes perfiles de meteorización con mineralogía indicadora de climas intertropicales húmedos. Estos perfiles de meteorización fueron parcialmente denudados por los agentes del transporte y sedimentados en las cuencas circundantes a estos relieves.

### 4. CONSIDERACIONES SOBRE ALGUNOS DE LOS MODELADOS

Dada la constitución eminentemente granítica del Sistema Central, las formas de relieve existentes más significativas y espectaculares son inherentes a este tipo de modelado litológico.

De siempre ha sido conocida la presencia de numerosos inselbergs citados por la mayoría de los autores que se han preocupado de la morfología de la Sierra. Creemos que este tipo de modelado no ha sido aún relacionado con características climáticas húmedas con rozamientos fehacientes. Estimamos que muy posiblemente estos inselbergs en domo o bornhardts, así como la morfología de tors muy generalizada y formas del tipo castle kopje, se han generado en un clima subtropical húmedo.

Se observa igualmente en varias áreas la presencia de un relieve fungiforme y depresiones pequeñas del tipo gnamma. Estas formas han sido estudiadas con gran detalle, sobre todo por TWIDALE, C. R. del que destacamos los trabajos realizados en 1962, 1963, 1977, etc., además de ser descritas y espléndidamente ilustradas en sus libros de 1971 y 1976. Este modelado se genera en climas húmedos, con una meteorización química muy agresiva en la superficie basal de meteorización; por lo tanto se originan en condiciones subsuperficiales. Afloran con posterioridad por cambios climáticos (paso a climas secos) o estructurales, o la combinación de ambos, que traen como consecuencia la denudación de los regolitos y la aparición de la roca inalterada.

Ya hemos indicado que las características mineralógicas de las series del Mioceno superior, señalan un clima húmedo para estas áreas (véase VAUDOUR, J., 1977). Otra etapa de una precipitación importante es señalada en el Plioceno por MOLINA, E. et al. (1974) en la Submeseta meridional, que viene manifestada por karstificaciones. Igualmente GUTIERREZ ELORZA, M. y PEÑA MONNE, J. L. (1975) indican que la karstificación principal del sector central de la Cordillera Ibérica, es de edad pliocena (muy posiblemente del Plioceno superior).

Como conclusión a este apartado, señalaremos que también existen numerosas formas indicadoras de un clima húmedo en el Sistema Central y áreas adyacentes para épocas precuaternarias.

### 5. INTERPRETACIONES MORFOGENÉTICAS

En el estado actual de los conocimientos, y a partir de las consideraciones anteriormente expues-

tas, podemos intentar, aunque con ciertas precauciones, establecer una serie de etapas evolutivas en el desarrollo del Sistema Central.

En el Mioceno inferior la región estaría constituida por una serie de relieves circundantes a la Depresión del Tajo, que fueron denudados en un clima cálido y seco (VAUDOUR, J., 1977). En el Vindoboniense, según este último autor, se observa un cambio climático hacia condiciones tropicales con estaciones contrastadas (lo suficientemente húmedas como para lixiviar la sílice y lo bastante secas para precipitar sepiolita). La presencia de caolinita indica que en el área madre se desarrollaron muy posiblemente perfiles de meteorización de tipo tropical junto con el desarrollo de extensos aplanamientos subáreos que debían corresponder con la superficie superior de lavado (Spül-Oberfläche) de BÜDEL, J. (1957). Quizá estos aplanamientos llegaron a enrasarse con la superficie de colmatación finipontense de la Cuenca andorreica del Tajo. En la superficie basal de meteorización de Büdel (Verwitterungsbasisfläche) tuvo lugar un ataque continuo sobre la roca fresca, que originó un avance de esta superficie activa. Esto trajo como consecuencia la generación subsuperficial de inselbergs en domo, formas del tipo tors, modelado fungiforme, gnammas y formas similares, etc. Este ataque químico tuvo un mayor desarrollo en superficies de escasa pendiente. Las circunstancias litológicas de los granitos, así como el mayor o menor espaciado de la fracturación, favoreció la génesis y localización de una morfología contrastada. No creemos que la climatología fuera lo suficientemente húmeda y cálida como para originar horizontes lateríticos de una forma generalizada, ya que en la actualidad no se conocen o por lo menos no se han citado con precisión. Este modelado y los datos de la mineralogía de las arcillas, junto con los argumentos paleontológicos, revelan un clima subtropical en la mayor parte de la región para esos tiempos.

Con posterioridad al Pontense, sin mayores precisiones, se produjo el levantamiento del Sistema Central (Fase Rodánica) que trajo como consecuencia la reactivación del relieve. Esta variación de gradiente motivó que las aguas de escorrentía denudasen parcial o totalmente los perfiles de meteorización. Las zonas de los perfiles con bloques redondeados existentes sobre la parte media de los mismos, al ser erosionados, dieron lugar a la formación de bolos o de bloques (según nomenclatura de diferentes autores), aflorantes de una manera gene-

ralizada en las márgenes del Sistema Central y Toledo.

Los detríticos más finos, constitutivos de las partes superiores de los perfiles, o bien los existentes entre los bloques, se transportarían fundamentalmente a mayores distancias, dando origen a las arcosas de la "facies Madrid". Cuando los perfiles se denudan por completo, aflora la superficie basal de meteorización con sus rasgos morfológicos característicos. Aparecen de este modo las llenuras grabadas (etchplain) de WAYLAND, E. J. (1934) y todas las formas acompañantes típicas de estas circunstancias morfoclimáticas. No podemos extendernos más y remitimos al lector al tratado fundamental de THOMAS, M. F. (1974) en el que se analiza la génesis y evolución posterior de este tipo de modelado tropical. Creemos que de esta forma se pueden explicar los bornhardts, desarrollo posterior en castle kopje, tors, modelado fungiforme, gnammas, muchos de los pedimentos, etc.

Durante casi todo el Plioceno, la climatología no sufre grandes variaciones con respecto a la anterior, lo cual trae como consecuencia que la biostasia sigue manufactándose, aunque en zonas más localizadas que corresponderían a las de relieve aplanado. Por el contrario, la mayor parte del Sistema Central estaría sometido a una acción continua de los procesos erosivos, que denudarían paulatinamente una gran parte de los perfiles de meteorización.

A finales del Plioceno tiene lugar un cambio hacia un clima más seco, lo que trae como consecuencia un aumento de las condiciones de rexistasia y la formación de modelados de clima árido.

Finalmente, las fases climáticas frías del Cuaternario produjeron retoques periglaciares y glaciares sobre el modelado preexistente.

#### BIBLIOGRAFIA

- BAKKER, J. P.: *Some observations in connection with recent Dutch investigations about granite weathering in different climates and climatic changes*. "Zeit. Geomorph". Suppl. 1, p. 69-92 (1960).
- BAKKER, J. P.: *Weathering of granites in different climates*. In: P. Marcar (ed.), *L'Evolution des versants*, Congr. Coll. L'Univ. Liège, 40, p. 51-68 (1967).
- BAKKER, J. L. y LEVELT, TH. W. M.: *An enquiry into the problems of a polyclimatic development of peneplains and pediments (etchplains) in Europe during the Senonian and Tertiary Period*. Publ. Serv. Carte Geol. Luxembourg, 14, p. 27-75 (1964).
- BIROT, P. y SOLE SABARIS, L.: *Investigaciones sobre Morfología de la Cordillera Central Española*. C. S. I. C. Inst. Juan Sebastián Elcano, 87, p., Madrid (1954).
- BÜDEL, J.: *Die Doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen*. Zeit. Geomorph. N. F., 1, p. 201-228 (1957).
- DEMEK, J.: *Slope development in granite areas of the Bohemian massif. "Czechoslovaquia"*. Zeit. Geomorph. Suppl. 5, p. 82-106 (1964).
- FITZPATRICK, E. A.: *Deeply weathered rock in Scotland, its occurrence, age and contribution to the soils*. J. Soil Sci., 14, p. 33-43 (1963).
- GALÁN, E.; LÓPEZ AGUAYO, F., y SÁNCHEZ JIMÉNEZ, A.: *Guide for the field-trip in Spain*. 8th International Kaolin Symposium, p. 2-11. Madrid y Roma (1977).
- GELLERT, J. F.: *Climatomorphology and paleoclimates of the central European Tertiary*. In: M. Pecsí (ed.) *Problems of Relief Planation*, Akadémiai Kiadó, p. 107-112, Budapest (1970).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. y PEÑA MONNE, J. L.: *Karst y periglaciario en la Sierra de Javalambre (provincia de Teruel)*. "Bol. Geol. y Min.", t. 86, IV, p. 561-572 (1975).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. y F.: *Aranjuez y el territorio al Sur de Madrid*. XIX Congr. Geol. Int. Excursión B-3. Madrid (1926).
- MOLINA, E.; AGUIRRE, E., y MORALES, J.: *Submeseta meridional. Campo de Calatrava*. Coloq. Int. sobre Biostr. Cont. del Neog. sup. y Cuat. inf. Gufa 9-10, p. 215-244 (1974).
- OLLIER, C. D.: *Weathering*. Oliver and Boyd Ltd. (ed.), 304 p. Edinburgh (1969).
- PEDRAZA GILSANZ, J.: *Estudio geomorfológico del extremo oriental de la cadena San Vicente-Peña de Cenientos*. "Bol. Geol. y Min.", t. 84, I, p. 1-14 (1973).
- PEDRO, J.: *Distribution des principaux types d'altération chimique a las surface du globe*. Revue Géogr. Phys. Géol. Dyn., 10, p. 457-470 (1968).
- SANCHES FURTADO, A. F. A.: *Altération des granites dans les régions intertropicales sous différents climats*. 9th Inter. Congr. Soil Sci. Adelaide, Trans. iv., p. 403-409 (1968).

- SÁNCHEZ CAMAZANO, M.; SAAVEDRA, J., y GARCÍA SÁNCHEZ, A.: *Presence de gibbsite dans les sols sur granites du Systeme Central, Espagne*. Bull. Croup. Franc. Arg., 26, p. 287-295 (1974).
- SCHWENZNER, J. E.: *La morfología de la región montañosa central de la meseta española*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 41, p. 121-148 (1943).
- THOMAS, M. F.: *Tropical Geomorphology*. Macmillan, 332 p. London (1974).
- TWIDALE, C. R.: *Steepped margins of inselbergs from northwestern Eyre Peninsula, South Australia*. Zeit. Geomorph. N. F. 6, p. 51-69 (1962).
- TWIDALE, C. R.: *Structural landforms*. Australian National University Press. Camberra (1971).
- TWIDALE, C. R.: *Analysis of landforms*. John Wiley and Sons. Australasia, Pty. Ltd., 572 p. Singapore (1976).
- TWIDALE, C. R. y CORBIN, M.: *Gnammas*. Rev. Geomorph. Dyn., 14, p. 1-20 (1963).
- TWIDALE, C. R. y BOURNE, J. A.: *Rock doughnuts*. Rev. Geomorph. Dyn., 26, p. 15-28 (1977).
- VAUDOUR, J.: *Contribution a l'etude geomorphologique d'une région méditerranéenne semi-aride. La région de Madrid. Alterations, sols et paleosols*. Thèse (resumen), 11p. Université d'Aix-Marseille (1977).
- WAYLAND, E. J.: *Peneplains and some other erosional platforms*. Bull. Geol. Surv. Uganda, Annual Rept., Notes 1, 74, 336 p. (1934).
- WILHELMY, J.: *Klimamorphologie der Massengesteine*. Braunsehweig, 238 p. (1958).

Recibido: Noviembre 1977.

# La Tectónica Postmiocena del Sector Central de la Depresión del Tajo

Por R. CAPOTE (\*) y M.<sup>a</sup> J. FERNANDEZ-CASALS (\*)

## RESUMEN

Los materiales del sector central de la Depresión del Tajo muestran una estructura tectónica desarrollada después del Mioceno A la vez que pliegues y fallas se formó en las capas miocenas una estructura mayor que incluye amplios y suaves sinclinales, elevaciones y flexiones. Estas deformaciones son el resultado de la adaptación a fallas del zócalo, las cuales experimentaron movimiento renovado después del Plioceno más antiguo y antes del Plioceno medio. Una superficie de erosión pliocena se formó después y, todavía más tarde, la región sufrió un basculamiento hacia el SW. Ciertos rasgos de la red fluvial indican movimiento de las fallas del zócalo, todavía después de formada la superficie de erosión.

## ABSTRACT

In the central part of Tajo basin tertiary deposits show a tectonic structure post-Miocene in age. Folds and faults are synchronous with a major structure which includes large and gentle synclines, ridges and monoclines. These deformations are the result of the adaptation to the renewed movement in the Lower Pliocene of the basement faults. Afterwards a pliocenic erosion surface was formed and finally the region tilted to the South-West. Morphology of the drainage pattern gives evidence that the activity of the basement faults continued after the surface erosion formation.

## 1. INTRODUCCION

La Depresión del Tajo, caracterizada por la existencia de relativamente potentes series continentales terciarias, comprende dos regiones muy diferentes desde el punto de vista geotectónico, separadas ambas por el haz de cabalgamientos y pliegues de la Sierra de Altomira (SÁNCHEZ SORIA y PIGNATELLI, 1967). Al Este de dicha Sierra las series paleógenas y miocenas se apoyan sobre las formaciones mesozoicas que, despegadas del zócalo, constituyen el sector externo de la Cadena Ibérica. Las series terciarias han sufrido deformaciones durante el plegamiento de la cadena, localizándose dentro de ellas varias discordancias, algunas de ellas progresivas.

(\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

La más moderna de las discordancias es intramiocena, pues se encuentran plegadas capas que llegan al Vindoboniense (DÍAZ MOLINA, 1974).

Fuera del ámbito de la Cadena Ibérica, al Oeste de la Sierra de Altomira, las formaciones terciarias se apoyan unas veces directamente sobre el zócalo hercínico y otras quedan separadas de él sólo por una delgada cubierta cretácica, faltando el resto del Mesozoico (GARCÍA LABORDE, 1965). En los bordes de este sector occidental la parte baja de la serie terciaria está fuertemente tectonizada, mientras que la parte alta se dispone subhorizontal. En las zonas centrales de la Depresión únicamente afloran materiales neógenos y su disposición subhorizontal parece reflejar la estabilidad del zócalo hercínico fuera de la cadena. Sin embargo, M. ALÍ (1960) puso de manifiesto que el zócalo de la Depresión sufrió movimientos diferenciales a lo largo de fracturas, del

estilo de las observables en las áreas donde aquel aflora, como por ejemplo en el Sistema Central. En los últimos años la tectónica del zócalo en la Depresión ha sido puesta de manifiesto en varios trabajos de tipo geofísico y se ha discutido su influencia sobre los rasgos morfológicos de la región, la sedimentación neógena y la estructura de las capas miocenas. En el presente trabajo se aportan y discuten algunos nuevos datos referidos a los movimientos más recientes, de edad posmiocena, desarrollados en la Depresión del Tajo en el área entre Madrid y la Sierra de Altomira.

## 2. LAS ESTRUCTURAS POSMIOCENAS

En las capas miocenas, a pesar de su disposición general tendida, son visibles una serie de estructuras, en forma de pliegues y fallas, que han sido descritas desde antiguo e interpretadas de diversa manera. Una porción de estas estructuras es de origen claramente atectónico. Así, los pliegues angulares de las "capas blancas" que se superponen a los yesos de facies Vallecas fueron ya interpretados por ROYO GÓMEZ (1926) como debidos a hundimientos provocados por la disolución de los yesos infrayacentes. Pliegues de este tipo son también muy visibles en las series blancas de Arganda, a lo largo de la Carretera Nacional Madrid-Valencia, en las inmediaciones del kilómetro 27 (SAN JOSÉ, 1975 a), así como en la región de la Sagra, en la carretera de Esquivias a Borox, en las canteras de la Alameda de la Sagra y en la de Daragebal (CAPOTE y CARRO, 1967 b). No sólo los hundimientos provocados por la disolución de los yesos dan lugar a deformaciones atectónicas. En los bordes de los páramos es frecuente observar basculamientos y ondulaciones en las calizas "pontienses" debidos a fluencia y cesión de las capas blandas infrayacentes. Son incluso frecuentes los deslizamientos de ladera, tanto de bloques calizos como de paquetes enteros de calizas y margas, como ocurre en el Cerro de la Escalera, siete kilómetros al Oeste de Illana (CAPOTE y CARRO, 1968 b; SAN JOSÉ, 1975 b).

Sin embargo, otra parte de las estructuras que afectan a las capas miocenas deben interpretarse como debidas a movimientos tectónicos.

Al NW de Aranjuez se localiza un suave pliegue sinclinal de dirección NNE-SSW cuyos flancos muestran buzamientos de 10° y 12° y cuya traza axial se prolonga al menos unos ocho kilómetros (CAPOTE y

CARRO, 1967 b). En el kilómetro ocho de la carretera de Puente Arganda a Chinchón, otro sinclinal suave, de alrededor de un kilómetro de anchura, deforma a todos los tramos miocenos (CARRO y CAPOTE, 1967).

Pliegues suaves hectométricos se localizan también en otros puntos. En las "calizas del páramo", entre Aranzueque y Renera, se encuentra un pequeño sinclinal (VAUDOUR, 1974). En el kilómetro 30 de la carretera Madrid-Valencia, en las inmediaciones de Arganda, son visibles una serie de pliegues suaves acompañados por fallas gravitacionales, (CARRO y CAPOTE, 1967; SAN JOSÉ, 1975 a), cuyos saltos oscilan entre 0,5 metros en algunas de ellas y cuatro metros en otras. En la carretera de Valdelecha a Orusco, entre los kilómetros seis y siete son igualmente visibles suaves pliegues de escala algo menor, acompañados también por fallas (SAN JOSÉ, 1975 a). En Escopete, unos seis kilómetros al Oeste de Pastrana, la "caliza del páramo" muestra una sucesión de pliegues hectométricos de dirección prácticamente N-S y claramente asimétricos, con vergencia al Oeste (CAPOTE y CARRO, 1969 a).

Las fallas son también visibles en bastantes puntos de la Depresión. En el ya citado kilómetro 30 de la carretera Madrid-Valencia, al SE de Arganda, acompañando a los pliegues mencionados aparecen fallas de direcciones que oscilan entre NNE-SSW y NE-SW (SAN JOSÉ, 1975 a). Las más noroccidentales muestran el plano de falla subvertical y levantan relativamente el labio NW. Las situadas más al SE muestran el movimiento contrario. Todas ellas se pueden interpretar como fallas gravitacionales. En varios otros puntos de la Hoja núm. 583 de Arganda SAN JOSÉ (1975 a) cartografía y describe fallas que afectan al Mioceno. En ellas dominan las de dirección NE-SW, pero encuentra también fallas E-W y NW-SE. Fallas de dirección N-S hemos localizado en las inmediaciones de Chinchón y cruzando el valle del Tajo, 20 kilómetros al SE de la misma localidad.

Con todo, el caso más espectacular de fallas se encuentra en los alrededores de Mondéjar. Ya en 1968 (CAPOTE y CARRO, 1968 a), cartografiábamos una falla de dirección NE-SW que cruza la carretera de Mondéjar a Almoguera, unos 2,5 kilómetros al Este de la primera localidad. Esta falla, a la que denominábamos Falla de Mondéjar, es muy visible en el terreno porque determina un escarpe morfológico muy claro en el que los yesos sacaroideos blancos vindobonienses destacan sobre un llano labrado en

las series detríticas que se sitúan en la base de la caliza del páramo (CAPOTE y CARRO, 1968 a). Este escarpe es en realidad un escarpe secundario de línea de falla, pero permite seguir la falla a lo largo de unos ocho kilómetros y determinar un salto de unos 30 metros. SAN JOSÉ (1975 b) ha realizado una excelente cartografía de este área y ha mostrado que no se trata de una única falla, sino de todo un enjambre de ellas más o menos paralelas, y que existe además otro sistema de dirección WNW-ESE. En el primero los labios relativamente hundidos se sitúan al NW y en el segundo al SW. Tanto SAN JOSÉ (1975 b) como nosotros hemos interpretado estas fallas como normales, lo que se confirma examinando las estructuras menores asociadas. Hemos reconocido en los yesos del labio levantado de la falla de Mondéjar, inmediatamente al Este del escarpe ya mencionado, una serie de grietas de tracción de escala métrica, rellenas con yeso fibroso y orientación media de 21-78 W, lo que interpretamos como indicativo de extensión horizontal casi perpendicular a la falla y una posición casi vertical de la dirección de acortamiento. Una serie de microfallas normales, separadas 1 ó 2 decímetros unas de otras, dirección media de 43° y buzamiento de 46° SE, se pueden interpretar como fallas antitéticas de la principal y sugieren también que ésta es normal.

Finalmente, es de mencionar que las imágenes de satélite muestran que en este área de la Depresión del Tajo existe una serie de lineaciones cuyas direcciones coinciden con la de las fracturas del zócalo hercínico en el Macizo Ibérico (BISCHOFF, 1975) y que se interpretan como de origen tectónico.

3. LA ESTRUCTURA REGIONAL

Las estructuras tectónicas descritas no son las únicas deformaciones que afectan a las series miocenas del sector central de la Depresión del Tajo. En diversas ocasiones se han citado variaciones en las cotas a las que se encuentran los diferentes tramos del Mioceno (ARANDILLA et al., 1975; CAPOTE y CAPOTE y CARRO, 1969 a y b; CARRO y CAPOTE, 1969; SAN JOSÉ, 1975 a y b; I. G. M. E., 1971 y 1972), lo que implica buzamientos más o menos acusados a escala regional. Para determinar la geometría de esta estructura regional se ha construido un mapa de contornos estructurales de las capas miocenas. Se ha tomado como base una parte de la cartografía geológica a escala 1:50.000 realizada

por uno de nosotros (R. C.) entre los años 1968 y 1970, correspondiente a la región central de la Depresión del Tajo en la que existen buenos contrastes litológicos entre los diferentes tramos miocenos. Dada la abundancia de cambios de facies en las formaciones vindobonienses se ha utilizado la "formación de los páramos" o "pontiense s.l." Esta formación está constituida por unos niveles basales detríticos y un tramo calcáreo ("Calizas de los páramos"). Las capas detríticas de la base quedan separadas de la formación infrayacente por una discontinuidad y muestran un espesor muy variable. Por otra parte, la superficie que corona los páramos no es estructural, sino una superficie de erosión a la que SCHWENZNER (1937) denominó M<sub>2</sub>. Por todo ello, se ha tomado como "datum" para construir el mapa el contacto entre las calizas lacustres y las capas detríticas basales del "pontiense s.l.", que aunque puede variar de posición lateralmente lo hace aparentemente dentro de un rango que no supera el propio límite de error de la cartografía. Tomando cotas de este contacto sobre el nivel del mar se ha elaborado el mapa de contornos estructurales de la figura 1. En él se aprecian:

— Una disminución general de cota de NE a SW. En efecto, el "datum" se sitúa a más de 980 metros al NE de Peñalver y a unos 700 metros al SW de Chinchón, lo que representa una pendiente general del 0,3 por 100 hacia el SW.

— Una serie de depresiones y elevaciones de dimensiones y forma variables. Se reconocen depresiones alargadas o sinclinales, de varios kilómetros a varias decenas de kilómetros de longitud y con desniveles respecto a las áreas elevadas que varían entre 30 y 100 metros; umbrales o elevaciones de dimensiones similares; flexiones, correspondientes a las áreas de mayor gradiente en el cambio de cota; interrupciones en las curvas o fallas, como la situada al Este de Mondéjar.

En la figura 2 se da una interpretación del mapa de contornos estructurales. En ella se han dibujado también las estructuras de escala menor, pliegues y fallas, usando para ello datos propios y de SAN JOSÉ (1975 a y b). Tanto los surcos sinclinales como las elevaciones se alargan según direcciones dominantes NE-SW y localmente E-W. En las flexiones dominan igualmente las de dirección NE-SW, pero se localizan también algunas otras de dirección NW-SE y WNW-ESE.

De Este a Oeste los rasgos fundamentales de la estructura son: la *Elevación de Tarancón*; el *Sin-*

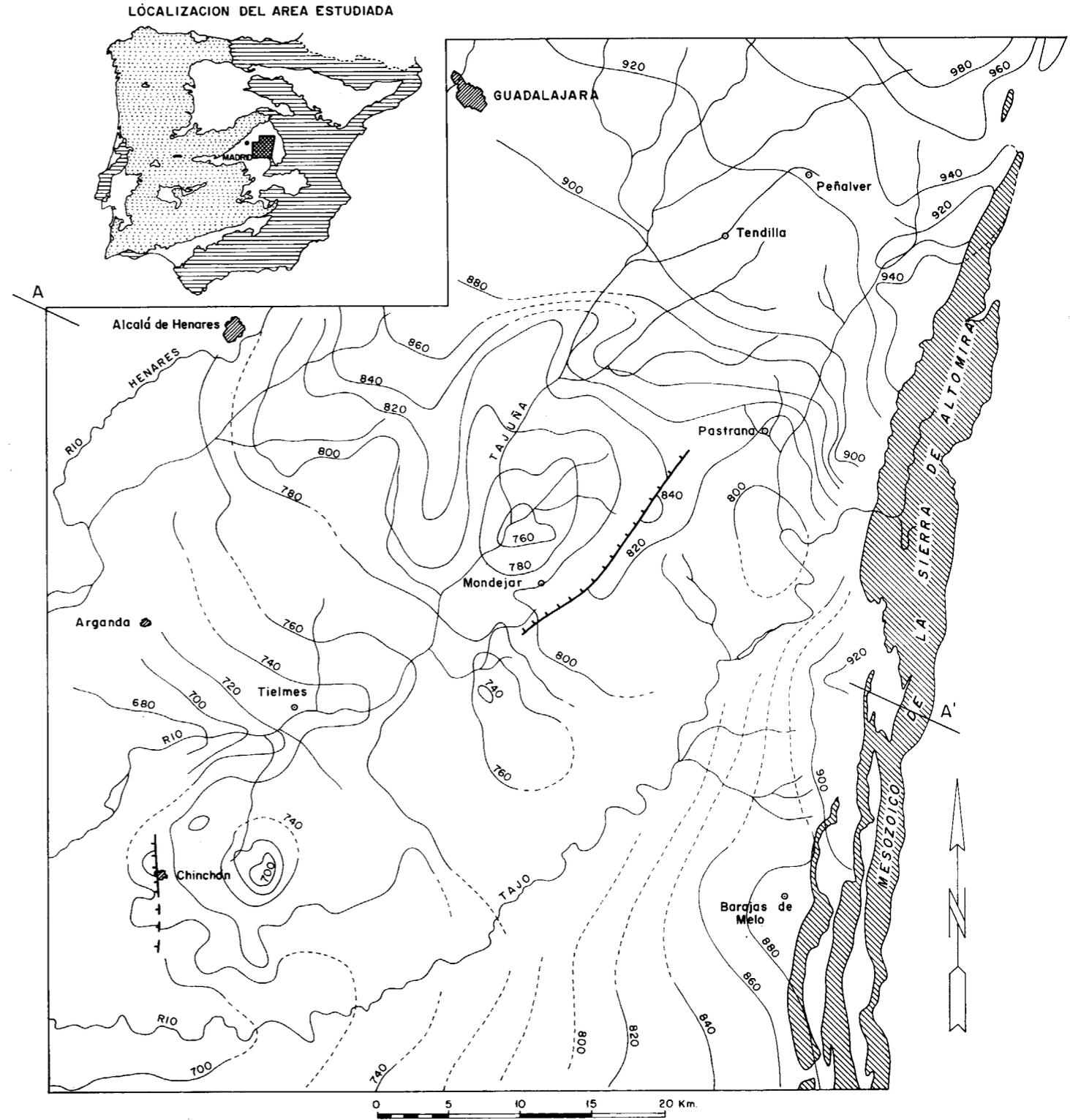


Figura 1  
Mapa de contornos estructurales de las deformaciones del "Pontiense s. l." del área central de la Depresión del Tajo. Las cotas se dan en metros sobre el nivel del mar.

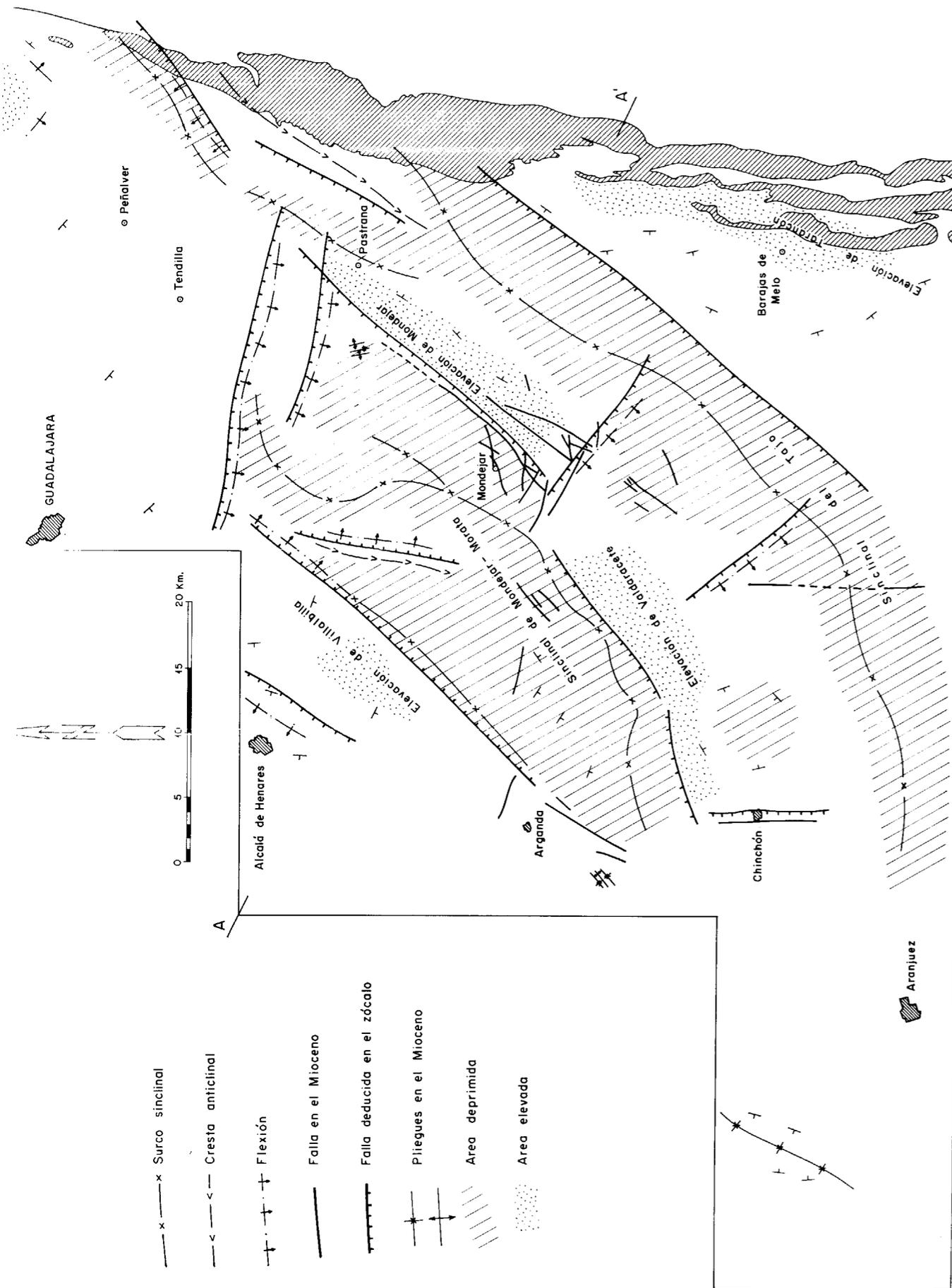


Figura 2 Interpretación estructural del mapa de la figura 1.

clinal del Tajo; la Elevación de Mondéjar y su continuación en la Elevación de Valdaracete; el Sinclinal de Mondéjar-Morata y la Elevación de Villabilla.

Todo el área inmediatamente al Oeste de la Sierra de Altomira corresponde en líneas generales al área relativamente más elevada, pero es de destacar que algunos sinclinales se disponen oblicuamente a la dirección de la Sierra.

El algunos casos se aprecia una clara relación entre la aparición de pliegues y fallas y la estructura mayor. Así, al Sur y Este de Mondéjar, las fallas ya mencionadas se sitúan en una zona de gradiente mayor, entre Sinclinal de Mondéjar-Morata y la Elevación de Mondéjar las de dirección NE-SW y a lo largo de una flexión las de dirección NW-SE.

4. INTERPRETACION TECTONICA

De la geometría del conjunto se deduce que dos tipos de tectónica afectan a las capas neógenas.

— Un basculamiento general pospontiense de la cobertera terciaria y del zócalo hercínico de la región hacia el SW, mencionado ya por muchos autores.

— Una deformación muy suave que creó anticlinales y sinclinales de gran radio acompañados localmente por fallas y pliegues de menor escala.

Las dimensiones de las estructuras regionales y de muchas otras de menor escala excluyen la posibilidad de que se hayan generado como conse-

cuencia de hundimientos en los yesos infrayacentes. Efectivamente, existe localmente un verdadero karst en yesos que da lugar incluso a simas importantes, como la existente al Oeste de Hueva (CAPOTE y CARRO, 1967 a), pero sus dimensiones son muy inferiores a las de las grandes estructuras del área. Por otra parte, la edad de esta tectónica, que como se verá es en gran parte precuaternaria, excluye también esta explicación. Las estructuras de detalle sugieren, tal como se mostró en el apartado 2, que las capas terminales del Mioceno en este área fueron sometidas a extensión durante la deformación del conjunto, lo que se explica bien dentro de una tectónica de adaptación a los desniveles del zócalo.

Recientemente S. CADAVID (1976) ha elaborado un mapa de isobatas del techo del basamento en base a datos gravimétricos. Este mapa se solapa en parte con el de la figura 1 y su comparación muestra la concordancia entre ciertos elementos tectónicos principales de la cobertura terciaria y del zócalo. Así el Sinclinal de Mondéjar-Morata se sitúa directamente sobre una profunda depresión en el zócalo. En la figura 3 el perfil estructural superior, correspondiente al datum "pontense", reproduce más suavemente la cuenca del zócalo dada en el perfil inferior (ambos perfiles se han levantado según la línea AA' de la figura 1). Las flexiones de dirección WNW-ESE situadas al NW de Pastrana se localizan sobre fallas de la misma dirección en el mapa del zócalo de CADAVID, y también el sinclinal del Cerro de las Cuevas, situado al NW de Aranjuez, se localiza sobre un pequeño graben del zócalo. No parece que las estructuras mayores sean "suprate-

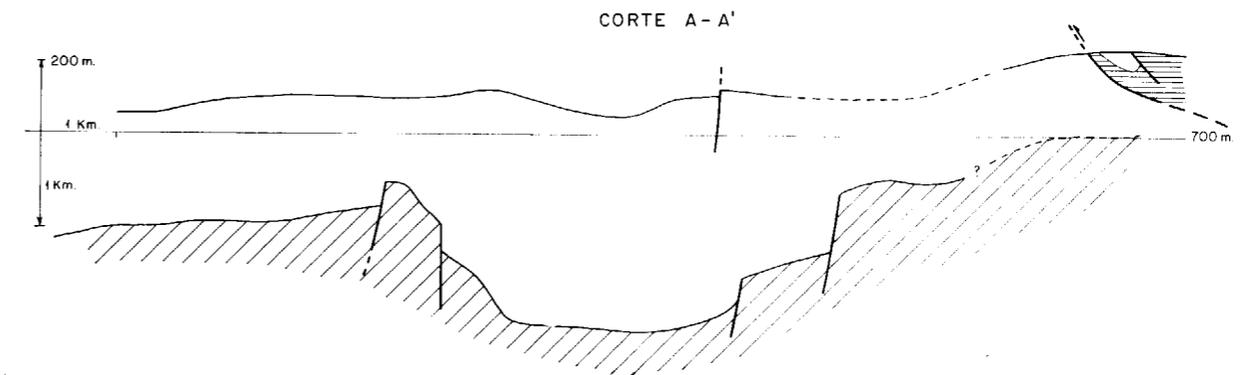


Figura 3

Perfil a lo largo de la línea AA' de las figuras 1 y 2. En el perfil superior se ha levantado el "datum" pontense y en el inferior el techo del zócalo deducido mediante gravimetría por CADAVID (1976). La escala vertical del perfil superior está realzada veinticinco veces respecto a la horizontal. La del perfil inferior lo está cinco veces. Se aprecia cómo la deformación del Mioceno sigue los grandes rasgos de la del zócalo.

nuous folds" formados por compactación, sino que se trate de una tectónica de revestimiento originada por movimientos en las fallas previamente existentes en el zócalo. En efecto, para los espesores totales del Terciario la compactación no explica los desniveles de hasta 100 metros encontrados en el mapa de contornos estructurales, ni la asociación a fallas posmiocenas del estilo de las de Mondéjar.

En la figura 2 se han situado las fallas de zócalo que pueden explicar las flexiones, sinclinales y elevaciones que afectan a las capas miocenas. En conjunto definen una red de fallas que limitan bloques en el zócalo, unos deprimidos y otros levantados. Dominan las fallas de dirección NE-SW y le siguen las E-W, las N-S y las WNW-ESE. Sus direcciones son las mismas que muestran las fallas tardihercénicas del Macizo Ibérico (ARTHAUD y MATTE, 1975; GARZÓN, et al., 1976; PARGA, 1969; VEGAS, 1974 y 1975; UBANELL, 1977) y por lo tanto pueden interpretarse como fallas tardihercénicas reactivadas. La mayor parte del movimiento renovado es sin duda prepontense, con saltos en el zócalo que pueden llegar a 1.000 metros, pero al menos una parte es posmioceno y responsable de la deformación de las capas del Mioceno superior.

A tenor de las estructuras de las formaciones miocenas el sector donde el zócalo se encuentra más elevado corresponde al área situada inmediatamente al Oeste de la Sierra de Altomira, pero varias fallas desnivelan bloques según direcciones oblicuas a la dirección de la Sierra. Estas fallas son similares a las que HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (1972), mediante magnetometría, y SÁNCHEZ SORIA (1973), a partir de la geometría de los pliegues mesozoicos, deducen para el zócalo bajo la Sierra de Altomira.

De Este a Oeste el zócalo debe pasar desde el sector elevado de Tarancón a una ligera depresión bajo el Sinclinal del Tajo; luego un umbral, bajo la elevación de Mondéjar, una cuenca profunda, entre Mondéjar y Morata de Tajuña, y un área elevada al Oeste. Fuera del área a la que se refiere este trabajo, al NW del río Henares, se pasa a una zona fuertemente deprimida cuya mayor profundidad se alcanza inmediatamente al lado de la falla meridional del Sistema Central (CADAVID, 1973).

Las direcciones E-W de fallas entre Tarancón y Chinchón, a lo largo del valle del Tajo, han sido consideradas por ALÍA (1972) como parte de un elemento estructural importante dentro de la tectónica de este sector central de la Meseta.

## 5. EDAD DE LOS MOVIMIENTOS

Un rasgo geomorfológico importante en la Depresión del Tajo es la presencia de una superficie de erosión ( $M_2$  de SCHWENZNER, 1937) que constituye la superficie de los páramos. Esta superficie arrasa las estructuras tectónicas de la "formación de los páramos", como es visible en muchos puntos. Por ejemplo, se puede ver que el escarpe morfológico de falla de Mondéjar es secundario y que tanto las calizas del labio hundido como los yesos del levantado enrasan a unos 840 metros. Se comprueba también que el paquete de calizas lacustres muestra actualmente mayor espesor en los sinclinales y depresiones estructurales que en las áreas elevadas, tal como puede esperarse si la estructura fue arrasada posteriormente a su formación. En efecto, mientras en áreas sinclinales como Pastrana o Escopete las calizas alcanzan casi los 100 metros de potencia, en los umbrales pueden no tener más que una decena de metros o incluso estar completamente ausentes, como ocurre al Este de la Falla de Mondéjar, donde sobre los yesos sacaroideos de la "serie blanca" sólo se encuentran retazos de las capas detríticas basales del "pontense s.l." La mayor parte de la deformación es, pues, pre- $M_2$ . Por otro lado, la superficie  $M_2$  está también basculada al SW. Al Este de Guadalajara la red fluvial, de tipo detrítico, discurre sobre la  $M_2$  que está inclinada al SW al igual que las capas del Mioceno superior (CAPOTE y CARRO, 1970), lo que prueba que el basculamiento regional es un evento tectónico post- $M_2$ .

Si se compara la localización de surcos sinclinales en el Mioceno superior con la red fluvial actual destaca cómo el Tajo y el Tajuña adaptan su curso a la estructura. Este hecho, señalado por ALÍA (1960), implica que alguna fallas fueron nuevamente reactivadas después de labrada  $M_2$ , acentuando estructuras anteriores. No se puede precisar en qué momento ocurrió esto, si contemporáneamente con el basculamiento o con posterioridad a él.

La datación de los movimientos responsables de la estructura posmiocena sólo puede hacerse en relación con los datos geomorfológicos y paleontológicos recientes (VAUDOUR, 1969 y 1974; AGUIRRE et al., 1976). Si se admite que las últimas capas de las "calizas de los páramos" son del comienzo del Plioceno (AGUIRRE et al., 1976) y que la superficie  $M_2$  se formó por corrosión química con formación de terra-rosa antes del Villafranquiense medio (VAUDOUR, 1974), la deformación debió desarrollarse du-

rante los movimientos rodánicos. AGUIRRE et al., (1976) denominan Fase Iberomanchega a esta fase pre- $M_2$ , equiparable a la Fase Rodánica, y la sitúan hacia los —4 millones de años. El basculamiento, según VAUDOUR (1974), se inició en el Villafranquiense medio y se prologó hasta el Villafranquiense superior, siendo sincrónico con la formación detrítica roja y la costra calcárea de la parte meridional de los páramos de la Depresión del Tajo. AGUIRRE et al. ponen en relación con el basculamiento otra fase tectónica que afecta a materiales pliocenos y cuya edad es próxima a —3 millones de años. Esta fase es la que puede haber acentuado los sinclinales del Tajo y de Mondéjar-Morata.

La raña parece ser posterior al basculamiento. Recubre al Sur de Somosierra y Norte del Henares (HERNÁNDEZ-PACHECO, 1965) una superficie de erosión, la  $M_1$  de SCHWENZNER (1937), que se sitúa más baja que la de los páramos.

Los sismos registrados en algunos puntos de la Depresión muestran que todavía alguna falla parece seguir experimentando movimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M. y PÉREZ GONZÁLEZ, A.: *Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur Española*. "Trabajos Neóg-Cuaternario" (CSIC), 5, 7-29 (1976).
- ALÍA, M.: *Sobre la tectónica profunda de la fosa del Tajo*. "Not. y Com. I. G. M. E.", 58, 125-162 (1960).
- ALÍA, M.: *Evolution post-hercymienne dans les régions centrales de la Meseta espagnole* 24th Int. Geol. Congr., section 3, 265-272 (1972).
- ALÍA, M.; PORTERO, J. M., y MARTÍN ESCORZA, C.: *Evolución geotectónica de la región de Ocaña (Toledo), durante el Neógeno y Cuaternario*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 71, 9-20 (1973).
- ARANDILLA, P.; FERREIRO, D.; HERNÁNDEZ, A., y DEL OLMO, P.: *Hoja núm. 607 (Tarancón)*, 2.ª serie, 1.ª ed. "Mapa Geol. de España, 1/50.000". I. G. M. E. (1975).
- ARANDILLA, P.; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍN, D. y DEL OLMO, P.: *Hoja núm. 631 (Ocaña)*, 2.ª serie, 1.ª ed. "Mapa Geol. de España, 1/50.000". I. G. M. E. (1975).
- ARTHAUD, F. y MATTE, PH.: *Les décrochements tardi-hercymiens du Sud-Ouest de l'Europe. Geometrie et essai de reconstitution des conditions de la deformation*. "Tectonophysics", 25, 139-171 (1975).

BISCHOFF, L.: *Das Störungsmuster Zentralspaniens nach Auswertungen von ERTS-1-Aufnahmen*. "Münster. Forsch. Geol. Paläont.", 36, 69-79 (1975).

CADAVID CAMIÑA, S. y HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M.<sup>a</sup> E.: *Estudio magnetométrico del basamento de la Hoja 583, Arganda*. "Estudios Geol.", 23, 263-275 (1967).

CADAVID, S.: *Estudio geofísico del basamento en la Depresión meridional de la Sierra del Guadarrama*. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias, Univ. Complutense de Madrid (1973).

CADAVID, S.: *Mapa estructural del techo del basamento del borde meridional de la Sierra del Guadarrama*. "Bol. Geol. y Min." (en prensa) (1976).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Memoria y Hoja geológica número 606 (Chinchón)*. Informe privado J. E. N. (1967).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Existencia de una red fluvial intramiocena en la Depresión del Tajo*. "Estudios Geol.", 24, 91-95 (1968 a).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Memoria y Hoja geológica número 584 (Mondéjar)*. Informe privado J. E. N. (1968 b).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Memoria y Hoja geológica número 585 (Almonacid de Zorita)*. Informe privado J. E. N. (1968 c).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Hoja núm. 561 (Pastrana)*, primera serie, 2.ª ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1969 a).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Hoja núm. 605 (Aranjuez)*, primera serie, 2.ª ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1969 b).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Hoja núm. 536 (Guadalajara)*, 1.ª serie, 1.ª ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1970 a).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Hoja núm. 537 (Auñón)*, 1.ª serie, 1.ª ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1970 b).

CAPOTE, R. y CARRO, S.: *Contribución al conocimiento de la región del NE de la Sierra de Altomira (Guadalajara)*, "Estudios Geol.", 26, 1-15 (1970 c).

CARRO, S. y CAPOTE, R.: *Memoria y Hoja geológica número 583 (Arganda)*. Informe privado J. E. N. (1967).

CARRO, S. y CAPOTE, R.: *Memoria y Hoja geológica número 562 (Sacedón)*. Informe privado J. E. N. (1968).

CARRO, S. y CAPOTE, R.: *Hoja núm. 560 (Alcalá de Henares)*, 1.ª serie, 2.ª ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1969).

DÍAZ MOLINA, M.: *Síntesis estratigráfica preliminar de la Serie Terciaria de los alrededores de Carrascosa del Campo (Cuenca)*. "Estudios Geol.", 30, 63-67 (1974).

- FELGUEROSO COPEL, C. y COMA GUILLÉN, J.: *Estudio hidrologico de una zona de la provincia de Guadalajara*. "Not. Com.", I. G. M. E., 71, 213-242 (1963).
- GARZÓN-HEYDT, M. G.; GONZÁLEZ-LODEIRO, F., y VEGAS, R.: *Estudio tectónico y microtectónico de la fracturación en un segmento del Sistema Central Español*. "Studia Geológica", 10, 7-16 (1976).
- GAVALA LABORDE, J.: *El sondeo de Tielmes. Espesor del Terciario lacustre en la cuenca del Tajo*. "Rev. R. Acad. Ciencias", 49 (3), 519-522 (1965).
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M.<sup>a</sup> E.: *Estudio magnético del basamento de la región NE de la depresión tectónica del Tajo*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 70, 77-89 (1972).
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M.<sup>a</sup> E.: *Estudio magnético del basamento en el extremo occidental de la depresión tectónica del Tajo (Talavera de la Reina-Torrijos)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 72, 99-108 (1974).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: *Geología de la cuenca del Tajuña*. "Mem. Asoc. Esp. Progr. Cienc. Cong.", Salamanca (1924).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: *La formación de la raña al S de la Somosierra occidental*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 63, 5-16 (1965).
- I. G. M. E.: *Hoja núm. 45 (Madrid)*, 1.<sup>a</sup> ed. "Mapa Geol. de España 1/200.000" (1971).
- I. G. M. E.: *Hoja núm. 46 (Cuenca-Guadalajara)*, 1.<sup>a</sup> ed. "Mapa Geol. de España 1/200.000 (1972).
- JIMÉNEZ DE AGUILAR: *Sobre el temblor de tierras en Barrajas de Melo (Cuenca)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 29, 384-385 (1929).
- MARTÍN ESCORZA, C.: *Actividad tectónica, durante el Mioceno, de las fracturas del basamento de la Fosa del Tajo*. "Estudios Geol.", 32, 509-522 (1976).
- MARTÍN ESCORZA, C.: *Un ejemplo de la actividad tectónica durante el Mioceno del basamento fracturado de la fosa del Tajo*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 74, 159-169 (1976).
- MARTÍN ESCORZA, C.; CARBO GOROSABEL, A., y UBANELL, A. G.: *Contribución al conocimiento geológico del Terciario aflorante al N de Toledo*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 71, 167-182 (1973).
- MARTÍN ESCORZA, C. y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: *Contribución al conocimiento de la geología del Terciario occidental de la Fosa del Tajo*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 70, 171-190 (1972).
- MARTÍN GARCÍA, A. y LEYVA CABELLO, F.: *Hoja núm. 510 (Marchamalo)*, 2.<sup>a</sup> serie, 1.<sup>a</sup> ed. "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1973).
- MELÉNDEZ HEVIA, F.: *Estratigrafía y estructura del sector norte de la Sierra de Altomira (Bolarque-Buendía)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 67, 145-160 (1969).
- PARGA, J. R.: *Spätvariszische Bruchsysteme im Hesperischen Massiv*. "Geol. Rundschau", 59 (1), 323-336 (1969).
- ROYO GÓMEZ, J.: *Tectónica del Terciario continental ibérico*. "Bol. I. G. M. E.", 47, 131-163 (1926).
- SAENZ DE SANTA MARÍA, F.: *Generalized Tertiary tectonics of the Iberian Peninsula*. "Bol. Geol. y Min." 87 (5), 456-461 (1976).
- SÁNCHEZ SORIA, P.: *Estudio geológico de la Sierra de Altomira (entre Paredes y Belmonte)*. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias, Univ. Complutense de Madrid (1973).
- SÁNCHEZ SORIA, P. y PIGNATELLI GARCÍA, R.: *Notas geológicas de la Sierra de Altomira (Cuenca-Guadalajara)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", 65, 231-240 (1967).
- SAN JOSÉ, M. A.: *Hoja núm. 583 (Arganda)*, 2.<sup>a</sup> serie "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1975 a).
- SAN JOSÉ, M. A.: *Hoja núm. 584 (Mondéjar)*, 2.<sup>a</sup> serie "Mapa Geol. de España 1/50.000". I. G. M. E. (1975 b).
- SCHWENZNER: *Zur Morphologie des Zentralspanischen Hochlandes*. "Geogr. Abh.", 10, 1-28 (1937).
- UBANELL, A. G.: *Modelo de fracturación de la región central española basado en las imágenes obtenidas por satélite*. "Studia Geológica", XII, 195-206 (1977).
- VAUDOUR, J.: *Donées nouvelles et hypothèses sur le Quaternaire de la region de Madrid*. "Mediterranée", 8, 79-92 (1969).
- VAUDOUR, J.: *Recherches sur la terra-rossa de la Alcarria (Nouvelle Castille)*. "Memoires et Documents, sér. 15. Phenomenes Karstiques", t. II, 49-69 (1974).
- VEGAS, R.: *Las fallas de desgarre del SO de la Península Ibérica*. "Bol. Geol. y Min.", 85 (2), 153-156 (1974).
- VEGAS, R.: *Wrench (transcurrent) fault System of the south-western Iberian Peninsula, paleogeographic and morphostructural implications*. "Geol. Rundschau", 64 (1), 266-278 (1975).

Recibido: Noviembre 1977.

## Los osos fósiles de la Sierra de Atapuerca (Burgos-España)

Por T. DE TORRES PEREZHIDALGO (\*)

### RESUMEN

En el presente trabajo, se estudian premolares y molares de los osos fósiles encontrados en la campaña de excavaciones realizadas en la Sierra de Atapuerca, Burgos, (España) durante el verano del año 1976.

En los rellenos de las formas endokársticas se han extraído numerosos restos del ancestro del oso de las cavernas (*Ursus spelaeus* Ros): El *Ursus deningeri*, V. Reich., acompañado de otros carnívoros y de dientes y fragmentos de cráneo de cuatro individuos "preneanderthalianos"; los restos humanos más antiguos encontrados hasta hoy en España.

En los rellenos exokársticos han aparecido restos de oso pardo: *Ursus arctos* var.

### RESUMÉ

Dans le présent travail on étudie les prémolaires et molaires des oses fossiles trouvés dans une campagne de fouilles réalisée dans la "Sierra de Atapuerca" Burgos, Espagne, pendant l'été de 1976.

Dans les remplissages des formes exokarstiques se sont extraits nombreux restes de l'ancêtre de l'ours des grottes (*Ursus spelaeus*, Ros.): *L'Ursus deningeri*, v. Reich., avec d'os d'autres carnivores et dents et débris de crâne de quatre "preneanderthaliens"; les restes humains plus anciens trouvés jusqu'aujourd'hui dans l'Espagne.

Dans les remplissages exokarstiques ont apparus restes d'un ours brun: *Ursus arctos* var.

### INTRODUCCION

Durante el mes de agosto de 1976, dirigimos una campaña de excavaciones paleontológicas en diversos rellenos kársticos de la Sierra de Atapuerca, Burgos. El objetivo de estos trabajos era reunir material para la realización de nuestra Tesis Doctoral "Revisión de los úrsidos fósiles de España".

La Sierra de Atapuerca consiste en un anticlinal cretácico de altura modesta, que está decapitado por una superficie de erosión, y que está rodeado por terrenos neógenos, en los que se desarrollan hasta tres superficies de erosión, de cuyo estudio no nos ocuparemos en este trabajo, igualmente en el neógeno, se encaja el río Arlanzón que da tres

sistemas de terrazas, habiéndose encontrado en la intermedia restos de industria del "Paleolítico Inferior".

El anticlinal cretácico que generó la Sierra de Atapuerca y desde el neógeno en que quedó fosilizado, sufrió importantes fenómenos de karstificación. Testimonio de un período de circulación freática son el Complejo Cueva Mayor-Cueva Menor y la Cueva Peluda. Posteriormente tuvo períodos esporádicos de circulación vadosa, como lo certifican las grandes marmitas de erosión visibles en la Cueva Menor.

En el complejo Cueva Mayor-Cueva Menor, en la zona de unión, existe una sima de catorce metros de profundidad, en cuyo fondo había restos de oso, según nos comunicaron miembros del Servicio Espeleológico de la Excm. Diputación de Burgos. Verificada una exploración se constató que aunque

(\*) Ingeniero de Minas. Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.

muy destruido el yacimiento, todavía podían recuperarse dientes más o menos intactos, por ello se comenzó a excavar en esta sima, de la que se extrajeron varios millares de huesos de *Ursus deningeri*, Von REICHENAU, algunos huesos de: *Phantera spelaea*, GOLDFUSS, de un felino indeterminado, de un cánido y de un *Vulpes* sp. Junto con los restos de carnívoros, aparecieron unos restos humanos: Trece piezas dentarias, una mandíbula y dos fragmentos de cráneo. Los cuales fueron estudiados en unión de los doctores E. Aguirre y J. M.<sup>a</sup> Basabe, pudiendo definir que se trataba de restos de unos cuatro individuos, "preneanderthalianos" que pueden por lo tanto citarse como los restos humanos más antiguos encontrados hasta hoy en España, asimilables a los de Mauer, Montmaurin, L'Aragón, etcétera, y que dan a este yacimiento una importancia inmensa y única.

La posterior denudación del anticlinal cretácico, permitió la aparición de numerosas formas exokársticas: simas, dolinas y lapiaces. Las dos primeras constituyeron zonas de acumulación de restos de vertebrados. Debido a su colmatación total, hoy en día serían inobservables, si no fuera porque al trazar el tendido de un ferrocarril minero, una profunda trinchera corta la falda de la Sierra dejando al descubierto estos rellenos, a veces, con una potencia visible que se acerca a la veintena de metros.

Se excavaron parcialmente dos de estas formas exokársticas: una sima y una dolina, aunque la primera fue abandonada rápidamente debido a la fuerte cementación. Aparecieron grandes cantidades de vertebrados diversos, que todavía están pendientes de estudio, y algunos huesos de oso. Dos mandíbulas de cría, numerosos dientes y diversas piezas del esqueleto postcranial que fueron clasificadas como *Ursus arctos* var., y de cuyo estudio nos ocuparemos en esta nota.

**URSUS DENINGERI, VON REICHENAU**

*Inventario de las piezas medidas.*

P<sup>1</sup> (101), M<sup>1</sup> (148), M<sup>2</sup> (164), P<sub>4</sub> (32), M<sub>1</sub> (101), M<sub>2</sub> (118), M<sub>3</sub> (89)

*Medidas.*

En la tabla I figuran las medidas e índices medios de los premolares y molares del yacimiento de la Cueva Mayor, comparados con diversos yaci-

mientos europeos de *Ursus deningeri*, von REICH., con una forma de estepa del oso de las cavernas (*Spelaearctos spelaeus rossicus*, BO.) y con el *Ursus spelaeus*, R-H. de dos yacimientos españoles; las cuevas del Reguerillo y de Arrikutz.

Podemos apreciar que existe una marcada diferencia entre las medidas medias de los osos de Cueva Mayor y el *U. spelaeus*: El oso de Cueva Mayor es de menor tamaño.

Los índices medios generalmente son también un poco menores que los correspondientes al *U. spelaeus*, aunque de todas maneras pueden considerarse dentro de los valores propios de las formas espeleas. Esta diferencia podría indicar un carácter menos hipocarnívoro en esta forma ancestral del *U. spelaeus*.

Comparando finalmente el oso de Cueva Mayor con el *Ursus deningeri*, von REICHENAU de diversos yacimientos europeos, pese a la pobreza de datos comparativos que tenemos, resulta evidente que hay una buena concordancia entre las dimensiones medias y los índices medios de ambos. Las pequeñas diferencias existentes entre los valores medios y los intervalos de variación, las atribuimos, al menos en parte, a la deficiente representación de la población en los yacimientos de comparación, donde al estar pobremente representados los valores extremos, la media se desplaza algo y el intervalo de variación puede hacerse menor.

Se observa una curiosa aproximación de tamaños entre los osos de Cueva Mayor y las formas esteparias del oso de las cavernas: *Spelaearctos spelaeus rossicus*, del loess de Kuban, cuyas dimensiones medias, a excepción de la longitud del M<sub>1</sub>, resultan ser un poco mayores. Aunque estas diferencias son poco importantes y a veces menores que las que separan los osos de Cueva Mayor del *U. deningeri* de diversos yacimientos europeos, la gran probabilidad de que existiesen notables diferencias paleoecológicas entre ambas poblaciones, hacen difícil poder establecer paralelismos entre ambas.

*Morfología.*

La morfología de los premolares y molares del oso de Cueva Mayor, aunque claramente incluida dentro del grupo de formas espeloides hipocarnívoras, presenta ciertos caracteres arcaicos como son:

Cúspides en general complicadas, espeloides, pero sin alcanzar los valores extremos observables en el *Ursus spelaeus*, R-H.

	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Atapuerca	<i>Ursus deningeri</i> v.R. L'Escaie Seg. BONIFAY	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Petralona Seg. Kurtén	<i>Ursus deningeri</i> v.R. MAUER Seg. RUGER	<i>Ursus deningeri</i> v.R. MOESBACH Seg. ZAPPE	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Sievicus Seg. KOPY	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Letzeikiki Seg. ALTUNA	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Sussenborn Seg. SOERGEL	<i>Ursus deningeri</i> v.R. Hunshheim Seg. ZAPPE	<i>Ursus spelaeus</i> R.H. C. del Reguerillo Seg. TORRES	<i>Ursus spelaeus</i> R.H. C. de Arrikutz Seg. TORRES	<i>Spelaearctos spelaeus rossicus</i> B. Loess de KUBAN Seg. BORISSIAK
	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med	Vmín. Vmáx. Med
L	15,0 19,6 (17,2)	16,9 20,2 (19,1)	12,0 14,6 (13,4)	16,2 19,5 (18,5)	17 22,4	17 22,4			(17)	15,6 22,0 (19,6)	17,5 23,6 (20,4)	(19,0)
A	10,7 17,0 (12,7)	12,0 14,6 (13,4)	12,4 15,3 (13,2)	12,4 15,3 (13,2)	11 14	11 14				12,0 16,3 (14,0)	8,1 16,3 (14,0)	(16,0)
L	21,6 29,7 (25,3)	24,5 27,8 (25,9)	24,5 27,8 (25,9)	24,7 27,0 (26,1)	24,0 29,8 (26,2)	23,5 27,2	25,2 29,1 (27,3)	25,3 (25,3)	(24,0)	21,6 32,2 (28,6)	19,1 31,8 (29,0)	(26,0)
M <sup>1</sup>	14,6 20,2 (17,4)	16,1 19,7 (18,3)	17,4 19,5 (18,4)	17,4 19,5 (18,4)	16,0 21,0 (18,1)	15,0 18,5	17,9 20,6 (19,3)	18,6 (18,6)		15,2 21,2 (19,1)	17,2 22,3 (20,2)	(18,8)
M <sup>2</sup>	15,3 20,4 (17,6)	17,6 20,2 (18,9)	17,1 19,8 (18,5)	17,0 21,8 (18,8)	17,0 21,8 (18,8)	15,0 18,5				16,0 23,6 (19,7)	17,0 23,0 (20,1)	(18,8)
L/A	0,64 0,74 (0,69)	0,71 0,77 (0,72)		0,67 0,76 (0,72)						0,65 0,75 (0,70)	0,64 0,86 (0,73)	
L	34,9 47,2 (40,1)	38,3 45,9 (41,7)	40,4 45,4 (42,3)	40,4 45,4 (42,3)	40,4 45,4 (41,6)	37,6 43,2	41,5 43,4 (42,2)		(37,0)	35,0 53,0 (44,4)	41,3 54,6 (45,5)	(45,0)
M <sup>2</sup> A <sub>1</sub>	17,0 28,9 (20,3)	19,1 24,0 (20,9)	19,1 22,0 (22,4)	19,1 22,0 (22,4)	20,0 24,0 (21,3)	18,5 22,0	19,4 22,4 (20,9)			18,2 25,3 (22,6)	15,2 28,5 (23,5)	(20,0)
A <sub>2</sub>	13,7 22,2 (15,9)	17,5 (17,5)	14,0 17,5 (16,0)	14,0 17,5 (16,0)						13,4 22,6 (18,0)	15,3 24,0 (18,5)	
L	10,9 17,6 (13,9)	12,8 18,0 (14,5)		14,0 17,0 (15,4)	12 15				(16,0)	14,5 18,2 (15,9)	11,7 17,5 (15,7)	(16,25)
A	7,4 13,5 (9,1)	8,2 10,3 (9,0)		8,0 10,0 (9,1)	8 9					9,0 14,2 (10,7)	9,0 12,9 (10,7)	
L	24,3 31,3 (27,1)	26,5 29,3 (27,9)		26,0 28,0 (27,0)	25 30,5		26 28,2 (27,1)	27,5 (27,5)		27,8 33,5 (30,1)	25,9 33,9 (30,4)	(26,0)
M <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	12,1 16,0 (13,3)	11,8 15,0 (12,9)		12,0 14,2 (13,3)	11 14,1		12,2 12,5 (12,4)			11,0 16,3 (14,0)	12,6 16,6 (14,9)	(13,5)
A <sub>3</sub> /L	0,35 0,43 (0,39)			0,39 (0,39)						0,33 0,40 (0,36)	0,35 0,43 (0,39)	
X <sub>3</sub> /A <sub>1</sub>	0,45 0,60 (0,51)									0,40 0,72 (0,58)	0,49 0,62 (0,55)	
L	24,7 31,7 (27,1)	26,3 31,4 (28,8)		25,0 31,0 (27,2)	25 31		25 29,1 (27,4)	27,0 (27,0)		24,3 34,2 (30,1)	22,6 32,1 (30,6)	(27,0)
M <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	14,0 19,3 (16,1)	15,8 20,5 (17,4)		15,0 18,5 (16,8)	15,3 18		15,2 19,1 (16,6)			15,0 21,8 (18,4)	16,0 21,8 (19,2)	(17,0)
A <sub>3</sub> /L	0,47 0,58 (0,53)	0,49 0,59 (0,56)		0,48 0,63 (0,56)						0,41 0,62 (0,53)	0,40 0,64 (0,55)	
L	18,8 28,4 (23,9)	23,1 29,6 (24,7)		22,7 27,0 (24,1)	21,5 30,5		23,6 26,7 (24,8)	23 (23)		21,9 32,1 (26,8)	23,4 30,5 (26,7)	(26,5)
A	15,3 19,6 (17,3)	17,4 20,1 (18,1)		16,0 20,8 (18,1)	16,3 19,7		16,1 19,7 (17,5)			14,2 23,2 (20,4)	18,2 25,0 (19,2)	(20,0)

Todas las dimensiones en m. m.

TABLA I

Comparación entre medidas e índices de los osos de Cueva Mayor con el *U. deningeri* de Europa y el *U. spelaeus* de España y Rusia.

- L = Longitud total.
- A = Anchura máxima.
- A<sub>1</sub> = Anchura parte anterior del diente.
- A<sub>2</sub> = Anchura parte posterior del diente.
- A<sub>3</sub> = Anchura en el estrechamiento central.
- X<sub>3</sub> = Distancia metacónido-protocónido.

		(1)	(2)	(3)	
P <sup>4</sup>	Protóc.	Una cúspide	100	87	100
		Una cúspide y una cúspula interna	0	13	0
	Parac.	Una cúspide	53	0	0
		Una cúspide y una cúpula accesoria externa	18	68	53
		Una cúspide y una cúpula accesoria interna	5	32	47
	Deuteroc.	Una cúspide	89	80	100
		Una cúspide desdoblada	10	13	0
		Una cúspide con cúpula accesoria interna	1	6	0
		Vertice frente al surco Pr—Pa	78	47	4
		Vertice frente al Pa	19	0	0
	Vertice frente al Pr	3	53	96	
M <sup>1</sup>	Parac.	Una cúspide principal y otra anterior (parastilo)	94	98	100
		Una cúspide principal y otra anterior pequeña (parastilo)	2	2	0
		Una cúspide principal (falta el parastilo)	4	0	0
	Protóc.	Una cúspide y el metacónulo	72	89	85
		Una cúspide y el metacónulo extremadamente reducido	28	0	0
		Una cúspide y alguna cúspula accesoria	0	11	15
	Metac.	Una cúspide y otra pequeña posterior (metastilo)	98	100	100
		Una cúspide (falta el metastilo)	2	0	0
	Hipoc.	Una cúspide	100	80	95
		Una cúspide y una cúspula accesoria	0	20	5
M <sup>2</sup>	Parac.	Una cúspide	88	0	12
		Una cúspide y una o dos cúspulas accesorias	12	100	88
	Protóc.	Una cúspide	96	85	100
		Una cúspide y una o dos cúspulas accesorias	14	15	0
	Metacón.	Una cúspide	2	0	7
		Una cúspide principal y otra secundaria hacia el talón	42	91	93
		Una cúspide principal y otra secundaria hacia el talón y 2—3 acc.	56	19	0
	Hipoc.	Una cúspide única o con cúspula accesoria	14	6	0
		Una cúspide principal desdoblada en dos	66	80	72
		Una cúspide principal y dos o tres cúspulas accesorias	20	14	28
Metacónulo	Bien representado	86	97	100	
	Prácticamente inexistente	14	3	0	
Talón	Agudo en su terminación posterior	59	5	10	
	Redondeado en su terminación	41	95	90	
Cíngulo	Presente y abultado bajo el protocono	100	0	0	
	Presente y de grosor uniforme	0	100	100	

TABLA II.—Tipos de micromorfología en % de la dentición superior del oso de Cueva Mayor comparada con la del *Ursus spelaeus* R. de dos yacimientos españoles. Cueva del Reguerillo (2) y Cueva de Arrikrutz (3)

		(1)	(2)	(3)	
P <sup>4</sup>	Raíz	Doble	28	100	100
		Sencilla	62	0	0
	Parac.	Una cúspide	30	1	21
		Dos cúspides	61	75	54
		No existe	9	0	0
		Más de dos cúspides	0	20	25
	Protoc.	Una cúspide	100	100	100
		Con arista posterior hasta el talónido	61	73	45
	Talón	Cúspula terminal	100	50	30
		Cúspula lateral interna	12	50	30
Reborde lateral interno		73	0	0	
Borde interior liso		15	0	0	
M <sup>1</sup>	Parac.	Una cúspide	96	78	100
		Una cúspide y varias cúspulas accesorias	4	22	0
	Protoc.	Una cúspide	30	46	53
		Una cúspide y una cúspula trasera	70	54	47
	Metac.	Una cúspide dividida	0	40	47
		Una cúspide principal y dos accesorias	57	44	53
		Una cúspide y tres accesorias	9	16	0
		Una cúspide principal y numerosas cúspulas accesorias (5—7)	34	0	0
	Entoc.	Una cúspide	2	0	0
		Una cúspide principal y una cúspula accesoria	2	0	0
Dos cúspides		7	40	16	
Dos cúspides y una cúspula hacia el surco En.—Me. Dos cúspides y dos cúspulas hacia el surco En.—Me.		62	24	64	
Hipoc.	Una cúspide principal, otra hacia el Tal. y otra interna	83	80	92	
	Una cúspide principal y otra interna	10	0	8	
	Una cúspide principal y otra hacia el talónido	7	20	0	
M <sup>2</sup>	Parac.	Dos cúspides	8	0	5
		Una cúspide principal y 1—2 accesorias	67	47	59
		Una cúspide principal y 3—4 accesorias	25	53	41
	Protoc.	Una cúspide principal única o con 1—2 cúspulas accesorias	96	67	100
		Una cúspide principal y cuatro accesorias	4	33	0
	Metac.	Una cúspide principal y dos o tres accesorias	54	14	40
		Una cúspide principal y cuatro o cinco accesorias	38	69	60
		Una cúspide principal y seis o siete accesorias	8	17	0
	Entoc.	Una cúspide y algunas cúspulas accesorias	21	0	0
		Dos cúspides	32	18	34
Dos cúspides y una cúspula hacia el surco En.—Me.		47	50	66	
Dos cúspides y cuatro o seis cúspulas		0	32	20	
Hipoc.	Una cúspide principal, otra hacia el talónido y otra interna	64	37	40	
	Una cúspide principal y otra interior	34	37	50	
	Una sola cúspide	2	0	10	
	Descompuesto en cuatro o cinco cúspulas	0	26	0	
M <sup>3</sup>	Con un surco profundo y agudo en la zona labial lateral	33	100	76	
	Con un suave estrechamiento en la zona labial lateral	54	0	21	
	Con el borde lateral labial liso	13	0	0	

TABLA III.—Tipos de micromorfología en % de la dentición inferior del oso Cueva Mayor (1), comparada con la del *Ursus spelaeus*, R. de los dos yacimientos españoles: Cueva del Reguerillo (2) y Cueva de Arrikrutz (3)

En el cuarto premolar superior, el deuterococono se sitúa en posición más retrasada que el U. s.

En el primer molar superior, el metacónulo puede faltar, en el U. s. no.

En el segundo molar superior dominan las terminaciones agudas del talón (típicamente "deningeri"), que en el U. s. son menos frecuentes.

En el cuarto premolar inferior al paracónico es notablemente más simple que en el U. s.

En el tercer molar inferior, el surco típico que presenta el diente en la zona vestibular, está notablemente suavizado, haciendo adoptar a este diente una forma bastante parecida al segundo molar inferior.

**Diagnóstico.**

Como además de existir una buena concordancia métrica, la morfología de los osos de Cueva Mayor, se aproxima notablemente a las de las formas "deningeri". Podemos clasificar el oso de la Cueva Mayor como *Ursus deningeri*, von REICHE NAU, la antigüedad del yacimiento queda por determinar con mayor precisión, aunque dado que al U. deningeri con REICH. se le suele considerar como una especie del Pleistoceno medio y dados los caracteres determinativos de los restos humanos, damos provisionalmente una edad Riss o Mindel-Riss.

**URSUS ARCTOS VAR**

Desgraciadamente los restos de oso pardo no son tan abundantes como los de *Ursus deningeri*, v. R. Debido a la pobreza de la muestra, nos limitaremos a indicar las dimensiones y morfología de cada una de las piezas dentarias, sin entrar en el cálculo de valores medios, que evidentemente no ofrecerían ninguna fiabilidad.

**Medidas.**

Dada la falta crónica de buenas medidas comparativas y el carácter previo de esta comunicación, sólo indicaremos la longitud y anchura de cada pieza dentaria, comparándolas con las de otros yacimientos y otras especies más o menos afines. Tabla I.

También resultará indicativo el cálculo de algunos índices preconizados por algunos autores.

En el primer molar superior, F. Ed. Koby preconiza el empleo de la relación porcentual de la anchura a la longitud total del diente que da un valor de 86,1 para el *Ursus spelaeus* y de 73,7 para el *Ursus etruscus*. En nuestra población obtenemos un valor medio de 76,2.

En el primer molar inferior, Viret preconiza dos índices:

Relación porcentual de la anchura del diente en el estrechamiento central a la longitud total, para el que obtenemos un valor medio de 38,7 estando en 41 y 37,7 los valores extremos de las formas arctoideas y espleas.

Relación porcentual de la distancia protocónido-metacónido a la anchura del trigónido, obtenemos un medio de 49,5 estando en 46,4 el valor del índice para las formas arctoideas y en 60,3 las espleas.

En el segundo molar inferior, Viret también emplea la relación centesimal de la anchura en el estrechamiento central a la longitud total. Nosotros, hemos obtenido un valor medio de 59,5 alejado del típico de las formas espleas que se sitúa en 95.

**Morfología.**

Cuarto premolar superior:

Cúspides agudas, deuterococono situado un poco retrasado respecto al protocono, aunque no llamativamente. En los dos ejemplos, se observa una pequeña cúspide accesoria hacia el metacono. En la zona vestibular hay un cingulo muy fino en el valle protocono-paracono. En la zona lingual hay un ligero reborde que une el deuterococono con el protocono y paracono.

Primer molar superior:

Cúspides agudas y convergentes. El interior del diente, prácticamente desprovisto de cúpulas o rídulas. Parastilo y metastilo presentes, metacónulo siempre presente. Existe un cingulo fino pero bien definido, que generalmente ocupa completamente los lados vestibular y lingual del diente.

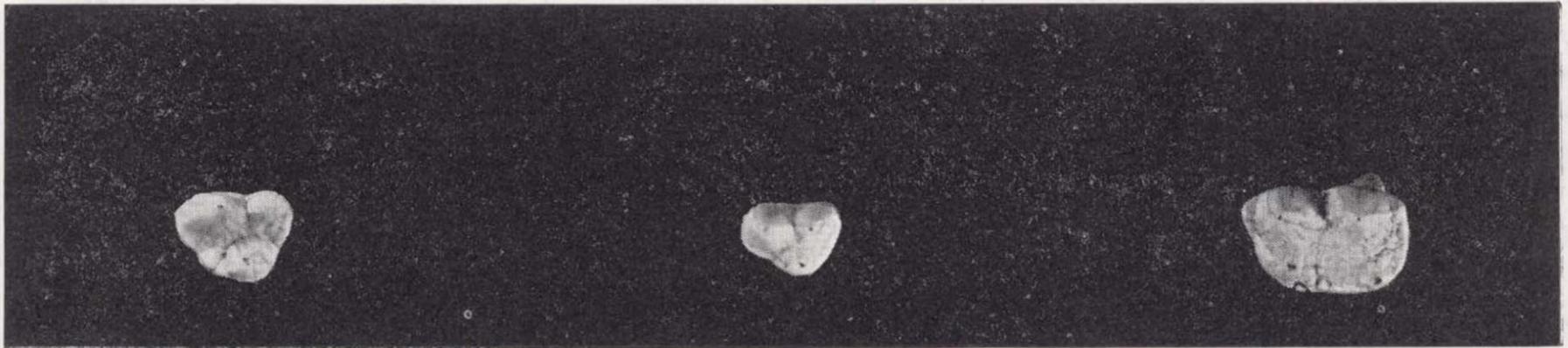
Segundo molar superior:

Cúspides agudas y convergentes, en la zona anterior del diente, no se observan cúpulas o rídulas interiores con la abundancia típica en las formas espleas. El metacónulo está presente (C-54) o falta (C-56, C-156).

Sólo se presenta el cingulo en la zona lingual, poco grueso y ocupando la región del protocono y todo o parte del hipocono. La forma del talón es

	Oso parón de Atapuerca		Ursus etruscus, CUVIER Seg. Bonifay y Heiler	Ursus arvernensis, CHOUZ-BOE, Seg. Heiler y Musil	Ursus praetercos, BOUL. Seg. M.F. Bonifay	Ursus arctos fossil do Predmostii Seg. R. Musil	Ursus arctos, LIN. actual Seg. Couturier
P <sub>4</sub>	Long.	C-147 10,3	14,3	13,1			
	Anch.	C-147 12,1	7,8	7,5			
P <sub>3</sub>	Long.	C-88 23,0	21,0 - 22,1	19,1		28,5	21,0
	Anch.	C-88 10,7	14,5 - 17,6			19,7	15,5
P <sub>2</sub>	Long.	C-56 27,0	31 - 35	22,1	30 - 36	44,5	31,5
	Anch.	C-56 12,1	18 - 21	16,1	17 - 19	22,7	17,0
P <sub>1</sub>	Long.	C-32 5,7					5,0
	Anch.	C-32 4,3					4,0
P <sub>0</sub>	Long.	C-81 12,4	14,3	13,1		15,4	11,5
	Anch.	C-81 5,7	7,8	7,5		11,3	7,0
M <sub>1</sub>	Long.	C-34 21,8	24,7	24,0		29,8	22,0
	Anch.	C-34 10,2	10,7	12,3		14,7	11,0
M <sub>2</sub>	Long.	C-40 24,2	26,4	22,4	23 - 29	30,0	22,0
	Anch.	C-40 15,2	15,4	14,4	12 - 16,5	18,4	13,5
M <sub>3</sub>	Long.	C-89 20,6	18,7	15,2 - 16,5	17 - 25	27,6	17,5
	Anch.	C-89 17,0	14,0	12,4 - 13,5	12 - 17	19,0	13,5

TABLA IV



P<sup>4</sup> (izdo) Deuterocono dividido (1:1,3)  
 P<sup>4</sup> (left Deuterocone divided (1:1,3)

P<sup>4</sup> (izdo) Deuterocono simple (1:1,3)  
 P<sup>4</sup> (left) Deuterocone single (1:1,3)

M<sup>1</sup> (izdo) (1:1,2)  
 M<sup>1</sup> (left) 1:1,2)



M<sup>2</sup> (dcho) Talón tipo espoloide (1:1,5)  
 M<sup>2</sup> (righth) Heel speloid type (1:1,5)

P<sub>4</sub> (izdo) Paracónido sencillo (1:1,3)  
 P<sub>4</sub> (left Paraconide single (1:1,3)

P<sub>4</sub> (izdo) Paracónido complicado (1:1,3)  
 P<sub>4</sub> (left Paraconide complicated (1:1,3)



M<sub>1</sub> (dcho Entocónido tipo "deningeri" (1:1,3)  
 M<sub>1</sub> (righth Entoconide "deningeri" type (1:1,3)

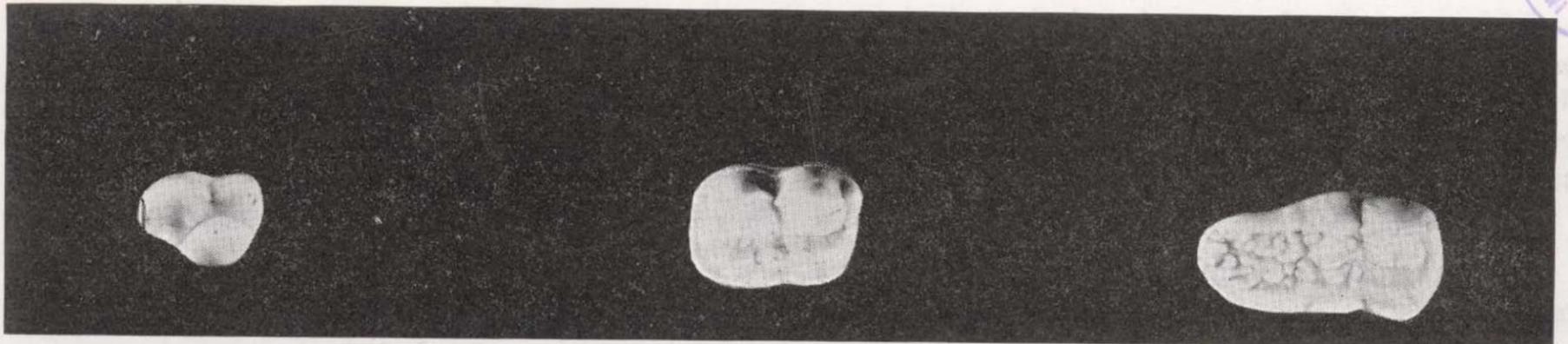
M<sub>2</sub> (dcho talla pequeña (1:1,3)  
 M<sub>2</sub> (righth) small size (1:1,3)

M<sub>2</sub> (izdo) talla grande (1:1,3)  
 M<sub>2</sub> (left) large size (1:1,3)



M<sub>3</sub> (dcho borde labial liso (1:1,3)  
 M<sub>3</sub> (righth) labial edge flat (1:1,3)

M<sub>3</sub> (izdo) borde labial ondulado (1:1,3)  
 M<sub>3</sub> (left labial edge undulated (1:1,3)



P<sup>4</sup> (C—47) vista oclusal (1:1)  
P<sup>4</sup> (C—47) occlusal view (1:1)

M<sup>1</sup> (C—68) vista oclusal (1:1)  
M<sup>1</sup> (C—68) occlusal view (1:1)

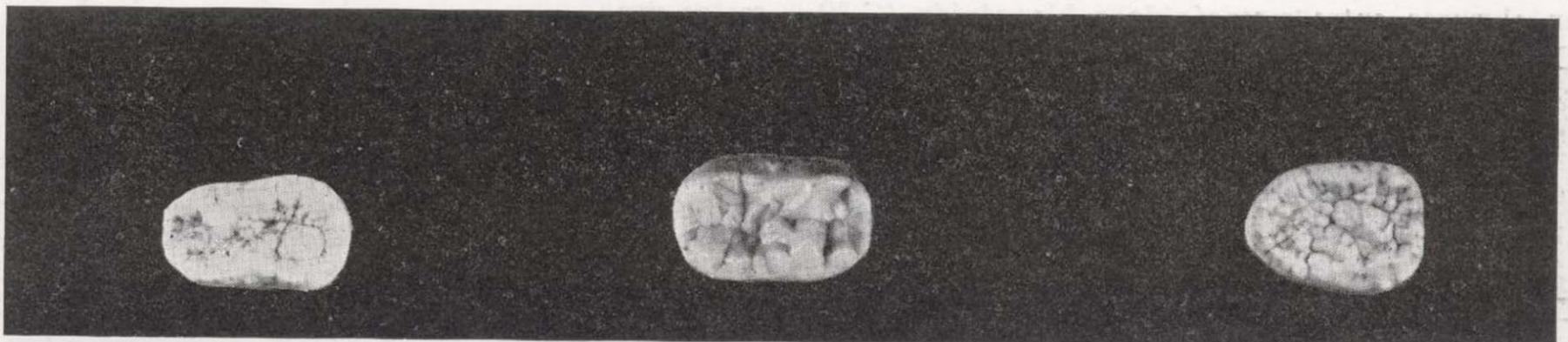
M<sup>2</sup> (C—56) vista oclusal (1:1,2)  
M<sup>2</sup> (C—56) occlusal view (1:1,2)



M<sup>2</sup> (C—4) vista oclusal (1:1)  
M<sup>2</sup> (C—4) occlusal view (1:1)

P<sub>4</sub> (C—65) vista oclusal (1:1)  
P<sub>4</sub> (C—4) occlusal view (1:1)

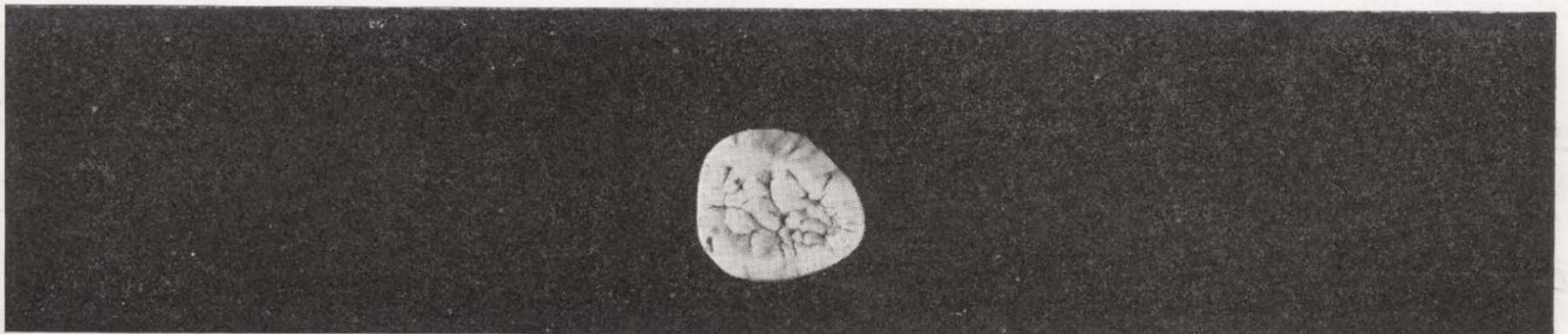
M<sub>1</sub> (C—93) vista oclusal (1:1)  
M<sub>1</sub> (C—93) occlusal view (1:1)



M<sub>2</sub> (C—93) vista oclusal (1:1)  
M<sub>2</sub> (C—93) occlusal view (1:1)

M<sub>2</sub> (C—95) vista oclusal (1:1)  
M<sub>2</sub> (C—95) occlusal view (1:1)

M<sub>3</sub> (C—92) vista oclusal (1:1)  
M<sub>3</sub> (C—92) occlusal view (1:1)



M<sub>3</sub> (C—67) vista oclusal (1:1)  
M<sub>3</sub> (C—67) occlusal view (1:1)

variable ya que en los tres ejemplos estudiados posee formas distintas; redondeado y ancho "espeloides" C-56, estrecho y agudo "arctoides" (C-156) o prácticamente falta C-54, quedando sólo las cuatro cúspides mayores (forma extremadamente arcaica).

#### Tercer premolar inferior:

Con una cúspide principal, una cresta anterior y otra posterior.

#### Cuarto premolar inferior.

Protocónido unido, sin cúspides accesorias, paracónido compuesto por una pequeña cúspula, que a veces se disgrega en otras tres de tamaño microscópico (C-109). Posee una arista anterior y otra posterior con una cúspula terminal y otra lateral interna, que a veces resuelve en forma de un simple reborde (C-108 y C-109).

#### Primer molar inferior:

Cúspides agudas y fuertemente convergentes hacia el interior del diente. Paracónido único, protocónido único, metacónido desdoblado en una cúspide principal y otra accesorias, pudiendo en ocasiones poseer otras dos cúspulas accesorias, el entocónido siempre es único, el hipocónido es único aunque en la pieza C-39 tiene una cúspide secundaria interna. No suele existir cingulo y si lo hay es en forma muy reducida en la región vestibular en el surco entre metacónido e hipocónido (C-39, C-108). El talónido es liso en su región interna.

#### Segundo molar inferior:

Muestra la típica abundancia de desdoblamientos propia de esta pieza dentaria. Puede apreciarse la fuerte convergencia de las cúspides y la falta en todo el interior del diente de cúspulas accesorias. En la región del paracónido se observan de dos a cuatro cúspides. El protocónido suele ser único o con una pequeña cúspula accesorias, el metacónido está bastante dividido, hasta en cinco cúspides, el entocónido está dividido en dos cúspides iguales y el hipocónido suele ser único o con alguna cúspula interior (C-39).

#### Tercer molar inferior:

Su perfil puede ser elipsoidal-circular o casi cuadrangular (C-1103), la morfología de sus cúspides es inobservable al estar muy divididas.

#### Diagnóstico.

El análisis de las medidas, índices y morfologías nos permite asegurar que los osos cuyo estudio nos ocupa están claramente situados en la línea de

etruscus-arctos. Posiblemente se trate de un *Ursus arctos* fósil, ya que la antigüedad probable del yacimiento, no parece superar el Pleistoceno Superior. La simplicidad de su morfología dentaria está acorde con las formas arctoides más típicas. El análisis de los índices obtenidos para la relación anchura/longitud, del primer molar superior y la relación distancia protócono-metácono/anchura del trigónido del primer molar inferior nos indican respectivamente caracteres hiperactoides y arctoides. Un valor más elevado en las relaciones anchura en el estrechamiento central/longitud total del diente, en los primeros y segundos molares inferiores, podrían indicar una tendencia hipocarnívora definida por un ensanchamiento de la corona.

La talla del oso pardo de Atapuerca, está situada en una zona intermedia entre las formas más antiguas de este grupo: *U. etruscus*, Cuv. y *U. arvernensis* (CROIZ-JOB.) y el oso pardo actual. Es menor que la del oso pardo fósil de Predmosti descrito por R. Musil. Encontramos coincidencias parciales con el *Ursus prae-arctos*, BOULE de la Cueva del Príncipe en la Liguria, aunque siempre desplazándose hacia la zona de los valores más elevados. Como creemos que el valor de esta especie debe de revisarse cuidadosamente, así como su cronología, clasificamos el oso pardo de Atapuerca como *Ursus arctos* var.

#### BIBLIOGRAFIA

- BONIFAY, M. F.: *Carnivores cuaternaires du Se de la France*. Mem. Mus. Hist. Nat., t. XXI, fasc. 2 (1971).
- COUTURIER, J.: *L'ours brun*. Grenoble (1953).
- ERDBRINK, D. P.: *A review of fossil and recent bears... Deventer-Drukkerij-jan de Lange* (Amsterdam) (1953).
- HELLER, F.: *Eine kleinerer bar in der Kromerischen Faura der Sackdillinger Hole*. Neu. Jb. Pal. Mh., 12 pp., 520-530 Stuttgart (1956).
- KOBY, F. Ed.: *Un nouveau gisement d'Ursus deningeri*. C. R. Soc. Pal. Suiss. Eclog. Geol. Helvet. V. 44,2 (1951).
- MUSIL, R.: *Die Braumbaren aus dem ende der letzte glaciais*. Acta Musei Moraviae, t. XLIX (1969).
- TORRES, T.: *El U. spelaeus de la Cueva del Reguerillo*. Act. III Congreso Nacional de Espeleología, Madrid (1947).
- VIRET, J.: *Sur les ursides de Bruges (Gironde)*. C. R. Soc. Pal. Suisse, Eclog. Geol. Helvet, vol. 4, núm. 2, pp. 356-360 (1947).
- ZAPPE, H.: *Die altpleistozanen Baren von Hundsheim...* Sond. d. Jahr. del Geo. Bund, 3-4, Heft. (1946).

Recibido: Abril 1978.

## Geología y Metalogénia del Yacimiento de Sn-W de Torrecilla de los Angeles (norte de Cáceres)\*

Por P. GUMIEL MARTINEZ (\*)

#### RESUMEN

Se estudian en este trabajo los caracteres metalogénicos del yacimiento de Sn-W de Torrecilla de los Angeles, situado al norte de la provincia de Cáceres, y su contexto geológico.

Se ha caracterizado una serie metamórfica encajante constituida por una alternancia de esquistos sericitico-arcillosos y grauwacas con intercalaciones de microconglomerados y conglomerados. Se pone de manifiesto el posible interés minero de estas series conglomeráticas, en cuanto a sus posibilidades auríferas.

Así mismo, se define el yacimiento de Torrecilla de los Angeles como un yacimiento albitítico-greisenítico con mineralizaciones diseminadas de estaño y volframio en determinadas facies de alteración (caolinizadas) del granito. Aparece también un cortejo filoniano acompañante con mineralizaciones de casiterita, wolframita, arsenopirita y scheelita, que encajan en la serie metamórfica y en el granito.

Por último, se propone para las mineralizaciones un origen en íntima relación con los procesos postmagmáticos de la evolución de los granitos.

#### ABSTRACT

In this paper, the metallogenic characteristics of Sn-W Torrecilla de los Angeles deposit, which is located at the North of Cáceres province, is studied and also their geologic environment.

The wall rock metamorphic series has been determined as constituted by an alternation of sericitic-clay schists with grauwackes and some conglomeratic intercalations. The economic interest of this area is pointed out owing to their auriferous possibilities.

The Torrecilla de los Angeles deposit is also defined as an albitite-greisen deposit, with a disseminated tin and tungsten ore in some kaolinitization facies of granite. There, it is also present a vein assemblage bearing cassiterite, wolframite, arsenopyrite and scheelite ores. These veins are situated in the granitic as well as metamorphic materials.

At last, the origin proposed for these ores is clearly related with the post-magmatic process corresponding to the granites evolution.

#### 1. SITUACION DEL AREA DE ESTUDIO

Las mineralizaciones de casiterita-wolframita del Grupo Minero "Desquites" se sitúan sobre tres

apófisis graníticas que aparecen al norte y oeste del pueblo de Torrecilla de los Angeles, en la provincia de Cáceres.

El área de estudio está situada en las inmediaciones del pueblo de Torrecilla de los Angeles, en la Hoja número 574 (Casar de Palomero), del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

\* Este trabajo pertenece al proyecto de investigación minera de Sn y W que está realizando el IGME en la provincia de Cáceres.

(\*) División de Investigaciones Mineras del IGME.

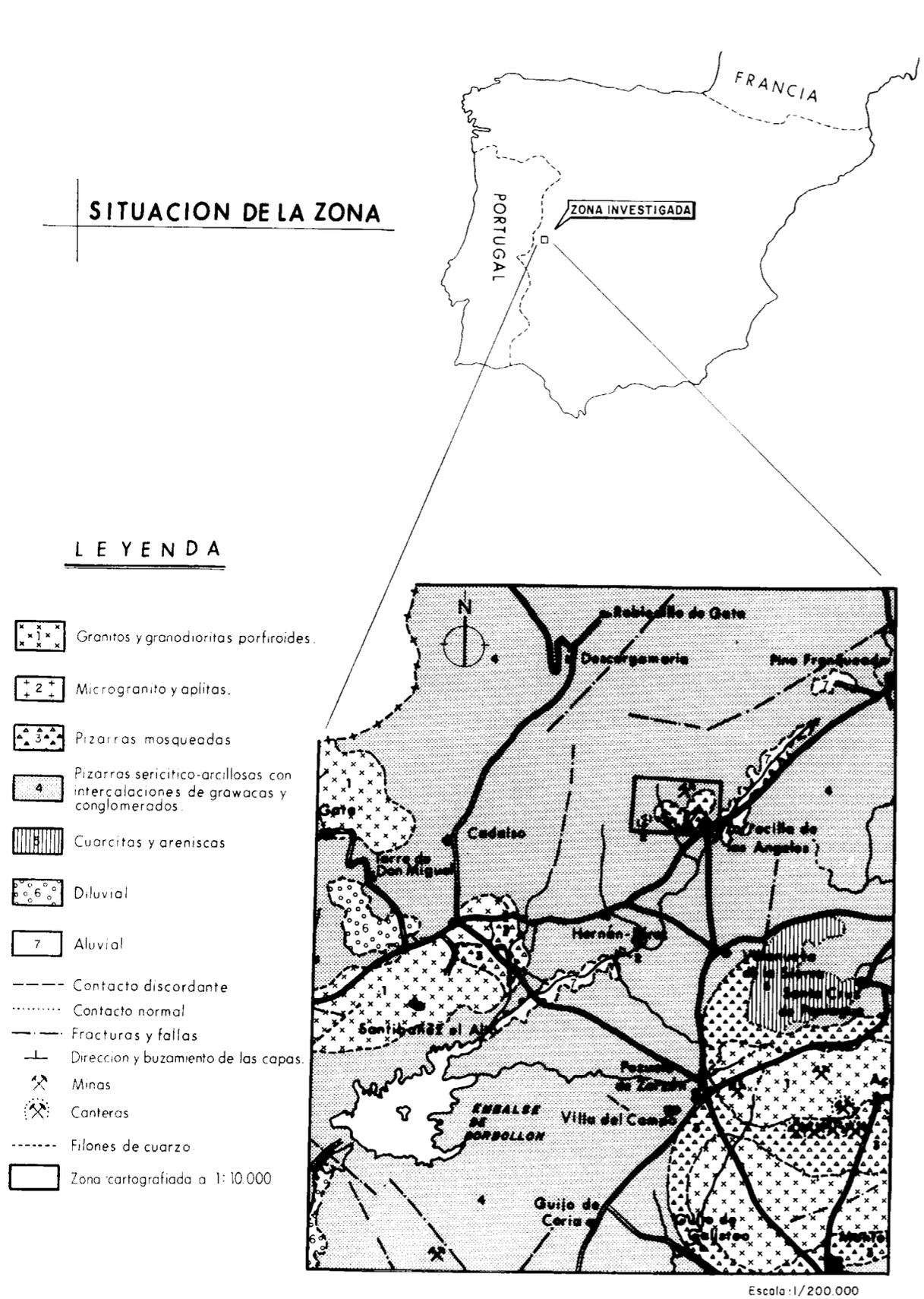


Figura 1  
Mapa geológico de la zona según E. Ramírez (1971).

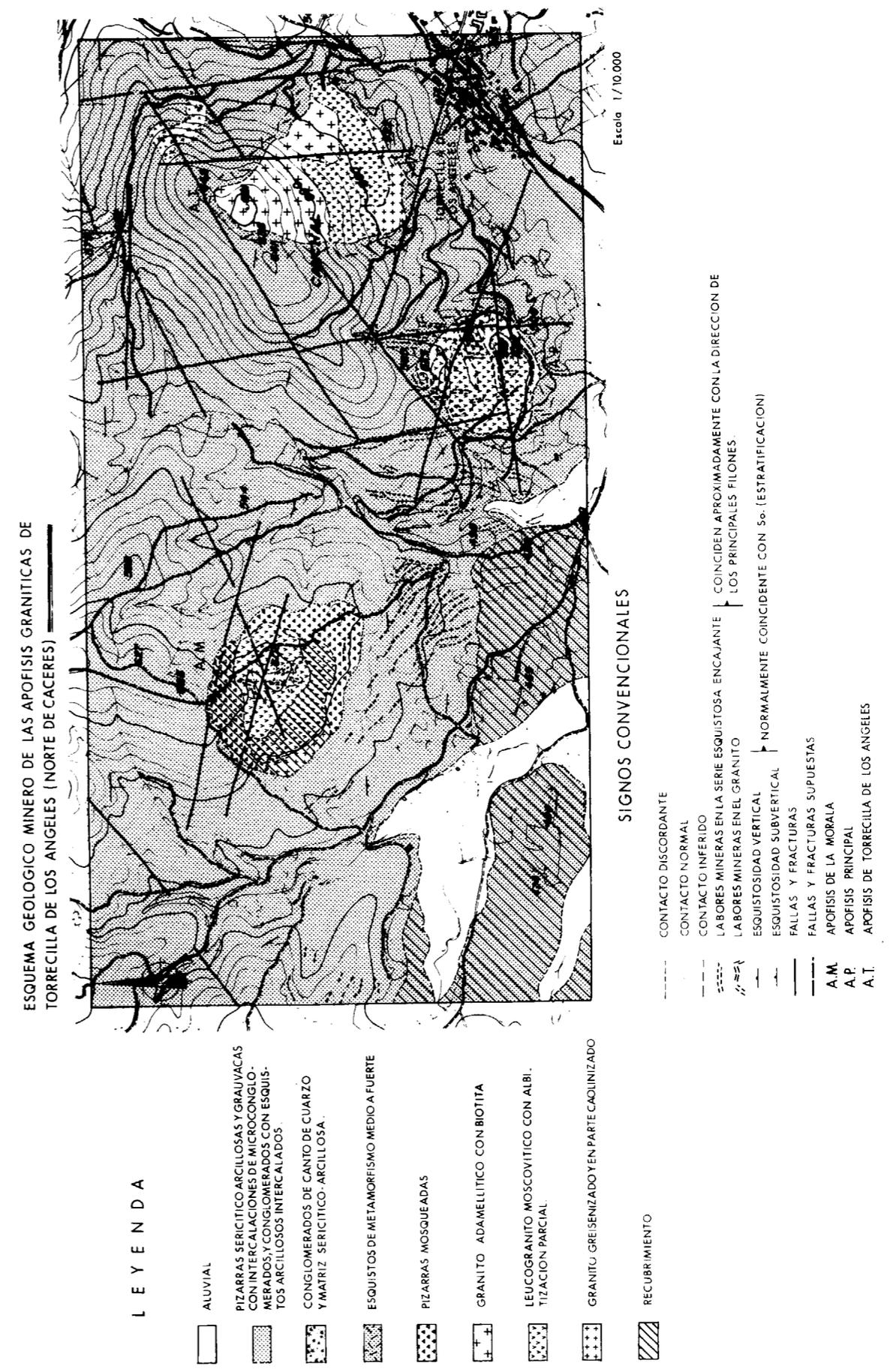


Figura 2  
Esquema geológico-minero según P. Gumiel División de Investigación Minera, IGME (1978).

## 2. GEOLOGIA

Se ha realizado una cartografía geológico-minera a escala 1:10.000 (fig. 2) de los materiales circundantes a las apófisis graníticas.

El área pertenece al dominio hercínico, en donde los sedimentos originales han sido metamorfizados e intruidos por apófisis de importantes batolitos graníticos.

### 2.1. SERIE METAMÓRFICA.

Los metasedimentos que aparecen en el área proceden de materiales detrítico-arcillosos. En esencia están constituidos por una serie alternante de esquistos sericitico-arcillosos y grauvascas con intercalaciones de microconglomerados y conglomerados con clastos de cuarzo, empastados en una matriz de minerales sericitico-arcillosos, cuarzo, biotita y plagioclasas.

Presentan intercalaciones de esquistos arcillosos, sub-grauvascas orientadas, esquistos clorítico-biotíticos y cuarcitas.

De forma insensible la serie se va haciendo más pelítica y areniscosa hacia el SW en las proximidades de Hernán-Pérez. Abundan en la serie numerosos filones de cuarzo de segregación.

Los materiales de esta zona han sufrido un metamorfismo regional de bajo grado. Por el contrario el metamorfismo de contacto, debido a las intrusiones graníticas, ha afectado con mayor intensidad a las series pelíticas. En ellas se observan pizarras mosqueadas que pueden ser andalucítico-cordieríticas y biotítico-turmaliníferas, dependiendo de la naturaleza del sedimento original, profundidad de la intrusión y temperatura.

Según aumenta el grado de metamorfismo se originan corneanas. Es imposible indicar las facies metamórfica a la que pertenecen ya que no presentan minerales índices, aunque parece que debe estar comprendida entre las temperaturas más elevadas de las facies de corneanas de albita-epidota y las más bajas de corneanas con hornblenda.

Estas rocas presentan unos tonos que varían desde el gris oscuro hasta negro; son normalmente de grano fino, compactas y de textura granoblástica con mosqueado. Este consiste en la aparición de agregados elipsoidales de cuarzo y mica, así como biotita que se ha desarrollado posteriormente y ha dado un enriquecimiento en hierro.

En suma se trata de corneanas cuarzo-biotíticas, en las que la meteorización ha originado material arcilloso rico en hidróxidos de hierro que dan color pardo a la roca.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, no se puede asignar una edad precisa a la formación. No obstante, por analogías con formaciones bien datadas de otras zonas (RÖLZ, P., 1975), se trata sin duda de sedimentos del conjunto infraordovícico, probablemente pertenecientes al Precámbrico Superior y/o Cámbrico. Por el momento la falta de criterios crono y litoestratigráficos hace que no se pueda establecer el límite Precámbrico-Cámbrico.

Desde el punto de vista minero, esta serie esquistosa sólo presenta interés en las zonas de contacto con las apófisis graníticas, que pueden presentar mineralizaciones. Además es en las zonas de contacto donde los materiales metamórficos pueden presentar algún tipo de mineralización diseminada.

La característica fundamental de esta formación es la presencia de unos conglomerados, que insensiblemente pasan a esquistos arenosos por aumento de la matriz frente a los clastos, los cuales se van haciendo más esporádicos.

La potencia de los paquetes de conglomerados puede medirse en algunos metros y su longitud en decenas de metros. La matriz, como se dijo anteriormente, está constituida por minerales sericitico-arcillosos, cuarzo, clorita, biotita y plagioclasas. Los clastos son fundamentalmente de cuarzo, con tamaños que oscilan entre 0,5 cm y 5 ó 6 cm, bastante redondeados. Aparecen también clastos de esquistos y liditas (lámina 1).

Dado el problema de no poder establecer el límite Precámbrico-Cámbrico, estas formaciones podrían corresponder a las series conglomeráticas de transición del Precámbrico-Cámbrico o a las formaciones basales del Cámbrico, en las que se localiza una serie detrítica de naturaleza arenosa y conglomerática.

El posible interés minero de estas series conglomeráticas radica en sus posibilidades auríferas. Conviene resaltar que el oro aparece asociado a los sedimentos precámbricos y cámbricos, en filones de cuarzo, asociado a la arsenopirita y también en los sedimentos aluvionares en forma de placeres (PÉREZ REGODÓN, 1969).

La constancia de indicios auríferos en la red fluvial no puede ser justificada tan sólo por la presencia de estos filones, sino que además debe existir

o existió otro área fuente, posiblemente ligada a los sedimentos precámbricos. Por consiguiente, hay que resaltar el interés de los sedimentos de carácter detrítico y conglomerático del Precámbrico y/o Cámbrico inferior.

Es sabido por otra parte, que formaciones conglomeráticas análogas en otros lugares de España (Valle de Alcudia) presentan también indicios auríferos (CRESPO, V., 1972).

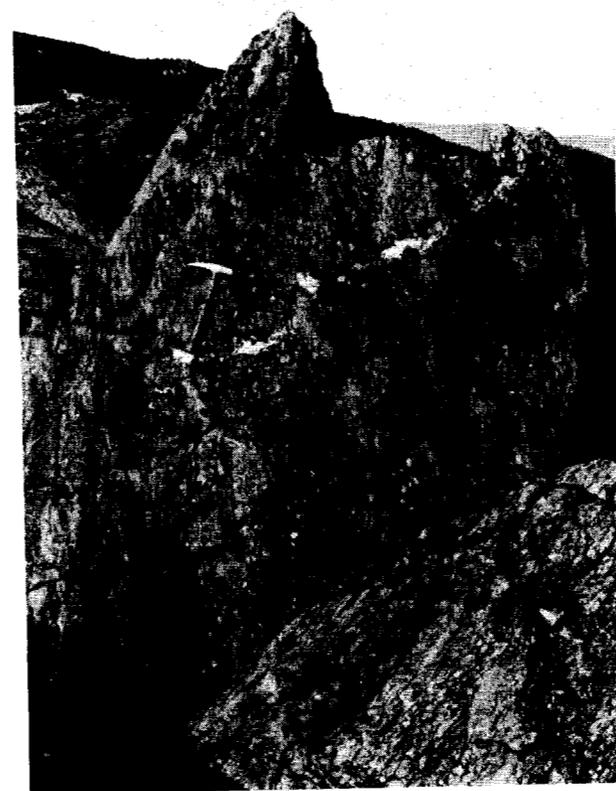


Lámina 1

Paquetes de conglomerados con cantos de cuarzo fundamentalmente y matriz sericitico-arcillosa. Está situado al norte de la apófisis de Torrecilla de los Angeles.

### 2.2. NATURALEZA DEL ÁMBITO GRANÍTICO ENCAJANTE.

Las mineralizaciones de tipo ácido (Sn-W) están relacionadas con fenómenos postmagmáticos de granitos evolucionados, por lo que se ha prestado especial atención, por ser zonas favorables, a los

apuntamientos graníticos que aparecen en el área.

Destacan por su importancia desde el punto de vista minero las tres apófisis graníticas situadas en Torrecilla de los Angeles. Estas se han denominado: "Apófisis principal (A.P.)", "Apófisis de Torrecilla de los Angeles (A.T.)" y "Apófisis de la Morala (A.M.)" (fig. 2).

En las mismas se ha conseguido separar cinco facies que podrían representar otras tantas etapas de un proceso autometasomático postmagmático.

De esta forma se ha conseguido delimitar las facies más favorables para que existan mineralizaciones de estaño y volframio en forma diseminada.

Petrográficamente se pueden distinguir los siguientes tipos:

#### 2.2.1. Granitos adamellíticos con biotita.

Fundamentalmente son granitos de grano medio, grisáceos y con fractura irregular. Constituyen el grupo menos evolucionado de la serie granítica, apareciendo poco modificados por procesos deutéricos. Como minerales principales presentan cuarzo, feldespato potásico en granos alotriomorfos ocasionalmente con macla de Carlsbad. La plagioclasa aparece en cristales subhedrales, maclados, sericitizada y de composición oligoclasa-albita. La biotita es muy abundante, en cristales tabulares y alterada en zonas a clorita.

#### 2.2.2. Granitos de dos micas.

Son granitos de grano medio a fino, de color gris claro y con fractura irregular. Como minerales principales aparecen cuarzo, feldespato potásico (microclina), que está sufriendo ya una albitización incipiente, y plagioclasa que muestra una sericitización apreciable.

Se observa un proceso de moscovitización bastante acusado y la turmalina intersticial es frecuente. Por consiguiente, existe un proceso de autometasomatismo incipiente.

#### 2.2.3. Leucogranitos moscovíticos.

Corresponden a un grupo más evolucionado que los anteriores y fundamentalmente son granitos de grano medio a fino, de color gris blanquecino y fractura irregular.

Como minerales principales aparecen: cuarzo, feldespato potásico en cristales alotriomorfos con

o existió otro área fuente, posiblemente ligada a los sedimentos precámbricos. Por consiguiente, hay que resaltar el interés de los sedimentos de carácter detrítico y conglomerático del Precámbrico y/o Cámbrico inferior.

Es sabido por otra parte, que formaciones conglomeráticas análogas en otros lugares de España (Valle de Alcudia) presentan también indicios auríferos (CRESPO, V., 1972).

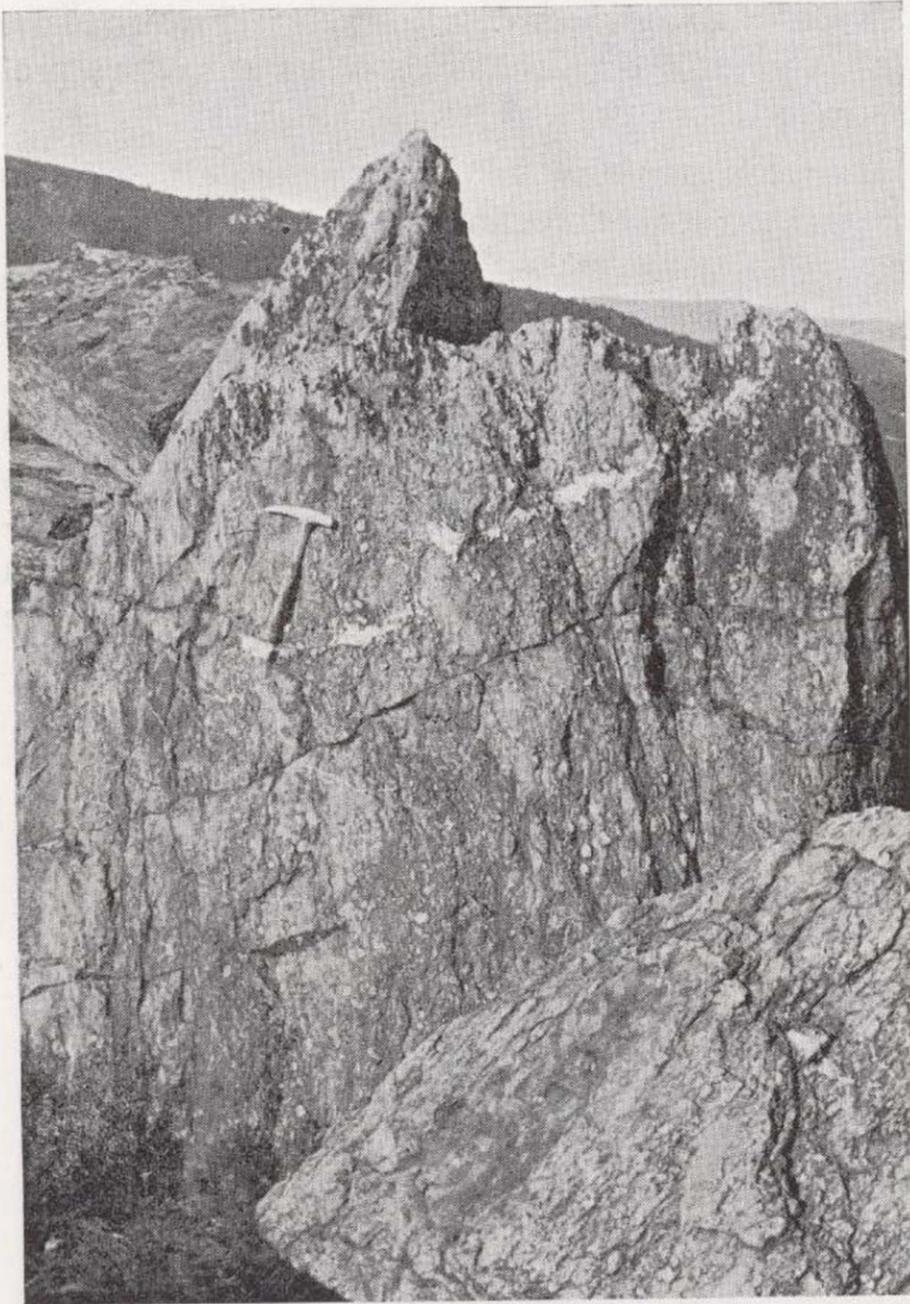


Lámina 1

Paquetes de conglomerados con cantos de cuarzo fundamentalmente y matriz sericítico-arcillosa. Está situado al norte de la apófisis de Torrecilla de los Angeles.

## 2.2. NATURALEZA DEL ÁMBITO GRANÍTICO ENCAJANTE.

Las mineralizaciones de tipo ácido (Sn-W) están relacionadas con fenómenos postmagmáticos de granitos evolucionados, por lo que se ha prestado especial atención, por ser zonas favorables, a los

apuntamientos graníticos que aparecen en el área.

Destacan por su importancia desde el punto de vista minero las tres apófisis graníticas situadas en Torrecilla de los Angeles. Estas se han denominado: "Apófisis principal (A.P.)", "Apófisis de Torrecilla de los Angeles (A.T.)" y "Apófisis de la Morala (A.M.)" (fig. 2).

En las mismas se ha conseguido separar cinco facies que podrían representar otras tantas etapas de un proceso autometasomático postmagmático.

De esta forma se ha conseguido delimitar las facies más favorables para que existan mineralizaciones de estaño y volframio en forma diseminada.

Petrográficamente se pueden distinguir los siguientes tipos:

### 2.2.1. Granitos adamellíticos con biotita.

Fundamentalmente son granitos de grano medio, grisáceos y con fractura irregular. Constituyen el grupo menos evolucionado de la serie granítica, apareciendo poco modificados por procesos deutéricos. Como minerales principales presentan cuarzo, feldespato potásico en granos alotriomorfos ocasionalmente con macla de Carlsbad. La plagioclasa aparece en cristales subhedrales, maclados, sericitizada y de composición oligoclasa-albita. La biotita es muy abundante, en cristales tabulares y alterada en zonas a clorita.

### 2.2.2. Granitos de dos micas.

Son granitos de grano medio a fino, de color gris claro y con fractura irregular. Como minerales principales aparecen cuarzo, feldespato potásico (microclina), que está sufriendo ya una albitización incipiente, y plagioclasa que muestra una sericitización apreciable.

Se observa un proceso de moscovitización bastante acusado y la turmalina intersticial es frecuente. Por consiguiente, existe un proceso de autometasomatismo incipiente.

### 2.2.3. Leucogranitos moscovíticos.

Corresponden a un grupo más evolucionado que los anteriores y fundamentalmente son granitos de grano medio a fino, de color gris blanquecino y fractura irregular.

Como minerales principales aparecen: cuarzo, feldespato potásico en cristales alotriomorfos con

bordes poco netos y sustituidos por albita (lámina 2). Presentan fenómenos de albitización (lámina 3).



Lámina 2

N.C.×30 Granito albitizado. Obsérvese el cristal alotriomorfo de feldespato potásico que está siendo sustituido por albita.

Entre la plagioclasa conviene separar dos tipos: uno, de cristales alotriomorfos con maclas irregulares, seudomórficos de la microclina. Otro en cristales tabulares y con abundantes inclusiones de apatito.

El apatito, en pequeños cristales subhedrales, es muy frecuente y aparece siempre incluido en las plagioclasas. Esto induce a pensar en una relación entre el proceso de albitización (metasomatismo sódico) y un proceso de apatización; es decir que los volátiles en la etapa de albitización fueron más ricos en fósforo y que con el calcio liberado durante la misma, se formó el apatito (LOCUTURA com. pers.).

La moscovita, muy abundante, es debida a un proceso metasomático posterior a la albitización (moscovitización). Deriva en gran parte de las plagioclasas y procede también de las biotitas.

Es frecuente la turmalina que suele ser intersticial.

Se observan también agregados en textura globular muy fina, que a veces aparecen removilizados en fracturas y huecos y que probablemente se trata de jarosita y óxidos de hierro procedentes de minerales metálicos.

Dada la abundancia de estos agregados, cabe añadir un proceso de piritización a los anteriores procesos metasomáticos.

En estos granitos también se pone de manifiesto un proceso de microclinización tardía.

Se ha observado la existencia de casiterita, aunque muy escasa, en granos alotriomorfos, incluidos en plagioclasa y feldespato potásico.

La importancia de esta facies es que presenta un proceso deutérico notable en el que se desarrollan fenómenos postmagmáticos importantes (albitización parcial, moscovitización, etc.), favorables para la existencia de mineralizaciones diseminadas de Sn y W.

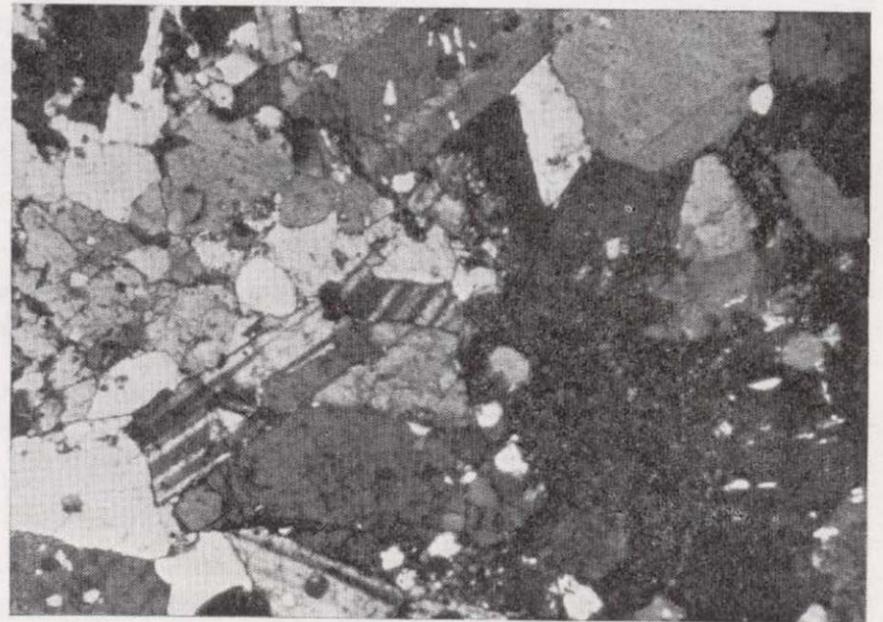


Lámina 3

N.C.×30 Granito albitizado. Se aprecian los fenómenos de albitización fisural posterior.

#### 2.2.4. *Leucogranitos moscovíticos albitizados.*

Se trata de un grupo más evolucionado que los anteriores. Está constituido por granitos de grano medio a fino, de tonos gris-pardo y aspecto granular.

Aparecen como minerales principales: cuarzo, plagioclasa y moscovita y como accesorios: turmalina, apatito, óxidos de hierro y minerales opacos.

En este grupo el proceso autometasomático es muy importante, con fenómenos de albitización prácticamente totales, hasta el punto que ha desaparecido ya el feldespato potásico (Albitita) (lámina 4).



Lámina 4

Desarrollo de "anillos de Liesegang" (bandas gris oscuro en torno al bolígrafo), de albita-clorita-epidota, en leucogranitos moscovíticos, en un yacimiento semejante al estudiado. El Trasquilón, Cáceres.

Del mismo modo existe un fenómeno de moscovitización superpuesta muy importante, que se traduce en la total desaparición de la biotita, con liberación de óxidos de hierro. Se observa también una moscovitización incipiente de la plagioclasa.

La moscovita aparece como fisural y en cristales aislados.

La plagioclasa es del tipo albita-oligoclasa, apareciendo en cristales tabulares y en granos alotriomorfos procedentes de la alteración del feldespato potásico.

#### 2.2.5. Granitos greisenizados.

Son aquellos en los que los procesos de moscovitización a expensas de los feldespatos, llegan a su máximo desarrollo.

Aparecen como minerales principales: cuarzo, plagioclasa y moscovita y como accesorios: turmalina, rutilo y minerales opacos.

La albitización es total, la moscovita metasomática es mucho más abundante que en el resto de

los grupos y no existe feldespato potásico (lámina 5).

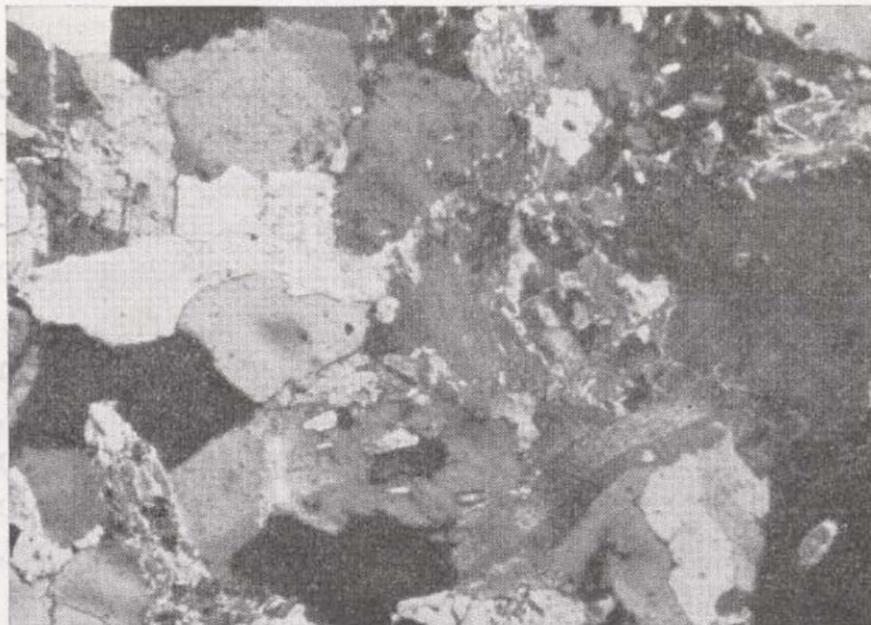


Lámina 5

N.C.×30 Granito greisenizado. Aparece constituido casi en su totalidad por cuarzo y moscovita habiendo desaparecido prácticamente el feldespato potásico.

Hay que denotar que existe un proceso de turmalinización posterior a la greisenización, lo que parece una característica general de todos estos granitos.

#### 2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS APÓFISIS GRANÍTICAS.

La apófisis principal es un afloramiento de unos 300×320 m de superficie y está constituido prácticamente en su totalidad por leucogranito moscovítico con importantes procesos metasomáticos post-magmáticos que se traducen en albitización y greisenización. Se presenta parcialmente caolinizado y aparecen diques de microgranito y aplitas que atraviesan toda la masa en varias direcciones y que son muy favorables para que se alteren y caolinicen.

La caolinización a modo de "bandas" viene favorecida por la existencia de discontinuidades (fracturas) que a su vez, favorecen el emplazamiento de mineralizaciones en forma de relleno de filones produciendo diseminación mineral en el encajante.

A grandes rasgos destacan cuatro bandas que disminuyen en superficie desde cotas topográficas inferiores a las superiores.

La banda inferior, en la inmediata vecindad del contacto con la serie metamórfica adyacente, tiene aproximadamente 300×20 m de superficie.

La inmediatamente situada por encima tiene aproximadamente  $200 \times 10$  m de superficie y las superiores entre 60 y 160 m de longitud por 8 a 10 m de anchura.

Entre estas bandas caolinizadas quedan dominios aislados, a modo de remanentes, de granito leucocrático moscovítico con mayor o menor grado de albitización, pero compacto y duro. No obstante, debajo de los mismos, cabe esperar que exista granito caolinizado.

Es un hecho bastante frecuente y observado en otras zonas (Trasquilón, Montánchez, Acebo, etc.), que por debajo del granito moscovítico compacto aparecen facies de granito caolinizado, corroborando la existencia de una diferenciación en la vertical, pero de forma no homogénea.

La apófisis de "La Morala", situada en dicho paraje y al NW de la principal, tiene aproximadamente  $300 \times 200$  m de superficie y está constituida por granitos moscovíticos albitizados y greisenizados. Igualmente presenta caolinizaciones parciales favorecidas por la existencia de fracturas que permiten un rápido proceso de descomposición del granito evolucionado (greisen), en parte por la acción meteórica, y en parte por acciones propiamente de alteración metasomática en determinadas zonas favorables.

La zona caolinizada tiene aproximadamente 150 por 50 m de superficie.

Finalmente la apófisis de Torrecilla de los Angeles, situada por encima del pueblo, es un afloramiento de unos  $500 \times 300$  m de superficie y con una zona caolinizada en la cota topográfica inferior del cerro de aproximadamente  $300 \times 20$  m de superficie (lámina 6).

Está constituida por granito adamellítico y granito moscovítico en parte caolinizado.

Probablemente representa una zona menos evolucionada y por consiguiente menos alterada por procesos postmagmáticos, dentro de la cúpula granítica.

Las tres apófisis están separadas por una banda de esquistos que pueden ser el "techo" bajo el cual se unen para constituir la cúpula granítica de Torrecilla de los Angeles.

### 3. TIPOS DE MINERALIZACIONES

Se pueden considerar dos tipos de mineralizaciones en relación con las apófisis graníticas de Torrecilla de los Angeles.

— Mineralizaciones diseminadas de estaño y volframio en determinadas facies de alteración (caolinizadas) del granito.

— Mineralizaciones filonianas de estaño y volframio.



Lámina 6

Leucogranito moscovítico caolinizado de la banda inferior de la apófisis de Torrecilla de los Angeles.

#### 3.1. MINERALIZACIONES DISEMINADAS DE ESTAÑO Y VOLFRAMIO EN DETERMINADAS FACIES DE ALTERACIÓN (CAOLINIZADAS) DEL GRANITO.

Durante el proceso de formación de un greisen, se verifica un desarrollo zonal (zonado vertical) que se corresponde con las diversas etapas evolutivas por las que va pasando el granito hasta constituir un greisen. Desde un granito normal a un granito de dos micas, pasando progresivamente a un granito moscovítico-leucogranito moscovítico albitizado-albitita-greisen-cortejo filoniano apical con mineralizaciones.

La inmediatamente situada por encima tiene aproximadamente  $200 \times 10$  m de superficie y las superiores entre 60 y 160 m de longitud por 8 a 10 m de anchura.

Entre estas bandas caolinizadas quedan dominios aislados, a modo de remanentes, de granito leucocrático moscovítico con mayor o menor grado de albitización, pero compacto y duro. No obstante, debajo de los mismos, cabe esperar que exista granito caolinizado.

Es un hecho bastante frecuente y observado en otras zonas (Trasquilón, Montánchez, Acebo, etc.), que por debajo del granito moscovítico compacto aparecen facies de granito caolinizado, corroborando la existencia de una diferenciación en la vertical, pero de forma no homogénea.

La apófisis de "La Morala", situada en dicho paraje y al NW de la principal, tiene aproximadamente  $300 \times 200$  m de superficie y está constituida por granitos moscovíticos albitizados y greisenizados. Igualmente presenta caolinizaciones parciales favorecidas por la existencia de fracturas que permiten un rápido proceso de descomposición del granito evolucionado (greisen), en parte por la acción meteórica, y en parte por acciones propiamente de alteración metasomática en determinadas zonas favorables.

La zona caolinizada tiene aproximadamente 150 por 50 m de superficie.

Finalmente la apófisis de Torrecilla de los Angeles, situada por encima del pueblo, es un afloramiento de unos  $500 \times 300$  m de superficie y con una zona caolinizada en la cota topográfica inferior del cerro de aproximadamente  $300 \times 20$  m de superficie (lámina 6).

Está constituida por granito adamellítico y granito moscovítico en parte caolinizado.

Probablemente representa una zona menos evolucionada y por consiguiente menos alterada por procesos postmagmáticos, dentro de la cúpula granítica.

Las tres apófisis están separadas por una banda de esquistos que pueden ser el "techo" bajo el cual se unen para constituir la cúpula granítica de Torrecilla de los Angeles.

### 3. TIPOS DE MINERALIZACIONES

Se pueden considerar dos tipos de mineralizaciones en relación con las apófisis graníticas de Torrecilla de los Angeles.

— Mineralizaciones diseminadas de estaño y volframio en determinadas facies de alteración (caolinizadas) del granito.

— Mineralizaciones filonianas de estaño y volframio.



Lámina 6

Leucogranito moscovítico caolinizado de la banda inferior de la apófisis de Torrecilla de los Angeles.

#### 3.1. MINERALIZACIONES DISEMINADAS DE ESTAÑO Y VOLFRAMIO EN DETERMINADAS FACIES DE ALTERACIÓN (CAOLINIZADAS) DEL GRANITO.

Durante el proceso de formación de un greisen, se verifica un desarrollo zonal (zonado vertical) que se corresponde con las diversas etapas evolutivas por las que va pasando el granito hasta constituir un greisen. Desde un granito normal a un granito de dos micas, pasando progresivamente a un granito moscovítico-leucogranito moscovítico albitizado-albitita-greisen-cortejo filoniano apical con mineralizaciones

Esta zonación correspondería a la posición inicial de sus elementos en función de su distancia vertical al núcleo magmático.

En la actualidad, debido a los movimientos tectónicos que ha sufrido la región, el eje de zonación ha variado.

El proceso de greisenización representa una culminación de los fenómenos metasomáticos postmagmáticos como la albitización, moscovitización, apatización, etc. Igualmente el proceso de greisenización de los granitos y de las rocas encajantes lleva consigo una premineralización masiva (de impregnación) o diseminación en determinadas facies favorables de los granitos, así como en las rocas encajantes.

Parece ser que, las mineralizaciones diseminadas de estaño y volframio se localizan preferentemente en las facies de leucogranitos moscovíticos con mayor o menor grado de albitización y fundamentalmente en el granito greisenizado, en parte caolinizado, lo que está de acuerdo con el esquema evolutivo.

La variación de zonas caolinizadas dentro de la masa de granito greisenizado es muy compleja y arbitraria, de tal modo que probablemente no existe un control geológico sencillo de este fenómeno.

Esto es debido a que el grado de caolinización de la masa, viene controlado por diversos factores, entre otros: gradiente de presión y temperatura de los fluidos hidrotermales que producen un cierto grado de caolinización de la parte apical de la cúpula; existencia de discontinuidades que favorecen el emplazamiento de diques de granitos aplíticos que son los que favorablemente se alteran y caolinizan; discontinuidades mecánicas que favorecen el emplazamiento de mineralizaciones produciendo diseminación en el encajante; condiciones físico-químicas de precipitación de los fluidos mineralizadores y grado de alteración meteórica posterior.

Como se vio anteriormente, aparecen cinco tipos de granitos que representan una serie evolutiva, que si bien no es completa, es muy representativa.

- Granitos adamellíticos con biotita.
- Granitos de dos micas.
- Leucogranitos moscovíticos.
- Leucogranitos moscovíticos albitizados.
- Granitos greisenizados.

Por consiguiente, a la vista de los anteriores resultados, parece que de las tres apófisis de Torrecilla de los Angeles, las más favorables para la exis-

tencia de mineralizaciones diseminadas de estaño y volframio, son las que se han designado como "Apófisis principal" y "Apófisis de la Morala".

La más favorable de las dos sería la apófisis principal, puesto que está más evolucionada que las otras, y en ella los procesos postmagmáticos de albitización, greisenización y caolinización han alcanzado mayor desarrollo. Por lo tanto puede tratarse de una parte más apical de la cúpula granítica de Torrecilla.

Las facies de granito greisenizado y caolinizado son muy interesantes desde el punto de vista minero; puesto que de existir mineralización de estaño en forma diseminada, aunque presente una distribución irregular, en el momento que alcance una ley media óptima es económicamente rentable su explotación.

Tal es el caso del yacimiento de estaño de Penouta en Verín (Orense). Este está constituido por una masa de granito alterado, caolinizado y transformado en greisen, que presenta una mineralización diseminada de casiterita. Esta masa, blanda, encaja entre rocas metamórficas.

Actualmente se explota a cielo abierto el leucogranito moscovítico caolinizado. El arranque es sin necesidad de explosivos y el tratamiento no precisa molienda.

Por consiguiente, ambos yacimientos son perfectamente correlacionables al menos desde el punto de vista genético y modo de presentación. Si bien el potencial minero del yacimiento de Torrecilla de los Angeles es todavía desconocido.

#### 3.2. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE ESTAÑO Y VOLFRAMIO.

Siguiendo el proceso evolutivo de la formación de un greisen, finalmente aparece un cortejo filoniano acompañante, de filones de cuarzo con mineralizaciones de casiterita-wolframita (lámina 7) que arman en la serie metamórfica encajante y en el granito.

Esta mineralización filoniana, va acompañada de alteraciones en la roca encajante; principalmente moscovitización. Corresponde a un último estadio de evolución y su emplazamiento viene favorecido por la existencia de discontinuidades.

El campo filoniano de las apófisis graníticas está constituido por una red de filones y venas, de potencias que oscilan entre milimétricas hasta de



Lámina 7

Detalle de un filón de cuarzo con cristales de casiterita de 1 cm maclados según (101) en rodilla, "pico de estano". Apófisis granítica de la Morala.

50 cm con un intervalo de mayor frecuencia entre 7 y 15 cm (lámina 8). Aunque su potencia es estrecha, existen canteras en donde se han explotado varios filones juntos, llegando a alcanzar hasta 20 m de anchura de explotación.

La trama filoniana es espesa y compleja, a modo de "stockwork". Es difícil de seguir por las fracturaciones y variaciones bruscas de potencia y buzamiento que sufre. No obstante, parece que los entrecruzamientos han dado zonas de mayor beneficio.

Los filones encajan en el granito así como en los materiales metamórficos adyacentes. Se trata de filones de relleno que han sido objeto de explotaciones antiguas desde superficie y en interior.

La explotación en interior se hacía continuando un filón y cuando se llegaba a un cruce, se abandonaba el primero continuando la explotación del que tenía más alta ley.



Lámina 8

Detalle del principal sistema filoniano de dirección aproximadamente N-S en leucogranito moscovítico albitizado de la apófisis principal.

Los filones, aunque suelen cambiar de buzamientos, normalmente son verticales o subverticales y pueden observarse en superficie con corridas cortas.

Las direcciones de los principales sistemas filonianos se han representado y superpuesto a diagramas en rosa de fracturas. De ahí se deducen las siguientes consideraciones (fig. 3).

— El principal sistema filoniano tiene dirección aproximadamente N-S, variando entre N 5° E y N 175° E. Este coincide perfectamente con el sistema de fracturas de dirección aproximada N 175° E

La explotación en interior se hacía continuando un filón y cuando se llegaba a un cruce, se abandonaba el primero continuando la explotación del que tenía más alta ley.

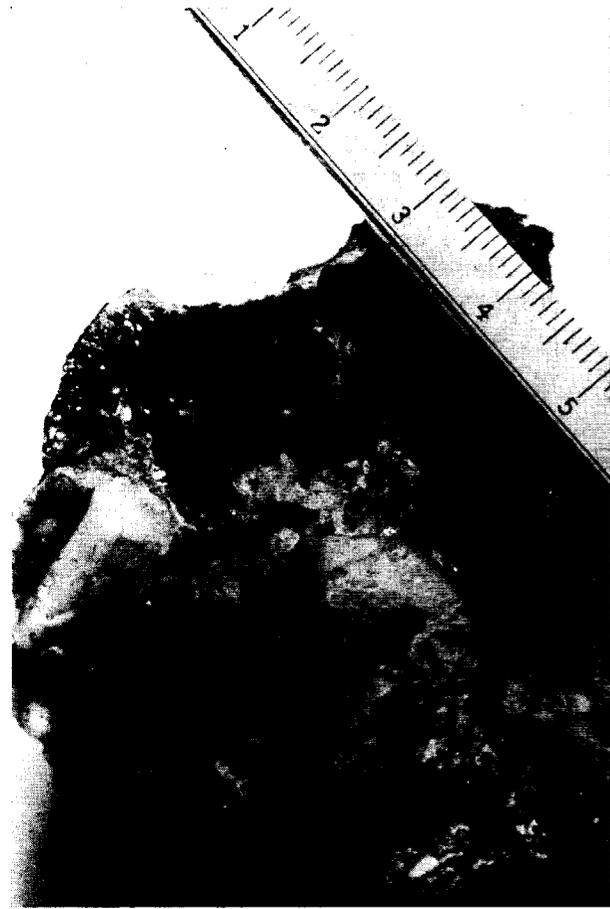


Lámina 7

Detalle de un filón de cuarzo con cristales de casiterita de 1 cm maclados según (101) en rodilla, "pico de estaño". Apófisis granítica de la Morala.

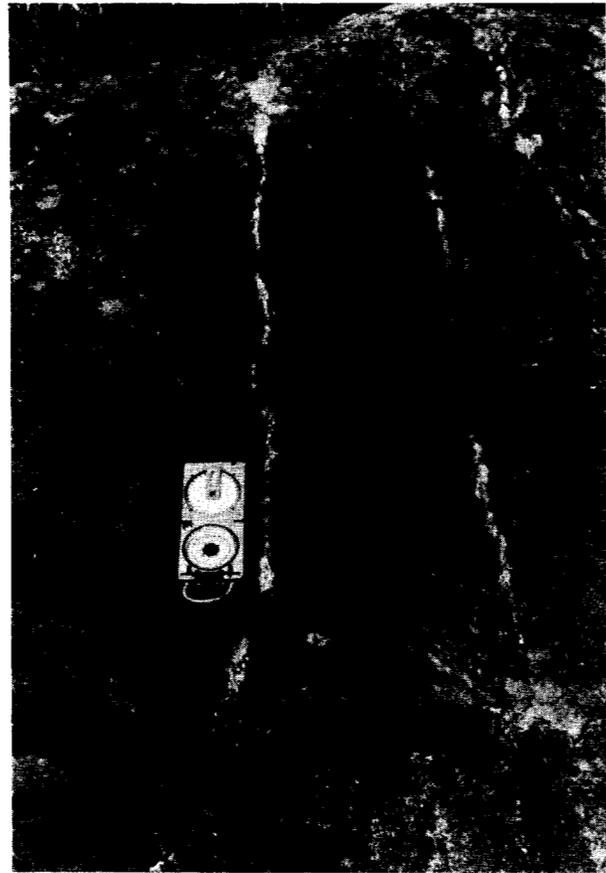


Lámina 8

Detalle del principal sistema filoniano de dirección aproximadamente N-S en leucogranito moscovítico albitizado de la apófisis principal.

50 cm con un intervalo de mayor frecuencia entre 7 y 15 cm (lámina 8). Aunque su potencia es estrecha, existen canteras en donde se han explotado varios filones juntos, llegando a alcanzar hasta 20 m de anchura de explotación.

La trama filoniana es espesa y compleja, a modo de "stockwork". Es difícil de seguir por las fracturaciones y variaciones bruscas de potencia y buzamiento que sufre. No obstante, parece que los entrecruzamientos han dado zonas de mayor beneficio.

Los filones encajan en el granito así como en los materiales metamórficos adyacentes. Se trata de filones de relleno que han sido objeto de explotaciones antiguas desde superficie y en interior.

Los filones, aunque suelen cambiar de buzamientos, normalmente son verticales o subverticales y pueden observarse en superficie con corridas cortas.

Las direcciones de los principales sistemas filonianos se han representado y superpuesto a diagramas en rosa de fracturas. De ahí se deducen las siguientes consideraciones (fig. 3).

— El principal sistema filoniano tiene dirección aproximadamente N-S, variando entre N 5° E y N 175° E. Este coincide perfectamente con el sistema de fracturas de dirección aproximada N 175° E

bablemente esta dirección corresponde a un conjunto de fracturas de carácter distensivo, relacionadas con el enfriamiento de la cúpula, o bien con el relajamiento elástico de la compresión.

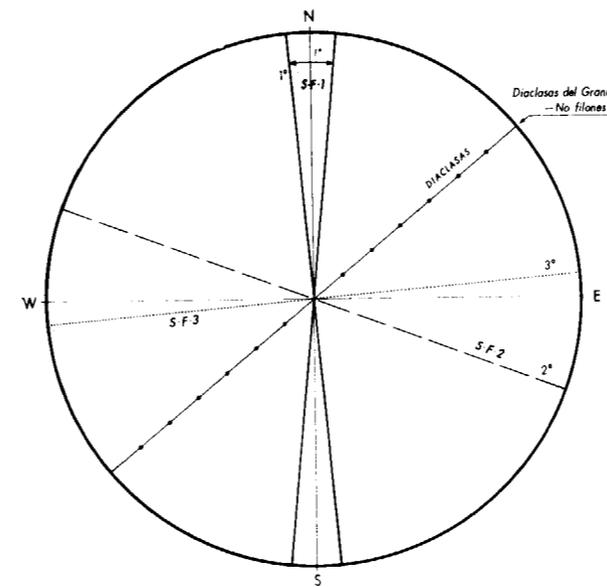


Figura 3

Sistemas filonianos y diaclasas en la apófisis granítica de Torrecilla de los Angeles.

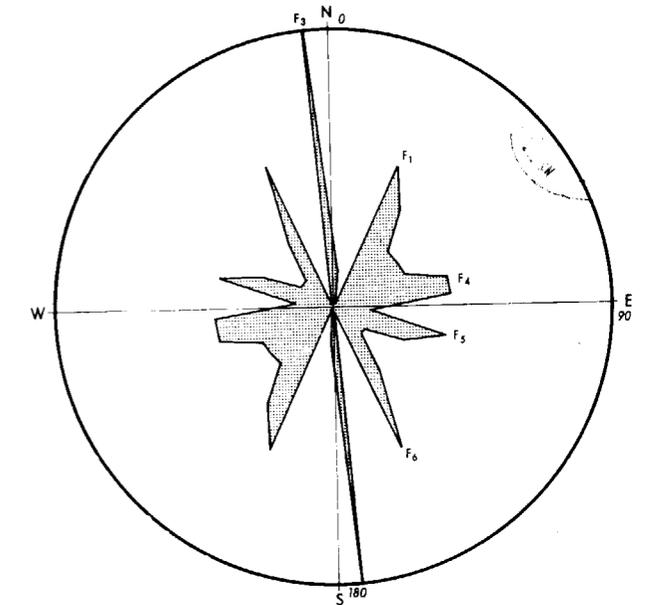


Figura 5

Diagrama "en rosa" de orientación de fracturas. 50 fracturas (granito de la Lapa y apófisis de Torrecilla).

(F<sub>3</sub>) (fig. 4), de gran importancia en el granito, y que alcanza, sin embargo, menor desarrollo en la serie esquistosa (figs. 5 y 6). Esto significa que pro-

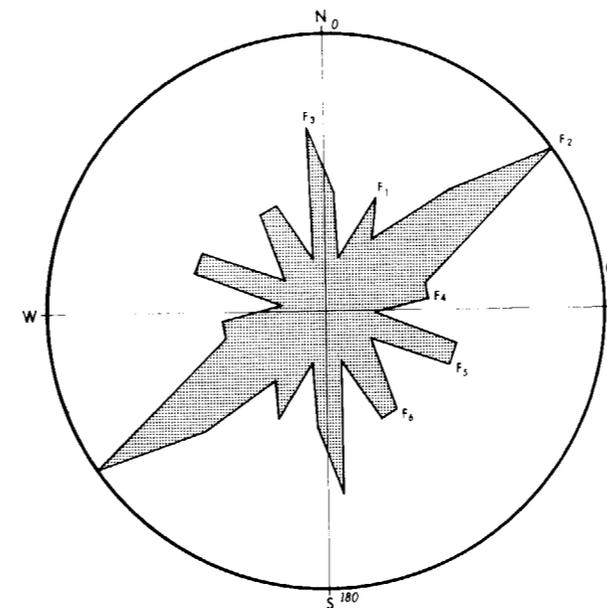


Figura 4

Diagrama "en rosa" general de orientación de fracturas. (granito y serie esquistosa). 140 medidas

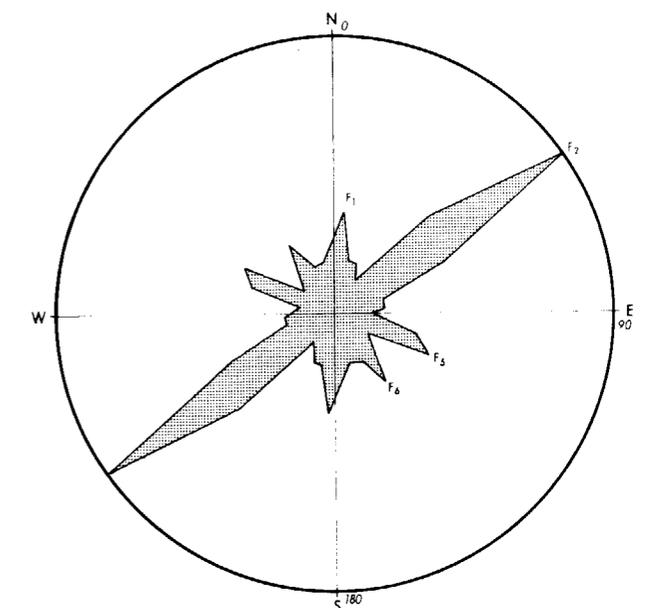


Figura 6

Diagrama "en rosa" de orientación de fracturas. 90 fracturas en la serie esquistosa.

Estas fracturas fueron favorables para el emplazamiento de la mineralización, y se observan claramente en la apófisis de la Lapa (Hernán-Pérez), y en la cúpula de Torrecilla de los Angeles.

— Destaca también por su importancia un segundo sistema filoniano de dirección comprendida entre N 100° E-N120° E, aproximadamente N 110° E, el cual coincide con el sistema de fracturas F<sub>5</sub> (fig. 4) de direcciones comprendidas entre N 100° E y N 120° E.

Estas direcciones filonianas aparecen frecuentemente en la provincia extremeña. Las fracturas de dirección aproximada WNW-ESE, por correlación con otras áreas cercanas, pueden corresponder a un sistema de grietas de tensión que son las que favorablemente pueden abrirse y ofrecer espacio suficiente como para que se produzca el emplazamiento de mineralizaciones.

El primer sistema filoniano tiene su localización preferentemente en el granito, lo que da lugar a un sistema fundamentalmente intragranítico, aunque también hay filones con esta dirección en la serie metamórfica. Sin embargo, el segundo sistema filoniano (N 110° E) aparece desarrollado tanto en el granito como en la serie metamórfica, de forma análoga a otras zonas de Extremadura.

— Otro sistema filoniano es el que presenta direcciones entre N 80° E y N 85° E, si bien parece menos importante y con menor desarrollo que los anteriores. Tiene también su correspondencia con la familia de fracturas F<sub>4</sub> de direcciones entre N 75° E y N 85° E. Este conjunto filoniano tiene un emplazamiento casi exclusivo en el ámbito granítico, a favor del cual se han desarrollado algunos filones prácticamente E-W y junto con los anteriores constituyen las tramas filonianas (fig. 5).

Cabe añadir, que de la observación de los diagramas en rosa de fracturas, el sistema de dirección N 55° E (F<sub>2</sub>) correspondiente a la fractura de Plasencia y consiguientemente a las fracturas acompañantes (Fractura de Moraleja-Torrecilla de los Angeles), tiene gran importancia y representación en la serie esquistosa (fig. 6).

Por el contrario no es así en las rocas graníticas (fig. 5), de tal forma que no existe un sistema filoniano importante y generalizado, intragranítico que presente esta dirección.

Esto significa que, al menos en el área de estudio, no es una dirección importante desde el punto de vista metalogénico, ya que su actuación es tar-

dihercínica y sus efectos se traducen en las grandes dislocaciones de los batolitos graníticos y de las series encajantes.

#### 4. CARACTERES METALOGENICOS DE LAS MINERALIZACIONES FILONIANAS

A continuación, y como resultado de las observaciones microscópicas mediante luz reflejada y transmitida, realizadas sobre diferentes muestras de los filones, se describen los minerales que constituyen la mineralización filoniana del yacimiento de Torrecilla de los Angeles.

La paragénesis del yacimiento está constituida por:

— *Mena*: Casiterita, wolframita, arsenopirita, y como minerales accesorios: scheelita y columbita-tantalita.

— *Ganga*: Cuarzo, moscovita, y como minerales accesorios: turmalina, rutilo y apatito.

La casiterita aparece en granos alotriomorfos o subidiomorfos con maclas frecuentes y ligero pleocroísmo. Los granos de casiterita aparecen en zonas de confluencia de fracturas o donde coinciden varios límites de granos de cuarzo, adoptando, a veces, disposiciones intersticiales.

A veces se observan pequeñas inclusiones de rutilo en la casiterita y de un mineral más reflectivo que ésta, que puede ser de la serie columbita-tantalita (lámina 9).

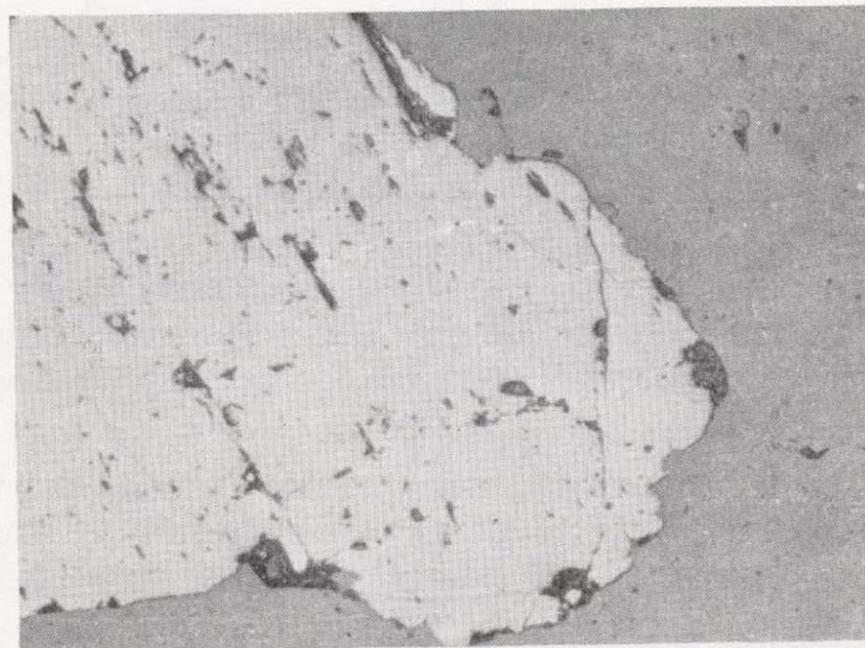


Lámina 9

L.N. × 200 Casiterita (gris claro) con inclusiones de columbita-tantalita (blanco).

Estas fracturas fueron favorables para el emplazamiento de la mineralización, y se observan claramente en la apófisis de la Lapa (Hernán-Pérez), y en la cúpula de Torrecilla de los Angeles.

— Destaca también por su importancia un segundo sistema filoniano de dirección comprendida entre N 100° E-N120° E, aproximadamente N 110° E, el cual coincide con el sistema de fracturas F<sub>3</sub> (fig. 4) de direcciones comprendidas entre N 100° E y N 120° E.

Estas direcciones filonianas aparecen frecuentemente en la provincia extremeña. Las fracturas de dirección aproximada WNW-ESE, por correlación con otras áreas cercanas, pueden corresponder a un sistema de grietas de tensión que son las que favorablemente pueden abrirse y ofrecer espacio suficiente como para que se produzca el emplazamiento de mineralizaciones.

El primer sistema filoniano tiene su localización preferentemente en el granito, lo que da lugar a un sistema fundamentalmente intragranítico, aunque también hay filones con esta dirección en la serie metamórfica. Sin embargo, el segundo sistema filoniano (N 110° E) aparece desarrollado tanto en el granito como en la serie metamórfica, de forma análoga a otras zonas de Extremadura.

— Otro sistema filoniano es el que presenta direcciones entre N 80° E y N 85° E, si bien parece menos importante y con menor desarrollo que los anteriores. Tiene también su correspondencia con la familia de fracturas F<sub>4</sub> de direcciones entre N 75° E y N 85° E. Este conjunto filoniano tiene un emplazamiento casi exclusivo en el ámbito granítico, a favor del cual se han desarrollado algunos filones prácticamente E-W y junto con los anteriores constituyen las tramas filonianas (fig. 5).

Cabe añadir, que de la observación de los diagramas en rosa de fracturas, el sistema de dirección N 55° E (F<sub>2</sub>) correspondiente a la fractura de Plasencia y consiguientemente a las fracturas acompañantes (Fractura de Moraleja-Torrecilla de los Angeles), tiene gran importancia y representación en la serie esquistosa (fig. 6).

Por el contrario no es así en las rocas graníticas (fig. 5), de tal forma que no existe un sistema filoniano importante y generalizado, intragranítico que presente esta dirección.

Esto significa que, al menos en el área de estudio, no es una dirección importante desde el punto de vista metalogénico, ya que su actuación es tar-

dihercínica y sus efectos se traducen en las grandes dislocaciones de los batolitos graníticos y de las series encajantes.

#### 4. CARACTERES METALOGENICOS DE LAS MINERALIZACIONES FILONIANAS

A continuación, y como resultado de las observaciones microscópicas mediante luz reflejada y transmitida, realizadas sobre diferentes muestras de los filones, se describen los minerales que constituyen la mineralización filoniana del yacimiento de Torrecilla de los Angeles.

La paragénesis del yacimiento está constituida por:

— *Mena*: Casiterita, wolframita, arsenopirita, y como minerales accesorios: scheelita y columbita-tantalita.

— *Ganga*: Cuarzo, moscovita, y como minerales accesorios: turmalina, rutilo y apatito.

La casiterita aparece en granos alotriomorfos o subidiomorfos con maclas frecuentes y ligero pleocroísmo. Los granos de casiterita aparecen en zonas de confluencia de fracturas o donde coinciden varios límites de granos de cuarzo, adoptando, a veces, disposiciones intersticiales.

A veces se observan pequeñas inclusiones de rutilo en la casiterita y de un mineral más reflectivo que ésta, que puede ser de la serie columbita-tantalita (lámina 9).



Lámina 9

L.N. x 200 Casiterita (gris claro) con inclusiones de columbita-tantalita (blanco).

La arsenopirita aparece en granos alotriomorfos y se asocia también a zonas de cuarzo cataclástico.

Aparece también wolframita, y se sabe de algunos filones que en su parte alta tenían casiterita, y sufrían en su parte baja enriquecimientos en scheelita.

Esto no es de extrañar, puesto que en el área de estudio, y en las proximidades del paraje denominado Cornejo, existen indicios filonianos de scheelita relacionados probablemente con las apófisis graníticas.

La principal ganga que aparece asociada a la mineralización de casiterita es el cuarzo, que se presenta en granos alotriomorfos, con evidentes señales de cataclasis, como es una fuerte extinción ondulante y una cierta granulación en los bordes.

También aparece moscovita, y como minerales accesorios pueden considerarse, el rutilo que aparece como pequeñas inclusiones en la casiterita, el apatito y la turmalina.

Como se ha visto anteriormente, los filones encajan en el granito y en la serie metamórfica. La roca encajante de la serie metamórfica suele ser una filita de grano muy fino ligeramente orientada. Como minerales principales aparecen minerales sericitico-arcillosos, cuarzo y moscovita.

Como minerales accesorios aparecen agujas de turmalina de variedad ferrosa (chorlo) y cristales idiomorfos de arsenopirita.

Se observa que tanto la turmalina como la arsenopirita cortan a la esquistosidad, de forma que su deposición es netamente posttectónica.

La mineralización filoniana de casiterita-wolframita va acompañada de alteraciones de la roca encajante, que se traducen principalmente en una moscovitización, turmalinización y formación de arsenopirita.

En los bordes de los filones se observa una moscovitización, con crecimiento de cristales tabulares perpendicularmente a las paredes, y sin relación con la esquistosidad.

Por lo tanto la moscovitización de los bordes de los filones y de la roca encajante, así como la turmalinización y la formación de arsenopirita, están relacionadas con el fenómeno filoniano, pudiéndose observar un gradiente de concentración creciente de estos minerales a medida que se aproximan hacia el borde de los filones. Existe también una fuerte impregnación de óxidos de hierro.

La moscovitización en los bordes y en la roca encajante es típica de los yacimientos albitítico-greiseníticos, y su interés minero se pone ampliamente de manifiesto. Es suficiente recordar que, además de las facies caolinizadas de los granitos en el yacimiento de Penouta (Verín), también se explota la zona moscovitizada de la roca encajante que tiene mineralización. Esta, debido a su poca coherencia, puede ser arrancada sin necesidad de usar explosivo y tratada directamente sin previa molienda.

#### 5. FACTORES DE CONCENTRACION

El depósito estannífero de Torrecilla de los Angeles viene favorecido por la existencia de ciertos factores tectónicos (1) y físico-químicos (2).

(1) El depósito se localiza en una cúpula granítica, donde se dan una serie de elementos tectónicos particulares que han favorecido su constitución; como son la aparición de fracturas en las que ha existido apertura y relleno de las mismas por venas greisenizadas. Esta fracturación controla el emplazamiento de filones y venas en "stockwork".

(2) La formación de estos depósitos lleva consigo soluciones acuosas calientes, químicamente activas que actúan durante los procesos postmagmáticos en las cúpulas graníticas. Producen fenómenos de metasomatismo alcalino, de tal forma que el elemento puede proceder de la misma roca granítica y es extraído de ella por diversos procesos geoquímicos aún mal conocidos.

#### 6. ORIGEN DE LAS MINERALIZACIONES: CLASIFICACION E HIPOTESIS GENETICAS

A la vista de los resultados anteriores, se puede definir el yacimiento de Torrecilla de los Angeles, como un yacimiento albitítico-greisenítico caolinizado en parte, que presenta una mineralización diseminada de casiterita en determinadas facies del granito, y aparece emplazado en la parte apical de una cúpula granítica.

Las últimas hipótesis genéticas sobre el origen de las mineralizaciones de estaño y wolframio, están a favor de una íntima relación con los procesos postmagmáticos de la evolución de los granitos. De manera que el elemento procede de la misma roca granítica y es extraído de ella por diversos procesos geoquímicos.

Los procesos postmagmáticos son una consecuencia natural de la intrusión de los granitos en la corteza superior, en condiciones diferentes a las de su formación.

Los elementos volátiles, al ir enfriándose la masa granítica, tienden a separarse del volumen principal de masa solidificada para acumularse en las partes apicales de las cúpulas graníticas.

Este proceso empieza a desarrollarse a una profundidad todavía lo bastante elevada como para que la presión sea supercrítica, lo que da lugar a una fase líquida poco viscosa y capaz de penetrar por las fisuras más finas (SAAVEDRA, 1974).

En el magma granítico que empieza a enfriarse, la cantidad de agua disuelta existente es importante, y el carácter de los fluidos es inicialmente básico, lo que favorece la estabilidad termodinámica de los complejos inorgánicos.

Por una parte, en la fase de cristalización principal, gran parte del Na, Ca, Mg, Fe, han cristalizado ya en las micas y plagioclasas. La fase fluida se enriquece en K, pues el feldespató potásico que contiene la mayor parte del K es de cristalización más tardía.

A medida que el feldespató potásico empieza a cristalizar, la fase fluida se va empobreciendo en K. Dado que el K es más básico que el Na, esta fase final de la cristalización principal es de carácter básico, en la que se favorece la estabilidad de los complejos del tipo  $X_n A_m^{-p}$  (PELLITERO y colaboradores, 1975).

A medida que desciende la presión y la temperatura, disminuye la estabilidad de los complejos produciéndose pérdida de  $H_2O$  y quedando libres los componentes ácidos (aumento de acidez).

Las reacciones postmagmáticas comienzan con un desarrollo inicial de un metasomatismo potásico (BEUS, 1968) debido a que las bases más fuertes (K y Rb) reaccionan, sustituyendo en los minerales ya formados a las bases más débiles (Na y Ca), de esta manera se produce un fenómeno de microclinización temprana, al tiempo que la fase fluida se empobrece en K. Este fenómeno se localiza en el núcleo de los macizos y todavía a elevada presión.

Posteriormente en un estadio más avanzado del proceso existe una inversión, empezando a activarse un metasomatismo sódico, debido a que reaccionan las bases más débiles; resultando una albitización temprana que se localiza preferentemente en la periferia de los macizos.

Esta parte progresiva del proceso se desarrolla en un fondo de incremento de acidez de las soluciones, de manera que, una base fuerte (KOH) está siendo reemplazada por una base más débil (NaOH).

Finalmente en las últimas fases se alcanza el incremento máximo de la acidez de las soluciones mineralizadas, superando el estado crítico para pasar a hidrotermales, produciéndose fenómenos de greisenización, y los álcalis, aluminio y elementos accesorios son removilizados de las rocas encajantes.

En los estadios finales del proceso comienza a desarrollarse un período regresivo en un ambiente de disminución de acidez que, unido al descenso de temperatura, puede favorecer la hidrólisis de los complejos, desestabilizándolos y provocando la precipitación de los compuestos de Sn.

Conviene recordar que el Sn es un elemento menos alcalino que el W, por lo que necesita mayor grado de acidez para ser extraído de los complejos y adquirir movilidad, por lo tanto parece que los depósitos de Sn están más ligados a los fenómenos de albitización mientras que los de W a los de microclinización (LEVASHEV, G. B., 1972).

Finalmente y como resultado de los estudios petrográficos, estructurales y metalogénicos efectuados en el yacimiento de Torrecilla de los Angeles, como hipótesis de trabajo, se puede intentar esquematisar una secuencia evolutiva de los acontecimientos geológicos que pudieron conducir al emplazamiento y formación del yacimiento.

— Metamorfismo y deformaciones tectónicas principales de las series sedimentarias preexistentes.

— Intrusión de los batolitos graníticos, coincidiendo con los últimos movimientos tectónicos en épocas fini y posttectónicas.

— Procesos de ascenso y emplazamiento de apófisis graníticas derivadas de batolitos complejos, con desarrollo sucesivo de los procesos evolutivos, microclinización y albitización, anteriormente descritos.

— En los estadios finales de los procesos postmagmáticos aparece un desarrollo de fenómenos de greisenización con emisión de filones pegmatíticos, hidrotermales hiperocríticos.

— Pérdida progresiva de temperatura y presión de los fluidos, pasando al estado hidrotermal, con deposición de casiterita-wolframita, caolinización de las partes apicales de las apófisis y moscovitiza-

ción del encajante. Simultáneamente, y a favor de discontinuidades ya existentes, tuvo lugar el emplazamiento del cortejo filoniano que estas apófisis llevan consigo.

## 7. CORRELACIONES DEL YACIMIENTO CON OTROS SEMEJANTES

El yacimiento estannífero de Torrecilla de los Angeles, es correlacionable con diversos depósitos asociados a cúpulas graníticas dentro de la provincia metalogénica española, que como es sabido forma un arco que se extiende desde La Coruña hasta Jaén, pasando por el norte de Portugal, Orense, Zamora, Salamanca, Cáceres y Badajoz (AHFELD, F., 1958).

Se han resaltado las analogías de este yacimiento con el de Penouta en Verín (Orense). Así mismo cabe señalar entre otros, el yacimiento de Laza (Orense), y diversas cúpulas graníticas en el ámbito extremeño, como son: el Trasquilón, el stock de Logrosán, la apófisis de Acebo y demás apuntamientos graníticos con mineralizaciones de estaño asociadas.

Este tipo de yacimientos en la península Ibérica, puede correlacionarse con diversas cúpulas graníticas en Europa. Por ejemplo, las cúpulas graníticas de Montebras y Echassières en el Macizo Central Francés.

Ambos yacimientos son ejemplos típicos de cúpulas graníticas a las cuales van ligadas mineralizaciones esencialmente estanníferas que se localizan en la corona de granitos con albita, bien con moscovita (Montebras) o bien con lepidolita (Echassières). En los dos casos se trata de albititas. (AUBERT, G., 1969).

Aunque existen divergencias entre el yacimiento de Montebras y el de Torrecilla de los Angeles, por ejemplo la turmalinización no es muy notable en el primero y sí por el contrario en Torrecilla, se pueden considerar como pertenecientes a un mismo tipo metalogénico.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a don Fernando Vázquez y a don Julio Liarte las sugerencias y estímulo para la realización de este trabajo, así como a los compañeros del laboratorio de Petrografía y Metalogénia del

IGME. Igualmente a doña Elena Vindel, del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense de Madrid, su inestimable ayuda a lo largo del mismo.

## BIBLIOGRAFIA

- AHFELD, F.: *Die metallischen Rohstoffe Sn und W*. Ferdinand Enke Verlag (1958).
- AUBERT, G.: *Les coupoles granitiques de Montebras et d' Echassières (Massif central français) et la genèse de leurs mineralisations en étain, lithium, tungstène et béryllium*. Mem. B. R. G. M. núm. 46 (1969).
- BEUS, A. A.: *Albitite Deposits*. En: Smirnov, V. I. (Ed.) Op. cit., 307-377 (1968).
- CRESPO LARA, V.: *La reserva del Valle de Alcudia y su contexto geológico minero en Sierra Morena Central*. Bol. Geol. Min. T 83-2, 174-180 (1972).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Memoria explicativa de la Hoja núm. 573, Sierra de Gata*. I. G. M. E. (1972).
- LEVASHEV, G. B.: *Composition of biotite as a criterion for recognition of stanniferous granitoids and the factors responsible for tin mineralization*. Doklady Akad. Nauk. SSSR, 202, 207-210 (1972).
- PELLITERO, E.; VINDEL, E.; SAAVEDRA, J.; ARRIBAS, A.; GARCÍA, A.; RODRÍGUEZ, S.: *Estudio del yacimiento de scheelita de Barruecopardo, Salamanca*. II Reunión Iberoamericana de Geología Económica (1975).
- PÉREZ REGODÓN, J.: *Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres*. Bol. Geol. Min. T 80-2, 131-145 (1969).
- RAMÍREZ, E.: *Ensayo de un análisis de posibilidades en mineralizaciones de la provincia de Cáceres*. Bol. Geol. Min. T 85-2, 171-181 (1974).
- RÖLZ, P.: *Beitrag zum Aufbau des jungpräkambrischen und altpaläozoischen Grundgebirges in den Provinzen Salamanca und Cáceres (Sierra de Tamames, Sierra de Francia und östliche Sierra de Gata)*. Spanien. Münster Forsch. Geol. Paläont. H36, S1-68 (1975).
- SAAVEDRA, J.: *Geoquímica de los procesos postmagmáticos de granitos y su relación con las mineralizaciones asociadas del grupo Sn-W-Mo*. Stvdia Geol. T 8, 13-26 (1974).
- SAAVEDRA, J.; ARRIBAS, A.; GARCÍA, A.; MORO, C.; PELLITERO, P.; RODRÍGUEZ, S.: *Relación entre las propiedades físicas y químicas de algunos granitoides del centro-oeste de España y las mineralizaciones estanno-wolframíferas con ellos asociadas*. Tecnitterae, 2, 20-26 (1974).

Recibido: Enero 1978.

# Dispositivo para alimentación en seco de mesas de sacudidas de laboratorio

Por R. ALVAREZ RODRIGUEZ (\*) y J. M.<sup>a</sup> FERNANDEZ BECERRIL (\*)

## RESUMEN

Se describe un sistema para alimentar mesas de sacudidas de laboratorio en seco, sin molestias de polvo y logrando un perfecto mojado del producto tratado, así como una gran regularidad de la alimentación y también gran facilidad de regulación.

## ABSTRACT

This paper describes a system to feed laboratory shaking tables with dry samples without causing dust pollution. A perfect wetting of the treated product, a great regularity in the feeding and a easy regulation is attained.

## UTILIDAD DEL DISPOSITIVO Y DESCRIPCION DEL MISMO

En los laboratorios de concentración son frecuentes los ensayos discontinuos o continuos en mesas de sacudidas, en que el material se ha molido en seco por facilidades del laboratorio y se alimenta a las mesas sin pasar por un hidroclasificador.

Para el correcto funcionamiento de la mesa es esencial una gran regularidad en la alimentación así, como que el material esté perfectamente mojado para que no se originen arrastres indebidos por la lámina de agua. La alimentación del material molido en el laboratorio se puede realizar en húmedo o en seco: en el primer caso el material se debe mojar antes de alimentarlo y luego esta alimentación se hace normalmente de una forma manual lo que origina irregularidades en ella, además de requerir a una persona que realice la operación; en el caso de la alimentación en seco, se puede hacer directamente a la tolva de la mesa por medio de un alimentador vibratorio, o de otro tipo, lo que permite una gran regularidad de la misma así como su fácil regulación, pero origina en muchos

casos emisiones de polvo molestas y a veces, con moliendas finas y materiales arcillosos, los granos no se mojan suficientemente en la tolva de la mesa originando pérdidas, utilizándose a veces para evitar este inconveniente canales inclinados con chorros de agua entre el alimentador y la tolva, pero que pueden tener problemas de atasco y no evitan el polvo.

El sistema que utilizamos en el Laboratorio permite una regularidad y regulación muy buenas y consigue por otro lado el mojado perfecto de los minerales evitando además el polvo. Consiste en alimentar los sólidos por medio de un alimentador vibratorio (bien del tipo estanco al polvo con canal vibratoria en forma tubular o bien con un alimentador normal con canal plana, siendo en este último caso necesario hacer unas sencillas modificaciones en dicha canal para unirla al dispositivo de mojado y para evitar la salida de polvo, como se describirá después) a un dispositivo de mojado o de mezcla con el agua; la unión a este dispositivo se efectúa por medio de un tubo de goma fina que ajuste, para que haga de barrera por una parte al polvo y por otra a la transmisión de las vibraciones, no uniendo rígidamente los dos dispositivos lo que haría vibrar al conjunto y además perjudicaría

(\*) Departamento de Preparación de Minerales del Instituto Geológico y Minero de España.

al alimentador vibratorio (fig. 1). El dispositivo en sí, consiste en un "embudo" (realmente se utilizó un embudo de plástico en su construcción, foto, 1), con el tubo de salida alargado y que lleva

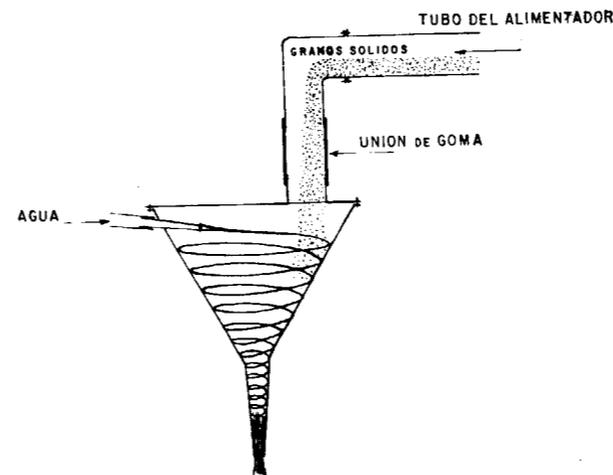


Figura 1



Foto 1

una tapa hermética a la que va soldado un tubo corto, del mismo diámetro que el del alimentador, para su unión al mismo; este tubo no va en el centro de la tapa si no desplazado hacia la orilla para que el sólido caiga sobre la pared del em-

budo. En el borde superior del embudo se introduce de forma tangencial y ligeramente inclinada hacia abajo, el tubo de alimentación del agua, que se ve de esta forma obligada a circular describiendo una hélice cónica y barriendo la superficie del embudo donde cae el sólido (parecida a la circulación de agua en un hidrociclón), y llevándole hacia abajo, donde el agua se acumula en el vértice mientras sigue girando y mezclándose perfectamente con el mineral debido a esta velocidad de giro, y termina por salir por el tubo del "embudo", debido a la presión hidrostática que se origina dentro de él; este tubo de salida, alargado para favorecer el contacto líquido-sólido, se llena con la pulpa producida y hace de cierre estanco inferior para el polvo. La descarga se hace dentro del tolvin de la mesa de sacudidas, donde se distribuye por choque contra el fondo de dicho tolvin y por la vibración de de la mesa, lográndose una distribución muy uni-

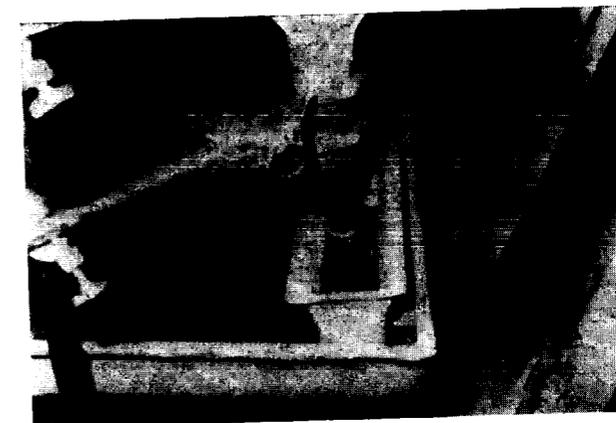


Foto 2

forme sin ningún atasco en este tolvin, donde además no es preciso alimentar agua, pues se puede introducir toda la necesaria a través del dispositivo humectador, ya que no hay peligro de acumulación de barro en dicho tolvin (fotografía 2).

La estanqueidad al polvo es total, pues en el caso de utilizar un alimentador del tipo estanco al polvo con canal tubular, el polvo que se pueda originar por la caída de los sólidos en el embudo, no puede salir por la parte inferior de éste, debido al cierre hidráulico y por la parte superior tampoco por el cierre que efectúa al material situado en la tolva del alimentador vibratorio que en estos tipos va unido por un tubo de goma a la canal cilíndrica.

al alimentador vibratorio (fig. 1). El dispositivo en sí, consiste en un "embudo" (realmente se utilizó un embudo de plástico en su construcción, foto, 1), con el tubo de salida alargado y que lleva

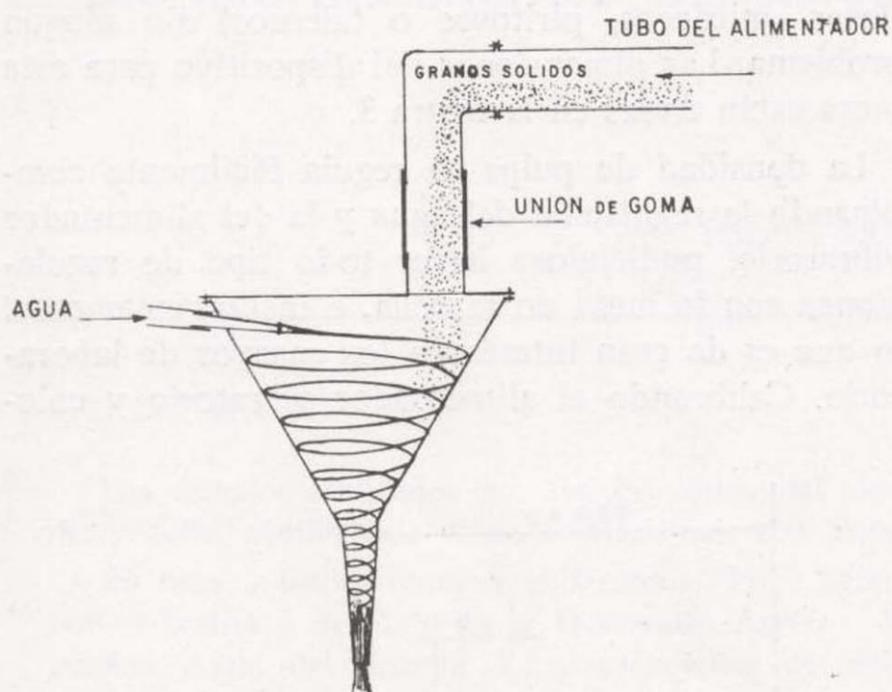


Figura 1

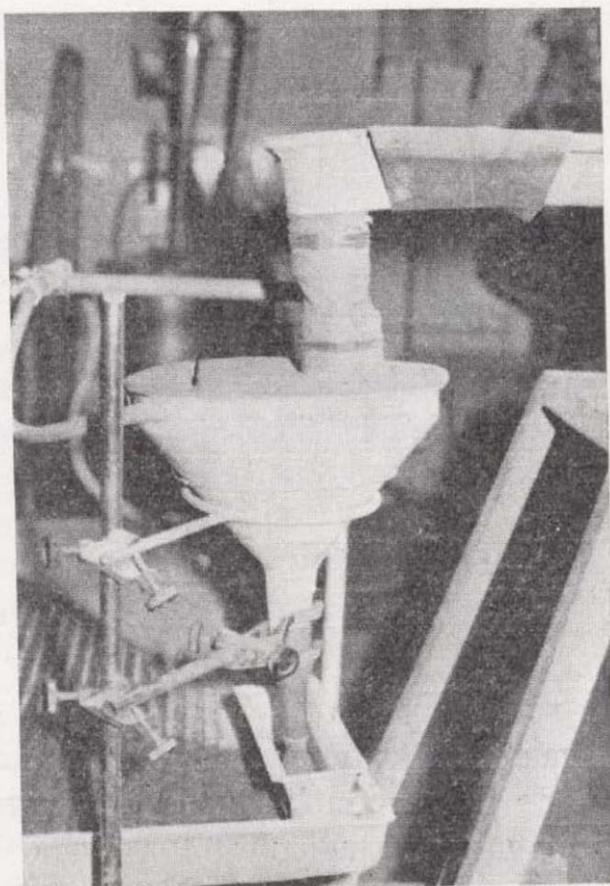


Foto 1

una tapa hermética a la que va soldado un tubo corto, del mismo diámetro que el del alimentador, para su unión al mismo; este tubo no va en el centro de la tapa si no desplazado hacia la orilla para que el sólido caiga sobre la pared del em-

budo. En el borde superior del embudo se introduce de forma tangencial y ligeramente inclinada hacia abajo, el tubo de alimentación del agua, que se ve de esta forma obligada a circular describiendo una hélice cónica y barriendo la superficie del embudo donde cae el sólido (parecida a la circulación de agua en un hidrociclón), y llevándole hacia abajo, donde el agua se acumula en el vértice mientras sigue girando y mezclándose perfectamente con el mineral debido a esta velocidad de giro, y termina por salir por el tubo del "embudo", debido a la presión hidrostática que se origina dentro de él; este tubo de salida, alargado para favorecer el contacto líquido-sólido, se llena con la pulpa producida y hace de cierre estanco inferior para el polvo. La descarga se hace dentro del tolván de la mesa de sacudidas, donde se distribuye por choque contra el fondo de dicho tolván y por la vibración de de la mesa, lográndose una distribución muy uni-

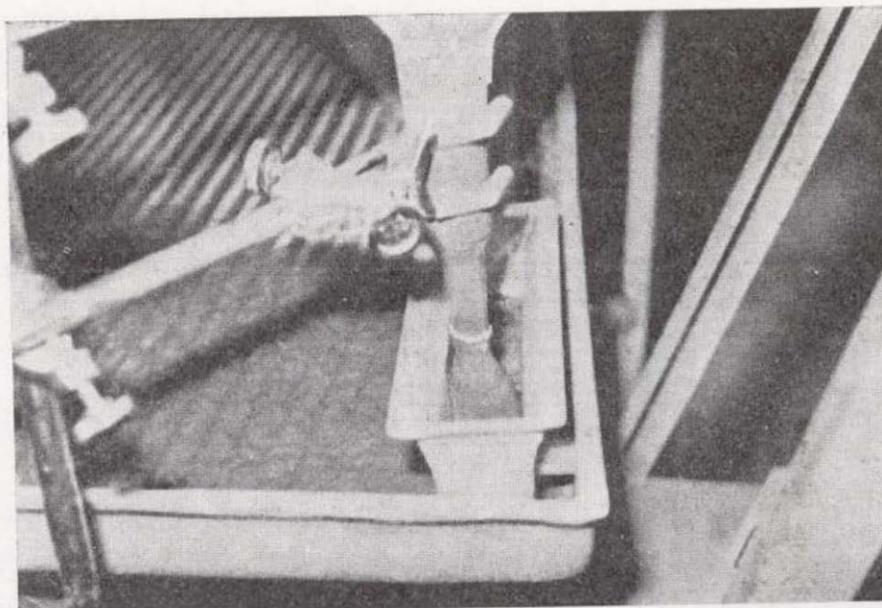


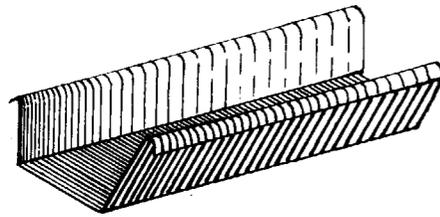
Foto 2

forme sin ningún atasco en este tolván, donde además no es preciso alimentar agua, pues se puede introducir toda la necesaria a través del dispositivo humectador, ya que no hay peligro de acumulación de barro en dicho tolván (fotografía 2).

La estanqueidad al polvo es total, pues en el caso de utilizar un alimentador del tipo estanco al polvo con canal tubular, el polvo que se pueda originar por la caída de los sólidos en el embudo, no puede salir por la parte inferior de éste, debido al cierre hidráulico y por la parte superior tampoco por el cierre que efectúa al material situado en la tolva del alimentador vibratorio que en estos tipos va unido por un tubo de goma a la canal cilíndrica.

En el caso de utilizar un alimentador con canal plana no estanco al polvo, como fue el que utilizamos inicialmente, es preciso modificar el extremo de la misma para poder unirla al dispositivo de mojado y para hacerlo estanco al polvo. Para ello se cierra el extremo de la canal (fig. 2) y se hace un orificio circular en la base cerca de dicho extremo, donde se suelda un tubo corto para su unión al dispositivo de mojado por medio de un tubo de

Canal del Alimentador



Sección de la Canal modificada.

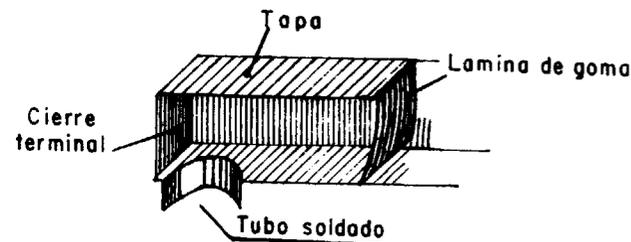


Figura 2

goma fina, esto basta para acoplar ambos dispositivos pero el polvo que se origina en la caída del mineral saldría por este orificio; para evitar esto se tapa la canal hasta algo más atrás del orificio y se sujeta al extremo de dicha tapa una cortinilla de goma muy fina y flexible que pueda obturar totalmente la luz de la canal, así cuando funciona el alimentador el material al avanzar levanta la cortinilla y pasa, pero como esta descansa sobre la capa superior de sólidos que avanza, cierra la salida del polvo.

En nuestro laboratorio hemos utilizado con éxito

este sistema para alimentar una mesa Wilfley de 1.270×610 mm., con tipo de materiales secos, tanto en lo que respecta a la finura de molienda (desde menor de 2 mm. a menor de 0,25.), como a la naturaleza de los minerales (materiales muy arcillosos, micáceos, piritosos o talcosos) sin ningún problema. Las dimensiones del dispositivo para esta mesa están dadas en la figura 3.

La densidad de pulpa se regula fácilmente combinando la regulación del agua y la del alimentador vibratorio, pudiéndose hacer todo tipo de regulaciones con la mesa en marcha, e instantáneamente, lo que es de gran interés en los ensayos de laboratorio. Calibrando el alimentador vibratorio y colo-

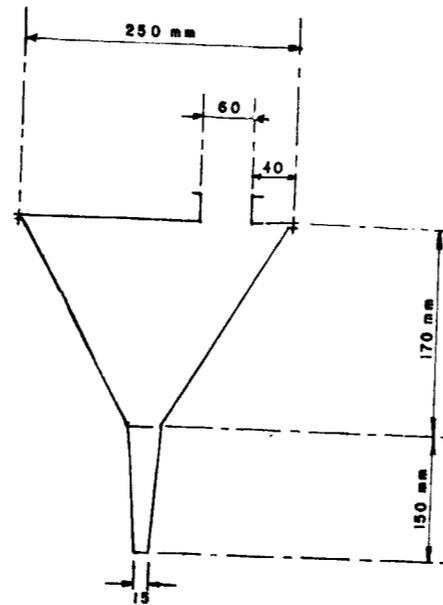


Figura 3

cando un rotámetro en la alimentación de agua se puede calcular instantáneamente con un ábaco la dilución de pulpa con la que está alimentado, y por tanto el gasto de agua.

Para adaptar el dispositivo a diversas capacidades, la dimensión principal a variar es la de salida del embudo, de forma que esté completamente llena y obture la salida de polvo.

Recibido: Enero 1978.

## El modelo matemático del sistema acuífero de Almonte-Marismas

Por C. LUCENA BONNY (\*) y E. GARCIA FERNANDEZ (\*)

### R E S U M E N

Los trabajos realizados por los Proyectos del Guadalquivir de 1966 a 1971, pusieron de manifiesto la existencia del sistema acuífero de Almonte-Marismas, con unos recursos renovables anuales medios del orden de 300 Hm<sup>3</sup>.

En base a estos recursos, el Decreto 735/71 reservó para el Estado 145 Hm<sup>3</sup>/año, dando pie a la realización, por el Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario, de unos 500 sondeos con objeto de transformar en regadío amplias zonas del sistema. La trascendencia de este tema llevó al Instituto Geológico y Minero de España a realizar un modelo numérico de previsión, que permita evaluar las repercusiones que, en el funcionamiento del sistema y en los propios sondeos de extracción, tenga la explotación prevista de 145 Hm<sup>3</sup>/año.

El modelo pone de manifiesto la capacidad de los recursos del sistema para hacer frente a esa explotación determinando el régimen de equilibrio correspondiente, indica los sondeos que por su situación desfavorable pueden presentar problemas y, finalmente, cuantifica el avance del frente salobre.

### A B S T R A C T

The work carried out by the Guadalquivir Project in the years 1966-1971, showed the existence of the Almonte-Marismas aquifer system, with a yearly average renewable resources of about 300 Hm<sup>3</sup>.

In the base of these resources, the Decree 735/71 reserved 145 Hm<sup>3</sup>/year for the state and it was the start point for the construction by I.R.Y.D.A. of about 500 wells with the objective of transforming large dry-farming areas and native vegetation areas into irrigated areas. The great importance of this plan induced the I.G.M.E. to develop a numerical model which would permit an evaluation of the effects that the pumping of the 145 Hm<sup>3</sup>/year would have on the performance of the aquifer system and on the wells themselves.

The model shows the capacity of the aquifer resources to meet such pumping requirements and determines the new steady-state regime, it shows also the wells which can pose a problem due to their specific location, and last but not least, it appraises the avance of the brackish water front.

### ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Este modelo se sitúa en la continuada línea de investigación que el Instituto Geológico y Minero de España viene desarrollando en la Cuenca del Guadalquivir, cuyos precedentes más conocidos son el Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Guadalquivir (FAO-IGME) y el Proyecto de Utilización de Aguas Subterráneas para el Desa-

rrollo Agrícola de la Cuenca del Guadalquivir (FAO-IGME-IRYDA).

Como parte de los trabajos de investigación de este último proyecto, se realizó un modelo matemático del sistema de Almonte-Marismas que dentro de su concepción simplificada como herramienta de trabajo, puso de manifiesto unos recursos renovables anuales medios del orden de 300 Hm<sup>3</sup>, determinando el esquema de drenaje del sistema, así como el orden de magnitud de los factores del mismo.

Este modelo cumplió en su momento un impor-

(\*) Ingeniero de Minas. Gabinete de informática de la División de Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España.

tante papel para el conocimiento de los recursos del acuífero y, en consecuencia, contribuyó a determinar la viabilidad de la transformación en regadío con estos recursos. Sin embargo, era insuficiente para prever la evolución del sistema a nivel local.

Consecuentemente, fue preciso realizar un nuevo modelo que permitiera hallar respuesta a estas cuestiones, basado tanto en los datos aportados por el modelo anterior, como en los suministrados por los sondeos realizados.

Los objetivos de este modelo fueron:

— Determinar los recursos renovables del acuífero, su procedencia y cuantificación tanto temporal como espacial.

— Determinar los mecanismos de drenaje del acuífero y su cuantificación espacial y temporal.

— Determinar los efectos provocados en el resto del acuífero, por la explotación proyectada de 145 Hm<sup>3</sup>/año, así como su influencia en los mecanismos de alimentación y drenaje.

— Fijar a nivel de sector, subsector y sondeo, la viabilidad de la explotación proyectada, ofreciendo si fuese preciso nuevas alternativas de explotación.

El modelo fue realizado por el gabinete de informática de la División de Aguas Subterráneas del IGME con la colaboración de D. Rousselot del Bureau de Recherches Géologiques et Minières de Francia.

Los datos de partida y las modificaciones de éstos para la identificación, fueron elaborados en directa colaboración con los equipos del IGME en la zona.

#### EL SISTEMA ACUIFERO DE ALMONTE-MARISMAS. DEFINICION Y FUNCIONAMIENTO HIDRODINAMICO

Este sistema, de una superficie aproximada de 2.500 km<sup>2</sup>, representa aproximadamente un triángulo cuyos límites son:

— Al norte, los afloramientos de margas azules Tortonienses.

— Al Este, el río Guadalquivir y las Marismas.

— Al Sur, el Océano Atlántico.

— Al Oeste, el Océano Atlántico y el río Tinto.

Tanto el substrato impermeable del sistema como los materiales permeables suprayacentes, son posteriores a la transgresión marina del Helveciense,

resultando condicionados por ésta y por la regresión Tortoniense-Saheliense.

El substrato de todo el sistema está formado por materiales predominantemente margosos y esencialmente impermeables de edad Tortoniense.

Al iniciarse la regresión al final del Tortoniense los depósitos marinos se caracterizan por facies tanto más arenosas cuanto más prosigue la regresión, retrocediendo el mar hasta los límites actuales de las Marismas del Guadalquivir, formándose los depósitos arenosos Sahelienses.

Durante el plioceno continúa el régimen marino en las Marismas, mientras que en las áreas continentales se forma un glacis de gran potencia y extensión.

Finalmente en el cuaternario se rellenan las Marismas del Guadalquivir, con depósitos fluvio-marinos, formándose las actuales terrazas de la red hidrográfica y los cordones de dunas.

La potencia de los materiales permeables —sahelienses, pliocenos y cuaternarios—, varía de alguna decena de metros en el contacto con el Tortoniense a más de 100 metros en Las Marismas.

El techo del sistema viene definido, en la zona de acuífero libre, por la superficie piezométrica, con el límite superior determinado por los lechos de los arroyos que drenan el sistema. En las Marismas, donde el acuífero se encuentra en carga, el techo se definió de acuerdo con los cortes de los sondeos existentes.

El substrato —habida cuenta la indeterminación que supone el paso progresivo del Tortoniense al Saheliense— se definió de acuerdo con los cortes de los sondeos y por medio de los sondeos eléctricos verticales, adoptándose el umbral de 15 ohm. m para la transición entre el acuífero y el substrato impermeable.

Los límites del modelo son los siguientes (fig. 1):

— Al Norte, la divisoria de aguas subterráneas próxima a los afloramientos de las margas Tortonienses. Se simula como límite a flujo nulo.

— Al Este, los límites elegidos corresponden a dos líneas arbitrarias:

La primera de ellas corresponde a una línea de corriente próxima al contacto entre los materiales terciarios y el cuaternario del Guadalquivir. Se simula como límite a flujo nulo.

La segunda, en el área de Marismas, coincidente con la curva de 1 gr/l de sal. Se simula como un

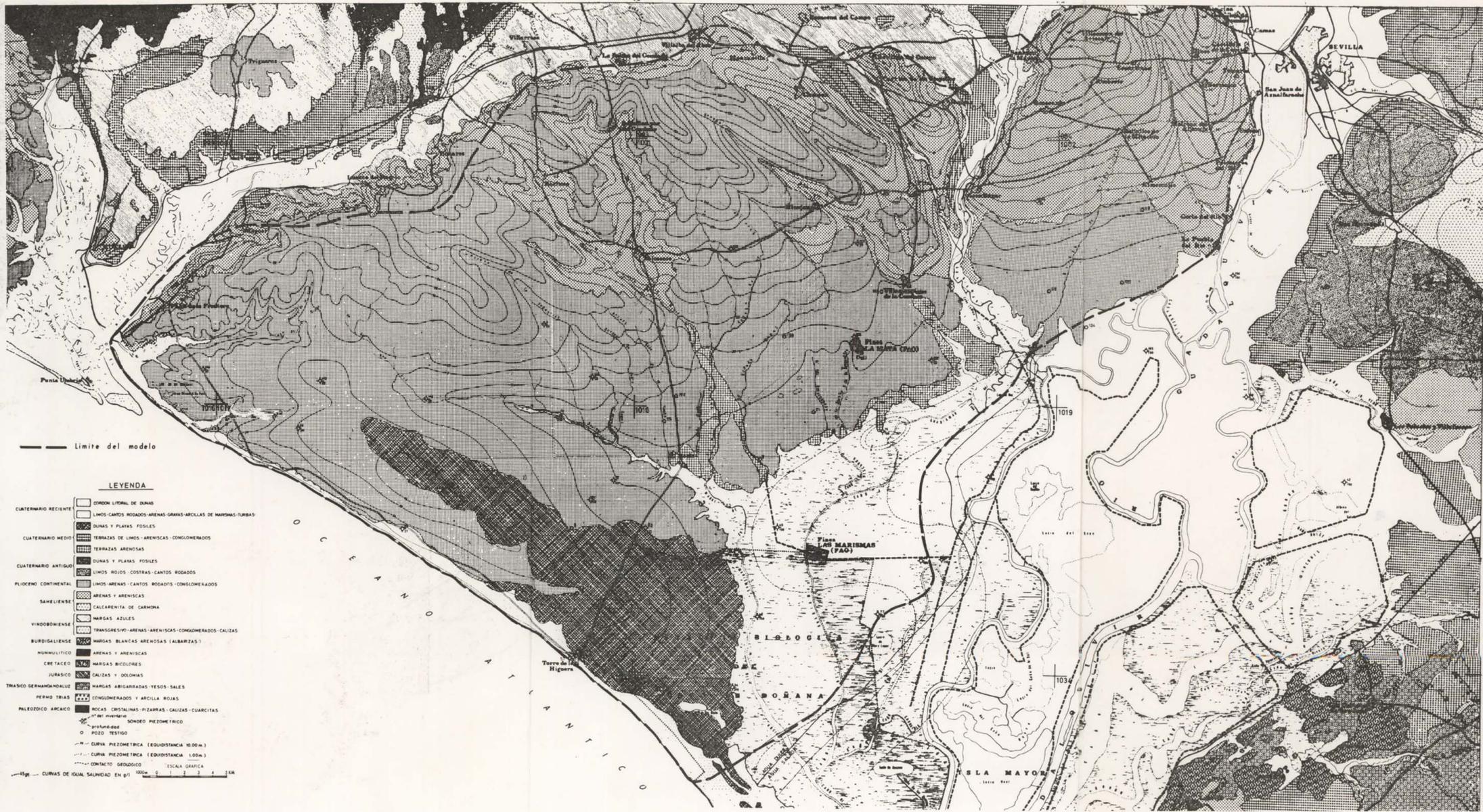


Figura 1

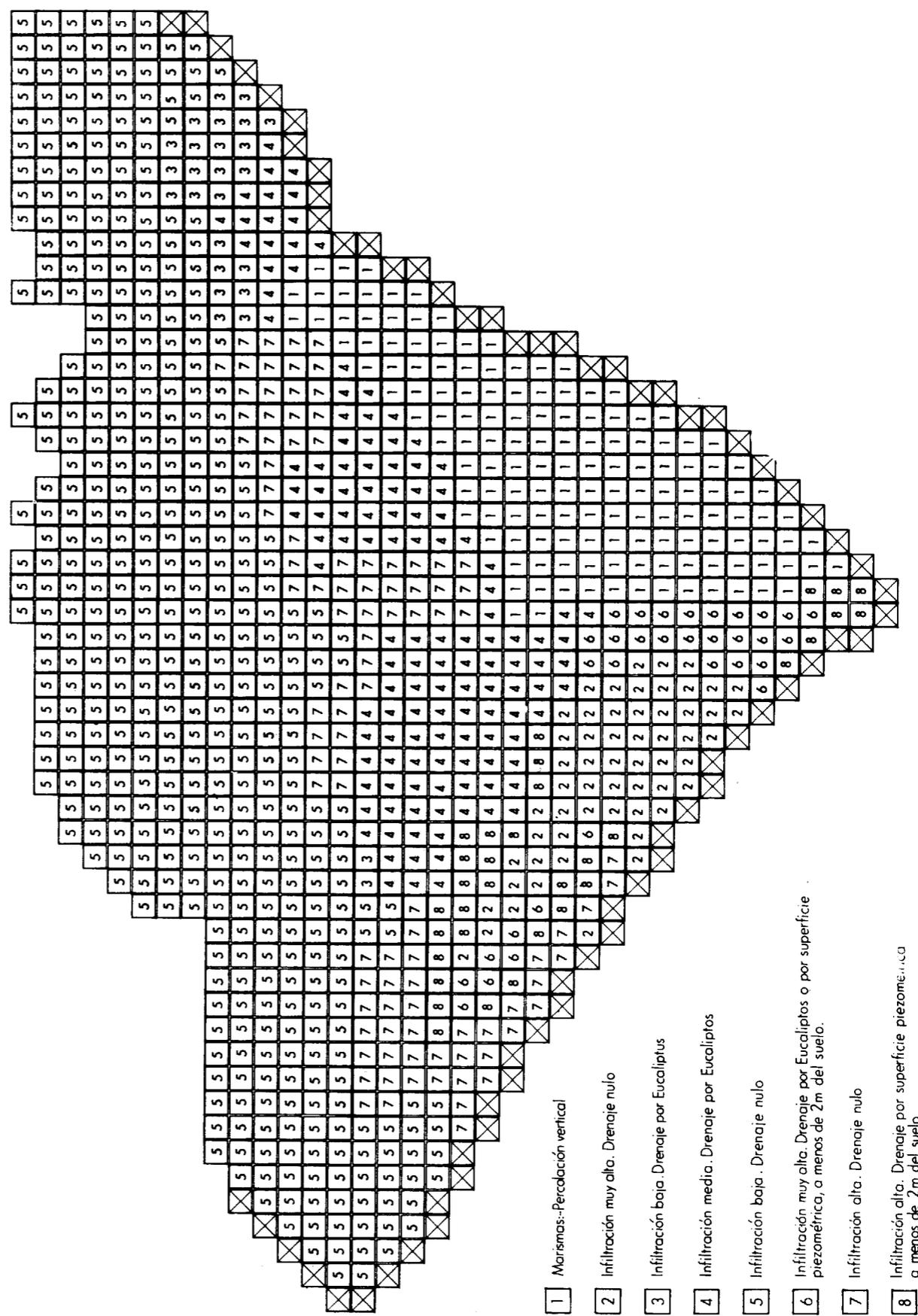


Figura 2

límite a potencial impuesto. Este límite resulta de la abstracción de la mayor parte de las Marismas, allí donde el agua, de baja calidad, no tiene posibilidad natural de renovación. Su consideración implica:

- Una alimentación al sistema ligeramente superior a la real durante la fase de explotación.
- Un avance del frente salobre proporcionalmente más rápido del que se observaría en la realidad.
- Al Sur, el Océano Atlántico. Se simula como un límite a potencial impuesto.
- Al Oeste, el Océano Atlántico y el río Tinto. Se simula como límite a potencial impuesto.

El sentido general de la circulación en el acuífero es de Norte a Sur, condicionada tanto por el drenaje al Océano Atlántico, como por las pérdidas debidas a la evapotranspiración y a los arroyos que, manifiestamente, constituyen factores determinantes en el funcionamiento hidrodinámico del acuífero.

Los elementos condicionantes de este funcionamiento son:

— Alimentación: Debida a la infiltración de la lluvia, pudiéndose distinguir cuatro zonas en función de las características edafológicas y topográficas del suelo.

→ Drenaje: Donde se incluyen los siguientes factores:

- Pérdidas por los límites: Río Tinto, Océano Atlántico y Marismas.
- Pérdidas a los arroyos.
- Pérdidas por evapotranspiración en las zonas de Eucaliptus. En estas áreas se ha supuesto que la vegetación dispone en todo momento de agua suficiente para satisfacer sus necesidades al 100 por 100, asimilando éstas a la evapotranspiración potencial, procediendo el agua de la precipitación, del agua retenida por el suelo y del acuífero.
- Pérdidas por evaporación en las áreas donde la superficie piezométrica se encuentra próxima al suelo. El límite a partir del cual se produce evaporación se ha fijado en 2 m, utilizándose el criterio del párrafo anterior para su cuantificación.
- Pérdidas por drenaje vertical en Marismas. Para la definición del primer orden de magnitud de estas pérdidas, se aplicó la ley de Darcy, suponiendo una diferencia de cota entre la piezometría y el suelo, uniforme e igual a 4 m, un espesor continuo de arcillas entre el suelo y el acuífero de 50 m y una permeabilidad de estas arcillas

de  $10^{-7}$  m/seg. El valor obtenido por este primer cálculo se modificó teniendo en cuenta las diferencias de cota reales entre el suelo y la piezometría, de acuerdo con las necesidades del calaje.

Las acciones artificiales exteriores al sistema —bombeos— eran, con anterioridad a la explotación de los sondeos para la transformación en regadío, muy pequeñas y su acción sobre el conjunto del acuífero prácticamente despreciable.

Los materiales que constituyen el sistema, presentan en general permeabilidades bajas del orden de  $10^{-4}$  m/seg., con excepción de las dunas y terrazas cuaternarias.

Dadas las pequeñas variaciones de permeabilidad, las zonas de mayor transmisividad corresponden a las áreas de mayor espesor saturado.

El coeficiente de almacenamiento para la zona de acuífero libre, varía entre 6 y 10 por 100. Para la zona de Marismas donde el manto es cautivo, el coeficiente de almacenamiento es del orden de  $10^{-3}$ .

El balance correspondiente al sistema acuífero de acuerdo con lo anteriormente apuntado (sin incluir las pérdidas por los arroyos y los límites que se calcularán automáticamente durante la indentificación), correspondiente al período marzo 1968, febrero 1970, es:

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	431	—
Pérdidas por evapotranspiración ... ..	—	234
Explotaciones ... ..	—	8
Pérdidas por percolación vertical en Marismas ... ..	—	69

El conjunto de estos factores, constituyen un sistema en sentido físico, cuyas respuestas serán función, tanto de las características del sistema, como de las acciones exteriores actuantes en él.

El estudio de la respuesta a las explotaciones proyectadas, exige, en consecuencia, el conocimiento del sistema, al que se ha llegado a través de dos etapas: indentificación en régimen permanente e indentificación en régimen transitorio.

Para la indentificación en permanente y en transitorio se ha discretizado el acuífero (fig. 3) en mallas de 1,5 km×1,5 km de lado, con un total

de 1.032 mallas lo que representa una superficie total de 2.322 km<sup>2</sup>.

Una vez identificado el sistema a través de una representación numérica, la respuesta a una acción exterior se obtendría directamente actuando sobre el modelo, representación numérica del sistema.

### IDENTIFICACION DEL SISTEMA EN REGIMEN PERMANENTE

Se ha utilizado en esta primera etapa el conjunto de programas PDI puesto a punto por el B.R.G.M. francés. Sus principales características son:

— Para cada etapa de cálculo, las transmisividades en cada malla se recalculan en función de la permeabilidad y del espesor saturado del acuífero. En rigor, y para esta primera etapa de indentificación, no hubiese sido necesario tener en cuenta la variación en el espesor del acuífero, sin embargo, ya que esta variación es determinante durante la fase de explotación, se ha preferido tomar en consideración desde un principio este efecto, consiguiendo que en el proceso de indentificación y utilización del modelo, el paso de cada etapa a la siguiente no conlleve nuevos cálculos que pudieran introducir errores.

— Se distinguen las zonas de acuífero libre y acuífero cautivo y en estas el techo del acuífero, a los efectos del punto anterior.

— Se identifican las cotas del suelo de forma que, cuando la superficie piezométrica alcanza esas cotas, se produce un efecto de emergencia cuyos valores numéricos son calculados automáticamente.

La resolución del sistema de ecuaciones resultante se realiza por sobrerelajación puntual, ofreciendo el conjunto de programas gran cantidad de información suplementaria respecto a errores inherentes al cálculo, caudales simulados, mapas de isopiezas y mapa de errores, etc.

La cuantificación de los caudales correspondientes a la alimentación y drenaje, se realizó en función de la medida de los datos correspondientes al período marzo 1968, febrero 1970, período utilizado posteriormente para la indentificación en régimen transitorio.

La indentificación del sistema en permanente exigió la realización de 18 pasadas de simulación. El resultado de la última, unido al conjunto de los factores descritos en el punto anterior, condicionan la existencia de 9 tipos de acciones exteriores naturales con las características siguientes (fig. 2):

Zona 1: (Marismas): Alimentación por lluvia nula, drenaje por percolación vertical. (En esta zona se distinguieron 8 subzonas en función de la diferencia de cota entre la piezometría y el suelo, factor fundamental en la cuantificación de la percolación vertical). Los valores correspondientes del balance, en m<sup>3</sup>/h/malla, varían para las distintas subzonas de -7 a -54.

Zona 2: Infiltración por lluvia tipo 4 (muy alta). Drenaje nulo. Balance: +119 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 3: Infiltración por lluvia tipo 1 (baja). Drenaje por la presencia de eucaliptus. Balance: -41 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 4: Infiltración por lluvia tipo 2 (media). Drenaje por la presencia de eucaliptus. Balance: -17 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 5: Infiltración por lluvia tipo 1 (baja) Drenaje nulo Balance: +38 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 6: Infiltración por lluvia tipo 4 (muy alta). Drenaje por eucaliptus o por la presencia de la superficie piezométrica a menos de 2 m del suelo. Balance: +39 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 7: Infiltración por lluvia tipo 3 (alta). Drenaje nulo. Balance +102 m<sup>3</sup>/h/malla.

Zona 8: Infiltración por lluvia tipo 3 (alta). Drenaje por la presencia de la superficie piezométrica a menos de 2 m. del suelo. Balance: +24 m<sup>3</sup>/h/malla.

Los resultados obtenidos en la última simulación de indentificación en permanente arrojan el siguiente balance medio anual para el período marzo 1978, febrero 1970 (utilizados posteriormente para la indentificación en transitorio).

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Alimentación a partir de las lluvias ... ..	440	—
Alimentación lateral por el límite sureste ... ..	5	—
Pérdidas por evapotranspiración ... ..	—	157
Explotaciones ... ..	—	8
Drenaje por los arroyos ... ..	—	185
Salidas laterales por los límites ... ..	—	65
Pérdidas por percolación vertical en Marismas ... ..	—	40
TOTALES ... ..	445	455

El error de cierre del balance—inferior al 3 por 100—resulta satisfactorio para esta primera etapa de identificación.

Es preciso indicar aquí que el acuífero denominado Almonte realmente está formado por dos acuíferos ligados entre sí: Almonte norte y Almonte sur. El área de paso entre estos acuíferos coincide con el cambio de la pendiente de la superficie piezométrica, pudiéndose definir groseramente mediante una línea de dirección EW. El fuerte gradiente en el área de paso de una zona a la otra, condiciona un flujo prácticamente constante ya que las pequeñas variaciones interanuales afectan, porcentualmente, en muy pequeña medida, al gradiente hidráulico y, en consecuencia, al caudal condicionado por él. Este mismo criterio es válido para la explotación futura.

En consecuencia, la consideración del acuífero Almonte-Norte, a nuestros efectos tiene como único objeto determinar los volúmenes de agua que alimentan subterráneamente desde él al acuífero Almonte-Sur, volúmenes que están condicionados por la superficie piezométrica en la línea de paso y por la permeabilidad de esta zona. Estos dos factores son los que con mayor detalle han sido estudiados.

Considerados separadamente cada uno de los dos acuíferos definidos: Almonte-Norte, Almonte-Sur y Marismas, el grado de fiabilidad de los resultados obtenidos con el modelo para cada uno es diferente. Para el acuífero Almonte-Sur y Marismas se pretende contestar a las cuestiones planteadas como objetivos del modelo, haciendo por tanto hincapié en todos los factores condicionantes del balance y del funcionamiento hidrodinámico del acuífero. Para el acuífero Almonte-Norte, la identificación se dirige al conocimiento de la zona que lo une a Almonte-Sur, resultando que las cifras obtenidas para el balance de ese acuífero sólo son válidas desde ese enfoque.

Esto es, como el acuífero Almonte-Norte no está totalmente identificado, puede ser que la infiltración de lluvia sea menor o mayor y paralelamente lo sean las pérdidas por drenaje de los arroyos y las salidas laterales, con lo que estas cifras podrían ser menores o mayores respectivamente en el balance global. Sin embargo, para una sensible modificación en la infiltración de la lluvia, no se obtiene una modificación paralela de la superficie piezométrica (condicionada fundamentalmente por las cotas de emergencia impuestas por los arroyos),

sino una modificación en los caudales drenados por los arroyos, permaneciendo en consecuencia prácticamente constante el flujo entre los dos acuíferos Norte y Sur.

El balance para el acuífero Almonte-Sur y Marismas, una vez concluida la identificación en permanente es:

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	318	—
Alimentación por el límite S. E. ... ..	5	—
Alimentación a partir de Al- monte-Norte ... ..	22	—
Pérdidas por evapotranspira- ción a partir del acuífero...	—	157
Explotaciones ... ..	—	8
Drenaje por los arroyos ...	—	91
Salidas laterales ... ..	—	62
Pérdidas por percolación ver- tical en Marismas ... ..	—	40
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>345</b>	<b>358</b>

En la figura 3, se muestra la comparación entre la piezometría observada y la calculada para la última pasada del permanente.

#### IDENTIFICACION EN TRANSITORIO

El conjunto de programas utilizados, TDI del BRGM Francés tiene las mismas características que el PDI, añadiendo la posibilidad de paso de acuífero cautivo a libre, considerando en consecuencia dos tipos de coeficiente de almacenamiento en las zonas en que este fenómeno pudiese ocurrir.

En esta identificación se utilizó el mallado definido para la etapa anterior, no exigiendo la identificación cambios sustanciales en los datos de balance, manteniéndose las cifras de alimentación y drenaje para cada zona de las definidas en el punto anterior modificando ligeramente la distribución de estas zonas.

El período utilizado en el calaje, tal como se ha indicado, es marzo 1978, febrero 1970.

Los piezómetros elegidos para la identificación

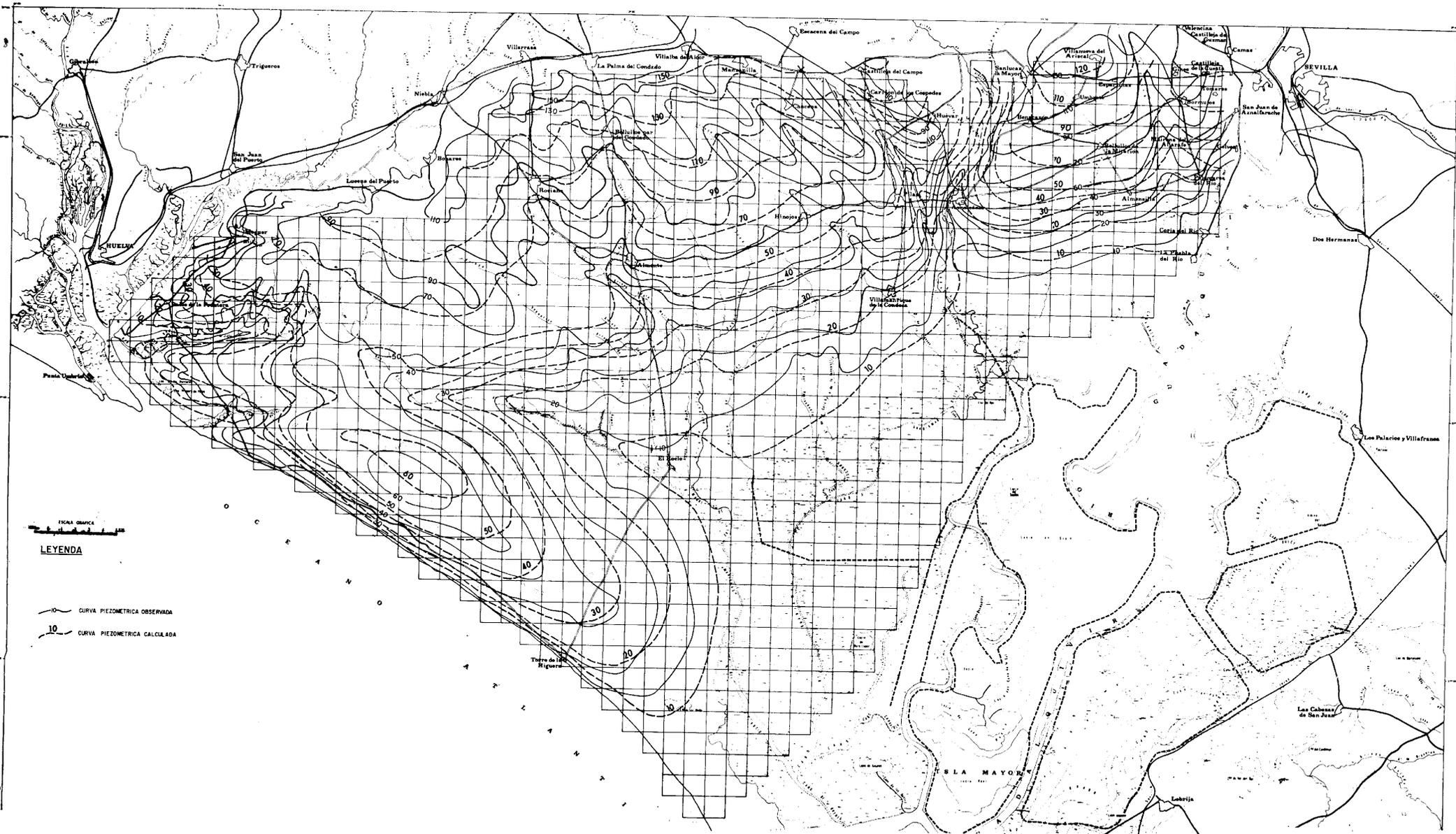


Figura 3

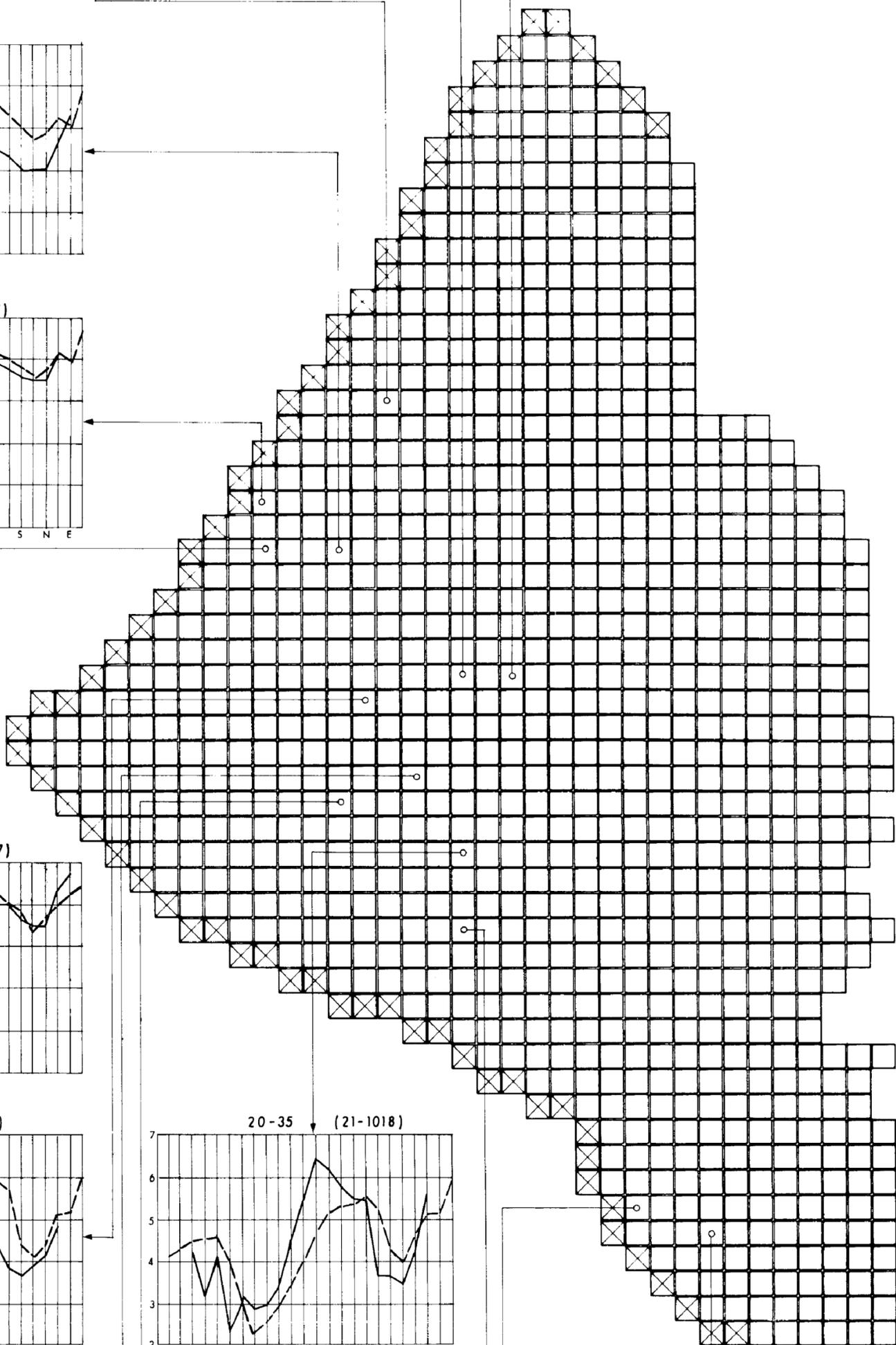
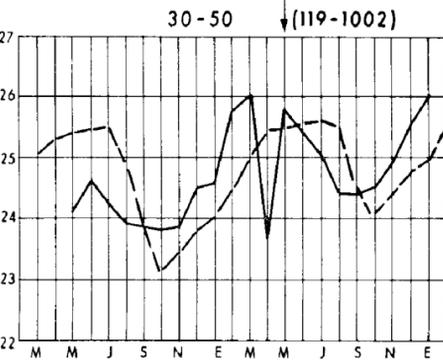
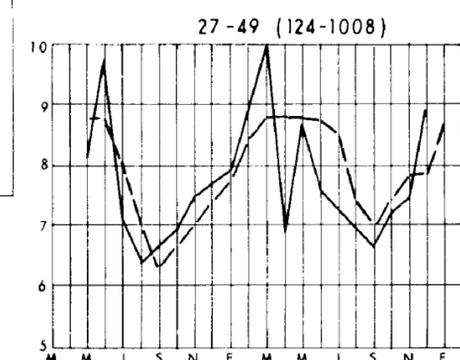
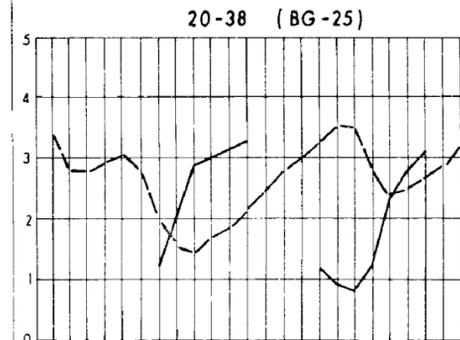
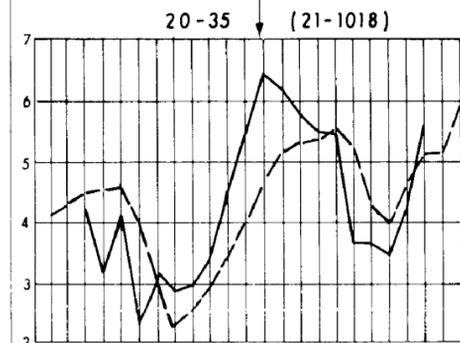
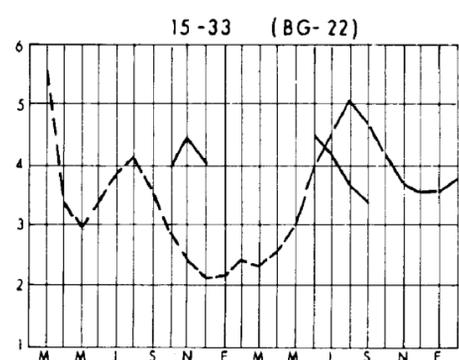
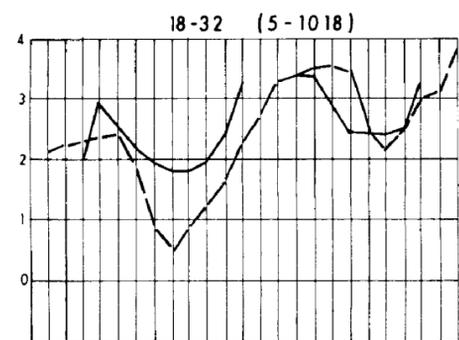
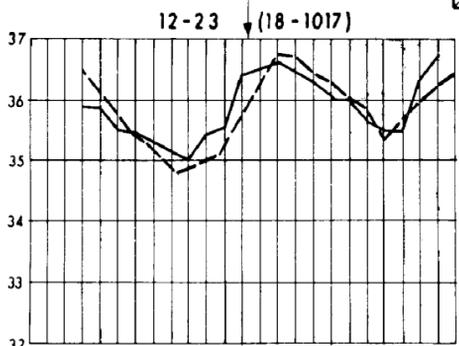
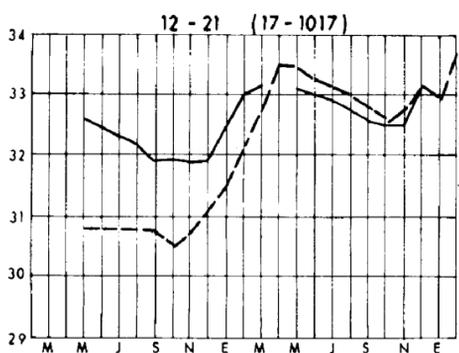
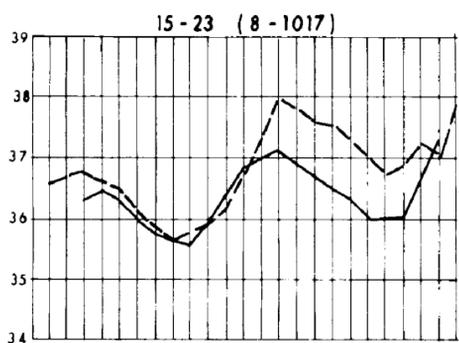
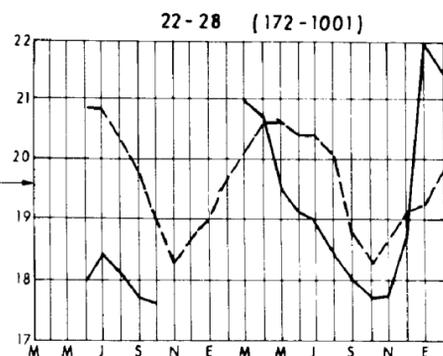
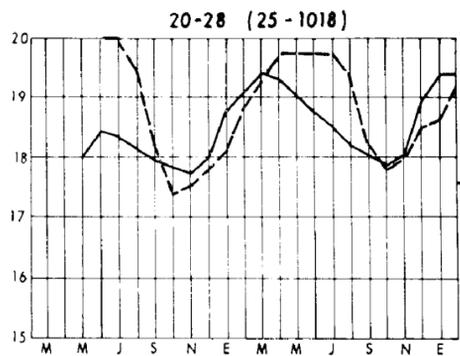
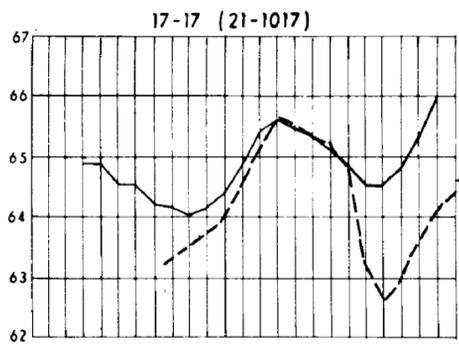


Figura 4

en transitorio corresponden a los que presentan series más completas; su situación se refleja en la figura 4, correspondiente a la tercera y última pasada de la identificación en transitorio.

La identificación obtenida, considerada como muy satisfactoria, arrojó los siguientes balances medios para los dos años considerados:

<i>Almonte-Sur y Marismas</i>		
	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	297	—
Alimentación por el límite S. E. ... ..	8	—
Alimentación a partir de Al- monte-Norte ... ..	22	—
Pérdidas por evapotranspira- ción a partir del acuífero...	—	154
Explotaciones ... ..	—	8
Drenaje por los arroyos ... ..	—	69
Salidas laterales por los lí- mites ... ..	—	44
Pérdidas por percolación ver- tical en Marismas ... ..	—	36
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>327</b>	<b>311</b>
<i>Almonte-Norte</i>		
Infiltración de lluvia ... ..	122	—
Drenaje a los arroyos ... ..	—	97
Salida por el límite con la zona Sur ... ..	—	22
Salidas laterales por los lími- tes ... ..	—	3
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>122</b>	<b>122</b>

Estos balances confirman lo que se indicó en el permanente. De una parte la cifra del caudal de paso del acuífero Norte al Sur no ha variado, de otra, y para años húmedos como los utilizados, no se produce variación en el agua almacenada en el acuífero Norte, lo que confirma el papel fundamental de los arroyos en el funcionamiento de esta zona, condicionando una piezometría prácticamente constante, y por tanto, un flujo de Norte a Sur paralelamente constante.

## EXPLOTACION DEL MODELO

Esta fase final de la realización del modelo de Almonte-Marismas, tiene por objeto contestar las dos últimas cuestiones planteadas en el punto correspondiente a los objetivos. Para ello se ha seguido un proceso por etapas para determinar en que forma se modifican los factores condicionantes del drenaje, y una vez conocidas estas modificaciones, simular el comportamiento del acuífero en base a condiciones bien determinadas.

Todas las fases de un modelo exigen la aceptación de hipótesis simplificadoras que permitan la identificación de fenómenos naturales y continuos por medio de otros teóricos y discretos; y esto es aún más cierto en la explotación de un modelo ya que es preciso prever la evolución futura de factores que difícilmente puede ser representados por leyes.

Las hipótesis simplificadoras utilizadas han sido:

— La lluvia para la explotación del modelo, se presupone igual a la correspondiente a la media de la serie histórica de cuarenta años, enero 1931 a diciembre 1970. La infiltración de la lluvia se ha calculado de acuerdo con los criterios apuntados anteriormente, en función de las medias mensuales de la precipitación. El cálculo de la infiltración como media de las infiltraciones de la lluvia mes a mes, arroja valores muy similares, tal como se comprobó.

— Las pérdidas por evapotranspiración a partir del acuífero, función de la evapotranspiración potencial, se han calculado considerando los valores medios de la temperatura para la serie de cuarenta años ya citada.

— De los 438 sondeos positivos realizados, se han considerado tan sólo 290, que corresponden a los sondeos de los que se conocían sus características en el momento de iniciar este trabajo (fig. 5), suponiendo que en ellos se realiza la explotación global de 145 Hm<sup>3</sup>/año (137 Hm<sup>3</sup>/año de bombeo neto). La concentración de los caudales de extracción constituye un factor de seguridad frente a la explotación real que se lleve a efecto en su día. Los caudales de extracción de los pozos se han calculado teniendo en cuenta las necesidades de agua en cada zona de acuerdo con lo indicado en el Anteproyecto de Transformación en Regadío de la Zona de Almonte-Marismas, sin sobrepasar en ningún caso los caudales máximos de explotación deducidos de los bombeos de ensayo.

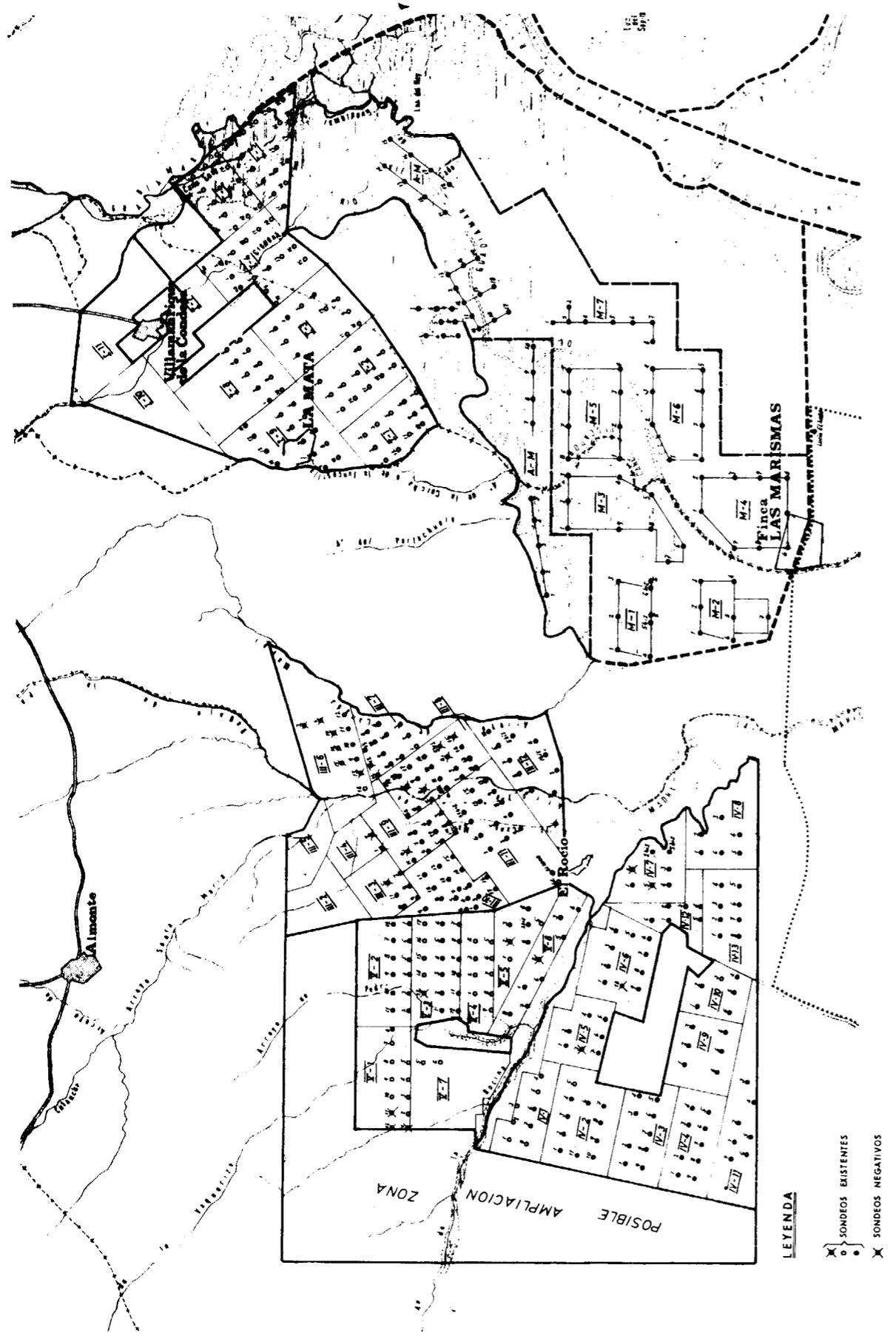


Figura 5

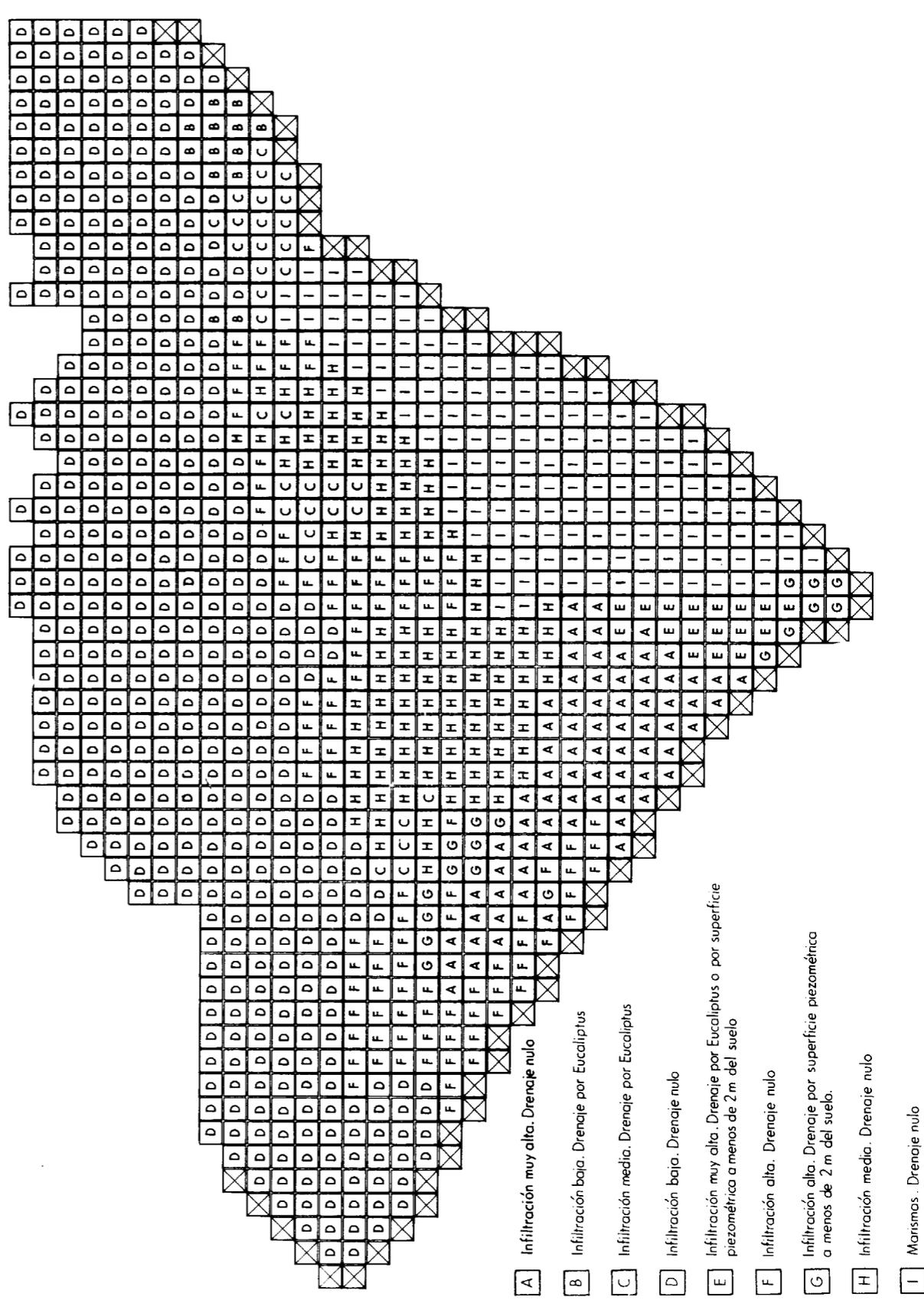


Figura 6

La simulación se realizó en tres etapas:

a) *Explotación a seis años utilizando la discretización espacial del acuífero ya usada en las fases anteriores.*

El objeto fundamental de esta fase fue definir las modificaciones generales medias de la piezometría en función del tiempo; ya que factores importantes del drenaje del sistema corresponden a fenómenos ligados a la profundidad de la superficie piezometría (drenajes por evapotranspiración a partir del acuífero), se pretende en esta fase determinar en que forma varía con el tiempo la influencia de estos factores.

Siendo que la distancia media entre sondeos es del orden de 500 m y la unidad del mallado es de 1,5 km, en cada malla se simula en general la explotación de varios sondeos, de forma que, independientemente del fin primordial de esta fase, no es posible deducir la altura piezométrica en el interior de los sondeos.

La figura 6 muestra la nueva distribución de zonas de alimentación y drenaje utilizada en la fase siguiente.

De especial significación resulta la eliminación de las pérdidas por percolación vertical en Marismas, ya que desde el primer año de la explotación, la superficie piezométrica en Marismas se sitúa por debajo del nivel del suelo.

b) *Explotación a seis años utilizando una nueva discretización espacial del acuífero,* que basándose en la anterior permite tener en cuenta mallas de 500 m de lado de forma que cada sondeo de explotación se encuentre en una malla, sin que coincidan dos o más en una misma malla. Para la simulación correspondiente se utilizó el sistema de programas VTD1 del BRGM que admite, amén de las posibilidades del TD1, la consideración de mallas de diferentes tamaños por subdivisión o por agrupamiento de otras.

Al encontrarse en cada malla en que existe explotación un solo sondeo, se pudieron restituir los valores correspondientes a las depresiones en los sondeos (suponiéndolos sin pérdidas de carga y totalmente penetrantes) a partir de las depresiones medias en las mallas.

Por comparación con el substrato, se han determinado los sondeos que podrían plantear problemas en la explotación, considerando como tales aquellos en que su altura mojada resulta igual o inferior al 20 por 100 de la altura mojada inicial. Con esta

hipótesis se llega a la conclusión de que existen tres sondeos (Sector V, subsector 2, números 7, 8 y 9), que, para agosto del 6.º año, pueden presentar problemas en la explotación. La razón se encuentra más en los pequeños espesores saturados de la zona (consecuencia de la elevación local del substrato) que en una excesiva bajada de niveles, de forma que una depresión general pequeña, ocasiona una gran disminución relativa de la transmisividad de estos sondeos. Paralelamente, el nivel en esos sondeos desciende para atender el caudal demandado, esto provoca nuevas disminuciones de la transmisividad de forma que depresiones y caudales se desequilibran hasta, finalmente, llevar el sondeo a una situación conflictiva.

En esta fase, las condiciones del balance cambian radicalmente en comparación con las anteriores. Los factores condicionantes del balance son:

1. Alimentación anual constante igual a 336 Hm<sup>3</sup>/año.

2. Pérdidas por drenaje vertical en Marismas nulas.

3. Pérdidas por evapotranspiración a partir del acuífero en la zona de explotación nulas, ya que la superficie piezométrica se encontrará por debajo de 2 m del suelo y los eucaliptus existentes serán sustituidos por otros cultivos.

4. Pérdidas por evaporación en el entorno de la zona de explotación decrecientes, consecuencia de la mayor distancia entre el suelo y la superficie piezométrica. Estas pérdidas por evaporación, disminuyen a medida que el área de captación de las explotaciones aumenta.

5. Pérdidas por drenaje a los arroyos decrecientes, debido a la bajada de los niveles piezométricos en las zonas drenadas por los arroyos.

La posibilidad de infiltración en los cursos bajos de los arroyos, de las aguas drenadas por éstos en las zonas altas del acuífero, se encuentra plenamente justificada por el descuelgue de los arroyos consecuencia de la explotación, a lo que se añade que la inmensa mayoría de los arroyos, en sus tramos bajos, atraviesa la zona de explotación donde el descuelgue es más acusado. El cálculo de los caudales reinfiltrados en base a los caudales drenados en las mismas áreas en el calaje en transitorio y la posición de los arroyos respecto a la superficie piezométrica, permite evaluar estos volúmenes reinfiltrados en 22 Hm<sup>3</sup>/año para el sexto año de la explotación. En consecuencia el drenaje neto de los arroyos para este año es de 107 Hm<sup>3</sup>/año.

Por tanto el balance medio del acuífero para el 6.º año resulta:

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	336	—
Alimentación y drenaje por los límites ... ..	15	50
Pérdidas por evapotranspiración ... ..	—	63
Pérdidas por drenaje a los arroyos ... ..	—	129
Reinfiltración de los arroyos.	22	—
Explotaciones netas ... ..	—	137
Variación de la reserva ... ..	7	—
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>380</b>	<b>380</b>

De la misma forma que para los calajes en permanente y en transitorio, se descompone el sistema en los dos acuíferos ya citados, resultando los balances siguientes:

*Acuífero Almonte-Sur y Marismas*

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	251	—
Alimentación y drenaje por los límites ... ..	15	48
Alimentación a partir de Almonte-Norte ... ..	13	—
Pérdidas por evapotranspiración a partir del acuífero...	—	63
Explotaciones netas ... ..	—	137
Pérdidas por drenaje de los arroyos ... ..	—	59
Reinfiltración en los arroyos.	22	—
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>301</b>	<b>307</b>

*Acuífero Almonte-Norte*

	ENTRADAS (Hm <sup>3</sup> /año)	SALIDAS (Hm <sup>3</sup> /año)
Infiltración de lluvia ... ..	85	—
Drenaje a los arroyos ... ..	—	70
Salidas por el límite con la zona sur ... ..	—	13
Salida por potenciales impuestos ... ..	—	2
<b>TOTALES ... ..</b>	<b>85</b>	<b>85</b>

c) *Explotación a veinte años de los resultados obtenidos en la explotación a seis años.*

Para esta extrapolación se seleccionaron 88 mallas de 0,5 km de lado (una por cada malla de 1,5 km en la zona de explotación), ajustando a los valores calculados de la depresión en esas mallas, una curva de orden 2, en función de ln (t). Esto es  $s=a(\ln t)^2+b(\ln t)+c$ .

Una vez obtenidos estos valores, representativos de los niveles medios de las mallas para t=20 años, se calculó la depresión en los sondeos. En las zonas en que pudiese existir problemas, utilizando el criterio ya definido, se realizó una nueva extrapolación sobre todas las mallas de 0,5 km, al objeto de fijar los límites de estas zonas con exactitud. La nueva extrapolación se realizó sobre un total de 143 sondeos. El resultado de ella se observa en la figura 7.

Los tres puntos que al cabo de seis años podrían presentar problemas, pasan a ser 21 al cabo de 20 años. Sin embargo, el razonamiento aplicado para aquellos tres sondeos, continua siendo válido para estos 21 pertenecientes a los subsectores III,9, III-10, V-1, V-2 y V-3. Para depresiones que, en general, no superan los 30 m, y en régimen prácticamente estabilizado, pueden presentar problemas sólo aquellos sondeos que, desde un principio, tienen un espesor saturado pequeño y el substrato muy por encima del nivel medio.

Parece pues lógico usar estos 21 sondeos, que podrían presentar problemas, conjuntamente con otros ya construidos durante los meses de máximo consumo (julio y agosto, 851 y 927 l/seg respectivamente), utilizándolos, sin otros aportes, para obtener los caudales correspondientes a los meses en que el consumo es inferior (171, 440, 332 y 86 l/seg), ya que, para esta explotación sensiblemente menor, no deben presentar problemas. La existencia de estos 21 sondeos que, con las hipótesis de explotación adoptadas, pueden presentar problemas, no afecta en absoluto la viabilidad de la explotación. De una parte, el caudal supuesto en estos sondeos es muy superior al real (consecuencia de considerar sólo 290 sondeos de los 438 positivos realizados), de otra, la obtención en las zonas donde se encuentran estos sondeos de los caudales necesarios para el riego, exigiría, tan sólo, un planteamiento adecuado de los dispositivos de distribución.

ESTUDIO DEL AVANCE DEL FRENTE SOLOBRE EN EL LIMITE NOROESTE

Para este estudio se ha empleado un nuevo modelo de contaminación, puesto a punto por T. Prickett. En base a la piezometría, permeabilidad y porosidad, se calcula el avance del frente salino a partir de una situación inicial dada, que en este caso, corresponde a la curva de 1 g/l de sal.

Las conclusiones de este modelo ponen de manifiesto que el avance total al cabo de seis años no supera en ningún caso 200 m lo que arroja una media por año de 33 m.

Por tanto si suponemos un avance lineal, ya que según el modelo, esta zona del sistema está prácticamente estabilizada en el 6.º año de explotación, podemos concluir que al cabo de 20 años el avance del frente salobre será  $33 \times 20 \approx 700$  m y por tanto no debe causar problemas en la explotación.

CONCLUSIONES

Al analizar los resultados del modelo matemático de Almonte-Marismas, se subraya el factor de seguridad que ha supuesto la consideración, para la explotación proyectada de 145 Hm<sup>3</sup>/año, de tan sólo 290 sondeos entre los 438 positivos realizados. En consecuencia, los resultados son claramente con-

servadores, no tanto en las depresiones generales observadas (producto de la explotación global) como en las depresiones en los propios sondeos. Al explotarse en la práctica un número mayor de éstos, los caudales unitarios serán paralelamente menores, con lo que las depresiones de los sondeos que pudiesen crear problemas serían proporcionalmente menores.

Cabe pues concluir:

— Los recursos propios del sistema son suficientes para hacer frente a la explotación proyectada de 145 Hm<sup>3</sup>/año.

— La estabilización debe alcanzarse en la práctica poco después del 6.º año de explotación, ya que en éste el desequilibrio es de sólo 7 Hm<sup>3</sup>/año.

— Como las pérdidas por evapotranspiración disminuyen a medida que la explotación avanza en el tiempo, cabe pensar que el déficit de 7 Hm<sup>3</sup> en el balance del 6.º año de explotación, debe ser absorbido directamente por la disminución de las pérdidas por evapotranspiración que en el sexto año de explotación son todavía importantes (63 Hm<sup>3</sup>/año).

— Los caudales reinfiltrados a partir de los arroyos han sido calculados conservadoramente. Teniendo en cuenta que todos los arroyos atraviesan la zona de explotación, donde sus lechos se encuentran descolgados respecto a la superficie piezométrica, cabe pensar que la reinfiltración sea sensiblemente mayor.

Recibido: Noviembre 1977.

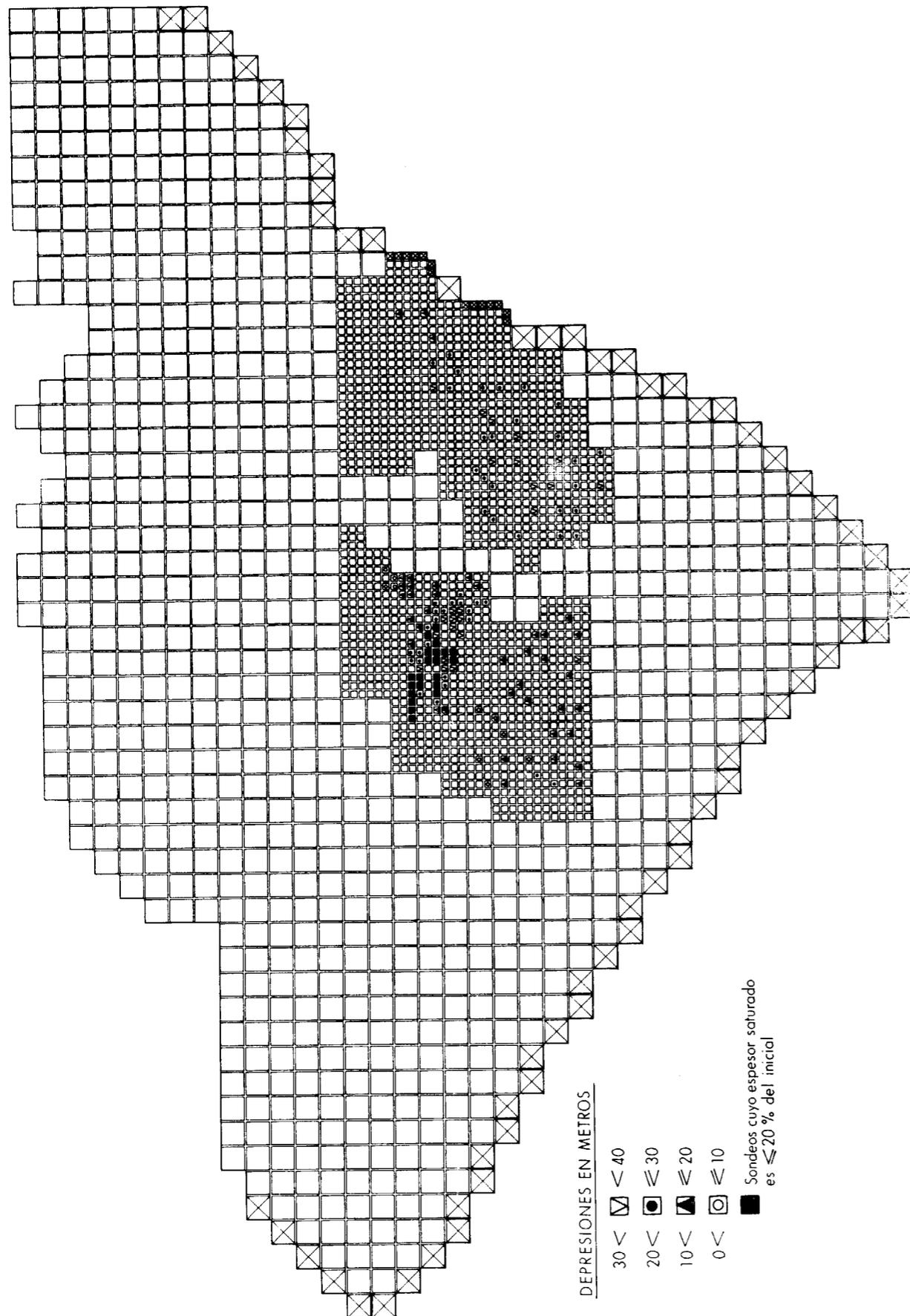


Figura 7

## Estudio cristalquímico de los carbonatos del yacimiento de Eugui

Por J. M. GONZALEZ LOPEZ (\*), C. FERNANDEZ-NIETO (\*), F. ARRESE SERRANO (\*) y J. A. MEDINA (\*\*).

### RESUMEN

Se han investigado diversos tipos de carbonatos de calcio y magnesio, dolomitas y magnesitas, presentes en muestras del yacimiento de magnesitas de Asturreta (Navarra). El estudio se ha centrado en los cristales de carbonato y en las formas irregulares, también de carbonato, que presentaban los cristales en su interior al examinarlos con el microscopio petrográfico. Se han estudiado secciones pulidas de las muestras con el microscopio electrónico de barrido y efectuado análisis químicos puntuales o zonales con un analizador EDAX (Energy Dispersive Analysis of X-Rays), para determinar la composición elemental de un punto o una zona determinada. Se ha comprobado la presencia de restos irregulares de dolomita, con una gradación en cuanto al contenido en magnesio, en el interior y bordes de los cristales de magnesita, lo que se ha interpretado como criterio de que han existido procesos de reemplazamiento hidrotermal.

### ABSTRACT

Different types of dolomites and magnesites samples from the magnesite deposit of Asturreta (Navarra) have been investigated. The study was emphasized about the carbonate crystals and some irregular forms which are within the magnesite crystals.

The samples have been studied with the aid of the scanning electron microscope (SEM) and the energy dispersive analysis of X-Rays (EDAX) analyser.

It has been proved the presence of irregular rests of dolomite crystals at the boundary and within the magnesite crystals. This fact has been interpreted as a criterion of hydrothermal replacement.

### INTRODUCCION

Al efectuar el estudio óptico de los carbonatos de la serie paleozoica de Eugui (Navarra), GONZÁLEZ, y ARRESE (1977), surgieron una serie de problemas derivados de la dificultad de distinguir con dicha técnica los diferentes tipos de carbonatos de calcio y magnesio.

En dicha serie predominan dolomita y magnesita en diversas proporciones según los niveles que se consideren. Los cristales de dolomita presentan gran variedad en cuanto a su tamaño, pudiendo oscilar

éste entre 30  $\mu$  cuando constituyen esparitas de grano fino hasta grandes cristales que, a veces, forman geodas, de forma generalmente romboédrica y que en ocasiones alcanzan los 4 cm de diámetro. Los cristales de magnesita, a menudo incoloros, presentan generalmente forma lenticular; su longitud oscila entre algunos mm y 5 cm, pudiendo llegar, en ocasiones, a 1 dm; su espesor varía entre menos de 1 mm y 3 mm. Estos cristales se disponen generalmente adosados unos a otros formando empalizadas y, a veces, también rosetas, con material arcilloso-carbonoso, que configura suturas estilolíticas, separando dichas empalizadas.

Los problemas a que nos referimos al principio se concretaban en las muestras en las que se encontraban presentes los dos tipos de carbonato. Estas

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

(\*\*) Departamento de Geología. Universidad Autónoma de Madrid.

muestras se habían estudiado anteriormente con la ayuda de análisis químicos y análisis por difracción de rayos X, técnicas que nos proporcionaron datos referentes al porcentaje relativo de los citados minerales.

En el estudio óptico de las láminas delgadas de las muestras de la serie carbonatada, vimos que los cristales lenticulares presentaban una serie de peculiaridades tales como la existencia en su interior de formas irregulares, imposibles de identificar específicamente, aunque nos constaba que se trataba de algún tipo de carbonato. Estas formas irregulares se presentaban en unas ocasiones diseminadas por todo el cristal lenticular, mientras en otras se hacían más patentes en los bordes del mismo. A veces, en determinados niveles de la serie, los cristales grandes lenticulares tenían un borde a manera de festón mucho más limpio que su parte central, que aparecía con bastantes impurezas.

En otras láminas lo que aparecía dentro de los cristales lenticulares eran cristalitas subhedrales y euhedrales con formas romboédricas. También existían láminas en las que no aparecían cristales lenticulares, sino que los cristales, aunque grandes, eran subhedrales y se observaban en su interior pequeñas formas alineadas de modo que parecían seguir direcciones determinadas.

La necesidad de establecer una correlación entre los diferentes tipos de carbonatos, para estudiar la evolución de los mismos, fue abordada eligiendo una serie de prototipos característicos donde aparecen muy marcados los problemas antes descritos que se resumen en los siguientes:

1. Restos irregulares en cristales lenticulares.
2. Fenómenos de borde.
3. Inclusiones euhedrales en cristales lenticulares.

La complejidad de estos problemas debía abordarse simultáneamente conociendo por un lado la morfología y desarrollo de los cristales y por otro su composición química, para establecer las posibles relaciones entre los mismos.

Este estudio solamente se pudo abordar con un equipo de alta resolución con sistema analítico incorporado que permite obtener datos cualitativos y cuantitativos para discriminar diferentes etapas evolutivas en carbonatos.

Los prototipos elegidos en forma de secciones pulidas se examinaron en un microscopio electrónico de barrido Philips, modelo PSEM 500. Con un volta-

je de aceleración de haz de 12 Kv, habiéndolas recubierto previamente de una película de oro de 400 Å de espesor.

Debido a que la imagen en la pantalla se obtiene por medio de los electrones secundarios arrancados de la muestra por el impacto del haz electrónico y a que esta emisión es tanto mayor cuanto más elevado es el número atómico de los elementos en el punto del impacto, se aprecian en la imagen diferentes tonalidades en la gama de los grises, correspondiendo los tonos más claros a las zonas con elementos de mayor número atómico y los más oscuros a las de número atómico más bajo.

Por otro lado teniendo en cuenta que las distintas intensidades de emisión de electrones secundarios es función del número atómico promedio se pueden discriminar una serie de tonos grises correspondientes a composiciones variables en el contenido en calcio y magnesio de difícil resolución en el microscopio óptico.

El análisis químico puntual o zonal, se llevó a cabo mediante un analizador EDAX (Energy Dispersive Analysis of X-Rays) modelo 711.

Este sistema de análisis permite determinar la composición elemental de un punto o una zona determinada.

Con el procesamiento de los espectros obtenidos en el analizador, por medio de una computadora NOVA, con los programas EM y EP desarrollados por EDAX, se puede obtener una información cuantitativa y semicuantitativa sobre los elementos presentes.

### RESULTADOS

1. Restos irregulares en cristales lenticulares.

En este apartado se pueden distinguir dos tipos de fenómenos.

a) Formas irregulares diseminadas en el interior de cristales lenticulares.

b) Formas irregulares alineadas siguiendo las exfoliaciones romboédricas de los cristales que las contienen.

a) Los cristales lenticulares muestran con gran frecuencia una serie de formas irregulares esparcidas en su interior y que son perfectamente reconocibles cuando se cruzan nícoles, figura 1.

La morfología de estos cristales indica claramente que se trata de un fenómeno residual ya que presentan los bordes dentados producidos en una fase de redisolución.

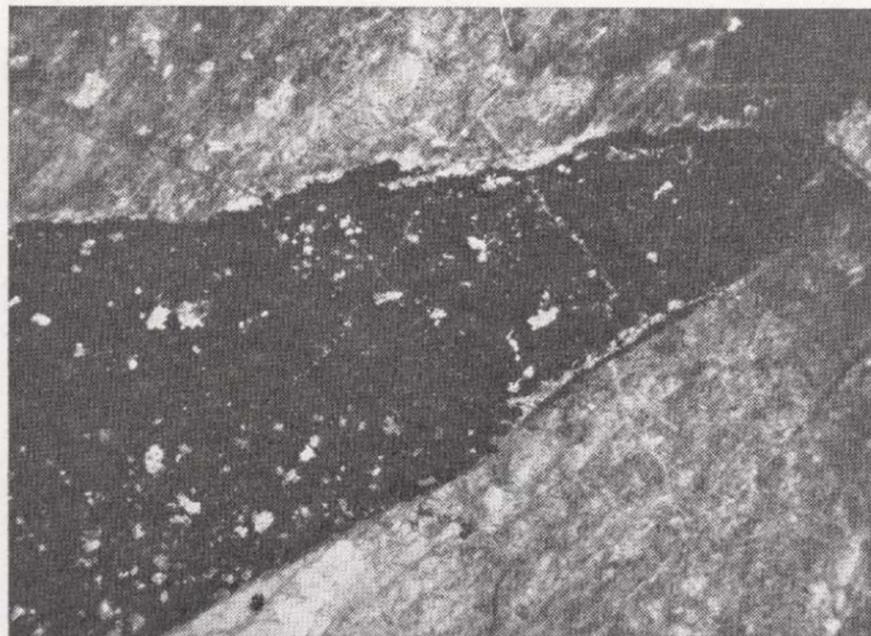


Figura 1

Cristal lenticular de Magnesita que incluye restos irregulares de Dolomita. Nícoles cruzados.  $\times 20$ .

El análisis puntual de estas formas irregulares esparcidas revela que se trata de dolomita, mientras que el resto del cristal lenticular, analizado

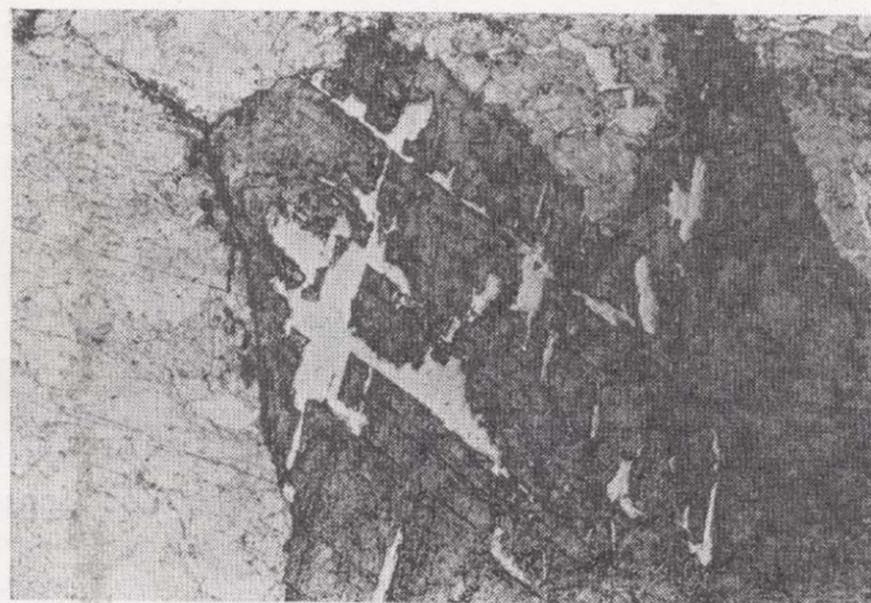


Figura 2

Restos de Dolomita siguiendo las líneas de exfoliación de un cristal de Magnesita.  $\times 25$ .

en diversos puntos, tiene la composición de una magnesita.

La relación entre estos dos tipos de cristales pone de manifiesto por un lado la redisolución de

cristales de dolomita, y la formación a partir de los mismos de magnesita, lo cual indicaría una pérdida de calcio.

b) Otro fenómeno observado en el interior de los cristales lenticulares es la presencia de formas irregulares alineadas siguiendo las exfoliaciones romboédricas de aquellos, figura 2.

Los análisis efectuados en las formas irregulares revelan que la composición de las mismas eran la de dolomita, mientras que los análisis del cristal en que se encuentran situados mostraba la composición de magnesita.

## 2. Fenómenos de borde.

Cuando se estudia detenidamente el borde de los cristales se observan diversos aspectos peculiares de los mismos. Frecuentemente el contacto entre cristales se realiza por medio de una fina película de materia orgánica, con lo cual la delimitación es muy neta.

En otros casos es posible reconocer una aureola de crecimiento que encierra en su interior agregados microcristalinos de forma lenticular, de una generación anterior, figura 3.

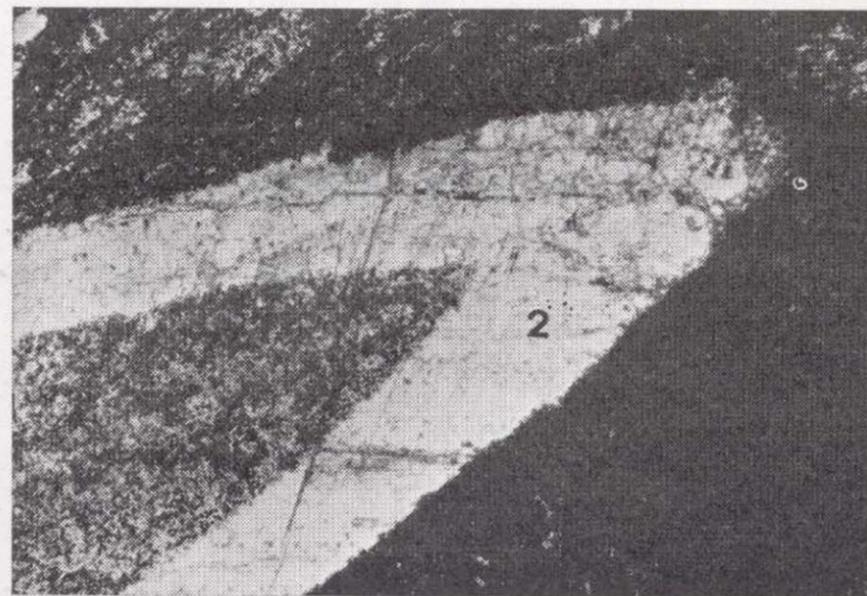


Figura 3

Cristal acicular de Magnesita, que presenta un borde mucho más limpio que la zona central.  $\times 20$ .

La composición química de las zonas 1 y 2 es semejante correspondiendo a una magnesita aunque son manifiestas las diferencias cristalográficas, ya que la banda más externa, zona 2, está formada por un monocristal, mientras que en la parte interior, zona 1, la recrystalización es mucho más imperfecta, con numerosos huecos donde se aloja

materia orgánica. El contacto entre ambas zonas es irregular. En el contacto entre cristales zonados de esta clase se pueden reconocer aisladamente algunos cristales de dolomita.

En algunos casos se ve otro tipo de contacto entre cristales, bien delimitado por una línea de



Figura 4

Zona de contacto entre dos cristales lenticulares de magnesita. En la zona límite entre ambos existen manchas más claras de composición dolomítica, cuyo contenido en calcio disminuye hacia la zona más oscura (Magnesita).  $\times 80$ .

separación a cuyos lados se sitúa una franja irregular de material más claro, figura 4.

En la foto se observan claramente tres zonas: una oscura (1) cuyo análisis corresponde a una magnesita, otra intermedia (2), a lo largo del contacto, de composición dolomítica, y unos pequeños restos redondeados (3) que aparecen dispersos dentro de la zona oscura de magnesita, cuyo análisis corresponde a dolomita.

El análisis elemental efectuado en diversos puntos de la zona intermedia (2), situada en el borde del cristal de magnesita, puso de manifiesto la existencia de una gradación en cuanto al contenido en magnesio de la dolomita.

Los análisis elementales comparativos correspondientes a las zonas descritas, se muestran en las figuras 5 a y 5 b.

La gráfica de puntos de la figura 5 a corresponde al análisis efectuado en el área 2, dolomita, y muestra proporciones semejantes de calcio y magnesio, mientras que el espectro rayado de dicha figura corresponde al análisis de la zona 1, más oscura, con composición de magnesita y por tanto con ausencia total de calcio.

La figura 5 b nos muestra los análisis efectuados en distintos puntos del área 2, dolomita, en el borde del cristal de magnesita. El gráfico punteado in-

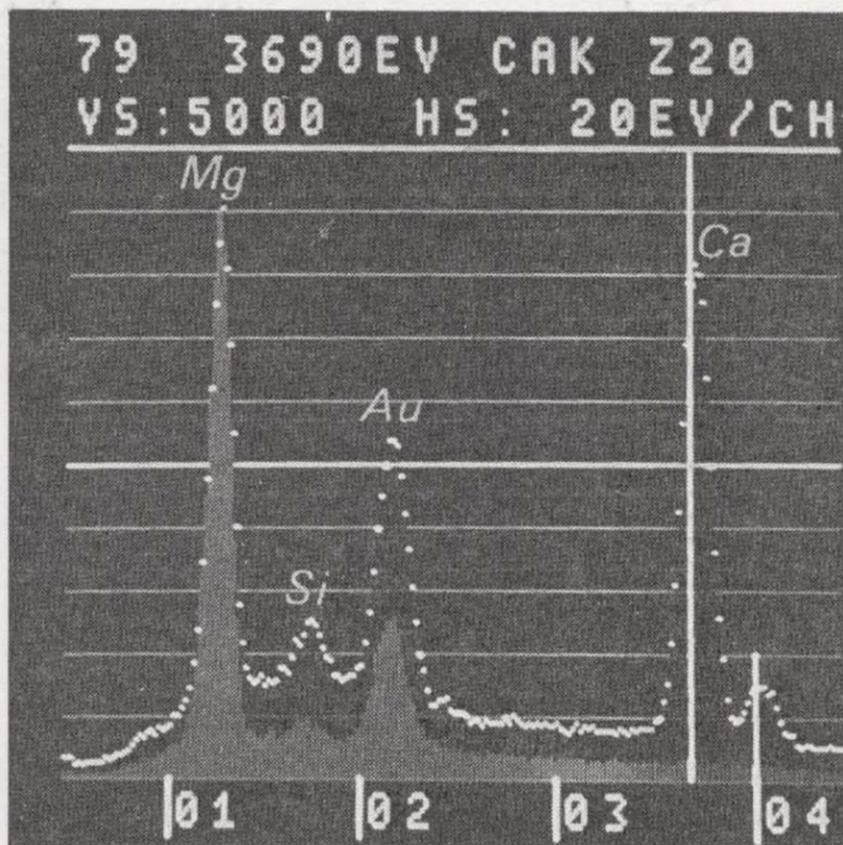


Figura 5 a

Representación de los análisis elementales correspondientes a la Magnesita y a la Dolomita de la figura 4.

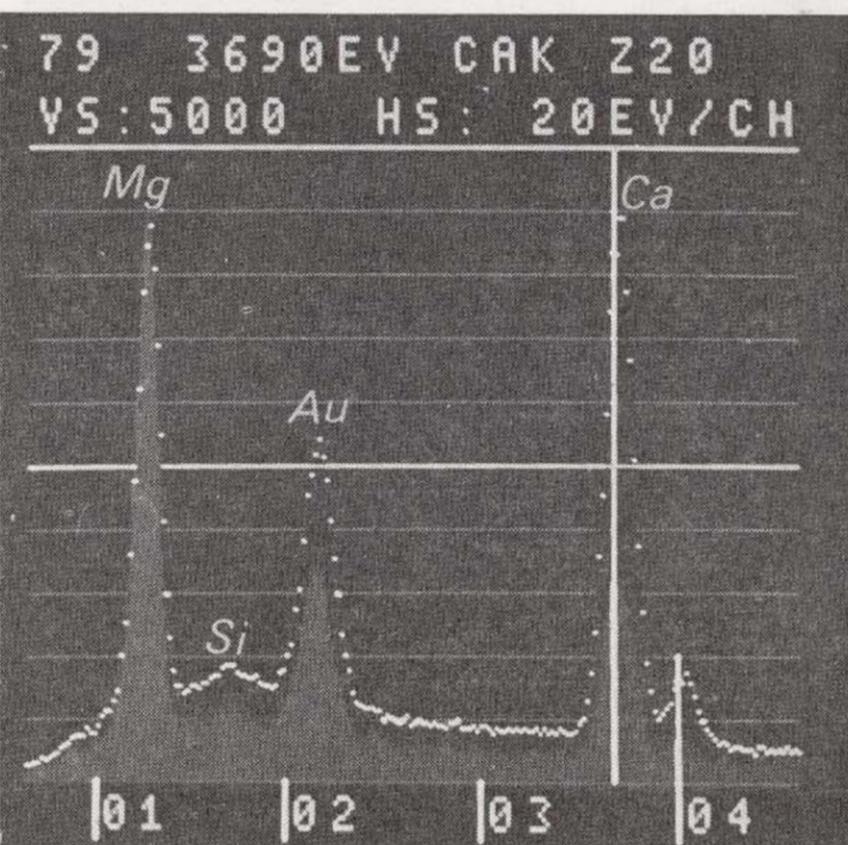


Figura 5 b

Representación de los análisis elementales correspondientes a dos tipos de Dolomita (con distinto contenido en calcio) de la figura 4.

dica el análisis de puntos próximos al contacto entre cristales lenticulares y revela que su composición es la de una dolomita con un porcentaje algo superior de calcio que de magnesio, mientras que el gráfico rayado corresponde a puntos próximos al área oscura 1, de magnesita, cuya composición es la de un carbonato de calcio y magnesio con mayor proporción relativa de este último elemento. Estos datos nos permiten deducir la existencia del citado gradiente de magnesio en la zona intermedia más clara (2) de dolomita.

Es posible que el contenido en calcio disminuya en el conjunto de los nuevos carbonatos dada la tendencia de aquel a moverse hacia los bordes de los cristales, lo que facilitaría la lixiviación a través de los huecos intergranulares.

La presencia de restos de dolomita dentro de la magnesita (zona 3) indica la existencia de un fenómeno similar al estudiado en el apartado anterior.



Figura 6

Cristales de Magnesita (oscuros); Dolomita (gris claro) y material detrítico (blancos) formado por Cuarzo, Mica potásica y materia orgánica. En la Magnesita se observan restos más claros de composición dolomítica.  $\times 40$ .

Por otra parte es clara la diferencia de texturas y tonalidades entre dolomita y magnesita en las muestras estudiadas. La magnesita suele contener restos de dolomita, ya sea dispersos o bien en los bordes de sus cristales, dando siempre tonos oscuros, mientras que la dolomita aparece con tonos más claros y sus cristales suelen ser limpios y no presentan restos irregulares de magnesita en su interior. Además en los intersticios de cristales de un tipo u otro de carbonato se suele concentrar mate-

rial detrítico y orgánico probablemente como resultado de la expulsión de impurezas durante el crecimiento de los cristales de carbonato.

Estas diferencias a que hemos aludido se pueden observar en algunas de las muestras estudiadas, figura 6.

En esta figura se pueden observar una serie de cristales representados por zonas de tonalidades diferentes. El estudio analítico de dichas áreas es el siguiente:

La zona 1, de tono más claro, está constituida fundamentalmente por granos de cuarzo de tamaño comprendido entre 25  $\mu$  y 5  $\mu$ , alguna mica potásica, tipo illita, y materia orgánica, todo ello cementado por carbonato magnésico.

La composición media de esta zona es la siguiente:

Si ... ..	65,02
Al ... ..	22,11
Mg ... ..	5,38
Ca ... ..	0,73
K ... ..	5,27
Ti ... ..	0,48
Fe ... ..	0,99

La zona de tonalidad gris claro (3) presenta mayor homogeneidad, aunque en ella se observan alineaciones de glóbulos pequeños, redondeados, de 0,2-0,3  $\mu$ , que se concentran a veces en las diaclasas. En conjunto, esta zona presenta la composición de una dolomita, tal como indica el análisis promedio efectuado en ella cuyo resultado es el siguiente:

Mg ... ..	47,46
Al ... ..	2,77
Si ... ..	1,48
K ... ..	0,08
Ca ... ..	47,29
Ti ... ..	0,02
Fe ... ..	0,94

La zona de tonalidad gris oscura (2) está constituida fundamentalmente por magnesita, dentro de la cual se observan manchitas de tonos más claros cuya composición es la de dolomita, que se distribuyen de un modo irregular dentro del cristal de magnesita.

El análisis global medio de un cristal de magnesita en cuyo interior se observan manchas más claras de dolomita es:

Mg	89,75
Al	4,63
Si	0,45
K	0,05
Ca	2,16
Ti	0,07
Fe	2,89

El análisis efectuado a una zona de  $32 \mu^2$  de un cristal de magnesita sin manchas más claras de dolomita nos dio como resultado los siguientes porcentajes:

Mg	93,36
Al	3,92
Si	0,5
K	0,05
Ca	0,6
Ti	0,07
Fe	1,47

En cambio, un análisis similar, efectuado en un área de  $32 \mu^2$  ocupada por una mancha gris más clara, nos dio los siguientes porcentajes:

Mg	48,84
Al	0,60
Si	0,54
K	0,09
Ca	48,78
Ti	0,12
Fe	1,01

Es posible que el porcentaje relativamente alto de Al que se aprecia en algunos análisis sea debido a la contaminación, ya que las muestras fueron pulidas con alúmina.

3. Inclusiones euédrales en cristales lenticulares.

Con cierta frecuencia se pueden reconocer otra serie de fenómenos donde aparecen numerosos cristales euédrales y subédrales, muchos de ellos en forma perfectamente romboédrica, cuyo origen es diferente a los anteriormente descritos.

Una muestra representativa de estos tipos se puede observar en la figura 7, en la que aparecen cristales de dolomita con hábito casi perfecto reemplazando a los anteriormente formados de magnesita.

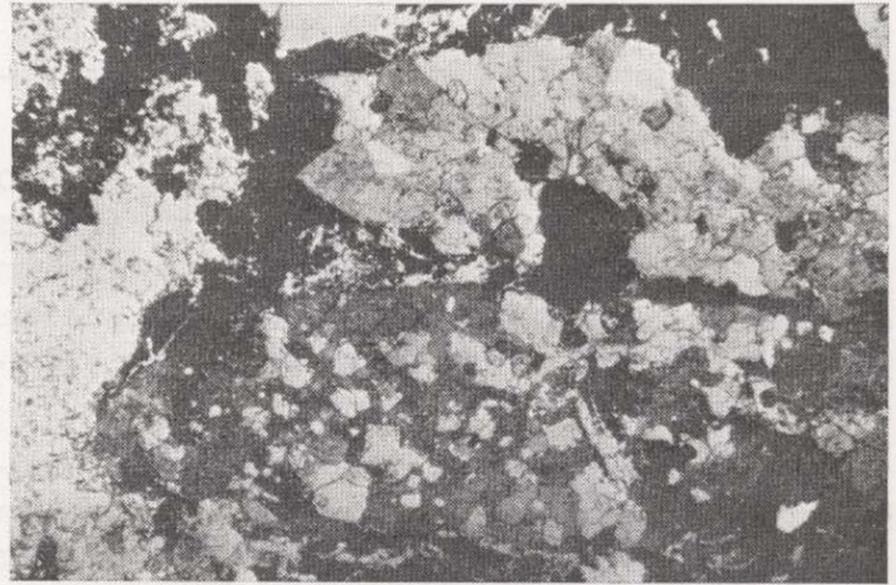


Figura 7

Restos de cristales alargados de Magnesita que contienen abundantes cristallitos subédrales y euédrales de Dolomita. Nícoles cruzados.  $\times 45$ .

Es evidente que este nuevo proceso de formación de dolomita tardía está relacionado con los fenómenos tectónicos y principalmente con diaclasas de distensión que permitieron la circulación de fluidos, los cuales modificaron en parte los cristales preexistentes.

## CONCLUSIONES

Con toda esta serie de datos como base, creemos que en la serie estudiada se han producido una serie de sustituciones que pasamos a citar.

La presencia de restos irregulares de dolomita diseminados en el interior de cristales lenticulares de magnesita, y en los bordes de éstos, presentando un gradiente en cuanto a contenido en magnesio, nos indica que se produjo un proceso de reemplazamiento mediante el cual la magnesita sustituyó a la dolomita preexistente. Esto está de acuerdo con las ideas de REDLICH (1914), que piensa que la presencia de tales restos irregulares en el interior de los cristales constituye una señal clara de que ha existido dicha sustitución.

Por otra parte, la disposición de los restos de dolomita, observada en algunas muestras, siguiendo las líneas de exfoliación romboédricas de los cristales

les grandes de magnesita, fue observada por FONTEILLES y col. (1973) al estudiar dolomitas del Pirineo Oriental, que la interpretan como un criterio de reemplazamiento hidrotermal.

Existen niveles en los que el reemplazamiento ha sido total y sólo quedan restos pequeños de dolomita en los intersticios entre los cristales lenticulares de magnesita.

Posteriormente y en algunos niveles, se produjo un proceso inverso, deducido de la presencia de cristales bien formados de dolomita, sobre restos de cristales lenticulares de magnesita, es decir, se ha producido una redolomitización en dichos niveles.

Como mecanismo para el reemplazamiento de dolomita por magnesita, aceptaremos el propuesto por ROSENBERG y MILLS (1966) basado en el ataque por soluciones ricas en  $\text{CO}_2$  sobre dolomita preexistente, en principio a temperatura inferior a  $200^\circ\text{C}$ , y con posterior calentamiento aunque sin llegar a

sobrepasar los  $350^\circ\text{C}$ . En dicho mecanismo se contempla también la posibilidad de una posterior redolomitización.

#### BIBLIOGRAFIA

FONTEILLES, M.; GUITARD, G., HALFON, J.: *Les dolomites, pseudo-maclées, un critère de remplacement de la calcite par la dolomite (cas de dolomites hydrothermales de Paléozoïque des Pyrénées orientales)*. "Bull. Soc. fr. Min. Crist." 96, pág. 123-130 (1973).

GONZÁLEZ, J. M., ARRESE, F.: *Mineralogía y mineralogénesis del yacimiento de magnesitas de Asturreta (Navarra)*. "Es. Geol." vol. 33, núm. 2 (1977).

REDLICH, K. A.: *Die bildung des Magnesits und sein natürliches Volkomen*. "Forts. Min. Bd., 4, p. 9-42 (1914).

ROSENBERG, P. E., MILLS, J. W.: *A mechanism for the emplacement of Magnesite in Dolomite*. "Econ. Geol.", vol. 61, p. 582-586. (1966).

Recibido: Noviembre 1977.

## INFORMACION

### Don Adriano García-Loygorri nuevo Director del Instituto Geológico y Minero de España

En el Consejo de Ministros del pasado día 14 de abril, ha sido nombrado Director del Instituto Geológico y Minero de España don Adriano García-Loygorri Ruiz.

El señor García-Loygorri es Dr. Ingeniero de Minas y sustituye en la Dirección del Instituto a don Pedro Fontanilla, que ha sido designado para desempeñar la Subdirección General de Investigación y Explotaciones Mineras, de la Dirección General de Minas.

El nuevo Director General del Instituto Geológico y Minero de España inició su actividad profesional en la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Sociedad Anónima, participando en diversos trabajos siempre relacionados con la Geología e Investigación Minera en general y con los yacimientos de carbón en particular.

Organizó el Servicio de Geología Hullera de ENA-

DIMS. Fue Director adjunto de Investigaciones, Jefe de la División de Geología, Delegado Regional en el Noroeste, Subdirector para recursos generales energéticos y, finalmente, Director adjunto a la División e Investigación de Recursos.

Ha participado en numerosos Congresos, Conferencias y Cursos sobre temas geológicos e investigaciones hulleras. Representante del INI en la Comisión Nacional de Geología. Como especialista en Carbonífero ha sido miembro de diversos Grupos Internacionales de Trabajo así como Presidente del Comité Organizador del X Congreso de Estratigrafía y Geología del Carbonífero.

Durante ocho años ha sido profesor adjunto para Prácticas y Campamentos de Geología en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

# La enseñanza de la minería en el Mundo Hispánico

## (Noticias históricas)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA (\*)

### I. INTRODUCCION

En las reuniones sucesivas de la "Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas" (INHIGEO), de la que formamos parte de su consejo rector, como vocal representante de los países de habla latina, desde su organización en Yerevan, Armenia (1967 junio), se reiteró el acuerdo de fomentar la enseñanza de la historia y la publicación de trabajos históricos relacionados con la geología y sus actividades afines.

La historia de las ciencias y la técnica se cultiva desde hace muchos años en los centros oficiales de España. Entidad tan importante como el Instituto de España, considerado como el "Senado de la Cultura española" por su Decreto de creación (1938-enero-1) publicó varias aportaciones sobre estos temas, como nuestra disertación en la Fiesta del Libro (1966-abril-23) titulada "Las aguas mine-romedicinales en el libro del siglo XVIII", y con carácter mucho más amplio, la obra de Juan Vernet y Ginés "Historia de la Ciencia Española" (1975). La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, publicó recientemente (1976) las conferencias pronunciadas en el coloquio sobre "Historia de la Ciencia Hispano-Americana". Diversas son las aportaciones sobre historia de la ciencia publicada en los Anales de la Real Academia de Medicina y en los de la Real Academia de Farmacia, en estos últimos varias de las aportaciones son nuestras. El Instituto Geológico y Minero de España en diversas ocasiones editó trabajos relacionados con la historia de la geología y de la minería, por ello hemos aportado a su Boletín esta historia de la enseñanza en el Mundo Hispánico, comprensiva de todos los territorios que tuvo incorporados España, donde implantó su cultura, por ser inseparables sus historias.

Dos bicentenarios destacados coinciden con la preparación de este trabajo; el de la creación de la Escuela

(\*) Ingeniero Decano del Cuerpo de Ingenieros de Minas.

Esta obra se finalizó el 15 de enero de 1977. Sus capítulos se irán publicando durante el presente año (1978) en números sucesivos de este Boletín. El capítulo último lo publicó la "Comisión del bicentenario de la fundación de la Escuela de Minas" con el título "Los uniformes de la minería (1777-1797)".

de Geometría subterránea en Almadén (1777) y el de la inauguración de la Escuela teórico práctica de Metalurgia en Potosí de Bolivia (1779).

Nuestra primera intención limitaba su amplitud a la enseñanza de la Mineralogía y de la Geometría Subterránea, pero dada la importancia de los estudios de "redmetálica" en hispanoamérica y en Almadén, lo ampliamos a la minería en general.

Información sobre América la encontramos muy completa e interesante en el Archivo General de Indias, pero la de la metrópoli, esperábamos fuera tarea fácil, por disponer del libro de Eugenio Maffei "Centenario de la Escuela de Minas de España 1777-1877", y de la referencia de una amplia información histórica relacionada con el tema en el "Archivo general central de Alcalá" Minas, legajo 200. Decepcionante fue la visita al Archivo General de la Administración, al tener el sentimiento de la desaparición de todos los legajos de minas en el incendio sufrido en el verano de 1939.

Estas circunstancias nos obligaron a cambiar el programa de actuación en cuanto se refiere a la metrópoli y efectuar una activa investigación en archivos y hemerotecas. Comenzamos con la Gaceta.

Corre el reinado de Felipe IV; en las capitales de las principales naciones se publica, desde su iniciación en Italia (1621) la Gaceta —tal ocurre en Francia y Holanda—, nombre derivado de "gaza" o urraca, con noticias aportadas por sus redactores, de cuanto ocurría o se comentaba, origen de la fama de la "verbosidad mendaz de la Gaceta", con informaciones de los portentos más increíbles. España y Portugal no podían quedarse atrás y se inicia en Madrid (1660) la publicación del diario denominado "gazeta" titulada "Relación o gazeta de algunos casos particulares, así políticos como militares, sucedidos en la mayor parte del mundo", donde cuenta como principal fuente de información las gacetas más antiguas de Europa. Algunos eruditos han relacionado el origen de la acepción "yerro", de gazapo, a la fama adquirida por la gaceta.

Junto al alquiler de coches de la Puerta del Sol, en época de Felipe V (1738 enero), se detienen los cortesanos para adquirir una revista mensual recién aparecida, titulada "El mercurio histórico político", donde se narra el estado

político de Europa, lo que pasa y ocurre en todas sus Cortes, los intereses de los Príncipes y todo lo que contiene de más curioso de lo que pasa por ella. Esta revista es traducción del francés al castellano de "El mercurio de El Haya", con noticias propias de "gazeta" y de "mercurio".

Ambas fuentes de información son ricas en datos, ciertos o imaginarios, íntimamente relacionados al tema histórico o que nos ocupa

La "Novísima Recopilación" (1805), los "Anales de Minas" (1838), el "Boletín Oficial de Minas" (1844), el "Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas" (1848) y los que a éste sucedieron con diversas denominaciones, al dar lugar al Ministerio de Fomento, la "Revista Minera" (1850), las "Memorias" de la Comisión del Mapa Geológico (1850), son un arsenal de datos ciertos y de absoluta garantía para la historia de la minería.

En el Archivo Histórico Nacional, Sección de Hacienda, Almadén, se conservan cientos de legajos, sin catalogar sus documentos, donde pudimos admirar la obra de aquellos pacienzudos pendolistas, copiadores al igual de listas de penados o cédulas reales, conservadas con la arenilla de la salvadera todavía adherida, esperando fuesen investigados después de siglos, dejando sobre la mesa de consulta a partes iguales la arenilla y el polvo que, con los años, se había acumulado. Magnífica colección para quienes tienen aficiones históricas relacionadas con Almadén.

Van saliendo los datos históricos unos tras otros; esto obliga a visitar archivos, como el del Palacio Real de Madrid, el de Simancas, el del Jardín Botánico con los papeles de Cavanilles, el General de la Marina, el de la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País y, principalmente, el de Indias: en sus secciones de México, Lima, Guatemala, donde se encuentran verdaderos tesoros informativos de los antecedentes de la enseñanza de la mineralogía y metalurgia en América. Corresponden a los primeros pasos de la enseñanza sistemática de estas ciencias en nuestros países ultramarinos.

La cantidad de fuentes escritas fidedignas es agobiadora, y se requiere una vida entera dedicada a su estudio y selección. Por ello, sólo pudimos recopilar una reducida parte de datos, que nos han ocupado continuamente durante tres años, (1974-1977), en este interesante campo histórico de la enseñanza superior.

Proponía (1897-abril-15) Marcelino Menéndez y Pelayo (1856-1912) el establecimiento de una cátedra de doctorado de "Historia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España", con profesor dedicado exclusivamente a exponer de palabra y por escrito el magnífico proceso de la vida científica nacional en todas sus fases y direcciones, con otras instituciones encaminadas al mismo propósito y añadía (1876-julio-10) exigir tesis doctorales, verdaderos libros, sobre puntos de la historia científica de nuestra patria. Comentaba cuántos doctorandos dejan en desprecia-

tivo las obras y las doctrinas de nuestros antepasados, sobre las cuales tanto bueno y verdaderamente nuevo pudieran decirnos. Llegaba a dos conclusiones (1876-julio-25): "primera, enseñar esa historia; segunda, escribirla".

Añadía el eminente polígrafo (1894): Las historias generales de la ciencia, cuyos autores atienden en primer término a los grandes resultados y a los grandes descubrimientos, y forzosamente prescinden de toda labor secundaria, son, en este punto, de una pobreza aterradora.

Esta aportación sobre la historia de la enseñanza de la minería sólo puede considerarse como una ampliación de la labor realizada por Maffei (1877-julio-1), queda mucho por realizar, esperamos y deseamos que otros investigadores históricos la perfeccionen.

### II. ANTECEDENTES

Podemos señalar a la minería como una de las industrias más antiguas de nuestra península. Retirada la última glaciación y fijado el "homo sapiens" sobre la tierra, comienza el arranque y trabajo del pedernal "sílex", de cuyos talleres se encuentran múltiples manifestaciones en nuestro paleolítico. Estas actividades fueron incrementadas en el neolítico, con indicios de explotación de granito, diorita, caliza y arenisca.

Al iniciarse el interés productor de alimentos, se presenta la necesidad de la sal gema como condimento y conservador, comenzando sus actividades mineras, entre otros sitios, en la Montaña de Sal de Cardona, donde descubrimos (1932) interesantes cortes realizados con instrumentos preparados con ofitas de San Lorenzo de Morunys.

En la Cultura Megalítica, la etapa del vaso campaniforme, coincide con otros balbuceo de las actividades mineras, orientado hacia la obtención de materia prima destinada a los alferes.

Estamos ya en la época de los minerales nativos, las arenas auríferas de los ríos peninsulares fueron explotadas sistemáticamente durante la etapa del Bronce final y la Edad del Hierro.

Simultáneos aparentemente en el tiempo hay manifestaciones peninsulares de vaso campaniforme, trabajo del bronce y utilización de la plata en orfebrería, iniciándose, con el bronce, la profesión de "buscador". Unos 2.000 años a. J. C., se exportaron estaño, cobre, plata y oro, procedentes de las actividades mineras de los colonizadores llegados de oriente.

Por nuestra situación geográfica, los íberos pudieron poner acertadamente en práctica, las informaciones metalúrgicas recibidas por quienes arribaban a sus costas, perfeccionadas por culturas posteriores interesadas en el cobre, plata, oro, plomo, etc., con la apreciación de ser el estaño el metal investigado con más evidez, por la importancia dada en aquellas épocas a su aleación con el

cobre, con el fin de obtener aquel bronce considerado como el producto metalúrgico fundamental durante cerca de veinte siglos.

Hasta unas diez centurias antes de J. C. las actividades mineras fueron prácticamente superficiales, pasando ejércitos de esclavos por nuestras minas, con incansables progresos y aportaciones técnicas, con los fenicios, griegos, cartagineses, romanos, godos, visigodos y árabes, generaciones sembradoras en nuestro territorio de muestras de su arte de explotar las minas y beneficiar su menas. Los hallazgos arqueológicos son varios; junto con las ruinas mineras, principalmente prerromanas y romanas, existen multitud de instrumentos (gran parte depositados en museos), epigrafía y enormes y abundantes escoriales, fáciles de reconocer en las excursiones geológicas por nuestros campos.

La verdadera cateadura de nuestras menas se inicia al conocer la utilidad de los metales, limitándose, en general, los romanos, a la explotación intensa de los yacimientos conocidos.

Desde la conquista por Roma (218 a. J. C.), la península fue, para el Imperio, una auténtica colonia de explotación de minerales, figurando Hispalia durante el siglo IV, como el distrito minero más rico de aquel imperio en decadencia, exportándose íntegramente a Roma las producciones de oro, plata y minio. Esta minería entra en abandono a los comienzos del siglo V, en vísperas de un nuevo florecimiento con la presencia de los musulmanes (756-1482) como ocurrió en las famosas minas de Almadén.

Destacó por su cultura refinada sin rival el califato cordobés, inicia Abu-Mutarrif Abdarrhaman II al-Nasir (912-961) con los sabios más famosos de occidente el establecimiento de lecciones publicadas, su sucesor Abu-I-Mutarrif al-Hacam II al-Mustanarsir (961-976) ya organiza escuelas y abu-Walid Hischam II al-Muayyad (976-1009) promueve una verdadera ciudad universitaria en Córdoba, donde se profesó la astronomía, las ciencias exactas y la alquimia, formando ciudadanos sabios con refinadas técnicas de laboreo y de beneficio.

La cultura hispanoromana corresponde a un periodo de interesantes florecimientos de la minería e industrias conexas y en general a muchas actividades técnicas y científicas. Los conquistadores musulmanes inicialmente con nivel inferior en algunas actividades, fue superándose hasta el punto de haberse considerado a la España musulmana como el núcleo central más importante del mundo durante la Edad Media, a mediados del siglo XI era Toledo el paraíso de los hombres de ciencia, base de las órdenes emanadas de Alfonso X (1252-1284) para traducir al castellano, cuanto libro árabe fuese útil para la formación ulterior de los españoles.

En la rama cristiana del saber, la primacía por antigüedad entre los centros culturales superiores, la alcanzó

el "Estudio general del Reino de Castilla", en Palencia, debido a Alfonso VIII (1158-1214) con existencia en 1184, seguido del "Estudio General de Salamanca" en el Reino de León debido a Alfonso IX (1188-1229).

Considerada la minería como una de las actividades más antiguas de la humanidad, fue fundamental en el desarrollo de los pueblos. Donde existían yacimientos de importancia, se crearon núcleos de población para su explotación, imponiendo los modos peculiares de ser y de vivir del minero, incrementadas las ciudades con las derivadas de los productos mineralúrgicos, llegando a formar en algunas ocasiones núcleos de los más importantes de la zona, los cuales dieron lugar a las escuelas mineras y metalúrgicas creadas por nuestros monarcas, como las de Almadén, Vergara, Potosí, Guanajuato, Arica, Santa Fe, Tasco, etc.

### III. LA ENSEÑANZA EN LA METROPOLI HASTA 1777

La fecha de la real disposición por la que quedó instaurada la enseñanza de la Geometría subterránea en la Academia de Almadén, justifica el límite histórico del año 1777 para este capítulo.

La ambientación en los criterios de aquella época requiere, primeramente, recordar algunas de las definiciones de las ciencias relacionadas con la minería:

*Re metálica.*—La obra de Georgius Agrícola S. D. (Basilease MDLVI), en el prófalo dice es "la industria de los metales en su conjunto..." "la extracción de los minerales y la obtención de los metales" y trata "de las ventas, las herramientas, los recipientes los lavaderos, las máquinas y los hornos".

En su libro primero la considera como "la industria dedicada a la extracción de los metales" y quien la practica debe poseer "la mayor habilidad y conocimiento para realizar su trabajo, con el fin de que pueda saber"... "qué montaña o colina, qué valle o llano se puede explotar sacando el mayor provecho"... "conocer las venas, fibras y comisuras de las rocas"... "familiarizarse con las muchas y muy variadas especies de tierras, jugos, gemas, piedras, mármoles, metales y mezclas"... "métodos de realizar y afianzar obras debajo de la superficie del suelo"... "los diversos sistemas para analizar las sustancias y prepararlas para dertirirlas y fundirlas"... "la evaporación de los jugos o sustancias líquidas que se extraen con frecuencia de la tierra sólida o proceden de ciertas clases de tierras y piedras que los mineros extraen".

La reitera como "el arte del descubrimiento y preparación de los metales".

*Arte de los metales.*—Según Agrícola (1556) es sinónimo de "re metálica".

*Mineralogía.*—Según la definición dada por el Conde Peña Florida (1778) en el Real Seminario de Vergara. Comprende esta ciencia de las mismas, la dirección de sus ramificaciones, sus variedades, graduación de sus calidades, los medios de desahogar y ventilar los subterráneos, el arte de asegurar las excavaciones, para precaver de todo riesgo a los mineros, facilitar el hallazgo de los tesoros escondidos en las entrañas de la tierra, su extracción y aprovechamiento con la mayor seguridad, utilidad y economía.

La Mineralogía, disciplina base en la educación de los mineros, permaneció siempre muy atrasada respecto a las demás ramas de Historia Natural, hasta que el inmortal Abraham Teófilo Werner (1750-1817) aparece como reformador de la ciencia. El trabajo que le inmortalizó fue su tratado de los caracteres exteriores de los fósiles (1774) en el que presentó esta doctrina con una exactitud desconocida hasta entonces. Desgraciadamente descuidó la parte de aplicación que podían tener las matemáticas a la Mineralogía. Con la denominación de *Oric-tognosia*, comprendía este científico la doctrina de las relaciones y propiedades sensibles de los minerales mecánicamente simples. Consideró en su cátedra de Freiberg, como ramas subordinadas a la Aric-tometría, la Física, Química, Geografía y Economía de los minerales o fósiles. Las doctrinas de Werner, quien nunca escribió un tratado general de mineralogía, fueron difundidas por las publicaciones de sus discípulos. Uno de los más destacados fue Del Río, en el Real Seminario de México, pero como su maestro descuidó la Cristalografía iniciada por Stenon (Florida, 1669) y Capellen (Luecen, 1723).

En el informe de Juan Manuel de Weber a S. M. Católica Carlos IV (1792-septiembre-25), definía su campo "Tiene por objeto el conocimiento de todo el reino mineral y enseñanza a distinguir lo útil, aún por caracteres externos".

*Geometría subterránea.*—En la aceptación dada por Enrique Cristóbal Storr (1777), creador de la enseñanza de la Geometría subterránea en Almadén, "Comprende todas las actividades encaminadas al mejor conocimiento de una formación y a su explotación más completa y económica".

Durante nuestros días hemos visto a muchas ciencias adquirir su mayoría de edad, por ello hemos de pensar que la mayoría de las referidas en este libro, tienen su configuración posterior al siglo XVII. Con la denominación de *metarlogía*, abarca hasta comienzos del siglo XIX, los conocimientos químicos y geológicos necesarios para el beneficio de los metales.

*Arquitectura subterránea.*—Una definición que comprende la Geometría subterránea y parte de la Mineralogía, es la dada por de Weber (1792-septiembre-25), para

Arquitectura subterránea. "Enseña la seguridad y arreglo de los trabajos subterráneos, con cambios y pozos, correspondientes en alto y ancho, para que por este medio, se puedan perseguir las vetas a la profundidad y aprovechar, con la economía posible los productos que contiene."

*Metalurgia.*—No podemos decir que hubiese una definición concreta de Metalurgia, pero la aceptación popular durante los siglos XVI a XVIII era, todo cuanto se relaciona con el laboreo y beneficio de los minerales, principalmente encaminados a la obtención de los metales, plata y oro.

El conjunto de estas definiciones, Mineralogía Geometría subterránea y Metalurgia, comprende todas las actividades relacionadas con la explotación y beneficio de los recursos naturales no renovables, prácticamente la actual minería, actividad de las más antiguas de la humanidad, con su desarrollo íntimamente ligado al progreso de los pueblos. Los metales de mayor demanda en España durante los siglos XVI a XVIII, fueron: cobre, estaño, oro, plata, hierro y mercurio. Unos para su utilización directa, la plata y el oro; otros aleados, como el cobre y el estaño; y otros, el mercurio, utilizado en la obtención de metales por amalgamación.

Con el descubrimiento de la imprenta en el siglo XV, fue desarraigado entre la mayoría de los científicos renacentistas el criterio de autoridad imperante, debido a la difusión de libros dedicados a toda clase de temas, entre los que están incluidos las obras de minería y metalurgia, aunque las consideradas verdaderamente como científicas, iniciaron su impresión de modo sistemático a fines del siglo XVI, contribuyendo a que los siglos XVI a XVIII fueron los de la gran revolución científica, punto de partida de la ciencia moderna, marcando el final de la física aristotélica y medieval. La opinión sostenida por los principales metalurgos, era la de ser durante muchos años, los españoles y alemanes, casi los únicos artesanos de Europa, conocedores del arte de beneficiar el oro y la plata y de su afino.

Es criterio general, la consideración en todos los países el comienzo del desarrollo de la ciencia, asociado a la religión, con mutuo beneficio, así vemos a los médicos, astrónomos, matemáticos, boticarios, metalurgos, etc., entre los sacerdotes y su intensa labor en provecho de la religión y del progreso mantenido en las verdades tradicionales, hasta el momento de lanzarse la ciencia en el extranjero, y posteriormente en España, debido a la limitación impuesta por Felipe II (1557) a la importación de libros y realización de viajes científicos al extranjero. El criterio fue rectificado por Felipe V (R. C. 1718-julio-4) con el establecimiento de becas, para que sus súbditos pudiesen estudiar y perfeccionar los conocimientos en otros países, cebo del fructífero apoyo prestado a la ju-

ventud, durante la segunda mitad de dicho siglo, por sociedades particulares como las creadas por Peñaflores, Jovellanos, etc.

El gobierno español no limitó la traída de científicos a España y salvo los destinados en parte a las actividades mineralúrgicas, su resultado fue comentado por Cristian Herrgen "a pesar de tanto gasto, no se ha progresado nada por ahora: falta una dirección competente y faltan conocimientos en la cabeza de quien tiene entre manos el asunto". Crítica análoga oímos en la lectura del discurso de ingreso (1934-marzo-28) de Enrique Moles Ormella, en el acto de posesiones de la medalla núm. 1 de la Real Academia de Ciencias, con la conclusión siguiente "El enemigo fue siempre el mismo: la Administración y la Burocracia."

Con la decadencia apuntada anteriormente de las universidades, iniciada a mediados del siglo XVI, los sabios sintieron la necesidad de agruparse, bien en tertulias científicas, bien en academias, con una reglamentación patrocinada, la mayoría de las veces, por los reyes, incluso con tratamiento de reales, origen de las actuales Reales Academias. De estas instituciones beneméritas, existieron valiosas realidades en la época de la promoción oficial de las Academias de minería, como fueron la "Tertulia médica de Madrid" (1732), el Real Colegio de Farmacéuticos (1737), la "Conferencia de Física de Barcelona" (1764). En este siglo aparecen en España numerosas revistas y memorias científicas dentro de las diversas especialidades, como los "Anales de Historia Natural" (1799).

Las actividades científicas, técnicas y culturales en general, tuvieron un período de lamentable decadencia, correspondiente al reinado de Carlos II (1665-1700). Finalizada la Guerra de Sucesión (1701-1713), se inicia con el reinado de Felipe V (1700-1746) un período de resurgimiento fructífero, que continúa durante los reinados de Fernando VI (1746-1759), de Carlos III (1759-1788) y todavía persiste en parte durante el de Carlos IV (1788-1807).

Pongámonos, como ambientación, en manos de los comentaristas de la época, quienes sostenían que durante el siglo XVIII el progreso, tanto científico como de sus aplicaciones prácticas, siguió una marcha inexorable, afirmación real. Las iniciativas de Felipe IV (1621-1665), fueron fomentadas por Felipe V (1700-1746) e, incluso, se promovieron otras actividades culturales, destaca la creación del Real Cuerpo de Artillería (1710) con su Real Academia de Matemáticas, en Segovia y el Real Cuerpo de Ingenieros (1711) con sus Reales Academias de Matemáticas en Barcelona, Orán y Ceuta, debido a la importancia dada en aquella época a la enseñanza de la matemática, considerada como base de toda actividad científica y técnica.

Dispone por R. Cédula dada en El Pardo (1714-octu-

bre-3) el establecimiento de la Real Academia Española, formada con el grupo que trabaja en común, para cultivar y fijar las voces y vocablos de la lengua castellana en su mayor propiedad, elegancia y pureza y en la formación de un Diccionario Español, el cual queda puesto bajo el amparo y real protección de Felipe V.

Propone lograr un tesoro bibliográfico, estableciendo por Ley (1716-enero-2) una biblioteca, colocada dentro de su Real Palacio de Madrid, disposición complementada (1717-diciembre-9) con la obligación, a los autores, del donativo de tres ejemplares de todo libro, que imprimiesen, destinados a la Real Biblioteca, al Convento de El Escorial y al Gobernador del Consejo.

Una de las actividades metalúrgicas considera como muy importante para la industria y comercio español, era la de producción de hojadelata, por ello deseaba el monarca implantar en la península una fábrica modelo, con el doble fin de disponer de este preciado material e iniciar la organización de la enseñanza. Dos suizos, Pedro Meurón y Emerico Duparquier trabajan con bastante conocimiento de la fabricación de la hojadelata en Sajonia (Alemania), cuna de la intelectualidad metalúrgica y minera del siglo XVIII. Persuadieron al primero, los enviados del monarca, de venir a España, liberándose de las estrecheces en que se hallaba, llegando a Madrid (1726). La Real Junta de Comercio y Moneda le entregó hojas negras de hierro selladas para su identificación, las cuales fueron transformadas en hoja de lata por Meurón.

Se llega a una ampliación del acuerdo: el establecimiento de la factoría en la Sierra de Ronda, a cuatro leguas de Estepona, donde había abundante agua, mineral de hierro y monte bien poblado, abligada esta última condición por la mucha necesidad de calor durante el proceso de fabricación.

Obtuvo Meurón el privilegio de fabricación, en cuyo proceso empleaba obreros alemanes y se obligó a enseñar a los ocho años de establecido en España, a los españoles las técnicas metalúrgicas de todo el proceso. Se inician las obras de la factoría (1727-abril-1.º) y en el mismo año comienza la fabricación. El suizo no se encuentra a gusto en España, principalmente por las dificultades que le crea su condición de protestante, llegado el momento de iniciar la enseñanza desaparece (1737). Los españoles, sin embargo, habían aprendido y mejorado las técnicas de Meurón y Miguel Topete y Benito Verbrugghen, hicieron un ensayo y obtuvieron una hoja de lata más dulce y mucho mejor que la alemana. Esta industria fue origen del bellísimo pueblo de San Miguel, con 200 operarios españoles y 30 maestros alemanes, llegados con sus familias, y evitó una importación anual por valor de 35 millones de reales. Topete tuvo el privilegio de fabricación exclusiva hasta 1776, dado por S. M. quien, al mismo tiempo, le hizo gracia del Marquesado de Pilares.

Este acuerdo forma parte del plan iniciado por los Borbones desde su llegada a España (1700), encaminado a una reactivación económica de sus estados, programan la atracción de técnicos extranjeros, la fundación de enseñanzas para la transformación de las diversas artesanías en profesiones técnicas. Establecen, como veremos en las páginas siguientes, múltiples contratos, ventajosos económicamente, pero muy exigentes en su aspecto laboral, con fuertes castigos en los casos de rescindir unilateralmente los compromisos. Las dificultades fueron grandes para los no católicos, como los contratos para Almadén y para América, hasta la Real Orden (1797-septiembre-8) de Carlos IV (1788-1808), de respetarlos en sus ideas, siempre que no intervinieran en asuntos internos de España.

En el mismo año de la puesta en marcha de la anterior fábrica, decidió S. M. crear en la Villa y Corte de Madrid un Real Seminario de Nobles donde se formase en cultura general y, posteriormente, en Matemáticas, como base de otros estudios superiores de aplicaciones técnicas, como la metálica.

En estos tiempos, la residencia de la Corte, en alguna ocasiones era San Lorenzo de El Escorial, trasladándose durante el verano a San Ildefonso. Los Ministros extranjeros aceritados ante S. M. pasaban el verano en Segovia, para estar cerca de los Monarcas.

Firma S. M. en el Palacio del Buen Retiro la R. C. (1738-abril-18), de puesta bajo su patronazgo de la Real Academia de la Historia, con el fin de darle realce y esplendor en sus reinos, a las Ciencias y Buenas Letras, estudio de la Historia y la formación de un Diccionario Histórico-crítico universal de España, dado que el mundo hispánico cubría a medio planeta.

Las bellas artes necesitan fomentar su cultivo académico y por Real Cédula toma el Rey bajo su protección (1744-julio-13) la Academia de Bellas Artes.

Las minas y las industrias meneralúrgicas incrementan su importancia en la Metrópoli; es necesario darles, administrativamente más importancia. Incorpora Fernando VI por R. D. (1747-abril-3) los asuntos de minas de los diferentes metales que hay en estos reinos a la Junta General de Comercio y Moneda. Después de la agrupación, son también competencia de la Junta, la calidad de los metales, los ensayadores que han de informar de ellos según sus leyes, así como todos los negocios respectivos a minas y sus incidencias, incluida la formación de personal apto para su laborío.

Los fines perseguidos sobre mejor ocupación y formación de la población, así como posibilidades para las necesidades de las continuas guerras, requieren la confección y actualización de un censo, desponiendo por R. O. (1749-marzo-1), la formación de estados mensuales

de todos los nacidos, casados y muertos en los reinos de España, para conocer en cualquier momento el estado de su población, noticias basadas en los libros sacramentales y demás de la Iglesia, disposición reiterada por Carlos IV.

Al comienzo de la década de los cincuenta se inician los pasos en Almadén conducentes al establecimiento de las enseñanzas de minería y metalurgia. La Corte continúa en el Palacio del Buen Retiro. La "Gaceta de Madrid" tiene corresponsales en Viena, Hamburgo, Genova, Londres, La Haya y París se publica los martes con cuatro hojas (o sea, ocho folios), y en ella tanto se anuncian los libros nuevos, la mayoría de carácter religioso, o el notable, por ser de los primeros que en castellano hablan de la electricidad, de "la piscina eléctrica o compendio en que se explican los maravillosos fenómenos de la virtud eléctrica" del Dr. Benito Navarro y Abel de Veas (1752-agosto-1), nuevos medicamentos, nombramientos y otros acontecimientos sociales. Los metales traídos de América eran objeto de principal información, por ello se consignaban las noticias de llegadas de barcos procedentes de aquel continente, indicación de la carga, mención especial de la plata y oro acuñado y sin acuñar, estaño y otros metales, así como alimentos y condimentos de ultramar. Entre temas noticiables figuran los detalles de los rescatados de Argel por los Mercedarios, la información de la ópera y conciertos en el Real Coliseo del Buen Retiro, los bautizados subcondicione de los conversos sectarios de Lutero, Calvino, judíos, moros y turcos.

Por R. D. (1752-enero-10) toma S. M. bajo su Real Aprecio la Academia Literaria de la ciudad de Barcelona, manifiesta su Real agrado y aprueba sus estatutos y manda sea atendido y tratado este Cuerpo como merece.

La Real Sociedad Médica de Ntra. Sra. de la Esperanza de esta Corte, antecesora de la actual Real Academia de Medicina, se ocupa de los adelantos propios y extranjeros de las Ciencias Naturales. Para ser de mayor utilidad al público. ofrece dos premios de cien libras de plata del país y veinte onzas de plata, para repartir en dos medallas a los dos sujetos que mejor y más arreglados a las leyes de la Mecánica y la Aritmética, escriban una disertación en que expongan "La naturaleza y causa próxima de la perlesía y un método más seguro y remedios más eficaces que hasta aquí descubiertos". Las obras deben remitirse al Secretario Perpetuo Dr. don Pedro Bedoya y Paredes, eminente escritor, de consulta imprescindible, cuando nos interesen antecedentes históricos sobre aguas minerales o termales.

Asiste S. M., en la Real Casa de Panadería de esta Villa en la primera apertura solemne del curso (1752-junio-13) de la Academia de las tres Artes, Pintura, Escultura y Arquitectura, fundada por el Real Padre del Rey, como muestra del amor con que cuida el Rey Nues-

tro Señor que en todas las ciencias y artes hagan sus vasallos los mayores progresos.

Queda tomada bajo la protección real (1751-julio-4) la Academia de las Buenas Letras de Sevilla. Comienzan las lecciones de Matemáticas, tan indispensables para el cultivo de cualquier ciencia (1751-septiembre-4), en la nueva y suntuosa Real Aula, de los Estudios del Colegio Imperial de la Compañía de Jesús de Madrid. El movimiento científico de Valladolid, no podía alcanzar menor aprecio que el de Barcelona y Sevilla, por ello (1752-septiembre-26), se erige en Real Academia la Junta Histórico-Geográfica de Caballeros de la Ciudad de Valladolid, quedando bajo el Real Patronato.

Junto con la información de las rogativas públicas por el agua (1737) se habla con insistencia en varios números de la "Gaceta de Madrid", del doctor don Vicente Pérez, Médico del Agua, con disputas encontradas. Unos opinan que hay aguas útiles para todas las curaciones como el Dr. Bedoya, y, otros escépticos, por desconocer la hidrología médica contemporánea, las consideran sin aplicación terapéutica alguna.

Como consecuencia del amor con que S. M. Fernando VI atiende a la ciencia, decide por R. C. dada en Aranjuez (1757-mayo-30), establecer en Madrid la Real Academia de las tres Nobles Artes, pintura, escultura y arquitectura, con el título de San Fernando.

En los diversos países van apareciendo publicaciones periódicas, con el carácter de diaria. Nuestra Corte no puede quedarse atrasada en este aspecto, y por R. C. (1758-enero-17), se concede privilegio para la impresión y publicación del "Diario de Madrid", con las noticias de cuanto ocurriese importante en el comercio, tanto literario como civil y económico.

Como final de esta década, sube al trono Carlos III considerado como el engrandecedor de Madrid y promotor destacado de las ciencias y las artes.

Continúan autores e impresores sin cumplir sus obligaciones de la remisión de fondos para las Reales Bibliotecas, por R. C., dada en el Buen Retiro (1761-diciembre-11), dispone que de todas las obras de primera impresión y todas sus reimpressiones, se remita a la Real Biblioteca un ejemplar de cualquier obra, libro o mapa o papel que impriman. Asimismo, dispone que todos los tasadores de libros, den cuenta puntual de cuantas tasaciones de transmisión efectúen al Bibliotecario Mayor, quien ejercerá el derecho de tanteo, en cuantos casos considere conveniente su adquisición con destino a la Real Biblioteca.

En la ambientación de los años de la creación de los estudios de la Geometría subterránea y Mineralogía, no podemos omitir una faceta, negativa en nuestra opinión, de su Monarca promotor. Con motivo de los sucesos pasados, inculcados a la Compañía, consulta las deci-

siones a tomar (1766-enero-29) al Consejo Real y sanciona una Real Pragmática (1767-abril-2), para mantener la subordinación, tranquilidad y justicia de sus reynos, "Extraño de todos mis dominios de España e Indias e Islas Philipinas y demás adyacentes y ocupación de temporalidades a los Regulares de la Compañía de Jesús así Sacerdotes como Coadjutores o Legos así como a los novicios que quieran seguirles". Declarándose en Breve (1773-julio-21) la extinción de la Orden de la Compañía de Jesús.

Dominaba en el ambiente de la Corte, el criterio de haber sido un paso contrario al fomento de las ciencias la expulsión de la Compañía de Jesús. Reconoce el Rey la base de estas opiniones y le preparan un R. D. (1770-enero-19), con la siguiente parte dispositiva: "Expedidos de mis dominios los Regulares de la Compañía, vengo a restablecer los Reales Estudios fundados en el Colegio Imperial, por mi glorioso abuelo Felipe IV, en el año 1625, y en ello lo más urgente que sirva de fundamento para toda educción y ciencia". Además de restablecer la Cátedra de Matemáticas dispuso la contratación de otro maestro que enseñase la Física experimental, a cuyas enseñanzas nadie podrá entrar sin que primero se haya examinado de Lógica, Aritmética y Geometría. Otro maestro que en dos años enseñe por algún compendio las matemáticas, otro maestro con el mismo destino, a fin de que todos los años se empiece curso, dividiéndose entre los dos maestros las horas, los materiales y el compendio, para que todos los discípulos puedan concurrir a ambas aulas si les conviene aprender Aritmética y Geometría para entrar en la clase de Física experimental.

En la misma fecha se dispone para mayor adelantamiento de los Reales Estudios, la creación de una biblioteca pública, para el uso de nuestros profesores y discípulos, como para los demás estudiosos que quieran concurrir a ella.

Indicador de la evolución de nuestros centros culturales, son las disposiciones de supresión de universidades, la primera dada en Segovia (R. C. -717-mayo-11) por Felipe V (1700-1724) referente a las catalanas de Lérida, Gerona, Barcelona, Tarragona, Vich, Tortosa y Solsona, justificadas en las inquietudes fomentadas en ellas, la segunda por Carlos III (1759-1788) de todas las jesuitas de la metrópoli y ultramar, la de Pamplona (1771) y la mallorquina (1771) y la última la de Carlos IV (1788-1808), quien por R. C. (1807-julio-7) suprimió las de Toledo, Osma, Oña, Orihuela, Avila, Irache, Baeza, Osuna, Almagro, Gandía y Sigüenza, quedando reducidas a once.

Muchas veces en las visitas al Rastro y a los anticuarios nos sorprendemos de la cantidad inagotable y en apariencia a pesar de los elevados precios, de objetos del preciado vidrio de la Granja, ahora reproducidos con perfección grande. Su fabricación intensiva tiene funda-

mento en la (R. O. 1773-septiembre-3) concediendo a la fábrica de cristales (vidrios) de San Ildefonso privilegio exclusivo en Madrid, Sitios Reales y en veinte leguas de sus contornos, para que no se puedan introducir y vender en estos parajes otros cristales que los de dicha fábrica. Los introducidos serán considerados como géneros prohibidos y de ilícito comercio.

El profesorado, tanto de universidades como de otros centros de enseñanzas, se fue convirtiendo en vitalicio, en contra de una beneficiosa tradición. Ya las Cortes de Valladolid (1528), como respuesta a la petición de las universidades de Salamanca y Valladolid de que las cátedras no sean perpetuas sino temporales. De ser perpetuas, reconocen las Cortes, se siguen muchos inconvenientes e daños, habiendo sus cátedras no tienen cuidado de estudiar ni aprovechar a los estudiantes. Ser temporales se siguen muchos provechos por que las toman a proveer y acrecentar los salarios y tener mayor concurrencia de estudiantes. Los catedráticos no serán servidos por sustitutos.

Las universidades de Salamanca, Alcalá y Valladolid, reiteran la petición a las Cortes de Valladolid (1548), para dar orden, no haya cátedras en propiedad, vaquen de tres en tres años o quatro en quatro, con más provechos para los estudiantes, y a los catedráticos se les de salario justo por el provecho que hiciesen en el estudio y a sus letras y habilidad.

Como corrección de la deficiencia actual se retorna al criterio del siglo XVI y se establece por ley (1774-febrero-17) "todas las cátedras en regencia y ninguna en propiedad".

En la segunda mitad del siglo XVIII, las naciones ilustradas, se ocuparon del ramo de las minas, atendiéndose con todo interés, cultivaron las ciencias en que se apoya, difundiendo sus conocimientos cuanto pudieron, y aplicándolos al laboreo de las minas y beneficio de sus frutos de un modo proporcionado a las circunstancias particulares de cada una. En España, desde el siglo XIV, procuraron los reyes fomentar la minería, en el Reino D. Juan I (1350-1393), para excitar el interés privado al cultivo de las minas, declaró libre su laboreo, criterio ampliado en el XVI por D. Felipe II (1527-1598), fijando un sistema de gobierno para este importante ramo, por medio de las Ordenanzas que dictó (1584-agosto-22), sin prosperar cuál correspondiera a nuestra riqueza nacional. Llegaron los gobernadores a conocer lo útil y necesario, de la existencia, principalmente, de indígenas instruidos en el ramo de la minería, promovieron la creación de cátedras para su formación. De ellas unas siempre quedaron en proyecto, como lo vemos en esta obra, otras fueron una prestigiosa realidad, como México y Madrid.

En los intentos de localizar las primeras enseñanzas sistemáticas de las ciencias mineras, hemos llegado a la

conclusión de haber sido la fábrica de cañones fundidos de La Cavada (Santander), donde se impartieron originariamente.

### III-1. LA CAVADA

En los intentos de localizar las primeras enseñanzas sistemáticas de las ciencias mineras, hemos llegado a la conclusión de haber sido la fábrica de cañones fundidos de La Cavada (Santander), donde se impartieron originariamente.

La demanda de cañones fundidos durante el siglo XVII, era obligada en España para mantener la hegemonía de los mares y conservar el comercio con Ultramar, motivo de la creación de uno de los más importantes establecimientos industriales de la época, la fábrica de artillería de La Cavada (1622) en sitio apto para las necesidades de mineral de hierro adecuado, bosques y agua abundante. Los expertos operarios flamencos, muchos de la zona de Lieja, trasladados a España de acuerdo con los planes que había trazado Felipe III, y realizados durante el reinado de Felipe IV, estaban obligados a enseñar tanto el arte de fundir como la busca y tratamiento de minerales y leñas. La puesta en marcha de esta fábrica supuso la autonomía artillera de la península (1635).

La factoría de La Cavada del pueblo de Riotuerto, sobre el río Mera, estuvo situada admirablemente en su iniciación, por contar con canteras de piedras refractarias, arenas para moldes y arcillas para sus diversas necesidades, inició su decadencia, entre otras razones, por el retroceso de las zonas forestales, de la que no quedó raíz de los montes mejores en sus contornos, como consecuencia de su explotación carbonera.

Los maestros flamencos, con acreditada inteligencia en el laboreo de minas, preparaban prácticos que se ocupaban de localizar minerales y presenciar su explotación, con el fin de procurarse los materiales necesarios para los hornos. Sufrieron múltiples vejaciones e, incluso religiosamente, por su condición de luteranos, no obstante, Felipe V les concedió privilegio de hidalguía (R. C. 1718-febrero-15). La fábrica pasó de propiedad particular a la intervención técnica (R. C. 1760-agosto-30), posteriormente a la gestión directa (1763) y, por último, a la expropiación consumada (1769). En esta época se iniciaba la preocupación por conseguir minas de carbón, para disponer de combustible destinado a los hornos de la Real Fábrica.

Un nuevo intento de impulso de las actividades tuvo lugar durante el reinado de Carlos III, así como de activar las enseñanzas de las escuelas de Mineralogía y Metalurgia, instalándolas según descripción de Madoz (1846) en los salones de Palacio de la factoría. El Monarca rei-

tera a los maestros la concesión plena del privirilegio de hidalgía (1784), nuevamente confirmado con derecho a uniforme militar en rojo, azul y dorado (1794), pero todo el esfuerzo y halago fue en vano, la fábrica donde en España se iniciaron las técnicas del horno alto, estaba sentenciada a muerte.

III-2. ALMADEN

La feliz idea de Felipe (1734) de la participación de Jorge Juan y Santacilla (1713-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1795) en la medición del arco de meridiano en el Ecuador, para confirmar al achatamiento polar de la tierra, fue favorable para el desarrollo de la minería. El descubrimiento del platino por Ulloa, le provocó la afición hacia las riquezas naturales no renovables. Cuando era Jefe de Escuadra de la Real Armada, tuvo necesidad de efectuar un desplazamiento a París donde encontró al naturalista irlandés Guillermo Bowles (1714-1780), con quien entabló amistad, y a quien apreció como uno de los científicos adecuados y convenientes hacia la realidad de los deseos generosos expresados por S. M. Fernando VI (1746-1759), de los mayores progresos de la Historia Natural y Ciencias Exactas en España. Las conversaciones llegan a buen fin y la amistad entablada termina con la entrada de Bowles al servicio de la Corona, permaneciendo en España hasta su fallecimiento en Madrid (1780-agosto-25). En estos contactos se trataron como puntos fundamentales, la asesoría de Almadén, la creación del "Laboratorio de la Platina" y el establecimiento del Real Gabinete de Historia Natural.

Una obra como la "Introducción a la Historia Natural" (1775) escrita por persona competente y culta, puede ser útil en muchísimas ocasiones inesperadas. Citaremos una de ellas, por haberse dado en nuestro trabajo habitual. En el año 1932, después de una importante sequía, se produjo una imponente trombra de agua en la Cuenca del Cardoner, donde está enclavada la prodiogiosa montaña de sal rosa, única en el mundo, en una de cuyas faldas vertíamos el cloruro sódico, residuo del tratamiento de la silvinita, después de la separación del cloruro potásico. Como consecuencia de este lavado de la montaña y de los residuos, se produjo a los pocos minutos de iniciarse las precipitaciones acuosas, la mortandad de todos los vivientes en las aguas dulces del río. A los pocos días surgen las denuncias de la Generalitat contra la empresa; razonamos que los residuos no podían ser causantes de este daño, sin lograr resultado satisfactorio; decisivo fue el argumento del siguiente párrafo escrito por Bowles en 1750: "El río que corre al pie es salado y quando llueve, aumentándose la salazón del agua, mata los pescados". Presentamos la figura de Bowles, promotor más o menos directo, de la enseñanza de las ciencias de

las minas de Almadén, según las oponiones de sus contemporáneos.

Escribía Juan Nicolás de Azara (1731-1804) en Roma (1782-junio-6), prologuista de su obra y colaborador en la misma, cuando comentaba las impresiones de Bowles. A los tres días de entrar en España dice: "todos los caminos son malos". "las posadas peores", "el país parece un infierno, reina la estupidez, ningún español tiene ni ha tenido crianza. Comen carne los viernes y ponen sobre la mesa una imagen muy galana de la Virgen". "En general, toda España le parece estúpida hasta el letargo, pobre, puerca, celosa y melancólica". Quien esto sostenía, pronto cambió de manera de pensar y permaneció en nuestra patria hasta el fin de su vida, siendo enterrado en la Parroquia de San Martín de Madrid.

A su llegada a estos Reynos le dio el Ministro la comisión de reparar la mina de Almadén, que se había inutilizado por un incendio y no se hallaba en condiciones de poder suministrar poco ni mucho azogue para "el cultivo de las minas de oro y plata de América; pues sin él podíamos renunciar a los tesoros que sacamos de aquella parte del mundo".

Fue en 1645 cuando Felipe IV (1621-1665), hizo administrar las minas de Almadén por su cuenta, entonces se fueron todos los mineros alemanes que habían sido contratados por los Guggers, los más hábiles mineros de la época quienes explotaron la mina, sin emprender nunca ningún trabajo en grande. A su actitud como arrendadores, y no como dueños, se debe su tendencia a sacar por lo pronto y con el menor gasto todo el azogue posible, como prevención del abandono en un día de la mina.

El pueblo de Almadén tenía una religiosidad ostensible, con muchas cofradías, iglesias, así como nombres de santo en las minas, cercos, pozos, etc., consecuencia de su largo permanencia en la Jurisdicción de la Orden de Calatrava.

Se había creado una Junta de Azogues (R. D. 1708-octubre-15) en la Sala del Consejo de Indias, por la importancia fundamental, para las minas de América. Se nombra Superintendente General (1737) al Presidente del Consejo de Indias, quedando incorporado posteriormente (1754) a la Secretaría del Despacho de Indias.

Pusieron a las órdenes de Bowles para su cometido por la Península a Joseph María Solano y Eulate, Gobernador de Santo Domingo en 1773, y Teniente General de la Real Armada, Salvador de Medina, muerto en California con ocasión de los trabajos del paso de Venus por el disco solar y el abogado Pedro Saura, quien falleció en Madrid.

En Almadén (1752) destaca las apreciaciones siguientes sobre el personal. La única ocupación de los forzados, acarrear la tierra en los carretoncillos, delincuentes atro-

*Combinio hecho con Henning Carlos Koehler en un punto  
de las minas de Almadén, y con el fin de que lo que dice han  
de ser el modo de ser en Paris, como en España la persona que  
se comulgó a servicio de U. M.  
Art. 1.  
Que dentro de tres meses de la aprobación de este contrato  
haya presentado al Superintendente General, y por él al  
los señores como es usual en las minas del Reino  
con, y la de U. M. de las minas, con el consentimiento  
de la dirección de las minas del mineral, y aplicación  
de las personas que fueran mas firme conocidas  
de los trabajos que inuenta acuallece.  
El convenio es de que, que se elabore en las  
minas de modo de elabore en las minas de  
menza en los azogues presentados por Koehler para el  
gato de la enseñanza de las ciencias de las minas  
de Almadén, y hacer los trabajos  
6.  
Que no solo sea obligado a enseñar a los mineros,  
y hacer quanto conviene al servicio en las labores sub-  
terráneas, y construcción de vales con que faciliten  
los trabajos, sino es tambien dar noticia de las reglas  
y modo con que se hacen las fundiciones del Cúrculo  
y otros minerales en las minas que ha reconocido.*

*En la base de la mina de Almadén, algunos  
de las minas de Almadén en el año 1755.  
Henning Carl Koehler  
El convenio es de que se elabore en las minas de Almadén  
Madrid 22 de Diciembre del 55.*

Contrato de Koehler (1755-12-22). En sus apartados 5.º y 6.º se compromete a la docencia.

ces, pero antieconómicos, dado que cualquier vecino trabaja voluntariamente más del doble, para ganar menos de la mitad de lo que cuesta un forzado, por lo carísimo y complicado de su administración. Los mineros españoles los encontró atrevidos, robustos, mañosos y con cuanta penetración es menester. Prepara su informe de azogue a México y expone la necesidad de contratar capataces y mineros alemanes, los primeros para dirigir y enseñar, los segundos para adiestrar a los mineros españoles. El programa de contratación era amplio, pero en la realidad se redujo a la décima parte, un ingeniero y tres mineros. Los primeros contratados llegan a Almadén (1754-agosto), componiendo la expedición Andrés Christian Helling, contratado como capataz de mina, que, convertido al catolicismo (1777-octubre-5), inicia un viaje a Nueva España embarca (1778-marzo-14) con el mismo destino, de donde regresa a Almadén (1786), también con el mismo puesto, donde falleció (1790). Los otros contratados eran Henry Christian Schambach, fallecido a los pocos meses (1755-noviembre-6) y Andrés Valentín Boehm, quien tuvo dificultades por sus ideas y actos deshonestos, causando baja en las actividades. Escribió Bowles (1755), una memoria sobre las minas de Almadén, archivada en el Archivo del Duque de Osuna.

A las ocho de la noche siguiente a la fiesta de la Epifanía del Señor (1755-enero-7) se declara un incendio en la "Mina del Pozo", con varios meses de duración, no penetrando el personal hasta su total terminación (1757-julio-23). La formación de técnicos mineros, se presentaba fácil, dada la posibilidad de realizar prácticas continuas de extracción, barrenos, desagüe y entibado, así como de topografía subterránea.

Entre los alemanes llegados a España por la intervención de Bowles, figura el ingeniero alemán Henning Carlos Koehler, nombrado director técnico (1755). Manifestó Koehler su repulsa a la mención de Bowles en el convenio de su nombramiento como director de las minas, a pesar de su intervención, a quien calificaba con espíritu de supremacía e iniciativa exagerada y empalagosa. Accede el Ministro Arriaga, a la omisión de la mención de Bowles, y le concede el título de Capitán de Infantería que había solicitado, se firma en Almadén el convenio (1755-diciembre-20) aprobado por R. O. (1755-diciembre-22) y la patente de Capitán Graduado por otra R. O. (1756-mayo-20).

En los ofrecimientos hechos por Koehler, cuando pretendía el puesto de director de Almadén, figuraba "...enseñaré a estos obreros lo que han olvidado hace tiempo... cómo se trabaja en las minas de Hannover, en Sajonia y en toda Alemania". Esta pretensión fue recogida en el título de director (1756-julio-6) "... estará obligado a enseñar a los mineros ...y dar noticia de las reglas o modo

de hacer las fundiciones de cinabrio", primer paso para la creación de la Academia de Almadén.

Pasa Koehler a Madrid (1756-mayo) para recibir a su esposa Rodegunda de Labarthe, donde contrajo una enfermedad, causa de su temprana muerte. Abjura del luteranismo en su lecho de enfermo falleciendo en Almadén (1757-julio-8). Su viuda pasó a vivir a París dejando, además, una hija.

Todo son inconvenientes en la formación de ingenieros, se dispone pasen al extranjero con este fin don José Manes y don Francisco Estachería, como consecuencia del fallecimiento de Koehler a quienes se les ordena el regreso de Inglaterra a mediados de 1757.

Fue contratado Storr en Clausthall, como resultas de la intervención de Bowles, figurando en su contrato (1756) las asignaciones e incremento de las mismas, así como la dotación de su esposa mientras permaneciese en Alemania.

Cuando se dio cuenta al Gobernador del fallecimiento de Koehler, así como de la enfermedad grave de su segundo Francisco Felipe Camp, dispuso el paso de Francisco Ceballos al estudio de la minería en Almadén. Pocos días después se produce el óbito de Camp y quedan asignados al establecimiento Storr y Ceballos, quien trabajó con destacado provecho cerca de su maestro.

Comienzan las intrigas de Storr tras el puesto de director. En período coincidente con quejas, lamentaciones y peticiones, se salta el escalón administrativo del Gobernador, incluso se desplaza a la Corte (1758). Insiste sobre los adelantos alcanzados en Almadén donde logró extraer crecidas sumas de azogue, de lo cual será informado Bowles, quien permanece como asesor (1759).

Prepara Storr unas instrucciones (1759) destinadas a la mejor formación de los capataces mineros, mérito alegado en sus pretensiones de designación de director. Inteligente y con carácter recto y duro, no consiente intromisiones en las atribuciones consideradas como propias del cargo de director, desempeñando sin nombramiento, motivo de discordias con los oficiales mineros y un oficial de contaduría. Alzado en queja, se recibe una orden comunicada al Gobernador, donde establece una tolerancia con los alemanes, mal vistos por su carácter y ser luteranos. El carácter absolutista de Storr no le permite tolerar la acción directa del Superintendente con los oficiales mineros, maestros, veedores y capataces, sosteniendo (1763-julio-3) ser un asunto sólo de su competencia. Se promulgan dos R. O. (1763-septiembre-15) y (1763-octubre-4) deslindando las facultades del Gobernador y del Director, las cuales parece no fueron totalmente acatadas por el Gobernador, Gijón y Pacheco, motivo de un Decreto del Superintendente (1763-noviembre-21) estableciendo a Storr como principal, quien hará presente directamente al Superintendente cuanto juzgue

y tenga por conveniente a la mejor dirección de los trabajos, con utilidad del disfrute de estas minas, de que está encargado.

La compañía francesa explotadora de las Minas de Guadalcanal, perdió las vetas metálicas y por ello pidió auxilio técnico a Almadén. Salió Storr (1775-mayo-4) acompañado del que, en realidad, fue su primer alumno de ingeniero en Almadén, don Francisco Ceballos, y del maestro alemán Juan Jorge Stembach. Realizó su labor en veintidós días, debido a la necesidad de sanear y fortificar la mina, por la carencia de condiciones de seguridad, para penetrar y efectuar el estudio. El magnífico equipo de Storr, había ejecutado su cometido con diligencia, exactitud y a plena satisfacción, hasta el punto que el Director de Guadalcanal, Juan Nicolás Gaffier, comunicaba "quedando tan satisfecho de sus talentos, que no podré alabarlos según sus méritos".

Los mineros mejicanos deseaban una formación europea para los dirigentes de sus explotaciones, y como la dirección de Almadén tenía la obligación del desempeño simultáneo de una función docente, se pensó (mediados 1771) en la conveniencia del desplazamiento para estudiar Mineralogía en Almadén; indicando al Virrey que el Tribunal de Minería de México enviara cuatro sujetos a tal fin.

Toma posesión de la Superintendencia General de Azogues (1773-diciembre-4) don Gaspar Soler Ruiz de Lope y Tarín, quien posteriormente sería elevado honoríficamente a Ministro de la Real Audiencia de Contratación de Indias y facilitaría el nombramiento definitivo del Director. La Junta de Azogues, experimenta otra reorganización (1774-diciembre-4). Los tres puestos clave eran: Superintendente General de Azogues, Superintendente de las Minas de Almadén y Director de las Minas de Almadén.

Insiste Storr en su nombramiento como director de las Minas de Almadén, con ofrecimiento de la función docente y con los mismos sueldos y agregados que su antecesor, aspiración lograda (1777-julio-14) con análogas obveniciones a las que tuvo Koehler. La tramitación fue facilitada por las manifestaciones del Gobernador al Ministro, tras el fallecimiento de Stembach, de la necesidad de instruir en minería a los jóvenes.

### III.3. LABORATORIO DE LA PLATINA

Cuando Bowles regresa de Almadén (1753), inicia la puesta en marcha de otra de las actividades tratadas con Ulloa en París, el "Laboratorio de Química", conocido posteriormente por el Laboratorio de la Platina. Decía el irlandés refiriéndose a España, "que hasta ahora se haya publicado ningún libro fundamental de química".

Con la colaboración de don Agustín de la Planché lo organiza y consagra al estudio docimástico y analítico de los minerales. En el mismo año, le hicieron entrega en el Ministerio, de una porción suficiente de platina, con orden de hacer experiencias y decir su parecer acerca del uso bueno o malo que podía traer. El saquito de platina tenía la nota siguiente: "En el Obispado de Popayán, sufragáneo de Lima, hay muchas minas de oro, y entre ellas una que se llama Chocó. En una parte de la montaña donde está, hay gran cantidad de una especie de arena que los del país llaman *platina* y oro blanco". Este pareje pertenec al Nuevo Reino de Granada y también hay platina en Barbacóas.

Decía Bowles, el peso de la platina me sorprendió. Con un martillo vi que se extiende de cinco a siete veces su diámetro, quedando granos blancos como si fuesen de plata. Era maleable hasta cierto grado, era infusible. De las experiencias que hice de la platina no saqué nada; después trabajaron físicos y químicos de Europa, sin haber podido sacar utilidad alguna de la platina.

La química alcanzó el carácter de ciencia independiente a fines del siglo XVII, la practican como indispensable para sus actividades los médicos y principalmente los boticarios, necesaria para la preparación de fármacos. El progreso aportado por los españoles al final del siglo XVIII fue considerable, el descubrimiento del volframio, la purificación del platino, el descubrimiento del vanadio y en Segovia, el francés José Luis Proust (1754-1826), la ley de proporciones definidas. Con estos maestros no se logró formar buenos químicos, debido como decía Proust "los oyentes eran gente de mundo, que asistían a las lecciones como hubieran asistido a un espectáculo".

### III-4. REAL GABINETE DE HISTORIA NATURAL

El tercer punto tratado con Ulloa, fue el establecimiento del Real Gabinete de Historia Natural. Sobre este particular decía Bowles "por las sabias medidas y grandes providencias del Gran Rey Carlos III, pues de su orden y bien servido de su Ministro el Excmo. Sr. Marqués de Grimaldi, vamos establecer en Madrid un Gabinete de Historia-Natural tan rico que ya en su nacimiento puede competir con los más famosos de Europa".

Aprecia que el Jardín Botánico está en un paraje incómodo, a media legua de Madrid, en el camino del Pardo, el cual, después de su propuesta a la Superioridad, traslada con infinito gasto y aumento, al sitio más ameno y frecuentado de las gentes, en el Salón del Prado, cerca de donde había pensado la posibilidad de ubicar el Real Gabinete, Referente a la desforestación, comenta: "Solo en Madrid se hallara lo mucho que han destruido de los

que se plantó en tiempos de Felipe II y lo poco que se ha repuesto. Su dehesa, que fue antiguamente buen monte de puerco y oso, es ahora imagen de aridez, pudiendo ser un bello bosque de encinas, para las cuales es muy apto sitio su terreno de arcilla mezclado con arena".

### III-5. VERGARA

La actual provincia de Guipúzcoa fue una de las más destacadas en las industrias mineralúrgicas, con múltiples pruebas documentales de la existencia de ferrerías rudimentarias, a mediados del siglo XIV en las montañas guipuzcoanas, junto a sus minas de hierro y sus bosques frondosos, con una tendencia al descenso a las corrientes hidráulicas de los ríos ya dentro del siglo XVI, con el fin de lograr un movimiento de sus rodetes hidráulicos y de sus martinets, subsistiendo múltiples vestigios en las cuencas del Bidasoa, Deva, Oria, Urola, Urumea, etc. Su legislación tuvo en cuenta esta industria y a principios del siglo XIV existió un fuero denominado de las "Ferrerías", considerado como una disposición protectora de estas industrias e, incluso, designaban una autoridad, conocida por "el Alcalde las Ferrerías". Continuó la sanción de disposiciones protectoras, con la inclusión en el siglo XVIII en los fueros de Guipúzcoa de normas al efecto. Entre las industrias más destacadas durante el siglo XVIII figuran la fabricación de anclas en 18 ferrerías, habiendo alcanzado una producción anual de 400 anclas, la mayoría destinadas a la Real Armada.

En las familias más conocidas de Guipúzcoa va profundizando la idea de formar una sociedad con fines culturales, para fomento de todas estas industrias y formación de personal técnico para las mismas. En la primera reunión (1762-febrero-7) promotora de la organización, decía el Conde de Peñaflores: "La Sociedad de los Amigos del País es un verdadero templo consagrado a la sabiduría, cimentado sobre un sólido fundamento de amistad y amor a la Patria". "Procurará al País toda clase de utilidades y progresos en las Ciencias, las Bellas Artes". "Todas las Ciencias Matemáticas y los fenómenos de la Naturaleza, entran en el programa de la Sociedad."

Mantienen reuniones, la idea va madurando, se discute el posible articulado y planes de actuación, celebrando una sesión en la Villa de Azcoitia (1764-diciembre-24), fundando la "Real Sociedad Vascongada de Amigos del País" acordando remitir todo al Rey, por conducto de su Consejero. No se hacen esperar las primeras actuaciones, se convoca en la Villa de Vergara (1765-febrero-5) una junta general, con el encargo a todos los amigos de acudir con alguna comunicación útil para la Sociedad. La actividad científica quedó iniciada. Entre los acuer-

dos tomados figura el establecimiento de lecciones impartidas por maestros que instruyesen a los "Jóvenes Caballeros del País", denominados posteriormente "Caballeritos de Azcoitia".

Recibida la autorización real (1765-abril-2), convocan otra junta extraordinaria (1765-abril-18), para dar conocimiento a sus simpatizantes de la gracia real y aprobar y remitir al Rey el Reglamento de los Caballeros Alumnos y de la correspondiente institución de enseñanza conocida por "Real Seminario de Vergada" y la cesión del abandono colegio de Vergara, concedido por Real Provisión (1769-agosto) se procede a su ocupación (1771-febrero-6).

De enorme actualidad es la recomendación establecida en la Junta General celebrada en Vitoria (1766-abril-14): "Llevad al extranjero todas las materias trabajadas que podáis y traed de él, en bruto, todas las que puedan servir de fondo a vuestras manufacturas".

Todos los años se celebran con interesantes aportaciones las sesiones de su Comisión de Metalurgia y de la Sociedad de Minería. Comienza la salida de alumnos al extranjero, de los Caballeritos para ampliar estudios. El primero (1770) es Ramón María de Munive y de Areizaga (1751-1774), pero después de sus brillantes estudios en Freiberg y en Estocolmo y haber establecido importantes y útiles contactos con los establecimientos mineros y metalúrgicos más interesantes de Europa, fallece en su tierra natal.

### III-6. BARCELONA

De los alumnos pertenecientes a la primera promoción de la Academia de Almadén, la mitad eran catalanes. En las sucesivas fue disminuyendo la participación de esta región y aumentando el número de vascos, ello prueba; la existencia en Cataluña de algún Centro que fomentaba la afición a los minerales y su utilización económica. ¿Qué centro fue éste? Pasaremos a exponer nuestra opinión.

Situemos aquella época en Barcelona. La ciudad, en pleno desarrollo demográfico con el paso en medio siglo de 34.005 habitantes (1720) a 71.783 (1770), experimentó últimamente algunas dificultades en la industria, principalmente la crisis producida por la disposición de Carlos III (R. D. 1760-mayo-15), levantando la prohibición de entrada de géneros extranjeros de algodón, con la imposición de un recargo del 25 por 100 y el gravamen del 20 por 100 a la introducción del algodón en floca. Se inicia atenuadamente y con fluctuaciones (1764) el alza de los precios de los artículos de primera necesidad, con un incremento vertiginoso poco después (1770), arrastrando también el de los salarios. Evolución acom-

pañada con el vestir con lujo inusitado, en un informe se puede leer (1768): "Hoy no se ve menestral ni artesano alguno que no vista y observe la diferencia de tiempo en ropas delgadas de lana, chupa de seda y aun superiores estofas extranjeras. Sus mujeres, hijos y familia consumen estos mismos géneros"... "Se ha pasado insensiblemente a la general profusión en la masa, el esmero en el adorno, colgaduras y aseo de las casas". Todas estas necesidades tienen una contrapartida, cada día mayor necesidad de los productos del reino mineral.

El centro cultural más destacado era el Colegio fundado (1538) por Juan de Cordelles y ahora regentado por la Compañía de Jesús, donde se profesaba entre otras disciplinas la Historia Natural. Otro centro cultural de Cataluña era la Universidad de Cervera, creada por Real Resolución (1714-septiembre-17), con carácter teológico y escolástico, donde el P. Mateu Aymerich (S. J.) (1715-1799) tenía grandes aficiones a las Ciencias Naturales.

Como consecuencia de la sanción impuesta por Felipe V, Barcelona estaba privada de los "Estudios Generales" desde (1717), es necesario crear un centro de cultura superior, un profesor del Colegio de Cordells, el P. Thomas Cerdá (1715-1791), promueve una reunión (1764-enero-18) para constituir "la conferencia físico-matemática experimental", en la farmacia de Francisco Sala, aficionado a las Ciencias Naturales y simpatizante con todo movimiento científico, con una rebotica cenáculo donde se acogió a la aristocracia intelectual durante el proceso de su organización inicial, continuada (1764-mayo-18) en el piso 2.º de la casa del escribano José María Avellá. La afición a las Ciencias Naturales de algunos individuos de la ciudad de Barcelona, era grande y por todos los medios procuraban profundizar en ellas.

Figuran entre las actividades de la Real Junta de Comercio, creada por Fernando VI (R. C. 1757-marzo-6), la promoción de cátedras y concesión de pensiones. Entre las 35 concedidas en el período 1776-1834, destaca (1807) la de Mateo Orfila y Rotger (1779-1853), para el estudio de química y mineralogía de Madrid y París, quien por circunstancias de la vida cambió de orientación científica. Descubrió la presencia de picromiel en los cálculos biliares del hombre, fue primer médico de los reyes de Francia, jefe y director de una escuela medioquirúrgica en el país vecino y Ministro de Educación.

Se solicita y reitera la petición de la titulación Real, concedida con la denominación de "Real conferencia físico-experimental" (R. C. 1765-diciembre-17), sin que esta titularidad implicase ningún privilegio. En la reglamentación nueva se da entrada a las ciencias aplicadas y a su utilización económica. Establece nueve direcciones, entre ellas las de Historia Natural, con la posibilidad de organizar dentro de cada una un insospechado centro de la máxima cultura científica, y en el caso particular

del que estamos considerando, de organizar un gabinete de Historia Natural. Presenciamos los primeros pasos de una moderna Universidad utilitaria científico-industrial, centro de orientación y especulación capaz de imprimir al país el nivel cultural europeo. El Rey había puesto en manos de los promotores de la rebotica, la posibilidad de establecer en Barcelona el cultivo casi general de todas las ciencias físicas y naturales.

Se procede a la designación de cargos (1766-mayo-14) y por Historia Natural lo son: Director, el doctor Pedro Güel, y para Revisor el escribano Mariano Avellá.

Pronto se reciben solicitudes de personas que desean aprender o perfeccionar las Ciencias Naturales, el primer solicitante es Francisco de Planella quien dice: "deseo dedixarme al útil y gustoso estudio de las ciencias naturales". El monje Francisco Llobet "Desea dedicar los ratos de ocio a la historia natural... y en su monasterio le es fácil aplicarse a la investigación de minerales, petrificaciones..." Decía Narciso Subirás y Borrell "Me hallo inclinado al ramo de la historia natural". Con mayor soltura de pluma Joseph Francisco Camps "a esfuerzo de la inclinación que abren en los arrullos de la tierna infancia profeso a las ciencias naturales, escoge el florido ramo de la mineralogía". y muchos más con aficiones análogas.

Por su tipo de redacción, podría coincidir el peticionario con el farmacéutico José Francisco Camps (1795-1877) entusiasta de los minerales y autor de una interesante obra de mineralogía.

Se vota la admisión de Joseph Comes como miembro del Estudio (1769-marzo-29), afecto a la Dirección Historia Natural, quien habría de ser una persona destacada en el campo de la mineralogía y de la minería.

Corresponde iniciar las conferencias previstas en el Reglamento encomendado a Güel (1766-octubre-8), "como Director de la Historia Natural, a dar los elementos de este ramo de la física", las cuales tendrían lugar todos los lunes, donde asistió con casacón y peluca, supliéndole Francisco Subirás y Barra a partir del 14 de diciembre.

Entre las iniciativas de la Real Conferencia a realizar durante el verano, figura el estudio de la mina de carbón de piedra en las cercanías de Isona, Corregimientos de Tremp y Talarn, comisionando a tal fin (7-agosto-1768) a Juan Antonio Desvalls y de Ardena, Marqués de Lupia (1740-1820), así como el análisis de todos los carbones minerales de origen catalán, para su comparación con la antracita inglesa, con el fin de descubrir la naturaleza y

usos de cada especie de este fósil en particular (13-agosto-1766).

Entre su primeros miembros, hubo varios académicos cultivadores de las ciencias geológicas, como el R. P. Fr. Agustín Canellas (1765-1818) autor de numerosas observaciones de historia natural en Cataluña; Desvalls, coleccionista de preciosas muestras de historia natural; Francisco Carbonell y Bravo (1768-1837), antiguo alumno de química mineral en Madrid y promotor de los estudios de Palma de Mallorca; Francisco Javier de Bolós Germán de Minuart, profundo investigador y uno de los primeros en estudiar los terrenos volcánicos de Girona; Agustín Yáñez y Girona (1789-1857), sucesor de Carbonell y autor de interesantes trabajos de paleontología; José Antonio Llobet y Vall-Iloera (1769-1862), geólogo y consultor de varias empresas mineras. Esta pléyade de sabios fueron los promotores entre la juventud catalana de la afición a la geología y minería.

Desde 1772 hasta 1777 inclusive, permutaron entre ellos los cargos de Director y Secretario de la sección de Historia Natural quienes los habían desempeñado anteriormente: Güel y Comes.

Propone Cobes (1777-abril-9) como dictamen de la Dirección para este año "Las salinas de Cardona, explicando las calidades de la sal, producción, especie según el sistema de Walerio. Si las calidades con preferibles a las que dan las minas de Hungría y Polonia y a las otras sales del Principado."

Entre las memorias presentadas por el activo profesor Comes destacan: "La materia sustancial del nitro y modo de prepararla para la composición de la pólvora" (1771-julio-10); "La causa que motiva sean saladas las aguas del mar y que produce la sal marina" (1771-noviembre-13); "Modo de formarse la lluvia y la causa física porqué deja de llover en algunos países de nuestro globo" (1775-enero-25).

Esta actitud promocionando la ciencia y la técnica, piedra sobre piedra, paciente y lentamente, por las más relevantes personalidades que en el conocimiento científico tenía Cataluña, constituidos voluntariamente en entidad académica, sostenida del propio peculio de sus componentes, creó un clima cultural que proporcionó destacados alumnos a la primera promoción de la Academia de Almadén, como el matemático Pedro Subiela, uno de los Ingenieros de Minas más destacados de Huancavelica (Perú), y el caballero Carlos Buxó con sus actividades profesionales en el Principado de Cataluña. También era de Barcelona el cadete de la primera promoción José Cherta, expulsado de la Escuela por sus intrigas y mal comportamiento.

## Noticias

### MINERIA

#### EN MAYO, "COTO WAGNER" SE EXPLOTARA A CIELO ABIERTO

Para el próximo mes de mayo se espera que pueda estar en marcha la explotación a cielo abierto del "Coto Wagner" (en la actualidad medio millón de toneladas anuales de mineral de hierro), propiedad de Minero Siderúrgica de Ponferrada y situado en León.

La transformación de la explotación era inevitable para poder continuar aprovechando el yacimiento, ya que en las actuales circunstancias (el año pasado se perdieron allí sesenta millones de pesetas, según informa el nuevo diario económico "5 Días") hubiera sido necesario el cierre, dados los altos costes de producción. Con la reconversión que supone la minería a cielo abierto, de las 430 personas que antes trabajaban en "Coto Wagner" se ha bajado en la actualidad a 240, pasando el personal sobrante a las instalaciones industriales de Ponferrada.

#### AUMENTA LA PRODUCCION DE COBRE

Uno de los minerales metálicos en expansión dentro de la minería española es el cobre. La producción ha pasado de 31.300 toneladas en 1975, a 35.000 toneladas en 1976 y 39.950 toneladas métricas en 1977.

La capacidad española de fusión de cobre es de unas 150.000 toneladas, que resultan insuficientes para las necesidades del mercado interior, por lo que en 1976 hubo que importar 39.000 toneladas (16.000 toneladas se compraron en semielaborados). También hay que señalar que se han exportado cátodos, dada la recesión del mercado nacional.

Los productores españoles de cobre son Unión Explosivos Río Tinto (cubre los dos tercios del sector), Indumetal, Edelco y Ceymsa.

Los proyectos cupríferos hoy en marcha se centran en las nuevas producciones de mineral, a obtener por Andaluza de Piritas, en Aznacollar (Sevilla); Explosivos, en Cerro Colorado y San Dionisio, y Masa, en Sotiel (Huelva). Además hay proyectos metalúrgicos por parte de Aipsa y Explosivos.

#### LASER PARA LA SEGURIDAD EN MINERIA

La empresa Survey & General Instruments Co., de Kent (Inglaterra), construye un láser de alineación a prueba de llamas que, según el fabricante, es mucho más ligero y cómodo de usar que otros equipos análogos.

Su clasificación por la National Coal Board del Reino Unido como unidad a prueba de llamas clase A, hace del láser FLP un equipo aceptable para trabajar en minas de carbón o en cualquier zona donde se generen humos muy combustibles. Entre sus aplicaciones figuran la ininterrumpida comprobación y control de galerías de extracción y avance en minas, y la alineación de carriles, vías y cintas en esta misma industria.

El láser puede también emplearse para alinear máquinas de corte en el frente de arranque de la mina. La unidad de diseño modular pesa menos de 13,6 kg. y tiene cuatro secciones unidas por pernos entre sí pero que pueden cambiarse de posición mutua. La sección tubular delantera alberga el sistema óptico, la central, el láser propiamente dicho, y la posterior, los circuitos electrónicos. La cuarta es un conector a prueba de llamas más un bastidor ajustable de montaje con abrazaderas direccionales y mandos finos de alineación. La envolvente del láser es de metal y no de vidrio, lo que, además de otorgarle una gran duración (que viene a ser de 20.000 horas), la hace fiable en condiciones extremas mecánicas y de impactos térmicos.

Su excelente facultad de disipación de calor, junto con su resistencia a los choques mecánicos, quedan aseguradas porque el tubo del láser y el excitador están totalmente encapsulados en un compuesto flexible de elevada conductividad térmica. El excitador es una unidad estabilizada y compacta que actúa como conmutador y cuyo económico consumo de energía es inferior a 20 vatios. Puede resistir variaciones accidentales bruscas de la tensión nominal de red superiores al 10 por 100.

El láser es de tipo helioneón de espejo sellado y cátodo frío, que trabaja en el margen espectral de los 632,8 nanómetros (luz roja). Sus dimensiones son de 565 mm. de longitud por 95 mm.<sup>2</sup> La distancia desde la base al centro del rayo láser es de 160 mm. El diseño de la cuna es de 6,3 kg., que tiene abrazaderas verticales y horizontales y un ajuste fino de dirección, garantiza el fácil montaje de la unidad en cualquier posición e incluso su suspensión del techo. Además, este equipo, que es estanco a la humedad, puede sumergirse en el agua.

#### DOCE MIL PUESTOS DE TRABAJO GENERARIAN LOS PROYECTOS MINEROS

"La gran aspiración de la minería española no consiste en lograr un proteccionismo especial, sino simplemente en que reciba un tratamiento análogo al que se da en los países industrializados", manifiesta José Sierra, director general de Minas, en una entrevista que publica el diario "Cinco Días".

En este sentido, la ley de Fomento de la Minería de 1977 constituye un objetivo largamente perseguido, en cuanto sienta las bases para lograr esa equiparación de tratamiento con otros países industrializados, aunque haya que reconocer que tales bases son todavía muy perfectibles y deberán adaptarse a los nuevos planteamientos de la política económica.

Dice el director general de Minas que en este momento hay a la vista, en minería no energética, más de veinte proyectos mineros rentables, algunos de ellos ya iniciados, y pendientes otros.

Desde el punto de vista de la corrección de nuestro déficit exterior, la inversión de 55.000 millones de pesetas en los referidos proyectos, daría lugar progresivamente, en los próximos cinco años, a una sustitución de importaciones anuales por valor de 17.000 millones de pesetas y a una generación de exportaciones por valor de 16.600 millones.

En relación con el problema del paro, ello se traduciría en el mismo período de tiempo en la creación de unos 12.000 puestos de trabajo, entre directos e inducidos, además de hacer viable la supervivencia, por reconversión, de algunas explotaciones mineras.

#### CREDITO OFICIAL PARA PROYECTOS MINEROS

Para financiar proyectos de minería no energética que se encuentran en realización, con programa de desarrollo o en fase inicial, las necesidades de crédito oficial se evalúan en 30.831 millones de pesetas, de los que ya se han concedido 5.689 millones. La inversión total prevista para estos proyectos es de 59.400 millones de pesetas aproximadamente.

Con estas inversiones se conseguirá aumentar el valor de la producción minera no energética en el año 1982 en 33.651 millones de pesetas y en 1987 en 37.750 millones.

Entre los principales proyectos en realización de minería no energética, en los momentos actuales, destacan el de Aznacollar (Sevilla), con unas inversiones próximas a los 9.000 millones, y corta Atalaya (Huelva), con inversiones del orden de los 3.130 millones de pesetas.

#### AVANCE DE LA PRODUCCION DE CARBON

La producción de hulla en los nueve primeros meses de 1977 se elevó en España a 5,88 millones de toneladas, lo que supuso un 18 por 100 aproximado de incremento respecto al mismo período del año anterior. El valor de esta producción—según datos facilitados por el ministerio de Industria—se elevó a 17.357 millones de pesetas.

Oviedo sigue siendo la principal provincia productora, con 3,88 millones de toneladas y un incremento del 14 por 100 respecto a 1976.

La producción de lignito registró también un incremento del 37 por 100, aproximadamente, situándose en 4,23 millones de toneladas.

La producción de antracita aumentó igualmente, en el período indicado, en un 3,5 por 100, elevándose a 2,72 millones de toneladas.

#### MINA "CERRO DEL HIERRO", ABANDONO TOTAL

Los cien trabajadores de la mina "Cerro del Hierro", de la localidad sevillana de Alanís, se han negado a acudir al trabajo al llevar dos meses sin percibir sus salarios.

Según informaron a Efe fuentes laborales de la citada localidad, el abandono por parte de la empresa es tal que el mineral de hierro extraído se encuentra almacenado a pie de mina, sin que sea cargado. Una representación de trabajadores se trasladó a Huelva para exponer ante el delegado provincial de Trabajo la grave situación que viven, puesto que el economato de la empresa ha cerrado sus puertas y no suministra producto alguno a las familias de los trabajadores, que no pueden pagar sus débitos.

#### RIOTINTO PATINO-CERRO COLORADO

En accidente producido en las instalaciones de Riotinto Patiño-Cerro Colorado, Huelva, perdió el brazo derecho un trabajador mientras realizaba las funciones de limpieza en una cinta transportadora. Por ello se ha producido un paro total de 500 trabajadores en las instalaciones, afectando igualmente al concentrador de oro, al de cobre, geología y almacenes. Al cabo de unas horas dichos productores volvieron al trabajo, informa Europa Press.

Los trabajadores, reunidos en asamblea, confeccionaron una plataforma reivindicativa con los siguientes puntos:

creación de tres nuevos puestos de chófer de ambulancia, que se den las órdenes necesarias para prohibir cualquier tipo de limpiezas de cintas transportadores estando en marcha y garantizar tanto al trabajador como a su familia el seguir percibiendo el cien por cien de su salario real al quedar imposibilitado el productor.

#### "EL ENTREDICHO" NUEVO YACIMIENTO DE CINABRIO EN ALMADÉN

Anselmo Torres, ingeniero de Minas y director técnico adjunto a la presidencia del Consejo de Administración de "Minas de Almadén", explicó para "El Alcázar", las vicisitudes y características del nuevo yacimiento.

"En 1975, a partir de unos sondeos y mallas (sistema de investigación geológico) un grupo de geólogos de la empresa descubrió un nuevo filón de cinabrio, situado a 17 kilómetros de Almadén. Su hallazgo no fue obra de la casualidad, pues ya teníamos algunos indicios, y de hecho la Administración, a instancias de nuestra entidad, reservó para investigación una zona de terreno, en un radio de 50 kilómetros, alrededor de Almadén."

"El Entredicho", que así se llama la nueva criatura, está considerado como al más rico del mundo en cuanto a la ley del mineral (es decir, en calidad), pues la piedra que allí reside a flor de tierra, tiene un 50 por 100 de cinabrio. "Por otro lado —afirma el señor Torres—, la cantidad encontrada nos permite asegurar y garantizar la producción total de España para otros quince años más."

El modo de explotar esta nueva riqueza y las consecuencias favorables que puede suponer para la comarca nos la resume así el señor Torres: "A diferencia del actual yacimiento, la nueva etapa aporta entre otras muchas ventajas, la de que el mineral está a flor de tierra, lo cual permitirá su explotación a cielo abierto, que además de ser más económica es más sana. De todos modos, como parte de la veta está debajo de un río y de una carretera, estamos pendientes de la expropiación de los terrenos y del permiso del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo para empezar las obras que se llevarán a cabo en un plazo de diez y ocho meses, es decir, que para 1980, en "El Entredicho" se realizarán extracciones."

En el aspecto de puestos nuevos de trabajo, esta mina creará 45, más luego todos los que se deduzcan de una serie de obras subsidiarias (talleres de mantenimiento, fábricas para la conservación del cinabrio en óxido rojo, constructoras...) que en estos momentos la empresa "Minas de Almadén" está realizando o tiene proyectadas. Por último, también, se está estudiando la posibilidad de explotar nuevas minas de plomo y cinc, que aportarían 500 nuevas plazas."

## HIDROCARBUROS

### NUEVAS PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN EL VALLE DEL EBRO

El monopolio de petróleos ha solicitado del Ministerio de Industria un total de 19 permisos de investigación de hidrocarburos situados en zona terrestre, en diversas zonas del valle del Ebro. La superficie total supera el medio millón de hectáreas.

La Corporación Estatal Minera Boliviana (COMIBOL) ha adjudicado a firmas soviéticas un contrato para el suministro e instalación de una planta de volatilización de estaño por valor de 30 millones de dólares en el departamento central boliviano de Oruro. Se espera una visita de técnicos soviéticos para la firma del contrato, esperándose que la URSS financie la totalidad del proyecto.

El ministro de Exteriores peruano, José de la Puente, confirmó que Perú no reducirá su producción de cobre, añadiendo que se estaban realizando conversaciones entre miembros del CIPE, si bien no ha sido alcanzado un punto de acuerdo común. Perú, Zambia y Zaire se reunieron en Londres recientemente, pero no lograron llevar a cabo la idea de reducir la producción.

La firma alemana Preussag AG ha anunciado que piensa reducir su capacidad productiva de cinc en un 50 por 100 a partir de 1 de marzo mediante una regulación de las horas trabajadas por su operarios. La factoría emplea a 3.000 trabajadores y tiene una capacidad productiva anual —actualmente— de 100.000 toneladas.

Los Estados Unidos podrían probablemente acordar un pequeño aumento en la banda de precios del contingente regulador internacional del estaño en la próxima reunión a celebrar por el Consejo Internacional de Estaño (CIE), según informaron en la capital boliviana fuentes de la industria de minería privada.

### SITUACION DE LOS YACIMIENTOS DE PETROLEO ESPAÑOLES

El yacimiento "Dorada", situado en la costa tarraconense, comenzará a producir petróleo hacia junio de este año, con unas reservas estimadas en unos 1,5 millones de toneladas y que podrían ser agotadas en tres años, según comunican fuentes de la industria petrolífera. El yacimiento está siendo explotado conjuntamente por el Instituto Nacional de Industria, a través de su filial Eniensa, así como por la Getty Oil Co. y la Allied Chemical Corp. (a través de su filial Unión Texas España), con participaciones del 35, 32,5 y 32,5 por 100, respectivamente. La citada explotación está cercana a la denominada "Tarragona", de Shell Oil Co. y Campsa, que inició su producción a finales de 1977. El período

de tiempo estimado de las reservas es igualmente de tres años.

La producción de otro campo petrolífero, el de "Amposta", ha descendido hasta las 500.000 toneladas desde dos millones de toneladas, esperándose que se agote a finales del presente año. Este campo de "Amposta" está siendo explotado por Shell, Campsa y Eniensa.

Otros dos yacimientos son: "Casablanca", que está siendo explotado por Chevron, que participa en un 15 por 100; por Eniensa, con un 42 por 100, quedando el resto de participación para la también estatal Ciepsa, Denison Mine Ltd. y Canadá North West Land Ltd., y el de "Montazano", descubierto el pasado octubre y estimada su producción en unos 9.504 barriles de crudo diario, participando en él Chevron y el Estado español a través de Eniensa. Caso de que se demuestre la rentabilidad de las reservas de "Casablanca" y del "Montazano" podrá ser construido un oleoducto submarino que uniese a ambos con la refinería de Empetrol en Tarragona.

### SONDEO POSITIVO EN TARRAGONA

Al parecer, la bolsa localizada puede alcanzar una producción de 10.000 barriles diarios de crudo.

La plataforma petrolífera "Sedco-1" ha perforado una bolsa de hidrocarburos frente a las costas tarraconenses, calificada de gran importancia por los técnicos.

Al parecer, la bolsa localizada por la "Sedco-1" puede alcanzar una producción de 10.000 barriles diarios de crudo. El lugar del descubrimiento se encuentra a unos 50 kilómetros de la costa y a una profundidad aproximada de 5.000 metros.

La plataforma "Sedco-1", que lleva varios años de prospección en las aguas tarraconenses será trasladada al puerto de la ciudad para su revisión y posterior traslado a otros puntos de la zona.

### LA PRODUCCION DE PETROLEO EN ESPAÑA

La producción total de crudo de la Europa del Oeste en 1977 fue de 63,4 millones de toneladas, de las que un millón correspondieron a España, según datos de la revista "Petroleum Economist".

La producción española fue igual a la italiana y superior a la de Dinamarca, cuyo volumen fue de 500.000 toneladas. La mayor producción correspondió al Reino Unido, con 37,4 millones, seguido de Noruega, con 13,5 millones; Alemania, con 5,4 millones; Austria, con 1,9 millones; Países Bajos, con 1,6 millones, y Francia, con 1,1 millones de toneladas.

La producción española en 1977 fue notablemente inferior a la de 1976, con 1,8 millones, y de 1975, con 2 millones de toneladas. El volumen de 1974 fue de 200.000 toneladas de crudo.

Por lo que se refiere a las estimaciones de la producción de petróleo y gas natural, a las aguas españolas corresponden 0,8 millones de toneladas equivalentes de petróleo para 1978 entre 1,5 y 2,5 millones para 1980 y entre 2 y 4 millones de toneladas equivalentes de petróleo para 1985.

## AGUAS SUBTERRANEAS

### CAUDALOSO AFLORAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN ALCALÁ LA REAL (JAÉN)

Unos sondeos realizados en Alcalá la Real, una de las poblaciones más importantes de la provincia, ha dado como resultado que se puedan explotar casi 1.300 litros de agua en régimen continuo a partir de este momento.

De esta forma, una inversión del millón de pesetas realizada con cargo al Plan de Inversión Pública Adicional se ha transformado en unos doscientos millones de pesetas, valor estimado del agua localizada. Es un caso que creemos único en España el éxito en este sondeo, producto, a su vez, de un completo estudio hidrogeológico de la zona.

Alcalá la Real disponía con anterioridad de sólo treinta y cinco litros para el abastecimiento en régimen continuo. Con la consecución a que aludimos, se da vida a toda una comarca y a su porvenir industrial, a la vez que podrán convertirse en regadío más de mil hectáreas de labor.

## ENERGIA

### SE BUSCAN ENERGIA Y MINERALES

El Banco de Bilbao tiene una tradición en el fomento de la industrialización española que se ha venido ejerciendo a lo largo del tiempo y a la que responde la creación de Promotora de Recursos Naturales, sociedad que inició su actividad en noviembre de 1976 con capital 100 por cien del Banco y orientada a la prospección y explotación de materias primas minerales energéticas y no energéticas.

José Rosón Trespacios, presidente de Promotora de Recursos Naturales, S. A. (PRN), se ha reunido con un amplio grupo de informadores para dar cuenta de

la compañía en su año y medio escaso de vida. Desde 1973 es preciso importar el 71 por 100 de los recursos necesarios. El objeto es reducir ese grado de dependencia a poco más de un 60 por 100 en 1987.

En sus programas selectivos de prospección y explotación, PRN está dando preferencia a recursos energéticos como el lignito y el uranio y a otras energías como la geotérmica y la marina, así como a diversos minerales y rocas. La contribución de la sociedad en este campo es la del aporte tecnológico, la financiación y la capacidad de captación de sociedades extranjeras que figuren en compañías mixtas con intervención del Estado español en ciertos casos.

El dominio minero de la sociedad es el resultante de la adjudicación de veinte permisos de explotación en las provincias de la Coruña, Lugo, Teruel y Lérida, con una superficie de más de 5.000 kilómetros cuadrados. Desde julio se investiga en Galicia sobre lignitos, habiendo concluido la primera campaña de perforación con la ejecución de catorce sondeos.

El lignito pardo, cuyo poder calorífico es la mitad que el de el lignito negro y tres veces y medio menor que el de la hulla, constituye, sin embargo, por su abundancia la gran reserva nacional para la producción de energía eléctrica procedente del carbón.

En uranio, PRN acaba de concluir la fase principal de negociaciones con la Administración para crear un consorcio formado por la Junta de Energía Nuclear, la Empresa Nacional del Uranio y un grupo extranjero. Y en cuanto a otras energías, se estudian posibilidades de participación en geotermia y se ha obtenido la admisión en Eurocean, asociación de grandes compañías europeas para el estudio de posibilidades de aplicación de recursos de origen marino.

Otro campo de actuación es el del estaño, en el que España es fuertemente deficitario, con una producción inferior a 1.000 toneladas para un consumo del orden de 15.000. Se mantiene un programa de investigación sobre "Mina Sultana", en la provincia de Teruel, en asociación con la empresa del INI Minas de Almagrera y se negocia con sociedades extranjeras que puedan aportar técnica y financiación para explotar los permisos solicitados por PRN en Extremadura y Salamanca.

#### AUMENTAN LAS RESERVAS ESPAÑOLAS DE URANIO

Con el descubrimiento de 1.200 toneladas de óxido de uranio del 1,2 de ley, realizado durante la pasada campaña en los sondeos de la provincia de Salamanca, las reservas españolas de dicho producto de interés nuclear aumentaron el año pasado un 13 por 100 con respecto al anterior.

En la campaña de Salamanca, terminada a finales de noviembre, la Empresa Nacional del Uranio tuvo que

realizar sondeos en 27.000 metros, con una media de 100 metros de profundidad.

Concluida la citada campaña, se ha iniciado otra en la que se realizarán 15.600 metros de sondeos durante el presente año. Aparte de Salamanca, la Empresa Nacional del Uranio tiene solicitada la explotación de una zona de 9.000 metros cuadrados al borde del batolito de Los Pedroches, en las provincias de Córdoba, Badajoz, Jaén y Ciudad Real. Otro dos permisos, actualmente en trámite de adjudicación, afectan a las coarcitas de la zona de Despeñaperros.

#### ECONOMIA

##### ESTADOS UNIDOS VENDERÁ RESERVAS DE ESTAÑO

La venta de 45.000 toneladas de estaño por parte de los Estados Unidos no afectará al mercado de dicho mineral, aseguró el embajador de los Estados Unidos en Bolivia.

Sin embargo, sólo el anuncio de tal lanzamiento ya ha determinado una baja en las cotizaciones en la Bolsa de Londres, en donde se registró una baja de 14 puntos en la última jornada. Bolivia, segundo país productor de estaño, respira aires de alarma por la tendencia a la baja.

El embajador norteamericano Paul H. Boecker trató de tranquilizar al mercado afirmando que el lanzamiento de parte de las reservas estratégicas de su país sólo trata de llenar la brecha entre la producción y la demanda en el "mundo libre". Señaló asimismo que los productores deben aumentar su oferta ante las presiones de la demanda.

El mismo embajador reconoció que ese lanzamiento de estaño coincidía con "un desafortunado momento que vive la economía boliviana". Pese a ello, mostró la irreversibilidad de la decisión norteamericana, pero insistió en que tal medida garantizará la estabilidad de los precios. Las diferencias entre una demanda creciente y una producción en baja, pero compensada por la elevación de los precios, venía produciendo una carrera alcista en las cotizaciones del estaño, con la que Bolivia ha venido luchando en los dos últimos años.

##### PALENCIA: UNA DE LAS MINAS DE GUARDO CIERRA POR PROBLEMAS ECONOMICOS

La empresa minera de antracita San Isidro y María, de la localidad palentina de Guardo, ha cerrado definitivamente sus puertas, dejando en paro a unos 60 trabajadores que a partir de ahora tendrán que acogerse al seguro de desempleo.

La empresa presentó hace algún tiempo expediente de crisis y baja rentabilidad, en los organismos competentes lo que le fue reconocido oficialmente.

El problema se extiende además a toda la cuenca minera palentina y en especial a la de esta zona, ya que el resto de las seis empresas antraciteras de Guardo están más o menos en las mismas condiciones y en ningún momento podrían reabsorber a los citados trabajadores despedidos.

Recientemente se creó en el Gobierno Civil de Palencia una ponencia para promocionar la minería de la región, en la que entre otras cosas piden, como una buena solución, la aceleración de los trámites para la ampliación de la central térmica de Terminor, que Iberduero tiene en la cercana localidad de Velilla del Río Carrión.

De cualquier forma, la situación final de la minería palentina dependerá del nuevo convenio colectivo, que en estos días comenzará a debatirse.

##### INCO: DESCENSO DE VENTAS Y DE BENEFICIOS

Las ganancias estimadas de la Inco Limited en 1977 han sido de 99,9 millones de dólares, comparadas con las obtenidas en 1976, que fueron de 196,8 millones. Las ventas totalizaron los 1.950 millones de dólares, siendo las de 1976 de 2.040 millones de dólares. La ESB Incorporated contribuyó con 706 millones de dólares a las ventas de Inco en 1977 y con 598 millones a las de 1976.

Los factores que en mayor grado contribuyeron al declive en las ganancias en 1977, comparadas con las del año anterior, han sido las entregas más bajas de níquel y de los metales del grupo del platino, precios más bajos del cobre, costes unitarios mayores en los negocios de los metales y una menor contribución a las ganancias por parte de la ESB, debido principalmente a los factores no recurrentes.

Como factores favorables del ejercicio se citan los precios más altos en los productos laminados y en los de los metales del grupo del platino, así como un saldo positivo de 17,6 millones de dólares, resultado de los ajustes de moneda, comparado con el de dos millones de dólares en 1976.

Durante 1977 las entregas de níquel en todas sus formas alcanzaron las 141.500 toneladas métricas, un 24 por 100 menos que las correspondientes a 1976, que fueron de 186.500 toneladas métricas. Las entregas de cobre totalizaron las 154.700 toneladas métricas, habiendo sido las de 1976 de 161.500 toneladas métricas. Las entregas de productos laminados en 1977 fueron ligeramente más bajas que en el año previo.

A lo largo de 1977 no se ha suministrado material alguno procedente de Indonesia ni de Guatemala.

##### MINAS Y FERROCARRIL DE UTRILLAS: SE GESTIONA UN CREDITO EN EL EXTERIOR

La empresa Minas y Ferrocarriles de Utrilla, S. A., celebró Junta general extraordinaria en su domicilio social el pasado día 10 de marzo, con objeto de acabar una operación financiera en el mercado internacional de capitales.

Esta sociedad, que explota un yacimiento de lignito en Utrillas (Teruel), está presidida por don Felipe Lafita; sus ventas en 1976 superaron los 700 millones de pesetas, con un descenso del 16 por 100 respecto al año anterior. El beneficio neto de 1976 —se desconocen datos de 1977— fue de aproximadamente 600.000 pesetas. Esta sociedad tiene una plantilla de cerca de 1.500 personas.

##### PRESTAMO A MEXICANA DE COBRE

Citibank Na., de Nueva York, ha completado la sindicación de un préstamo por valor de 270 millones de eurodólares a ocho años para Mexicana de Cobre (la compañía extractora del cobre mexicano), según informan fuentes bancarias, que añaden que el préstamo devengará un interés de un 1 1/2 adicional sobre el tipo de interés interbancario de eurodólares londinenses para los cinco primeros años, aumentando hasta 1 5/8 para los años seis a ocho.

El préstamo, según las fuentes, será utilizado por Mexicana de Cobre para financiar su proyecto de Caridad, y será organizado por Nationale Financiera, S. A., una agencia gubernamental.

##### SOLICITAN LA INTEGRACION DE MINAS DE FIGAREDO EN HUNOSA

Una representación del comité de empresa de Minas de Figaredo, que tiene una plantilla de unos 1.600 trabajadores, han planteado al Ministerio de Trabajo la necesidad de incorporar esta empresa a Hunosa, ante la postura de su dirección, que afirma no poder hacer frente a la negociación del convenio colectivo por falta de recursos económicos.

Los trabajadores creen que con la inversión de algunos cientos de millones de pesetas para profundizar y preparar los nuevos talleres, la empresa pasaría a ser rentable.

Los salarios de Minas de Figaredo están muy por debajo de los de Hunosa. En algunas categorías las diferencias en retribución fija oscilan entre las 10.000 y las 16.000 pesetas mensuales.

Las centrales sindicales mayoritarias en la minería, CCOO y UGT, entregaron a la comisión interministerial de Industria un documento en el que exponen que la integración en Hunosa es la salida que estiman más adecuada para solucionar las dificultades que atraviesa la empresa.

## REUNIONES CIENTIFICAS

## CONCLUSIONES DE LA III CONFERENCIA NACIONAL SOBRE HIDROLOGIA GENERAL Y APLICADA

En la III Conferencia Nacional sobre Hidrología General y Aplicada, celebrada en Zaragoza coincidiendo con el Salón Bienal Monográfico de Agua, se aprobaron las siguientes conclusiones, dirigidas al mejor aprovechamiento de nuestros recursos hidráulicos:

1.<sup>a</sup> El agua de calidad es un bien económico en cuanto es escaso, por tanto, su gestión racional obliga a contemplar, entre otros, aspectos tales como la recarga artificial y la reutilización de afluentes domésticos e industriales.

2.<sup>a</sup> Entre las técnicas existentes para tratar, almacenar, regular y, en definitiva, aumentar los recursos hídricos disponibles, figura, con la suficiente difusión y garantías técnicas, la recarga artificial de los acuíferos.

3.<sup>a</sup> La recarga artificial necesita aplicar una tecnología bien planteada, con aguas adecuadas en turbidez y calidad, así como disponer de un sistema eficaz de mantenimiento adaptado a cada situación concreta.

4.<sup>a</sup> En nuestro país existe experiencia en recarga artificial que, aplicada en diversas regiones, cubre aspectos prácticos de gran interés.

5.<sup>a</sup> La progresiva escasez de los recursos convencionales y el deterioro de su calidad han conducido a la necesidad de la reutilización de los efluentes, elevándolos a la categoría de recursos, ya que la tecnología del tratamiento del agua ha adquirido un grado de desarrollo tal que permite abordar los problemas derivados de la recuperación y reutilización de los efluentes con garantía de éxito y a unos costes razonables, contribuyendo, además, a la defensa del medio ambiente.

6.<sup>a</sup> Entre las aplicaciones más interesantes de la reutilización de los ya citados efluentes se encuentra la de su empleo en regadíos, ya que, junto a las evidentes ventajas que pueden reportar para los mismos, es un medio indirecto de depuración de estos nuevos recursos y de recarga de los acuíferos.

7.<sup>a</sup> El problema de la contaminación de las aguas subterráneas requiere, fundamentalmente, soluciones de prevención, ya que, una vez producida, su corrección, aún eliminada la causa productora, es difícil, costosa e incluso en ocasiones inviable.

8.<sup>a</sup> El terreno tiene poder depurador anti-contaminantes desagradables, que es utilizable técnicamente con las debidas precauciones, pero que exige una vigilancia muy cuidadosa y responsable.

9.<sup>a</sup> Los vertidos en el terreno pueden suponer un peligro muy grave a la calidad de las aguas subterráneas,

si no se toman seguridades suficientes para evitar el movimiento de los contaminantes.

10.<sup>a</sup> Tanto la recarga artificial de los acuíferos como la reutilización de efluentes requieren la adopción de medidas de protección eficaces que aseguren la defensa del medio ambiente en general y, muy especialmente, la de los acuíferos y ríos.

Se hicieron las siguientes recomendaciones:

1.<sup>a</sup> Difundir y promocionar la intensificación de las experiencias existentes en España sobre recarga artificial y los datos que sirvan de base al planteamiento técnico, económico y legal en otros lugares.

2.<sup>a</sup> Insistir en que la gestión eficaz de los recursos hídricos totales necesita una Ley de Aguas actualizada y realista.

3.<sup>a</sup> Declarar que para la protección de las aguas subterráneas es necesario prevenir, ya que la corrección es difícil y costosa.

4.<sup>a</sup> Controlar y vigilar las actividades en vertidos potencialmente contaminantes.

5.<sup>a</sup> Que la Administración dote los medios necesarios para mantener, mejorar, extender y publicar los datos de las redes de control existentes, y que éstas terminen de establecerse, sobre todo en el territorio nacional.

6.<sup>a</sup> Considerar que el destino agrícola de las aguas residuales tratadas o depuradas debe ser prioritario tanto en la utilización directa en riego como en la indirecta mediante recarga de los acuíferos.

7.<sup>a</sup> Deben existir unas prescripciones sanitarias que afecten al agua de riego y a su consiguiente aplicación a los cultivos.

## PREMIOS Y CONCURSOS

## CONVOCATORIA DEL PREMIO PERIODISTICO "FELIX ROMERO" 1978, DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DE TUNELES

La Asociación Española de los Túneles, que tiene como finalidad el estudio, investigación y divulgación de normas que puedan mejorar las técnicas de construcción de túneles y obras subterráneas, ha acordado convocar un premio periodístico para el año 1978, con el fin de galardonar a un escritor o periodista español, que mejor haya divulgado y valorado, a juicio del jurado, durante este año, en los medios informativos nacionales en los trabajos relativos a túneles y obras subterráneas.

Dicho premio consiste en 100.000 pesetas (Cien mil pesetas), para el mejor artículo o artículos literarios o reportajes periodísticos, con o sin fotografías.

Para recibir las bases del concurso, los interesados pueden dirigirse, por escrito, al domicilio de la Asociación, calle Montera, 9, 3.º, donde les serán resueltas cuantas consultas se formulen.

## CONVOCATORIA DEL PREMIO CIENTIFICO "RAFAEL YNZENGA 1978", DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DE LOS TUNELES

La Asociación Española de los Túneles, que tiene como finalidad el estudio, investigación y divulgación de normas que puedan mejorar las técnicas de construcción de túneles y obras subterráneas, ha acordado convocar un premio científico español por sus publicaciones de carácter científico o técnico durante este año en revistas españolas especializadas, referente a temas relativos a los túneles u obras subterráneas.

Dicho premio consiste en 100.000 pesetas para el mejor artículo o artículos, con o sin fotografías.

Para recibir las bases del Concurso y cualquier otra información completa, los interesados pueden dirigirse por escrito, al domicilio de la Asociación( calle Montera, 9, 3.º, donde les serán resueltas cuantas consultas se formulen.

## VARIOS

## ANTIGUEDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA MINERIA

El "ABC" de 30 de noviembre de 1977, y en su página 30, publicó un artículo con ocasión de los actos del bicentenario de la creación de la Escuela de Minas, donde dice "Minas es la primera de las ingenierías que alcanza doscientos años de antigüedad en nuestro país".

El Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, José María de los Ríos, remitió la oportuna rectificación al "ABC", publicada el 16 de diciembre de 1977 en su página 2 con el título "Los Ingenieros Navales son anteriores" donde expresa entre otras cosas:

"Lo que se dice en este párrafo se aparta de la verdad y por ello le ruego haga la oportuna rectificación.

En los últimos días de abril de 1973 la Prensa hacía referencia a los actos que tuvieron lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales con motivo de celebrarse, en ese curso 1972-73, el bicentenario de la creación de la enseñanza de Ingeniería Naval en España por S. M. el Rey Carlos III. Actos que fueron presididos por don Juan Carlos de Borbón, entonces Príncipe de España."

El Académico Juan Manuel López de Azcona, Vocal en representación de los países de lengua latinas en el Con-

sejo Rector de la Comisión Internacional de Historia de las Ciencias (INHIGEO), consultó diarios y revistas de julio y agosto de 1877, no encontrando mención alguna donde se pusiese en duda, la veracidad de las afirmaciones sustentadas en los solemnes actos, clausurados bajo la presidencia de S. M. el Rey Alfonso XII en 14 de julio de 1877, sobre ser la Escuela de Minas la más antigua de las civiles de ingeniería de España.

Con este motivo López de Azcona remitió a "ABC" un comentario titulado "Antigüedad de creación de las Escuelas de Minas y Navales" publicado el 31 de diciembre de 1977, en su página 3 con el epígrafe "Pugna de antigüedad". De él extractamos los párrafos siguientes, por ser los que más afectan al tema y donde se demuestra documentalmente la veracidad de las afirmaciones mantenidas y ahora por primera vez puestas en duda.

La necesidad de implantación de las enseñanzas mineras en España se aprecia a través de las diversas ordenanzas mineras y consideramos como la fecha de su promoción la de la R. C. de Fernando VI (1756-julio-6) designando a Hbernning Carlos Koehler director de la mina de Almadén con la obligación de enseñar las técnicas mineras. El curso lo inicia a los pocos días de su nombramiento.

Por el fallecimiento de Koehler quedó interrumpida esta enseñanza cerca de dos decenios, hasta la designación del nuevo director de Almadén y profesor a favor de Enrique Cristóbal Storr, R. C. de Carlos III (1777, julio, 14). Desde esta disposición real las enseñanzas se impartieron sin interrupción, salvo algunos períodos justificados por las guerras civiles.

Las relaciones de alumnos, expedientes personales, ejercicios prácticos y de examen se conservan en el Archivo Histórico Nacional, sección Almadén (1756 a 1835) y en archivo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid (1837-1977).

Nuestros antepasados en la profesión (1856) consideraron con mucho acierto como fecha de creación de la Escuela de Minas (1777) y no la de implantación de la enseñanza (1756).

Fue solemne, como dice nuestro amigo José María de los Ríos, la celebración del segundo centenario de la implantación de la enseñanza de la ingeniería naval en abril de 1973. Todos conocemos períodos de decenios sin impartir la enseñanza de dicha ingeniería. En disposiciones oficiales fundamentales de Instrucción Pública, como el R. D. (1835, noviembre, 19) de creación del Colegio Científico con el objetivo de unificar las enseñanzas de las ingenierías civiles, sólo se consideran en actividad las Escuelas de Minas y de Caminos y previó la inmediata creación de Geográficos y de Montes y Plantíos. La célebre Ley de Claudio Moyano, con un siglo de vigor en sus disposiciones generales (1857, septiembre, 9, a 1957, julio 20), sólo menciona cinco ingenierías civiles: Minas, Caminos, Montes, Industriales y Agrónomos.

## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
27	2442	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Sevilla.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Badajoz.
27	2438	1-II-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de explotación minera que se citan.
27	2438	1-II-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hacen públicos los otorgamientos de los permisos de investigación minera que se citan.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de solicitud del permiso de investigación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Avila.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Baleares.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Barcelona.
27	2440	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la reducción de pertenencias del permiso de investigación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Cuenca.
27	2441	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Huesca.
27	2441	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de León.
27	2441	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Lérida.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
<b>PERSONAL</b>				
24	2145	28-I-78	I. y E.	<i>Ceses.</i> —Orden por la que se dispone el cese en el cargo de Subdirector General de Energía Eléctrica, de don Fernando Gutiérrez Martí.
24	2145	28-I-78	I. y E.	<i>Nombramientos.</i> —Orden por la que se nombra Subdirector General de Energía Eléctrica a don Gregorio Jesús Martínez Gil.
<b>HIDROCARBUROS</b>				
303	27779	20-XII-77	I. y E.	<i>Permisos de Investigación.</i> —Orden por la que se aprueba el contrato de cesión de "California Oil Company of Spain" a "Pacific Petroleum Española, S. A.", de un 10 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos "Montanazo C y D".
311	28374	29-XII-77	I. y E.	<i>Concesiones de Explotación.</i> —Orden por la que se declara extinguida la concesión de explotación "San Carlos III".
16	1352	19-I-78	I. y E.	REAL DECRETO de otorgamiento de doce permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
16	1353	19-I-78	I. y E.	REAL DECRETO por el que se otorga un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a.
16	1358	19-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se anuncia la solicitud de seis permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
16	1358	19-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se anuncia la solicitud de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
16	1354	19-I-78	I. y E.	REAL DECRETO por el que se autoriza a la Entidad "Canso Spain Inc.", para ser titular de permisos de investigación y concesiones de explotación de hidrocarburos.
17	1448	20-I-78	Ind.	CORRECCION DE ERRORES DEL REAL DECRETO 1516/1977, de 13 de mayo, de otorgamiento de dos permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a).
20	1693	24-I-78	I. y E.	REAL DECRETO de otorgamiento de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a).
45	4235	22-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se anuncia la solicitud de 19 permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
83	8055	7-IV-78	I. y E.	REAL DECRETO por el que se deniega un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a.
83	8055	7-IV-78	I. y E.	REAL DECRETO por el que se autoriza a la Sociedad "Sedco Exploration Co. of Sapin Inc." para ser titular de permisos de investigación de hidrocarburos.
83	8055	7-IV-78	I. y E.	REAL DECRETO por el que se autoriza a la Sociedad "General Crude Oil Spain Incorporated" para ser titular de permisos de investigación de hidrocarburos.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
<b>RESERVAS</b>				
13	1051	16-I-78	I. y E.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado en la zona denominada "Almadén", disponiéndose la limitación de los recursos a investigar, comprendida en las provincias de Ciudad Real, Córdoba y Badajoz.
15	1248	18-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos de carbón en un área de las provincias de La Coruña y Lugo.
16	1358	19-I-78	I. y E.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona "Subsector XI-Area 1" (Sn-W/IV 2), Cáceres.
17	1443	20-I-78	I. y E.	ORDEN sobre rectificación del número primero de la Orden ministerial de 22 de junio de 1977 por la que se prorrogó la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos "Subsector XII-Area 1 (Sn-W-IV-V)", con reducción de superficie, comprendida en las provincias de Cáceres y Badajoz.
17	1445	20-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos de carbón, en un área de la provincia de Orense.
17	1445	20-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos de carbón, en un área de la provincia de La Coruña.
17	1445	20-I-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos de carbón en un área de la provincia de Lugo.
24	2173	28-I-78	I. y E.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de minerales radiactivos, en la zona denominada "Hoja 479-1", comprendida en la provincia de Salamanca.
27	2438	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en un área de las provincias de Gerona y Barcelona.
27	2439	1-II-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción y propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en un área de la provincia de Barcelona.
43	4073	20-II-78	I. y E.	CORRECCION DE ERRORES DE LA ORDEN de 2 de diciembre de 1977 por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona "Subsector XI-Area 1 (Sn-W/IV-2)", Cáceres.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
45	4253	22-II-78	I. y E.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos, en la zona denominada "Burgos Dos", comprendida en las provincias de Burgos y Soria.
46	4445	23-II-78	I. y E.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en la zona denominada "Hoja 503-4", comprendida en la provincia de Salamanca.
<b>VARIOS</b>				
308	28124	26-XII-77	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don José Monterde Gual y don Gaspar Armelles Linares para extraer áridos de la rambla de La Viuda, en términos municipales de Alcora y Villafamés (Castellón).
309	28199	27-XII-77	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración que se cita, de las provincias de Gerona y de Lérida.
310	28301	28-XII-77	P. <sup>a</sup> G. <sup>o</sup>	Area del "Gran Bilbao".— Protección del ambiente atmosférico.— Real Decreto por el que se declaran aplicables a los términos municipales comprendidos en el Area del "Gran Bilbao" las medidas y beneficios previstos en el título tercero del Decreto 833/1975, de 6 de febrero.
313	28504	31-XII-77	S. y SS.	RESOLUCION por la que se autoriza como agua potable de manantial el agua "Fontdor", del término municipal de San Hilario de Sacalm (Gerona).
16	1361	19-I-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de explotación minera que se citan.
17	1446	20-I-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hacen públicos los otorgamientos de los permisos de explotación minera que se citan.
20	1691	24-I-78	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a don Enrique Casas Masaguer de un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía de la riera de Santa Coloma, en término municipal de Massanas (Gerona), con destino a riegos.
21	1750	25-I-78	HDA.	Centro de Estudios de la Energía.— Real Decreto por el que se transforma en Organismo autónomo el servicio público centralizado Centro de Estudios de la Energía.
22	1978	26-I-78	OP y U.	Aprovechamiento de aguas.— Resolución por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas Paso de la Reina para continuar una perforación de galería en término municipal de Candelaria (Tenerife).

## Notas bibliográficas

### DIVERSOS TEMAS

Primer Curso *Rosa de Luna*. Dedicado a la "investigación y economía de los recursos geológico y minero". Diversos autores. Colección "Temas Geológico Mineros". Instituto Geológico y Minero de España. Ocho volúmenes, 1.367 páginas. Madrid, 1978.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO--MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 por 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etc., harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

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.

A continuación reseñamos el contenido de las diversas áreas:

Area I. *Política y economía de las materias minerales*. La formación permanente al servicio de nuestra política minera, por José Sierra López.—La política francesa de abastecimiento de materias primas minerales, por J. P. Gautsch.—El problema del abastecimiento mundial de materias primas: situación actual y perspectivas futuras,

por J. M. Kindelán.—Criterios para la planificación del aprovisionamiento de materias primas minerales, por J. E. Azcárate Martín.—El sector público y la minería, por M. Rodríguez López.—La financiación del sector minero, por A. Guerra.—La estabilización de los precios de los productos primarios, por Eduerdo Fernández Marina.—La organización de los mercados de las materias básicas: las nuevas tendencias, por J. M. Lucía.

Area II. *Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales*.—Introducción a la microscopía de minerales opacos y a sus aplicaciones a la investigación geológico-minera, por Ricardo Castroviejo Bolívar. Geología, metalogenia y metodología de la investigación de sulfuros polimetálicos del suroeste de España, por Fernando Vázquez Guzmán.—Aplicación del analizador de imagen microvideomat en el tratamiento de menas, por Rosario Lunar Hernández.—Geología, metalogenia e metodología de investigación de sulfuros polimetálicos do sul de Portugal, por Delfim de Carvalho.—Perspectivas de la explotación de depósitos piríticos en el SO de España, por Ginés Moncada Aragonés.—Perspectivas de los concentrados de Pb-Cu-Zn procedentes de la explotación de masas piríticas e nel SO de España, por Arsenio Otero Pérez.—Introducción a la metalogenia de los depósitos de hierro en el SO de España, por Fernando Vázquez Guzmán.—Geología y metalogenia del criadero de San Guillermo-Colmenar, Jerez de los Caballeros (Badajoz), por Juan-León Coullaut Sáenz de Sicilia.

Area III. *Búsqueda y evaluación de recursos Geológico minero*.—Nueva metodología para la determinación de la perforabilidad de las rocas, por Carlos Díez Viejo-bueno.—Nuevas técnicas de perforación mecánica, por Aurelio Martín.—Aplicaciones prácticas de la mineralometría en la detección de yacimientos primarios y secundarios, por Carlos Vaquero Nazábal.—Etat actuel du developpment de la prospection geochemique multi-elements, por J. Bertraneu, J. Gofii et E. Wilhelm.—Nuevas aplicaciones de la geoestadística a la evaluación de yacimientos, por D. Guibal.—Evolución y técnicas modernas de la sísmica reflexión, conferencia pronunciada por J. L. Pelacho.—El tratamiento numérico de imágenes: su aplicación a la detección de metalotectos, por José A. Espejo Molina.—Metodología moderna para la investigación de minerales radiactivos, por R. Arteaga.—Exploración de yacimientos minerales en el sur de Africa. Su filosofía y problemas en los próximos años, por Luis C. Moreno Abati.

### HIDROLOGIA

RAFAEL COUCHOUD SEBASTIÁ: *Análisis crítico de la Ley de Aguas y legislación de obras hidráulicas en España*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 353 a 385.

En cualquier país es indispensable una Legislación de aguas adecuada a cada situación y a cada característica hidrológica, pero de aplicación general y completa, que se adapte, mediante sucesivas reformas parciales, a las exigencias que las nuevas técnicas impongan.

España, cuenta con una Ley de Aguas centenaria y lleva muchos años estudiando su reforma por haber cambiado notablemente las circunstancias que la inspiraron. La vigente Ley de Aguas es una Ley de aguas naturales, no una Ley de aguas reguladas, tal y como aparecen ahora las de la mayor parte de nuestros ríos.

También hay que considerar la importancia que la ordenación de los recursos hidráulicos tiene, para el mantenimiento del nivel ambiental indispensable, lo que obliga a adoptar una posición verdaderamente radical en la lucha contra la contaminación de las aguas y al desarrollo y actualización de la vigente Ley de Aguas.

El tema es de candente actualidad en todos los países desarrollados o en vías de desarrollo.—L. DE A.

F. TROYANO, M. TORRES y A. CAJIGAS: *Desalación y reutilización en España*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 303 a 328.

Cuando las posibilidades convencionales para el abastecimiento de agua a núcleos urbanos, industriales, agrícolas, turísticos, etc. son insuficientes, se puede contemplar la utilización de otros métodos alternativos, entre los que podemos incluir la desalación de agua de mar o salobre y la reutilización, previa depuración, de aguas residuales.

Estos medios habrán de compararse con otros sistemas de captación y transporte y, en general, dado el elevado coste de aquellos tratamientos, antes de adoptar una solución hay que realizar un estudio exhaustivo de optimización, en el cual no sólo se incluye la planta desaladora o depuradora, sino que éstas se consideren formando parte de todo el complejo de abastecimiento (depósitos, distribución, etc.), para optimizar el conjunto. Incluso habrá que tener en cuenta otras circunstancias de índole política y sociológica al margen de las variables técnicas, que pueden tener incluso mayor importancia a la hora de fijar la capacidad, tipo de proceso, etc. de la planta.

Describen y analizan el programa español de realizacio-

nes en estos campos y estudian la evolución de las soluciones adoptadas y de los costes del agua producida por estos sistemas especiales de obtención de agua.—L. DE A.

JESÚS PAREDES y RAFAEL HERAS: *La termografía infrarroja en hidrología aplicada*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 277 a 301.

Partiendo de la experiencia del Vuelo Termográfico de las Islas Canarias de 1971 para la detección de descargas de agua subterránea en el mar, pasan revista al desarrollo de esta técnica en los últimos años y recogen las aplicaciones más interesantes en Hidrología, y según los autores la detección de efluentes naturales o artificiales la de más claras posibilidades hasta la fecha en que fue redactado.—L. DE A.

FILIBERTO LÓPEZ CADENAS DE LLANO: *Influencia de la vegetación sobre los elementos fundamentales del ciclo hidrológico*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 263 a 275.

La vegetación está íntimamente relacionada con la cuantía, distribución y posibilidad de aprovechamiento de los recursos hidráulicos y que las transformaciones que se realicen en la cubierta vegetal pueden tener repercusiones notables en la disponibilidad de agua.

Este estudio es un resumen de los conocimientos actuales en relación con las influencias de la vegetación sobre los elementos del régimen hidrológico, con el fin de evidenciar ciertos principios que aporten una base racional y científica, para que al proyectar determinadas prácticas selvícolas se puedan predecir las repercusiones que tendrán en los recursos hidráulicos.

Su esquema es el siguiente: Influencia de la vegetación en la Precipitación. Precipitación oculta, precipitación horizontal, rocío y escarcha. Infiltración. Escorrentía. Evapotranspiración.—L. DE A.

RAFAEL HERAS: *Evaluación y planificación de recursos hidráulicos a distintos niveles y etapas*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 251 a 261.

El problema más importante que aparece en la evaluación de los recursos hidráulicos en una cuenca, región o país, es la estimación de los volúmenes utilizables con pocos o ningún dato de medidas directas de caudales. Este problema, en la fase actual de desarrollo de muchos paí-

ses, tiene una gran importancia para decidir si es razonable realizar el proyecto e incluso parte del aprovechamiento cuando no existen datos suficientes, tanto para estimar los valores necesarios para el proyecto como para calcular la garantía, o lo que es lo mismo, el error máximo de los resultados.

El problema se planteará de forma completamente diferente cuando se trate de utilizar la casi totalidad de los recursos de una zona, que cuando se necesite únicamente una fracción de la misma, ya que en el primer caso sería necesaria una alta garantía en el procedimiento utilizado para la investigación, mientras que en el segundo caso pueden ser válidas unas series metodológicas más sencillas, aunque menos aproximadas, independientemente de que el estudio se base en datos hidrológicos completos o tenga que realizarse casi exclusivamente a partir de valores de precipitación. El porcentaje de la aportación que piense utilizarse introducirá el concepto de la flexibilidad del aprovechamiento, es decir, el conocer cuáles son los riesgos de explotación para un cierto porcentaje de error de los caudales regulados, lo cual requiere conocer el porcentaje de riesgo en los estudios de mercado del aprovechamiento.

En las técnicas de evaluación de recursos con o sin datos, la decisión del planteamiento del estudio dependerá fundamentalmente de los siguientes factores:

- I. Porcentaje de la aportación que piensa utilizarse.
- II. Leyes de distribución de caudales y precipitaciones.
- III. Características físico geográficas de la cuenca.
- IV. Esquemas de explotación de recurso totales.—L. DE A.

RAFAEL BIRLANGA y RAFAEL HERAS: *Técnicas de obtención de componentes principales y su aplicación a los parámetros de calidad de aguas*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo, 1977, pp. 207 a 228.

Es frecuente en el campo de los Recursos Hidráulicos el tener que evaluar un cierto fenómeno que depende de un gran número de parámetros; como consecuencia de ello es difícil ver con claridad si todos los parámetros son igualmente representativos del fenómeno o por el contrario se puede obtener una representación formal de este eligiendo de entre los parámetros de origen algunos de ellos, o combinaciones de los mismos, de forma que se alcancen niveles de confianza satisfactorios.

El primer problema es, por tanto y partiendo de técnicas matemáticas de carácter general, obtener un sistema de información suficientemente consistente para su aplicación a los problemas que se presentan en Hidrología cuando se trata de seleccionar los parámetros más representativos del fenómeno, así como el obtener la informa-

ción más precisa acerca de la importancia relativa de los mismos.

Es de destacar en el análisis de la estructura de los datos, que parámetros que tradicionalmente se han considerado como independientes en sentido estadístico, no lo son, sino que por el contrario, se observan fuertes dependencias de unos con los otros. Por ello, un parámetro no puede aislarse repentinamente del resto sin analizarlo convenientemente, pues la información que aporta puede pesar lo suficiente como para desvirtuar el fenómeno real.

La técnica de obtención de componentes principales puede utilizarse con buenos resultados en la hipótesis de dependencia lineal entre los distintos parámetros representativos del fenómeno, para deducir unas transformaciones que conviertan los parámetros de origen en otros cuyas jerarquías sean evaluables, lo que permitirá reducir el número de parámetros de que inicialmente se dispone, obteniéndose la consiguiente economía en la modelación del fenómeno.—L. DE A.

JESÚS CIRUGEDA y RAFAEL HERAS: *Importancia de las redes hidrológicas en el estudio de recursos hidráulicos. Situación actual y perspectivas futuras en España*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 17 a 36.

Para el estudio de recursos hidráulicos resulta imprescindible un conocimiento aceptable de los mismos, basados en inventarios y estudios hidrológicos que no pueden realizarse sin contar con un eficaz sistema de redes hidrológicas.

En España y por su finalidad pueden subdividirse las Redes Hidrológicas en:

- Redes Hidrométricas: de medida de caudales superficiales, incluyendo el caudal sólido.
- Redes Meteorológicas: de medida de precipitación, temperatura, humedad, viento, evaporación, etc.
- Redes Hidrogeológicas: de control de aguas subterráneas.
- Redes de Calidad del Agua: control de calidad de aguas superficiales, subterráneas y precipitaciones.

Describe el tratamiento de los datos primarios, mediante coordinatógrafos, digitalizadores y ordenador, hasta llegar a su publicación, analizando la tendencia actual hacia la telemetría, en determinadas estaciones claves, para conocer con la mayor rapidez posible los datos y aplicarlos a la previsión y predicción de crecidas. Incluye también la utilización de modelos matemáticos y su aplicación a un caso práctico.—L. DE A.

JORGE AGUILO BONNIN y FILIBERTO LÓPEZ CADENAS DE LLANO: *Estudio sobre la erosión en una cuenca hidrográfica (aplicación al río Segura)*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 1 a 15.

Describen una metodología para determinar, a escala de cuenca hidrográfica, la intensidad de los fenómenos de erosión, con vistas a planificar las medidas de defensa

Utilizan las rectas de Fournier con vistas a calcular los productos de erosión a esperar en la desembocadura de la cuenca, factor de gran importancia para las cuestiones de sedimentación, especialmente en embalses.

Utilizan la fórmula abreviada de Wischmeier para el cálculo del índice de erosión pluvial, para a través de la Ecuación Universal de predicción de la erosión, y utilizando el factor suelo a través de litofacies y el factor pendiente-longitud, estimar la erosión potencial de las distintas áreas. Estos valores ajustándolos al tipo de vegetación presente, dan las máximas de erosión previsible, para cada una de las clases establecidas.

Deducen la necesidad de las distintas medidas de defensa y, considerados los valores medios por subcuencas, unos índices de peligrosidad o urgencia de su defensa, con relación al conjunto.

Dan algunos de los resultados concretos para la cuenca del río Segura y anotan la posibilidad de ejecutar en forma automática, mediante ordenador, la determinación gráfica y numérica de las distintas zonas que constituyen la parte más tediosa de la aplicación del método.—L. DE A.

## AGUAS SUBTERRANEAS

JOSÉ M.<sup>a</sup> MARTÍN MENDILUCE: *El papel real de las aguas subterráneas en la planificación hidráulica española*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo, 1977, pp. 123 a 145.

El autor considera necesario la unidad del ciclo hidrológico para lograr el aprovechamiento más racional y completo de los recursos hidráulicos, necesidad impuesta cada vez más en virtud del crecimiento de las demandas y del progreso tecnológico en el aprovechamiento de los recursos subterráneos.

Expone la cuantía de los recursos naturales totales en España y evalúa las disponibilidades conseguidas con la regulación superficial, tanto en la situación actual como en la previsible futura, a base de suponer realizada toda la regulación prevista en el Inventario de Recursos Hidráulicos superficiales, calculados ambas en la hipótesis

de no existir ninguna extracción de recursos subterráneos.

Evalúa las disponibilidades totales en las hipótesis de situación actual y futura de regulación superficial, considera la extracción continua o intermitente de la recarga media anual de los acuíferos y calcula la afección que la extracción correspondiente a los acuíferos interiores produce en las disponibilidades superficiales calculadas, llegándose a la conclusión de que los rendimientos de dicha extracción varían entre un 25 por 100, y 15 por 100, debido a la regulación ya conseguida y prevista, por lo que la extracción masiva de los recursos subterráneos renovables no supone un incremento importante en las disponibilidades totales.

Las fuertes afecciones que la extracción continua de la recarga anual de los acuíferos interiores produce en las disponibilidades superficiales ya utilizadas aconseja la necesidad de considerar la explotación conjunta para compensar dichas afecciones. El mayor techo de disponibilidades se consigue con la explotación conjugada de los recursos superficiales y subterráneos, pero en cualquier caso de cara al futuro no parece según su criterio que estos últimos superen sensiblemente el 10 por 100 de las disponibilidades totales, de forma análoga a como sucede en la situación actual.—L. DE A.

EMILIO CUSTODIO: *Las aguas subterráneas en España*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua. Comité Español. Mar del Plata/Argentina. Marzo 1977, pp. 37 a 60.

Debido a la complejidad geológica española, los acuíferos suelen ser poco extensos, pero reúnen características de interés grande para atender a las demandas hídras, en especial a lo largo del área mediterránea, donde abundan las formaciones calizas y las detríticas litorales. En las islas Canarias los acuíferos están en formaciones volcánicas. Una parte importante del País carece de acuíferos importantes a nivel general, pero pueden encontrarse acuíferos de gran interés local, con frecuencia olvidados. La existencia de áreas notablemente áridas, de

materiales litológicos no lavados o muy permeables y de extensas formaciones con yesos y otras sales solubles, es la explicación de cierta frecuencia de aguas mineralizadas, a veces con una notable estratificación, a lo que se añade la incorporación de excedentes de riego y ciertos vertidos de la minería. En Cataluña y otras áreas con una elevada demanda de agua, se presentan situaciones de clara sobreexplotación, intrusión marina y situaciones de grave contaminación; en las Islas Canarias se produce un continuado descenso de niveles con graves repercusiones económicas y sociales. En varias zonas existe una buena experiencia de gestión de las aguas subterráneas e integrada de recursos superficiales y subterráneos, empleando en ocasiones técnicas avanzadas como la recarga artificial y modelos de simulación. El grado de conocimiento del territorio nacional es muy aceptable en la mitad del país y están en marcha trabajos para abarcar en breve gran parte del territorio. La actual Ley de Aguas, establece, junto a concepciones anticuadas, una artificiosa división entre aguas de dominio público y de dominio privado que a grandes rasgos condiciona el tratamiento separado y por Administraciones distintas de las aguas superficiales y subterráneas. Todo ello, junto a una excesiva competencia entre cuerpos, dificulta una racional gestión del agua, en especial de las aguas subterráneas, y resta efectividad a las necesarias medidas de control y protección. Estas condiciones, ciertos efectos iniciales en la explotación de aguas subterráneas y un excesivo centralismo ha conducido a una marcada preferencia por las aguas superficiales, con abandono de las subterráneas, si bien esta situación está cambiando. En el aspecto docente, si bien en la Universidad y a nivel de graduación, las enseñanzas sobre aguas subterráneas son aún insuficientes, no sucede lo mismo a nivel de graduados, con varios cursos internacionales de notable categoría y que están contribuyendo mucho a una mentalización más equilibrada sobre el ciclo del agua.

El autor destaca su vinculación al Ministerio de Obras Públicas y dentro de éste al Pirineo Oriental y a Canarias, para justificar las omisiones de datos e imprecisiones en el desarrollo de su trabajo, el cual consideramos bastante completo.—L. DE A.

## Colección Temas Geológico - Mineros

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21×14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico-mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción,

Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

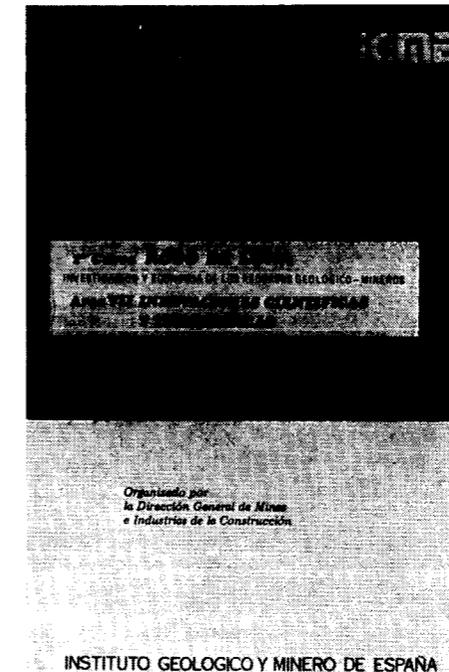
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros .

Area IV. Desarrollo Minero y Mineralúrgico.

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)

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid (1)

## Colección Temas Geológico - Mineros

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21×14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción,

Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

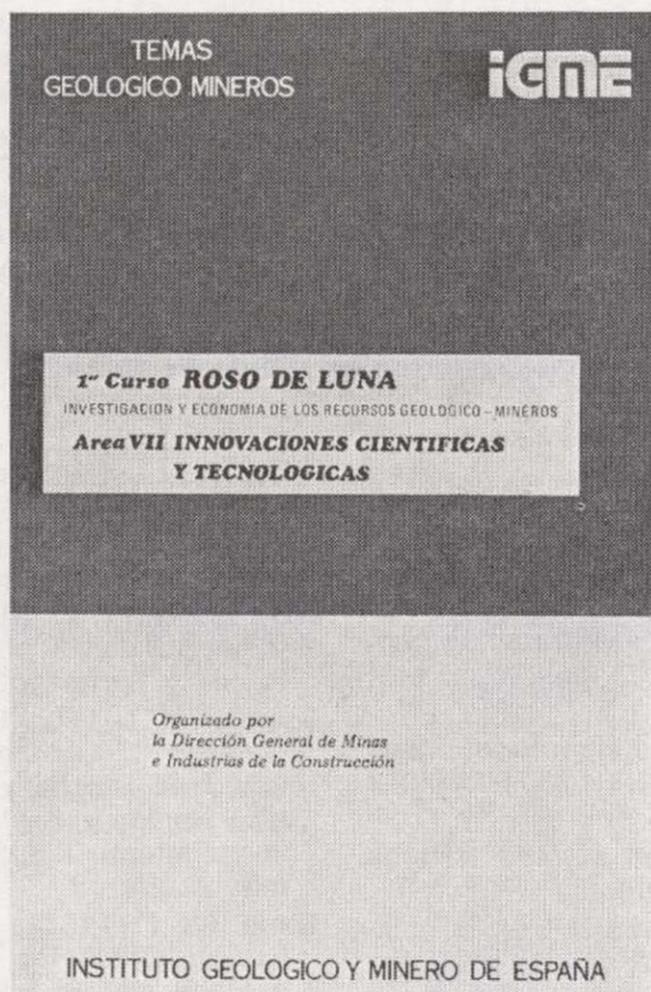
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros .

Area IV. Desarrollo Minero y 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)

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Claudio Coello, 44. Madrid (1)

## 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, 300 ptas.; extraordinario (\*), 500 ptas.

- Tomo 26-1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 28-1911. **D. de Orueta**. Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda.
- 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 Siniérez**. 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 Siniérez**. 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. **Febré 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 Pyrénées Centrales Espagnoles.
- Tomo 71-1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72-1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73-1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74-1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75-1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 76-1970. **J. Pérez Regodón**. Guía Geológico-Minero de la Provincia de Madrid.
- 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 Álava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (\*)-1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (\*)-1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86-1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87.-1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88-1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª Caraballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89-1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90-1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91-1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del Río Jarama en los alrededores de Madrid.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Claudio Coello, 44. Madrid -1. Telf. 276 20 01

## COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del IGME. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el IGME.

**Precio de cada ejemplar, 300 ptas.**

### VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. 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 Culleros-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
  - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
  - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
  - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
  - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
  - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
  - 9 - estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas
  - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
  - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
  - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
  - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Área del Valle del Tiétar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Área de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Área 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I». Golfo de Cádiz.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Área I. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Huelmelaencina (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).
- 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. Lítio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos, Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.

**SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)**

MEMORIA - RESUMEN

Precio del ejemplar: 300 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 lo tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

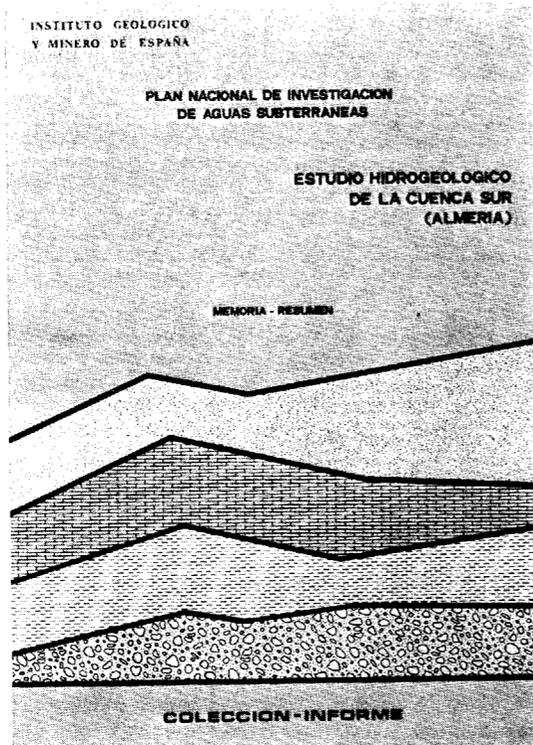
Además de este informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA - RESUMEN.

- |              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| INFORME I    | Marco geográfico y económico.  |
| INFORME II   | Climatología e hidrología.     |
| INFORME III  | Demanda.                       |
| INFORME IV   | Planes hidráulicos.            |
| INFORME V    | Campo de Dalías.               |
| INFORME VI   | Cuenca del Andarax.            |
| INFORME VII  | Cuencas del Almanzora y Antas. |
| INFORME VIII | Cuenca del Aguas.              |
| INFORME IX   | Cuenca del Adra.               |
| INFORME X    | Campo de Níjar.                |



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

**MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000**

**2.ª Serie (proyecto MAGNA)**

En existencia las siguientes:

Precio de cada ejemplar: 400 ptas.

- |                                  |                                     |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Cariño                        | 331. Puigreig.                      | 828. Barcarrota.                   |
| 2. Cillero.                      | 336. Portela d'Home.                | 831. Zalamea de la Serena.         |
| 3. San Ciprián.                  | 351. Olvega.                        | 842. Lietor.                       |
| 6. San Salvador de Serantes.     | 362. Calaf.                         | 851. Rabito.                       |
| 7. Cedeira.                      | 363. Manresa.                       | 852. Villanueva del Fresno.        |
| 8. Vivero.                       | 364. La Garriga.                    | 853. Burguillos del Cerro.         |
| 9. Foz.                          | 391. Igualada.                      | 856. Maguilla.                     |
| 12. Busto.                       | 392. Sabadell.                      | 872. Alicante.                     |
| 13. Avilés.                      | 393. Mataró.                        | 884. La Carolina.                  |
| 14. Gijón.                       | 417. Espuga de Francolí.            | 885. Santisteban del Puerto.       |
| 15. Lastres.                     | 418. Montblanch.                    | 890. Calasparra.                   |
| 21. La Coruña.                   | 419. Villafranca del Panadés.       | 891. Cieza.                        |
| 22. Puente deume.                | 420. Hospitalet de Llobregat.       | 893. Elche.                        |
| 23. Puentes de García Rodríguez. | 446. Vails.                         | 894. Cabo de Santa Pola.           |
| 24. Mondoñedo.                   | 447. Villanueva y Geltrú.           | 902. Adamuz.                       |
| 27. Tineo.                       | 448. Prat de Llobregat.             | 903. Montoro.                      |
| 28. Grado.                       | 473. Tarragona.                     | 906. Ubeda.                        |
| 29. Oviedo.                      | 492. Segura de los Baños.           | 907. Villacarrillo.                |
| 30. Villaviciosa.                | 493. Oliete.                        | 908. Santiago de la Espada.        |
| 33. Comillas.                    | 494. Calanda.                       | 910. Caravaca.                     |
| 34. Torrelavega.                 | 495. Castellseras.                  | 911. Cehegín.                      |
| 35. Santander.                   | 510. Marchamalo.                    | 912. Mula.                         |
| 36. Castro Urdiales.             | 545. Morella.                       | 913. Orihuela.                     |
| 37. Algorta.                     | 546. Uldecona.                      | 919. Almadén de la Plata.          |
| 38. Bermeo.                      | 547. Alcanar.                       | 920. Constantina.                  |
| 39. Lequeitio.                   | 570. Albocácer.                     | 921. Navas de la Concepción.       |
| 40. Jaizquíbel.                  | 571. Vinaroz.                       | 922. Santa María de Trassiera.     |
| 41. Irún.                        | 571 bis. Con la 571.                | 923. Córdoba.                      |
| 47. Villalba.                    | 582. Getafe.                        | 924. Bujalance.                    |
| 51. Belmonte de Miranda.         | 583. Arganda.                       | 931. Zarcilla de Ramos.            |
| 52. Proaza.                      | 584. Mondéjar.                      | 932. Coy.                          |
| 53. Mieres.                      | 593. Cuevas de Vinromá.             | 933. Alcántarilla.                 |
| 59. Villacarniedo.               | 594. Alcalá de Chisvert.            | 934. Murcia.                       |
| 60. Valmaseda.                   | 605. Chinchón.                      | 935. Torreveja.                    |
| 61. Bilbao.                      | 607. Tarancón.                      | 939. Castillo de los Guardas.      |
| 62. Durango.                     | 614. Manzanera.                     | 940. Castilblanco de los Arroyos.  |
| 63. Eibar.                       | 615. Alcora.                        | 941. Ventas Quemadas.              |
| 64. San Sebastián.               | 616. Villafamés.                    | 942. Palma del Río.                |
| 65. Vera de Bidasoa.             | 617. Faro de Oropesa.               | 943. Posadas.                      |
| 66. Maya del Baztán.             | 631. Ocaña.                         | 944. Espejo.                       |
| 72. Lugo.                        | 632. Horcajo de Santiago.           | 952. Vélez Blanco.                 |
| 78. Pola de Lena.                | 635. Fuentes.                       | 953. Lorca.                        |
| 84. Espinosa de los Monteros.    | 636. Villar del Humo.               | 954. Totana.                       |
| 88. Vergara.                     | 637. Landete.                       | 955. Fuente Alamo de Murcia.       |
| 90. Sumbilla.                    | 638. Alpuente.                      | 956. San Javier.                   |
| 91. Valcarlos.                   | 639. Jérica.                        | 962. Alcalá del Río.               |
| 91 bis. Mendizar.                | 640. Segorbe.                       | 963. Lora del Río.                 |
| 95. El Pino.                     | 641. Castellón de la Plana.         | 964. La Campana.                   |
| 97. Guntín.                      | 642. Islas Columbretas. Con la 641. | 965. Ecija.                        |
| 98. Baralla.                     | 659. Lillo.                         | 975. Puerto Lumbreras.             |
| 115. Gulina.                     | 663. Valera de Abajo.               | 976. Mazarrón.                     |
| 142. Aoiz.                       | 664. Engudanos.                     | 977. Cartagena.                    |
| 154. Lalín.                      | 665. Mira.                          | 978. Llano del Beal.               |
| 155. Chantada.                   | 666. Chelva.                        | 983. Sanlúcar la Mayor.            |
| 159. Bembibre.                   | 667. Villar del Arzobispo.          | 984. Sevilla.                      |
| 175. Singües.                    | 668. Sagunto.                       | 987. El Rubio.                     |
| 187. Orense.                     | 669. Moncofar.                      | 997. Aguilas.                      |
| 188. Nogueira de Ramuín.         | 690. Santa María del Campo Rus.     | 997 bis. Cope.                     |
| 204. Logroño.                    | 691. Motilla del Palancar.          | 999. Huelva.                       |
| 205. Lodos.                      | 693. Utiel.                         | 1.000. Moguer.                     |
| 207. Sos del Rey Católico.       | 694. Chulilla.                      | 1.001. Almonte.                    |
| 225. Ribadavia.                  | 696. Burjasot.                      | 1.002. Dos Hermanas.               |
| 226. Allariz.                    | 719. Venta del Moro.                | 1.003. Utrera.                     |
| 236. Astudillo.                  | 720. Requena.                       | 1.004. Marchena.                   |
| 237. Castrojeriz.                | 722. Valencia.                      | 1.013. Macael.                     |
| 239. Pradoluego.                 | 740. Villarrobledo.                 | 1.014. Vera.                       |
| 243. Calahorra.                  | 761. Llanos del Caudillo.           | 1.015. Garrucha.                   |
| 244. Alfaro.                     | 763. Sotuelamos.                    | 1.016. Los Caños. Con la 999.      |
| 245. Sádaba.                     | 788. El Bonillo.                    | 1.017. El Abalarío.                |
| 263. Celanova.                   | 789. Lezuza.                        | 1.018. El Rocío.                   |
| 264. Gínzola de Límia.           | 794. Canals.                        | 1.019. Los Palacios y Villafranca. |
| 274. Torquemada.                 | 796. Gandía.                        | 1.030. Tabernas.                   |
| 282. Tudela.                     | 814. Villanueva de la Fuente.       | 1.031. Sorbas.                     |
| 300/301. Lovios.                 | 820. Onteniente.                    | 1.032. Mojácar.                    |
| 302. Baltar.                     | 821. Alcoy.                         | 1.033. Palacio de Doñana.          |
| 320. Tarazona de Aragón.         | 823. Jávea.                         | 1.034. Lebrija.                    |
| 329. Pons.                       | 826. Chelès.                        | 1.066. Coin.                       |
| 330. Cardona.                    | 827. Alconchel.                     | 1.072. Estepona.                   |

## 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: 300 ptas.

31. Bibadesella.	564. Fuertescusa.	844. Ontur.
54. Ríoseco.	573. Gata.	845. Yecla.
67. Mugía.	587. Las Majadas.	846. Castalla.
77. Plaza Teverga.	588. Zafrilla.	848. Altea.
79. Puebla de Lillo.	591. Mora de Rubielos.	853. Burguillos del Cerro.
84. Espinosa de los Monteros.	605. Aranjuez.	854. Zafra.
128. Riello.	610. Cuenca.	857. Valsequillo.
129. La Robla.	611. Cañete.	858. El Viso.
133. Prádanos de Ojeda.	628. Torrijos.	859. Pozoblanco.
160. Benavides.	643. La Calobra.	864. Venta de los Santos.
162. Gradefes.	644. Pollensa.	865. Siles.
163. Villamizar.	645. Formentor.	869. Jumilla.
168. Briviesca.	650. Cañaveral.	876. Fuente de Cantos.
205. Lodosa.	653. Valdeverdeja.	877. Llerena.
206. Peralta.	670. Sóller.	885. Santisteban del Puerto.
208. Uncastillo.	671. Inca.	886. Beas de Segura.
210. Yebra de Basa.	672. Artá.	899. Guadalcanal.
211. Boltaña.	678. Casar de Cáceres.	917. Aracena.
217. Pulgarcidá.	688. Quintanar de la Orden.	918. Santa Olalla del Cala.
241. Angulano.	695. Liria.	937. El Cerro de Andévalo.
252. Tremp.	698. Palma de Mallorca.	938. Nerva.
260. Oya.	699. Porreras.	946. Martos.
275. Santa M.ª del Campo.	700. Manacor.	959. Calañas.
284. Ejea de los Caballeros.	702. San Vicente de Alcántara.	960. Valverde del Camino.
289. Benabarre.	703. Arroyo de la Luz.	967. Baena.
297. Estarlit.	705. Trujillo.	985. Carmona.
298. La Guardia.	723. Cala Figuera.	991. Iznalloz.
313. Antigüedad.	724. Lluchmayo.	1.008. Montefrío.
322. Remolinos.	725. Felanix.	1.009. Granada.
323. Zuera.	727. Alburquerque.	1.025. Loja.
324. Grañén.	731. Zorita.	1.046. Carboneras.
325. Peralta de Alcofea.	738. Villarta de San Juan.	1.059. El Cabo de Gata.
327. Os de Balaguer.	741. Minaya.	1.060. El Pozo de los Frailes.
346. Aranda de Duero.	743. Madrigueras.	1.061. Cádiz.
347. Peñaranda de Duero.	744. Casas Ibáñez.	1.072. Estepona.
354. Alagón.	745. Jalance.	1.079/80. Alegranza.
355. Lecifena.	746. Liombay.	1.081. Montaña Clara.
356. Lenaja.	750. Gallina.	1.082. Graciosa.
369. Coreses.	751. Villar del Rey.	1.083. Teguiuse.
374. Peñafiel.	754. Madrigalejo.	1.084. Haria.
421. Barcelona.	762. Tomelloso.	1.087. Punta Pechiguera.
427. Medina del Campo.	764. Munera.	1.088. Arrecife.
434. Barahona.	765. La Gineta.	1.089. El Charco.
435. Arcos de Jalón.	767. Carcelen.	1.092. Cotillo.
462. Maranchón.	770. Alcira.	1.093. Lobos.
486. Jadraque.	772. San Miguel.	1.096. Tegueste.
488. Ablanque.	773. San Juan Bautista.	1.097. Punta de Anaga.
500. Villar del Ciervo.	776. Montijo.	1.098. La Oliva.
501. La Fuente de San Esteban.	779. Villanueva de la Serena.	1.099. Puerto de Lajas.
502. Matilla de los Caños del Río.	789. Lezuza.	1.102. Punta de Teno.
503. Las Veguillas.	795. Játiva.	1.103. Icod de los Vinos.
525. Ciudad Rodrigo.	798. Ibiza.	1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés.
526. Serradilla del Arroyo.	799. Santa Eulalia.	1.106/07. Puerto de las Cabras.
527. Sequeros.	805. Castuera.	1.109. Los Carrizales.
532. Las Navas del Marqués.	812. Valdepeñas.	1.110. Guía de Isora.
536. Guadalajara.	815. Robledo.	1.111. Güimar.
537. Auñón.	818. Montealegre.	1.114. La Pared.
539. Paralejos de las Truchas.	819. Caudete.	1.115. Tuineje.
541. Santa Eulalia.	822. Benisa.	1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas.
542. Alfambra.	824/849. San Francisco Javier.	1.119. Lomo de Arico.
550. Fuente Guinaldo.	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.122. Jandia.
560. Alcalá de Henares.	838. Santa Cruz de Mudela.	
561. Pastrana.	840. Blenservida.	

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)  
SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA  
c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

## 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: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000.)

### Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

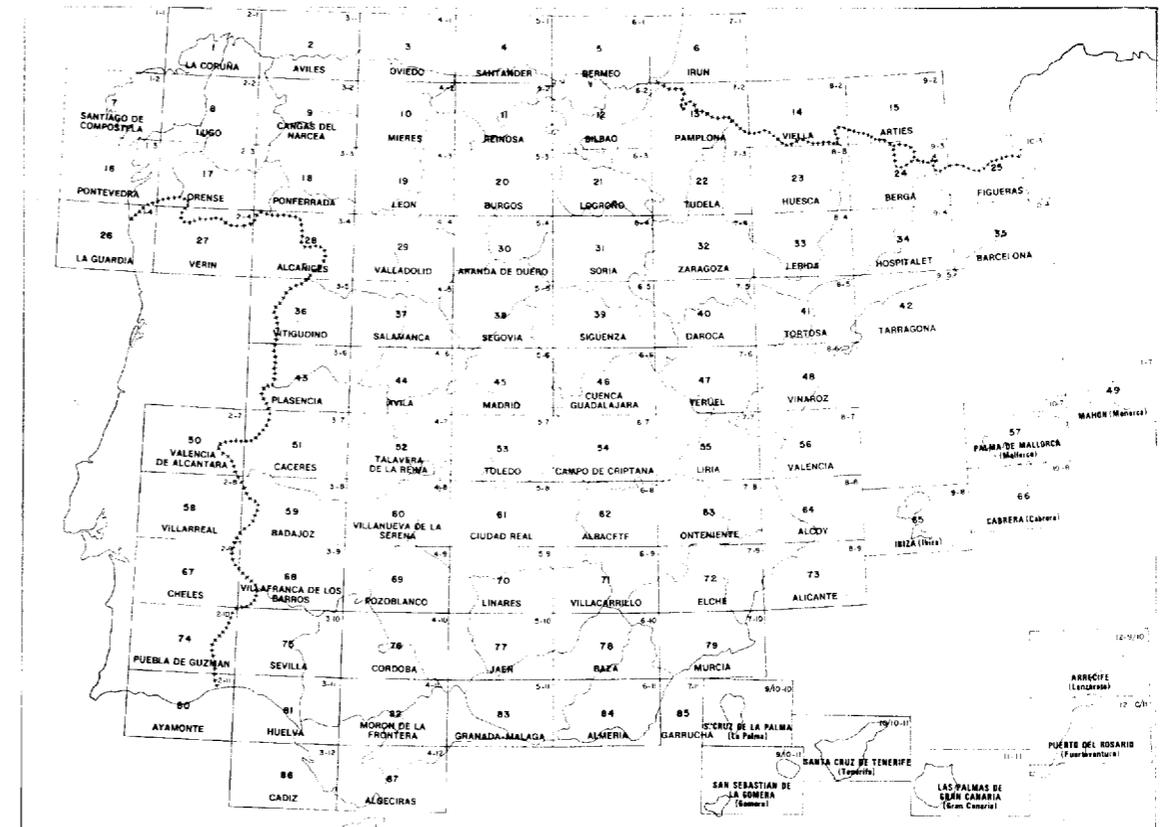
### Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 ptas. Hoja y Memoria.

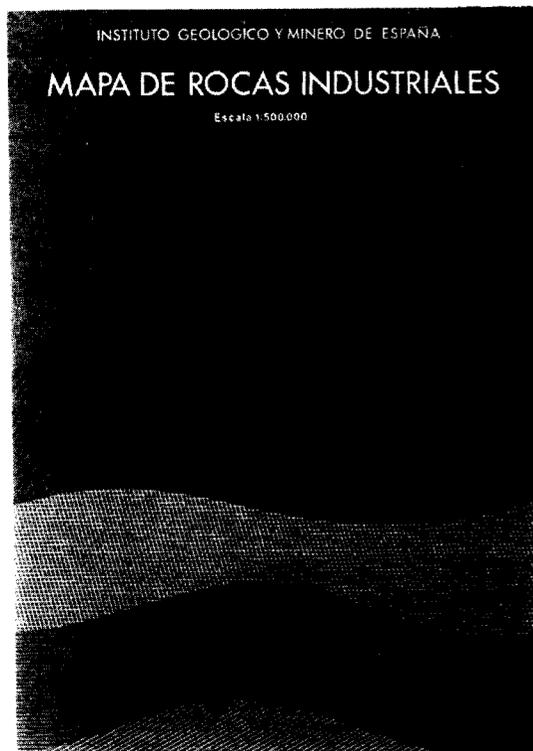
### De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 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)  
SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA  
c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)



### ATLAS E INVENTARIO DE ROCAS INDUSTRIALES

Realizado por la División de Geotecnia del IGME

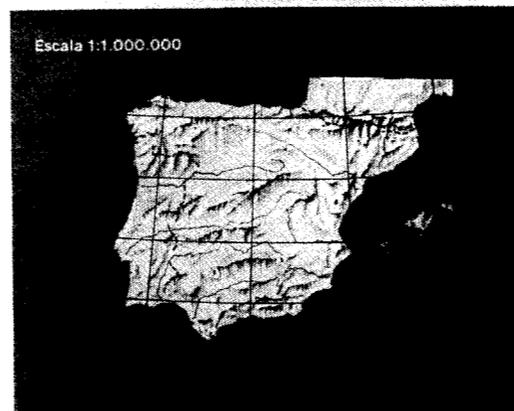
Comprende los siguientes grandes apartados:

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  
 SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
 DE INDUSTRIA  
 c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

## NUEVAS PUBLICACIONES

### MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS MANTOS ACUIFEROS DE LA ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS (Primer esquema cualitativo) Segunda edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

### MAPA TECTONICO de la Península Ibérica y Baleares



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## OTRAS PUBLICACIONES CARTOGRAFICAS

### Mapas Geológicos Varios

	Ptas.
— Geológico de la Isla de Fuerteventura - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000	300
— Petrográfico y estructural de Galicia - Escala 1:400.000	300
— Litológico de España - Escala 1:500.000	700
— de Síntesis y Sistemas Acuíferos - Escala 1:166.000	100
— Sismotécnico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	100

### Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

Consta de una hoja y memoria descriptiva. La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 200 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: 300 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

Ejemplar: 300 ptas.

- Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición).
- de Reconocimiento Hidrogeológico.
- de Lluvia Útil y Escorrentía
- Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias.
- Tectónico de la Península Ibérica y Baleares.
- de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos.

### Mapa Metalogenético de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 400 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. Niquel.
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

Ríos Rosas, 23 - Teléfono 441 70 67 - Madrid-3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello, 44 - Teléfono 276 20 01 - Madrid-1



SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

IGME

## MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aún 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 éstos 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 fundamentalmente, 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.

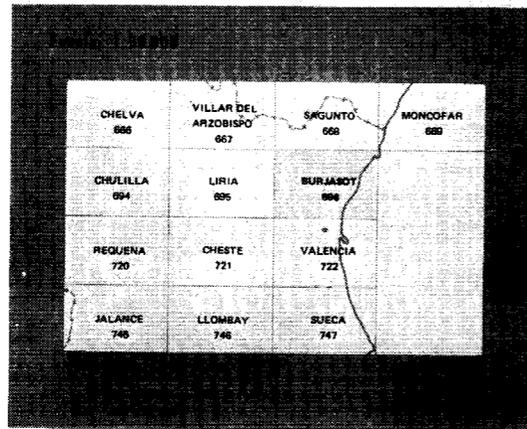
El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto de vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el 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 muchos, más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1/50.000, comprende los siguientes.

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblo de la Mancha.

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

BURJASOT HOJA 696



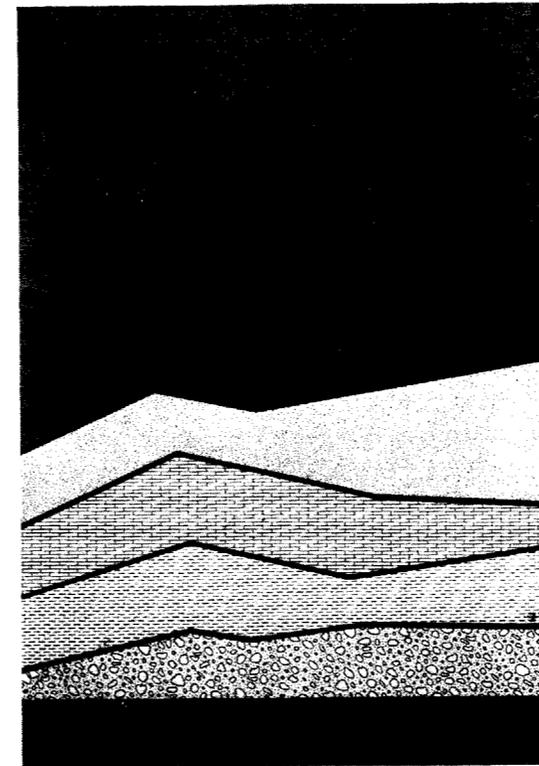
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid (1)



### RESERVA ZONA HUELVA

- 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castiblanco de los Arroyos.
- 2 - Estudio Geológico y Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Ceballos-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.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

### COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA

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.

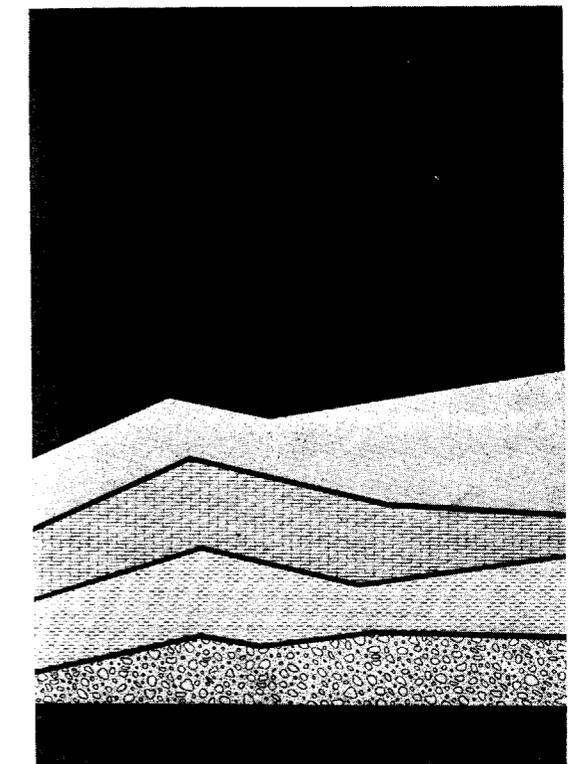
Precio de cada ejemplar, 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

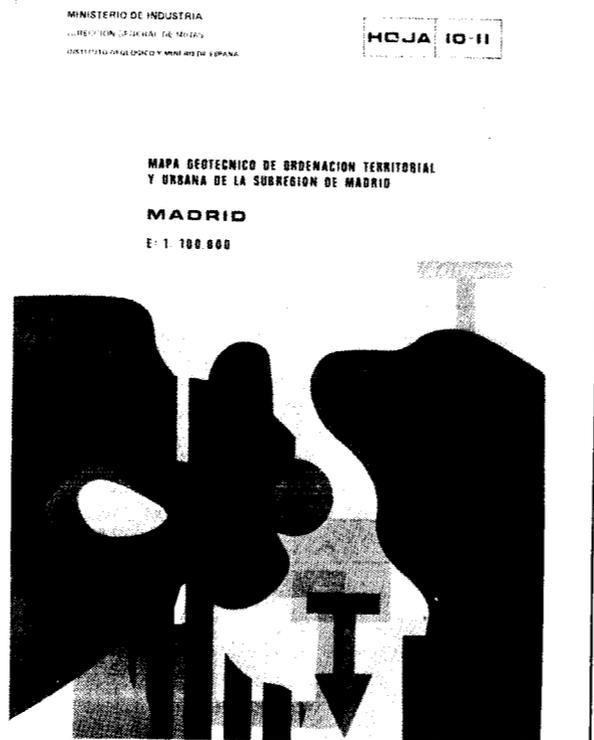


**Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000**  
 Realizado por la División de Geotecnia del IGME  
 Mapas y Memorias publicados:

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

Precio de cada ejemplar: 300 pts.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
 c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3  
**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**  
 c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1



**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 pts.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
 c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3  
**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**  
 c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

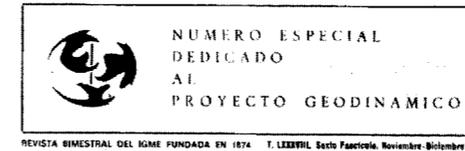


# BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

La publicación más antigua y 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.

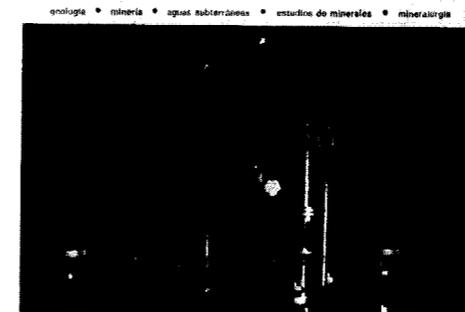
Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da, a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.



REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874. T. LXXXVIII. Sexto Fascículo. Noviembre-Diciembre 1977

El último tomo publicado es el 83 que corresponde al año 1977 (fascículo I a VII), y comprende 21 trabajos de Geología, 5 de Minería, 4 de Aguas Subterráneas, 8 de Geofísica, 2 de Geotecnia, 2 de Energía y 6 de Estudios de Minerales y Rocas que hace un total de 577 páginas más un total de 180 páginas dedicadas a diversos temas de información.



**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 1.100 ptas.  
 DEMAS PAISES 2.000 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa .....

Profesión .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad (provincia) ..... D. P. ....

País .....

Fecha .....

FIRMA

FORMA DE PAGO  
 Contra reembolso.  
 Talón nominativo.

# 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 marcado 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

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

Serie de 93 hojas con memoria descriptiva



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

## INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Claudio Coello, 44, Madrid-1

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23, Madrid-3

# LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

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.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalontología.

Geotecnia.

---

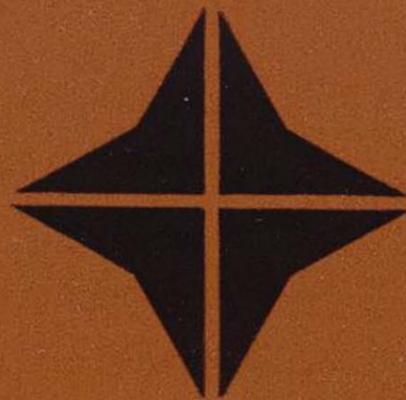
## DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

*La inversión  
requiere un buen proyecto*



**intecsa**

INTERNACIONAL DE INGENIERIA  
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.

Compañía General de Sondeos, s.a. • En Prospección de  
Recursos Naturales • Geología • Exploración Minera  
Rocas Industriales • Exploración de Recursos Energé-  
ticos • Recursos Hidráulicos • Geotermia • Geotecnia

Estudios Económicos

Corazón de Maria, 15 Madrid 2 Tel. 416 85 50

Portal de Castilla 46 Vitoria Tel. 22 36 04

M. AGUILAR TOMAS (Dr. Geológicas)  
J. F. ALBERT BELTRAN (Dr. Geológicas)  
M. ALONSO GARCIA (Ldo. Geológicas)  
R. ANGLADA GOMEZ (Ing. Tco. Minas)  
J. A. ANTON PLAZA (Ldo. Físicas)  
E. ARAGONES VALLS (Ldo. Geológicas)  
F. BABIANO GONZALEZ (Ing. Minas)  
A. BALBOA RODRIGUEZ (Ldo. Químicas)  
J. BARAT CASCANTE (Ing. Minas)  
A. BATLLE GARGALLO (Ldo. Geológicas)  
D. BUENO CASTELLOTE (Ing. Minas)  
A. CANICIO ALBACAR (Ldo. Geológicas)

F. CARRERAS SUAREZ (Ldo. Geológicas)  
F. CASTRO OCHOA (Ing. Tco. Topografía)  
J. L. COULLAUT SAENZ (Ing. Minas)  
V. CRESPO LARA (Ldo. Geológicas)  
A. CRESPO DE SANTOS (Ing. Minas)  
B. DIAZ TEJEIRO (Dr. Ing. Minas)  
(Consejero Delegado)  
A. ESQUINAS GARCIA (Ing. Tco. Minas)  
C. FELGUEROSO COPPEL (Dr. Ing. Minas)  
J. R. FERNANDEZ ARECES (Ing. Tco. Minas)  
J. FERNANDEZ CARRASCO (Ldo. Geológicas)  
A. FERNANDEZ LARA (Ing. Tco. Industrial)

J. GALACHE CORTES (Ing. Tco. Minas)  
J. A. GALVEZ GARCIA (Ing. Minas)  
M. C. GARCIA DOMINGUEZ (Ing. Tco. Minas)  
P. GARCIA MURILLA (Ing. Tco. Minas)  
D. GARCIA PARRA (Ing. Tco. Topografía)  
B. GARCIA SINTAS (Dr. Ing. Minas)  
A. GARCIA VILLAR (Ldo. Geológicas)  
G. GIANNINI MAFFEI (Dr. Geológicas)  
A. GRANDA SANZ (Ing. Minas)  
F. GUTIERREZ CLIMENT (Ing. Minas)  
A. HERNANDEZ SAMANIEGO (Ldo. Geológicas)  
E. HERNANDO TORRADILLO (Ing. Tco. Minas)

M. C. LEAL MARTINEZ (Ldo. Geológicas)  
J. E. LOPEZ SOPENA (Ing. Tco. Minas)  
E. LOPEZ VILCHES (Ing. Minas y G.)  
P. LLAMAZARES FERRERAS (Ldo. Geológicas)  
J. M. MARTIN ALAFONT (Ldo. Geológicas)  
D. MARTIN SOSA (Ing. Tco. Minas)  
J. M. MARTIN VIVALDI (Ldo. Geológicas)  
C. MUÑOZ BARAGANO (Ing. Minas)  
S. NIÑEROLA PLA (Ldo. Geológicas)  
J. OLIVARES TALENS (Ldo. Geológicas)  
A. OLIVE DAVO (Ldo. Geológicas)  
P. DEL OLMO ZAMURA (Ldo. Geológicas)

P. ORMAZABAL UNZUE (Ldo. Químicas)  
J. M. PORTERO GARCIA (Ldo. Geológicas)  
J. RAMIREZ DEL POZO (Dr. Geológicas)  
J. L. REYES GARCIA (Ldo. Geológicas)  
J. ROBBEDO SANCHEZ (Ldo. Geológicas)  
A. RODRIGUEZ PARADINAS (Dr. Ing. Minas)  
J. L. RUIZ LOPEZ (Ldo. Geológicas)  
J. T. SÁENZ RODRIGUEZ (Ing. Tco. Minas)  
D. TORRENS PLA (Ldo. Geológicas)  
E. VILLANUEVA MARTINEZ (Ing. Tco. Minas)  
R. VILLAVIEJA CASTELLOTE (Ing. Minas)  
J. VIELLA LACORT (Ing. Minas)