

En este número:

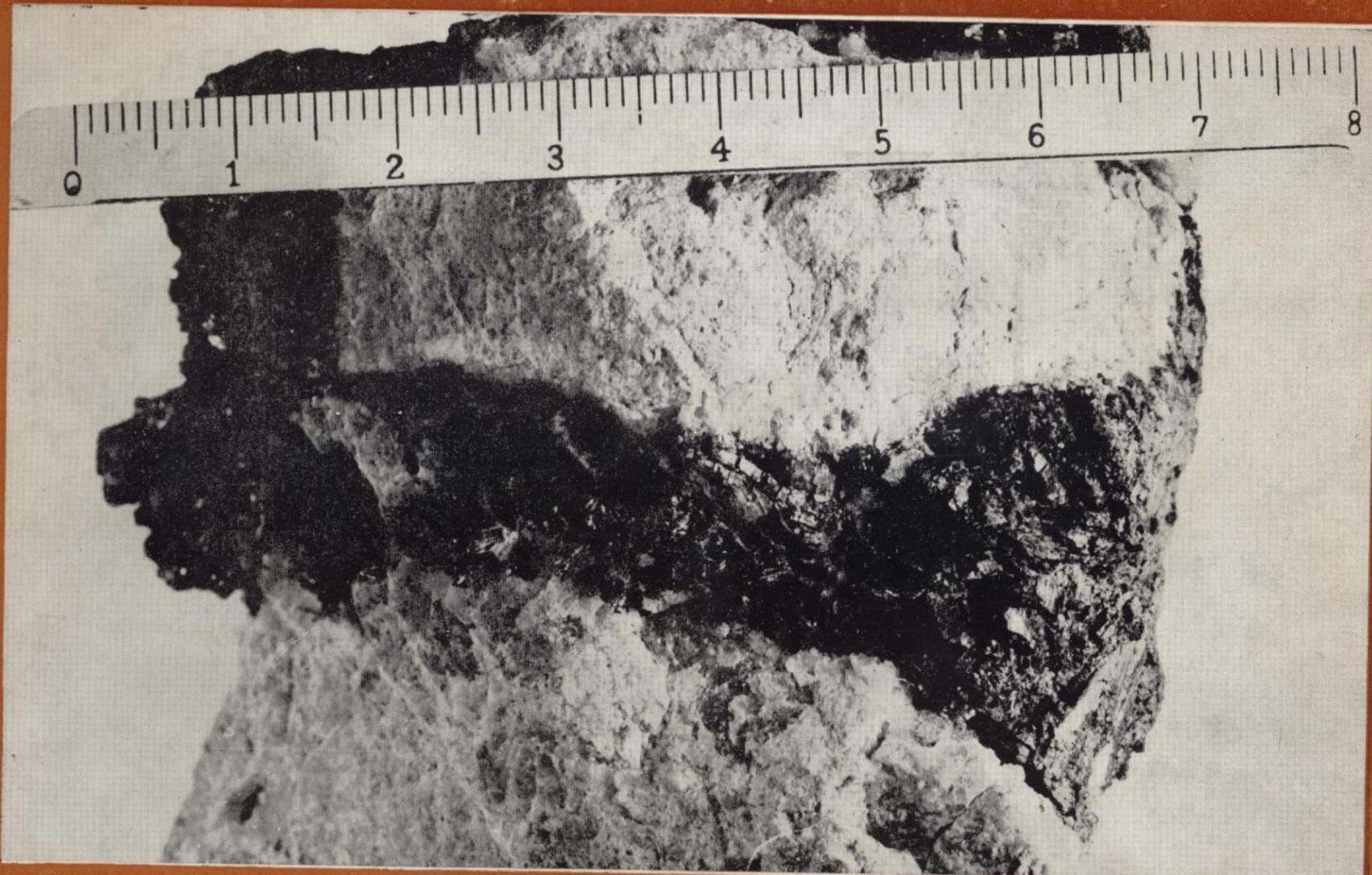
- Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorihuela (Teruel).
- Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofacies de Santa María de Meyá (Lérida).
- Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago, Toledo (Terciario continental de la Cuenca del Tajo).
- Descubrimiento, por primera vez en España, de una monacita de facies aberrante portadora de Europio.
- Paleontología e Informática: Nota sobre un banco de datos de ammonites del Jurásico de las Cordilleras Béticas (Andalucía).
- Características mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XC, Cuarto Fascículo. Julio-Agosto 1979

# boletín geológico y minero

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





enadimsa

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

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

geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos

protección del medio ambiente  
y tratamiento de residuos  
urbanos e industriales

ordenación geológica  
de la infraestructura para el  
desarrollo regional

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

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



## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEA

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 bom-  
bas 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.<sup>o</sup> piso

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

M A D R I D - 1 6

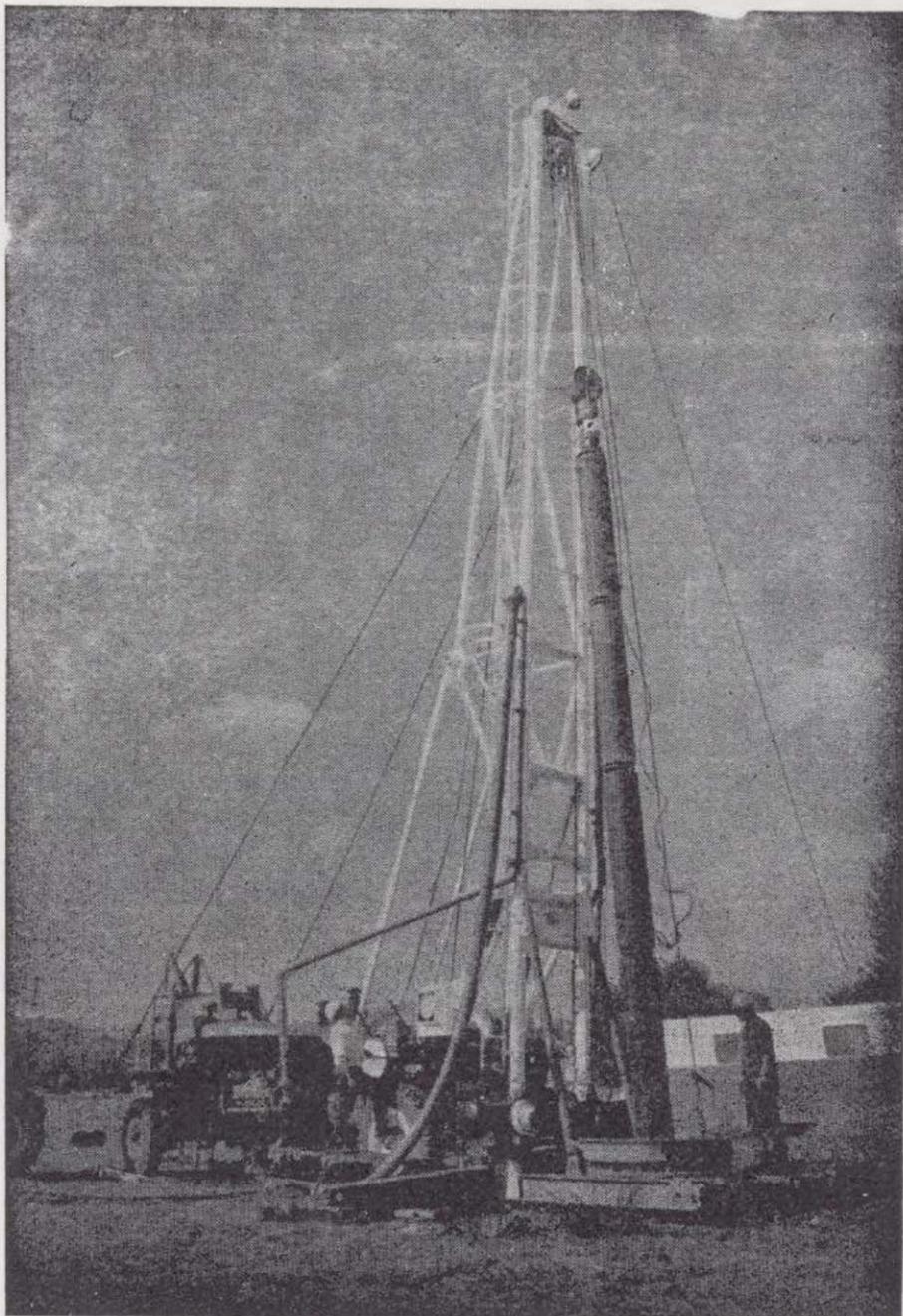
### SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.

Sacamuestras especiales a percusión.

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



## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

## AGUA Y SUELO, S. A.

**Dr. Fleming, 3 - 5.<sup>o</sup> piso**

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

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

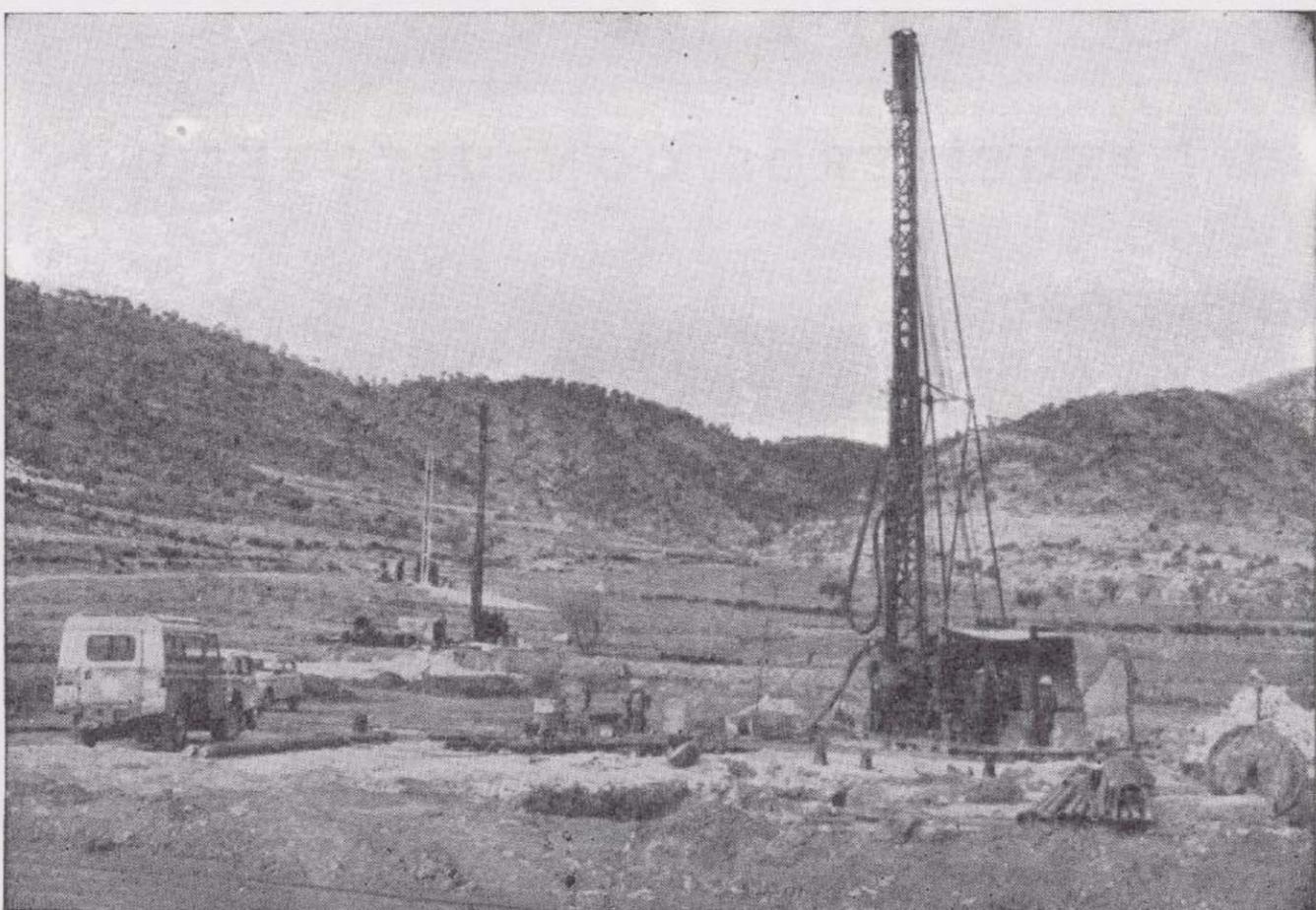
### SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

# SONDEOS RODES



SONDEOS PARA

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

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.

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

★ ★ ★

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

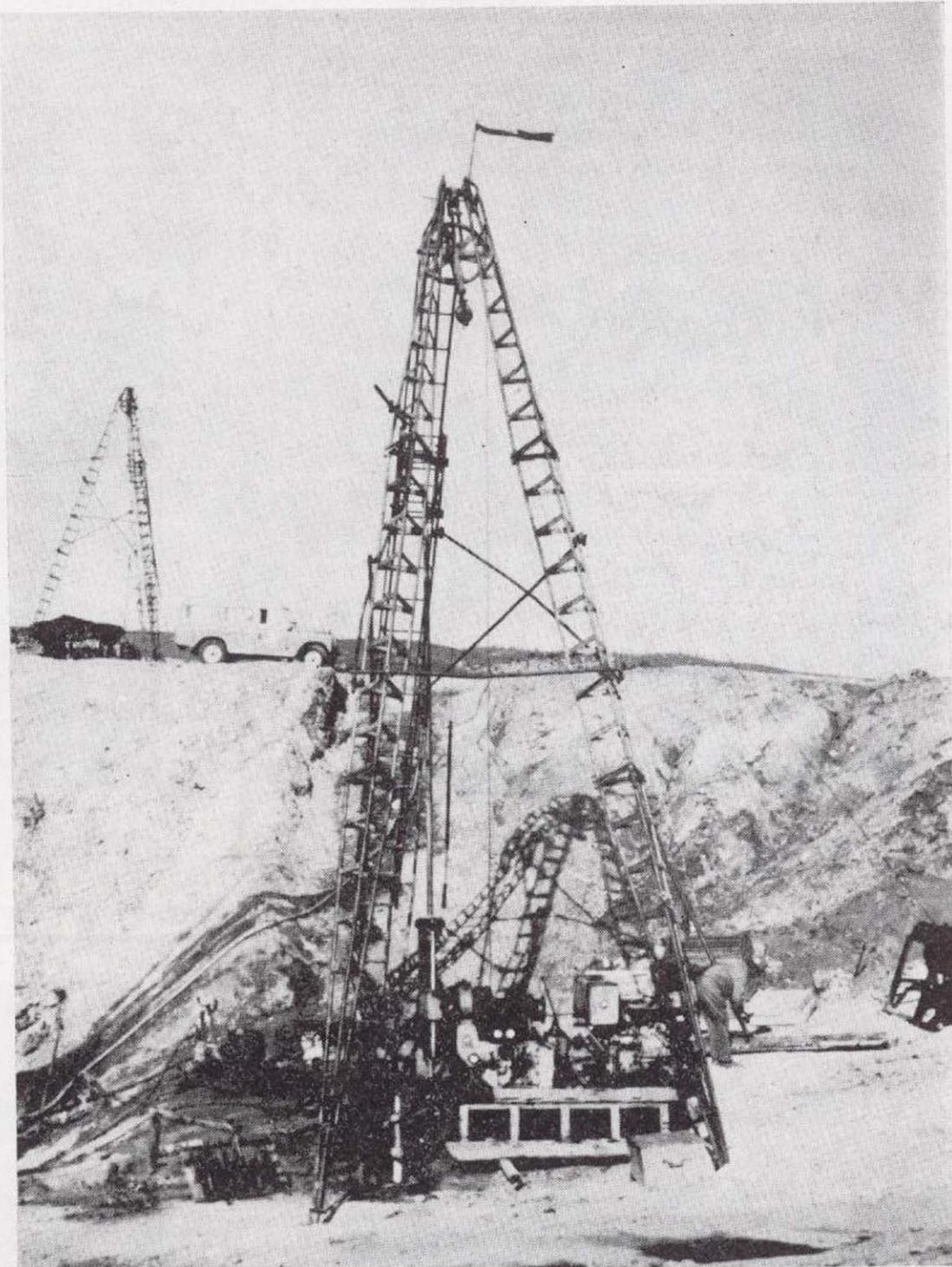
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359  
VILLENA (Alicante)

# 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

## ECONOMIA INDUSTRIAL

Revista mensual, editada por el Servicio de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria

- *llega a todos los industriales españoles*
- *interesa a todos los industriales españoles*

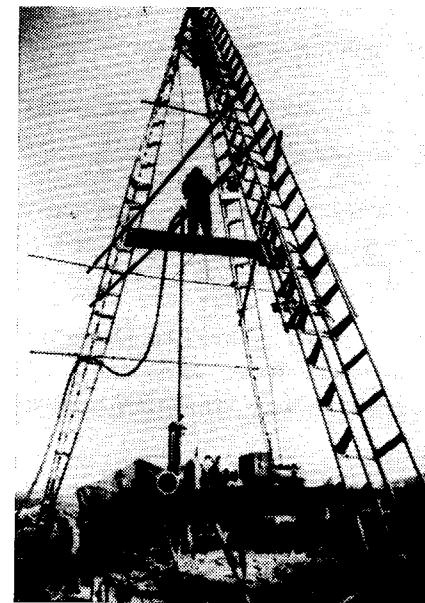
Si tiene algo que decir a los industriales españoles, dígalo a través de las páginas de

## ECONOMIA INDUSTRIAL

Servicio de Publicaciones: Doctor Fleming, 7 - Madrid (16)  
Teléfs. 250 02 01 - 02 - 03 - 04

## IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier problema de perforación

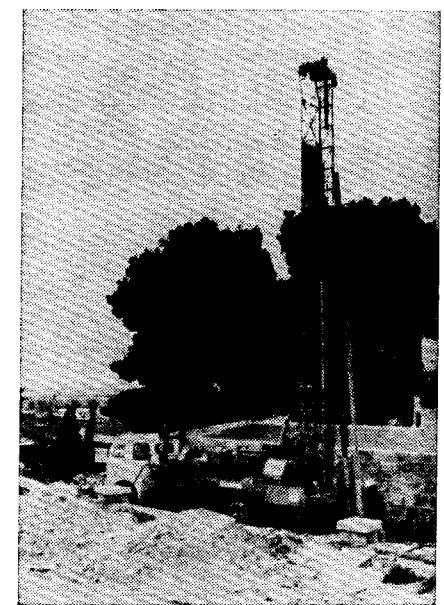
MINERIA.

ALUMBRAMIENTO DE AGUA.

ESTRATIGRAFICOS.

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESPECIALES, ETC.

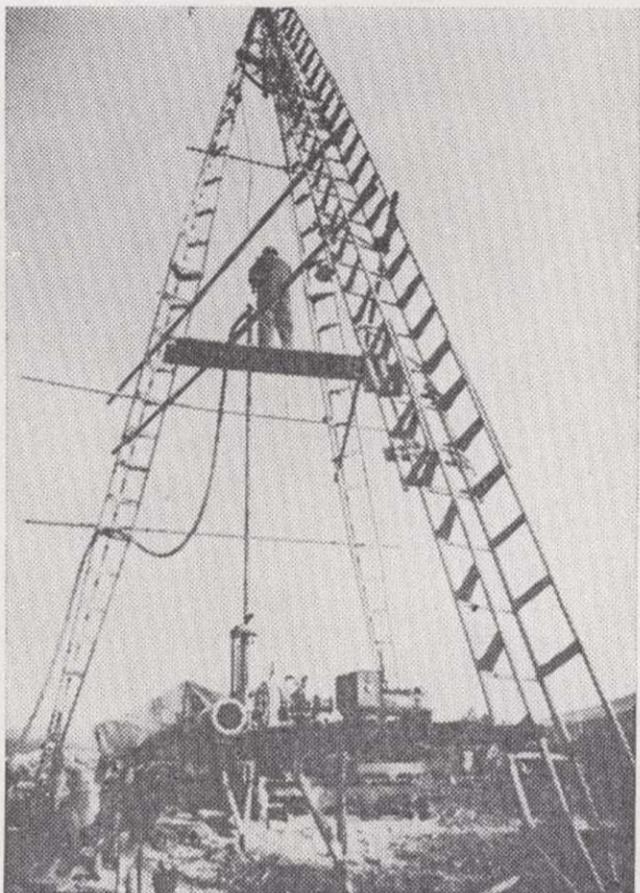


- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.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

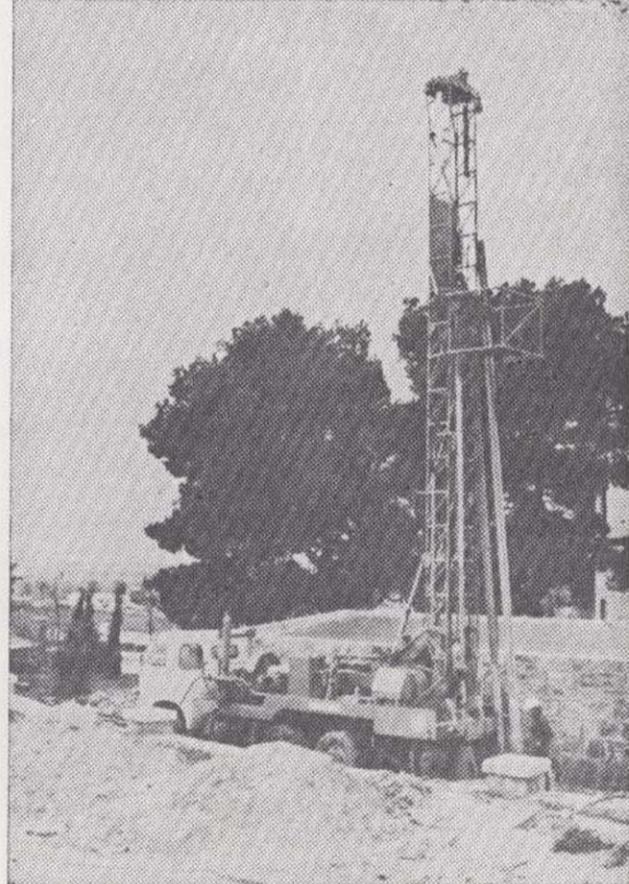
**ALUMBRAMIENTO DE AGUA.**

**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.<sup>o</sup>

TELF. 261 08 07-MADRID-6

## LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

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



### euroestudios, s. a.

ingenieros de consulta

ESTUDIOS, PROYECTOS, SUPERVISION  
Y OTROS SERVICIOS DE INGENIERIA EN:

CARRETERAS - AUTOPISTAS - FERROCARRILES -  
TUNELES - PUENTES - OBRAS HIDRAULICAS - PUERTOS  
Y OBRAS MARITIMAS - AEROPUERTOS - URBANISMO  
Y PLANIFICACION TERRITORIAL - TOPOGRAFIA -  
GEOLOGIA Y GEOTECNICA - INFORMATICA - CONTROL  
DE CALIDAD - EDIFICACION EGRONOMIA

Euroestudios, S. A. Pedro de Valdivia, 10 MADRID-6  
TELEF. 411 32 13 - TELEX: 43653 ESICE  
VITORIA (945-266233) — SAN SEBASTIAN (943-455912)

ESTADISTICA DE CONSUMO  
Y DISTRIBUCION DE  
CARBONES 1.973



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Doctor Fleming, 7 - Teléfs. 250 02 02-03-04 - MADRID - 16

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

### ESTUDIOS DE:

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

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

**TODA LA RIQUEZA MINERA  
EN SUS MANOS**

**MAPA METALOGENETICO  
DE ESPAÑA**

**Serie de 93 hojas con memoria descriptiva**



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

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

Doctor Fleming, 7, Madrid-16

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

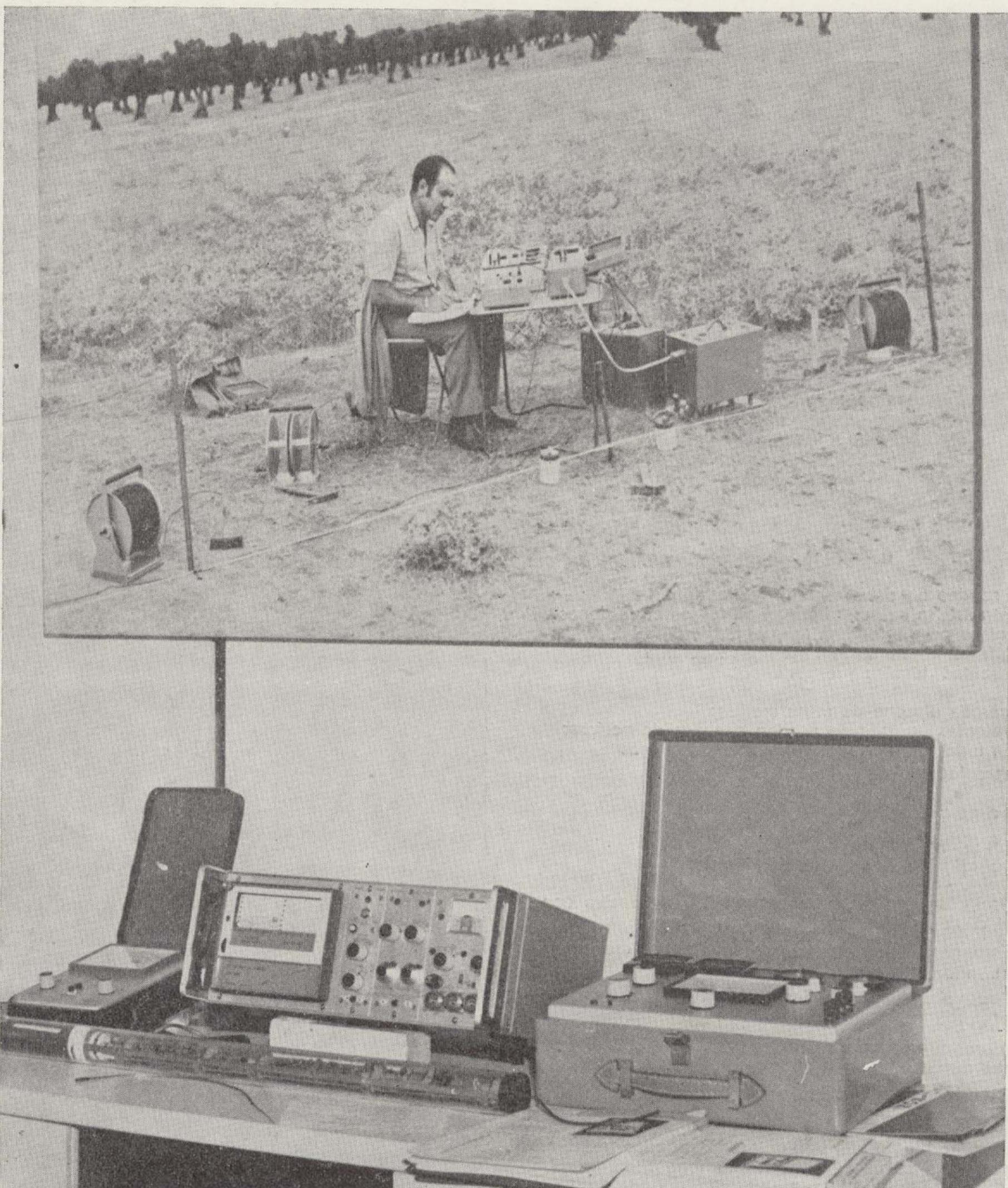
Ríos Rosas, 23, Madrid-3

*ESTADO DE ESPAÑA  
BIBLIOTECA*

# GEOTRON, S. A.

## INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

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



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN  
A.C. Y D.C.  
POLARIZACION ESPONTANEA  
POLARIZACION INDUCIDA  
MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS  
CONTROL AVANCE DE SONDEOS  
TESTIFICADORES ELECTRICOS  
(potencial - resistividad y rayos gamma)  
MAGNETOMETROS



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

Dondequiero 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 90

Fascículo IV

Julio - Agosto 1979

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

## S U M A R I O

<b>Geología</b>	L. CARRILLO y J. GISBERT: Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorihuela (Teruel) ... ... ... ... ...	1
	J. E. GÓMEZ PALLEROLA: Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofacies de Santa María de Meyá (Lérida) ... ...	5
<b>Minería</b>	F. ORTÍ CABO, J. J. PUEYO MUR y A. SAN MIGUEL ARRIBAS: Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago (Toledo) (Terciario continental de la Cuenca del Tajo) ... ... ... ...	19
	C. VAQUERO NAZÁBAL: Descubrimiento, por primera vez en España, de una monacita de facies aberrante portadora de Europio ... ... ... ...	46
<b>Geomatemática</b>	L. SEQUEIROS: Paleontología e Informática: Nota sobre un banco de datos de ammonites del Jurásico de las Cordilleras Béticas (Andalucía) ... ... ...	52
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	L. GONZÁLEZ DE VALLEJO, S. LEGUEY JIMÉNEZ y J. A. MEDINA NÚÑEZ: Características mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife) ... ... ...	56
<b>Información</b>	Las aguas subterráneas en la ordenación territorial.—Noticias. Información Legislativa.—Notas bibliográficas ... ...	69

## DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

## ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Teléfono 250 02 03

**IGME**

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**SP**

SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Y ENERGIA

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

**Los derechos de propiedad de los trabajos  
publicados en esta obra fueron cedidos por  
los autores al Instituto Geológico y Minero de  
España.**

**Queda hecho el depósito que marca la Ley.**

**EXPLICACION DE LA PORTADA**

**Estibina en dacito-andesita  
Minas de Krupauj (STOLICE)  
YUGOSLAVIA**

**Foto: P. GUMIEL**

# Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorihuela (Teruel)

Por L. CARRILLO (\*) y J. GISBERT (\*)

## RESUMEN

Se estudia el tramo de «arenas amarillas» del conjunto «Plioceno Superior-Cuaternario Inferior» del valle del río Alfambra. El análisis de facies y estructuras sedimentarias nos hace concluir que la formación investigada son unos depósitos de «wadi» originados en parte por el viento, en parte por el agua en un clima desértico o subdesértico.

## ABSTRACT

The «yellow sands» bed of the «upper Pliocene-lower Quaternary» set in the río Alfambra valley is studied. The facies and sedimentary structure analysis enables us to conclude that this unit is constituted by «wadi» deposits, due partly to the action of wind and partly to that of water, in desertic or subdesertic climatic conditions.

## I. SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

Los depósitos estudiados se encuentran en la margen izquierda del río Alfambra, unos dos kilómetros al sur de Escorihuela.

Geológicamente representan un conjunto sedimentario post-Mioceno, anterior a los aterrazamientos cuaternarios y que aparece en los bordes de las fosas Terciarias de esta región de la cordillera Ibérica.

MOISSENET (1977) da para este conjunto la siguiente secuencia de materiales: *a*) En la base un conjunto ocre-rojizo de arcillas rojas y limos brechificados, posteriormente cementados; *b*) Arenas amarillas; *c*) Nivel de areniscas ferruginosas; *d*) Gravas y arenas fluviales.

Nosotros estudiamos detalladamente el tramo de «arenas amarillas» de Moissenet, cuya edad es Plioceno Superior-Cuaternario basal (MOISSENET, ADROVER y AGUIRRE, 1974; MOISSENET, 1977), aunque es probable que la edad del tramo que estudiamos podría precisarse más si se conociera en detalle la posición estratigráfica de los yacimien-

tos «La Calera II» (ADROVER, 1974) y «Escorihuela» (MICHaux, 1971).

## II. ANALISIS DE FACIES

En el tramo de «arenas amarillas» encontramos las siguientes facies, caracterizadas por un mecanismo deposicional diferente.

### 1. FACIES DE CANAL.

Responden a dos tipos litológicos, que encontramos asociados y con una cierta relación espacial.

#### a) *Niveles conglomeráticos*:

Compuestos por cantes angulosos empastados en una matriz arcillo-arenosa. Los cantes están imbricados, son angulosos y aparecen en muchos casos con facetas y con un pulido superficial, ambos caracteres de origen cólico. El conjunto se encuentra fuertemente cementado por carbonatos, siendo frecuente el que los cantes aparezcan recubiertos por una película blanca de  $CO_3Ca$ . También se aprecia en algunos casos pátinas de Fe y de Mn.

(\*) Dpto. de Petrología. Universidad de Zaragoza.

Localmente se puede observar la total desaparición de la matriz arenó-arcillosa debido a la deflación.

#### b) Niveles arenosos:

Asociados lateral y verticalmente a los anteriores, están también muy fuertemente cementados por  $CO_3Ca$ . El material es de tamaño arena y poco heterométrico respecto a lo que podría esperarse.

Presenta estratificación cruzada de surco y de fore-set, así como laminación paralela.

Se reconocen, especialmente en el techo de estos niveles, superficies de erosión eólica caracterizadas por una cicatriz erosiva muy horizontal con granoselección invertida.

Los niveles arenosos y conglomeráticos se encuentran asociados. La secuencia suele comenzar por una cicatriz erosiva y sobre ella los niveles conglomeráticos seguidos de los arenosos, dando lugar a «grosso modo» a secuencias de energía decreciente.

La continuidad espacial de estas facies es muy escasa, tienen carácter lentejonal y se acuñan rápidamente. Los niveles arenosos son más abundantes que los conglomeráticos y localmente se encuentran sobre la cicatriz erosiva basal sin que aparezcan los conglomerados.

#### 2. FACIES «SANDWICH» (columnas n.º 1 y n.º 2).

Denominamos así al conjunto de arenas amarillas sin cementar que aparecen con un fino bandeadado (de 3 a 30 cm.) debido a variaciones granulométricas. En este conjunto distinguimos dos subfacies importantes:

##### A) Subfacies de viento:

En el conjunto bandeadado hay una parte de los niveles que aunque alternantes, presenta características similares:

— Tamaño altamente seleccionado (1-0,5 mm. en unos casos y 0,5-0,125 mm. en otros) e inexistencia absoluta de arcilla. Los dos tamaños citados suelen presentarse en niveles alternantes de distinto tamaño con contactos muy netos.

— Presencia de óxidos de Fe y Mn en pequeños

nodulillos o en pátinas sobre los granos de arena.

— Presencia de las siguientes estructuras sedimentarias: laminación inclinada de gran ángulo (más de 30º) y de bajo ángulo, laminación paralela horizontal, y pequeñas estructuras de deformación propias de arenas eólicas.

Es interesante hacer notar que en el techo de determinados niveles con laminación horizontal puede apreciarse la geometría del ripple eólico que originó la citada laminación. Es característica la granoselección invertida en la cresta e índices de ripple que oscilan entre 9,5 y 22,5.

##### B) Subfacies de agua:

Constituidas por niveles alternantes de poco espesor que tienden a presentarse como secuencias de energía decreciente. Describimos a continuación la secuencia típica, advirtiendo que no suele encontrarse completa en un mismo punto:

- Cicatriz erosiva basal ondulada y sobre ella arenas con gravas dispersas, parcialmente cementadas por carbonatos.
- Arena arcillosa con laminación inclinada y ondulada.
- Arena arcillosa con ripples ascendentes (climbing) con su típica estructura interna en fore-set.
- Arena arcillosa masiva, a veces con cantos blandos en el techo.
- Arena arcillosa y arcilla con ripples de ola caracterizados por su estructura interna en «chevron».
- Lámina terminal de arcilla, muy fina (espesor máximo 1 cm.) con huellas de retracción.

Los tramos de esta secuencia están producidos por desbordamientos de los cauces, y representan desde *a* hasta *f* (por este mismo orden) los depósitos originados a medida que nos alejamos de los canales de «wadi». Es por ello que en la mayoría de los casos aparecen únicamente los tramos *d* y *f* o *d*, *e* y *f*.

Las subfacies de agua se encuentran intercaladas con las de viento (columnas 1 y 2), ambas tienen una continuidad espacial considerable (de 5 a 50 m.) en comparación a su espesor.

### III. INTERPRETACION DEL CONJUNTO

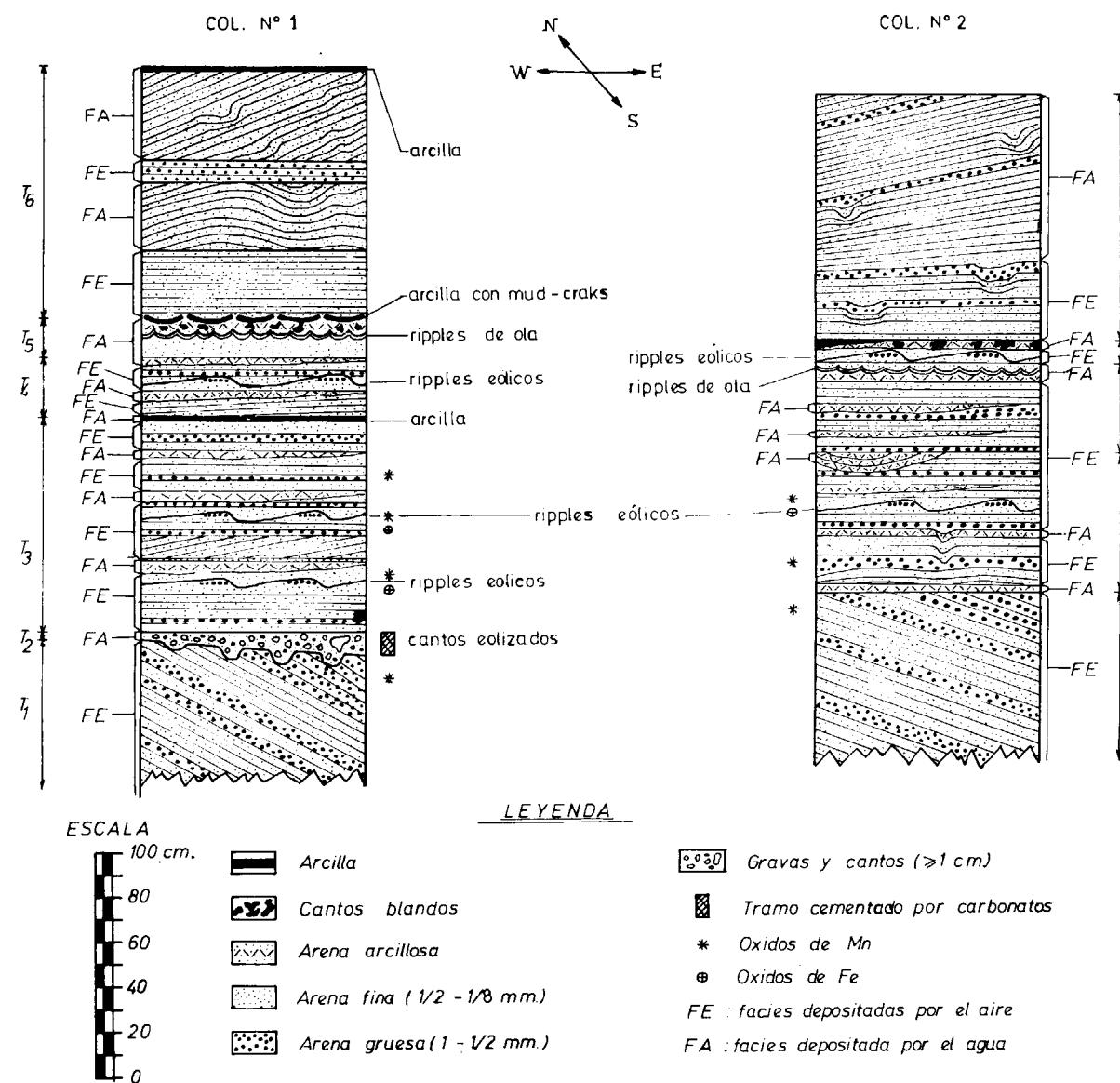
Los primeros en atribuir un origen eólico a las «arenas amarillas» fueron GUTIÉRREZ ELORZA y PEÑA MONNE (1976).

Nuestro estudio permite una mayor precisión en lo que respecta al medio de sedimentación de esta formación. El conjunto de facies presentes se ajusta perfectamente al descrito por GLENNE (1970) para depósitos de «wadi» en zonas desérticas o semidesérticas.

Los depósitos de canal descritos son producto de la deposición de los canales del «wadi» durante sus

esporádicas épocas de actividad fluvial. La relación volumen de agua/sedimento transportado es muy baja, por lo que la selección debería ser muy mala; sin embargo, en las arenas de canal este efecto se ve compensado por el hecho de que parte del material es heredado de depósitos eólicos.

Durante los períodos de no precipitación acuosa el viento erosiona algunos de los depósitos de canal y obstruye con sedimentos propios los canales de «wadi». Ello provoca en las siguientes precipitaciones un cambio del curso de los canales, que es la causa del carácter altamente lenticular de las facies del canal.



En las zonas entre canales se depositan arenas eólicas y cuando hay precipitaciones lo hacen también las «subfacies de agua», en gran parte con material heredado de los depósitos eólicos. La alternancia de estos dos fenómenos (crecidas espontáneas-sedimentación eólica) origina las facies «sandwich».

Así pues, podemos concluir que la formación de «arenas amarillas» se generó en un ambiente sedimentario de tipo «wadi». El conjunto de facies existentes está originado por canales fluviales de régimen discontinuo y por sedimentación eólica en un entorno desértico o subdesértico.

Podemos situar con seguridad un período climático muy árido en el Plioceno Superior o comienzos del Cuaternario en esta región.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Sr. D. Emiliano Aguirre, Sr. D. Vicente Sánchez Cela y Sr. D. Mateo Gutiérrez las recomendaciones y observaciones sobre el presente trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

- ADROVER, R.: *Principales yacimientos Paleomastológicos de la provincia de Teruel y su posición estratigráfica relativa*. Actas I Coloquio Internacional sobre Bioestratigrafía del Neógeno Superior y Cuaternario Inferior, 1, 31-48, Madrid (1975).
- GLENNIE, K. W.: *Desert Sedimentary Environments*. Elsevier, 222 pp. (1970).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.: *Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra*. Bol. Geol. y Min., 87, 561-70 (1976).
- MICHAUX, J.: *"Arvicolinae" Rodentia du Pliocene terminal et du Quaternaire de France et d'Espagne*. Paleovertébrata, 4, 137-213 (1971).
- MOISSENET, E.: *L'évolution Néogene de quelques bassins continentaux de la chaîne Ibérique*. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario (I. L. M., CSIC), 7, 29-34, Madrid (1977).
- MOISSENET, E.; ADROVER, R., y AGUIRRE, E.: *La fossa de Teruel*. Coloquio internacional sobre bioestratigrafía continental del Neógeno Superior y el Cuaternario Inferior, 1, 51-68, Madrid (1974).

Recibido: Junio 1978.

## Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofacies de Santa María de Meyá (Lérida)

Por J. E. GOMEZ PALLEROLA

#### RESUMEN

En el presente trabajo, y tras unos someros conceptos geográficos y geológicos, se describen ocho ejemplares fósiles (seis de ellos nuevos), pertenecientes al célebre yacimiento de Santa María de Meyá (Lérida).

Como elemento más destacado del mismo figura un fragmento de ave, primer representante de la fauna ornitológica mesozoica en nuestro país.

Asimismo inserto un ala de Neuróptero, de cuyo orden sólo existía como antecedente en esta localidad una larva de asignación específica insegura.

Un odonato, dos coleópteros, un lepidóptero, un anfibio y un fragmento de reptil completan la lista de especies estudiadas.

Van incluidas en la nota fotografías de cada uno de los ejemplares, una vista general del yacimiento y dos dibujos explicativos.

Una relación bibliográfica moderna concluye la monografía.

#### RESUME

Dans le travail présent, et après des brefs concepts géographiques et géologiques, on décrit huit exemplaires fossiles (six d'eux nouveaux), qui appartiennent au célèbre gisement de Santa María de Meyá (Lérida).

Comme élément plus remarquable du même, figure un fragment d'oiseau, c'est la première fois qu'un représentant de la faune ornithologique mésozoïque est rencontré dans notre pays.

Aussi va insérer une aile de Névroptère, ordre connu dans ce gisement par une larve d'assignation spécifique incertaine.

Un odonates, deux coléoptères, un lepidoptère, un amphibia, et un fragment de reptile, complètent l'ensemble de formes étudiées.

On inclut dans la note photographies de chacun des exemplaires, une vue générale du gisement et deux dessins explicatifs.

Une relation bibliographique actuelle, conclut la monographie.

#### SITUACION GEOGRAFICA

La Sierra del Montsec se extiende en la dirección E-W, y constituye el último y más importante contrafuerte meridional paralelo a los Pirineos.

Los dos ríos que cortan este macizo calizo, en sendos imponentes desfiladeros, delimitan tres secciones perfectamente diferenciadas; el trecho situado más al Oeste pertenece a la provincia de Huesca, los otros dos, a la de Lérida.

El sector ubicado más al Este se denomina Montsec de Rubíes, y en él se encuentra el célebre yacimiento de calizas litográficas de Santa María de Meyá, a una altitud de 877 m. s. n. m.

#### DENOMINACION DEL YACIMIENTO

En los primeros trabajos sobre este yacimiento (1902-1934), algunos autores lo denominaron de Santa María de Meyá, población en cuyo término se levantan los sedimentos calizos.

En 1951 Luis FERRER CONDAL, en unas notas y comunicaciones publicadas por el IGME, propone el nombre de Rubíes para la antigua cantera. Esto es realmente así, pero en la actualidad Rubíes ha dejado de existir como núcleo urbano habitado, estando sus nueve casas prácticamente en ruinas.

En otro trabajo insertado en el mismo boletín, bajo el título de «Contribución al conocimiento de la flora Kimmeridgense de Rubíes y Santa

María de Meyá», de Josefa MENÉNDEZ AMOR, vemos que se da una interpretación errónea del yacimiento, ya que de este título se desprende que son dos las localidades fosilíferas, cuando en realidad se trata de un solo lugar.

Finalmente, en 1953, en el mapa de la Hoja 290 (Isona), se denomina «Pedrera» a la zona donde aparecen los fósiles. Este es efectivamente el nombre popular sucinto del yacimiento, teniendo como nombre completo «La Pedrera de Meià».

Como quiera que la nominación del sitio de origen de estos fósiles continúa siendo el de Santa María de Meyá en las publicaciones actuales, y para evitar confusiones, adopto esta denominación primitiva en todas las alusiones que de este yacimiento hago en la presente nota.

#### PROCEDENCIA DE LOS FOSILES

A principios de siglo, se abrió una cantera en los estratos de caliza litográfica de Santa María

de Meyá, sacando los obreros abundantes fósiles que fueron recogidos por el ingeniero de minas barcelonés Luis Mariano VIDAL Y CARRERAS.

Ya en 1915, la explotación de la cantera se hallaba interrumpida. A las numerosas losas desprendidas en forma natural de las hiladas fueron a sumarse, pues, los derrubios extraídos por los canteros, acumulados hoy en día en la pendiente situada al pie de las mismas. De estas piedras sueltas, provienen 5 de los 8 ejemplares incluídos en este trabajo.

Dos de ellos —el reptil y el coleóptero de mayor tamaño— proceden de otro pequeño núcleo fosilífero secundario, igualmente explotado como cantera, que se encuentra separado de la masa principal unos 46 m. más abajo de ésta y a unos 100 m. de distancia en dirección Norte.

El Odonato proviene de los estratos superiores del frente principal.



Foto 1.—Vista general del yacimiento.

«María de Meyá», de Josefa MENÉNDEZ AMOR, vemos que se da una interpretación errónea del yacimiento, ya que de este título se desprende que son dos las localidades fosilíferas, cuando en realidad se trata de un solo lugar.

Finalmente, en 1953, en el mapa de la Hoja 290 (Isona), se denomina «Pedrera» a la zona donde aparecen los fósiles. Este es efectivamente el nombre popular sucinto del yacimiento, teniendo como nombre completo «La Pedrera de Meià».

Como quiera que la nominación del sitio de origen de estos fósiles continúa siendo el de Santa María de Meyá en las publicaciones actuales, y para evitar confusiones, adopto esta denominación primitiva en todas las alusiones que de este yacimiento hago en la presente nota.

#### PROCEDENCIA DE LOS FOSILES

A principios de siglo, se abrió una cantera en los estratos de caliza litográfica de Santa María

de Meyá, sacando los obreros abundantes fósiles que fueron recogidos por el ingeniero de minas barcelonés Luis Mariano VIDAL Y CARRERAS.

Ya en 1915, la explotación de la cantera se hallaba interrumpida. A las numerosas losas desprendidas en forma natural de las hiladas fueron a sumarse, pues, los derrubios extraídos por los canteros, acumulados hoy en día en la pendiente situada al pie de las mismas. De estas piedras sueltas, provienen 5 de los 8 ejemplares incluidos en este trabajo.

Dos de ellos —el reptil y el coleóptero de mayor tamaño— proceden de otro pequeño núcleo fosilífero secundario, igualmente explotado como cantera, que se encuentra separado de la masa principal unos 46 m. más abajo de ésta y a unos 100 m. de distancia en dirección Norte.

El Odonato proviene de los estratos superiores del frente principal.



Foto 1.—Vista general del yacimiento.

#### PALEOECOLOGIA

VIDAL supuso que la fauna y flora de esta biofacies procedía de aportes de corrientes terrestres que depositaban estos restos orgánicos en el mar Neojurásico.

Así, atribuye el hallazgo de coprolitos espirales al *Ichtyosauro*. Este reptil marino pisciforme vivía en el mar libre y lejos de las costas, por lo que su presencia en este hábitat dulceacuícola es prácticamente imposible.

Según mi opinión, este yacimiento constituye un biotopo lacustre; he aquí dos puntos en los que baso esta afirmación:

- 1.º Por la posición anatómica normal en que aparecen la mayoría de los fósiles y por la perfecta conservación de los tejidos blandos, parece pues evidente que esta fauna pertenece a las aguas remansadas, y que los ejemplares fosilizaron «in situ».
- 2.º En la fauna ictiológica, supuesta marina por los primeros paleontólogos que la estudiaron, figuran el *Leptolepis* y el *Lepidotus*, característicos del biotopo lacustre; asimismo, el *Megalurus* es muy similar al *Amia*, que vive actualmente en las aguas dulces.

Dos excepciones a lo antes reseñado las constituirían el *Hybodus* —que es un pez afín al tiburón— y el *Holophagus*, que es un Celacántido.

El resto de la fauna asociada a esta biofacies pertenece claramente a las aguas estancadas.

La profundidad de éstas sería variable según las estaciones. Como ya desde el Jurásico existía el mismo régimen estacional que en la actualidad, es lógico pensar que en verano, época por tradición seca, el nivel de las aguas fuese inferior al de las otras estaciones y que en un período de sequía persistente muchas de las especies que poblaban éstas quedarían en el barro, siendo sepultadas posteriormente por nuevos aportes de sedimentos, éste sería el caso de la muerte de algunos de los ejemplares hallados.

En cuanto al régimen vegetal, podemos afirmar que las riberas estaban pobladas principalmente de cicadoideas, helechos y coníferas, lo cual nos indica la existencia de un clima cálido y húmedo.

El yacimiento de Santa María de Meyá constituye, pues, según mi parecer, una biofacies autóctona, dulceacuícola, lacustre y con una profundidad de 0 a 100 m.

#### ESTRATIGRAFIA

VIDAL atribuyó en 1881 estas calizas, por su carácter petrográfico, al Kimmeridgiense; posteriormente, y a partir de la apertura de la cantera que comenzó a suministrar los primeros fósiles, se reafirmó en su anterior opinión.

M. H. E. SAUVAGE, al efectuar el estudio de la fauna ictiológica del yacimiento, las colocó como Virgulienses.

M. CHEVALIER, en su «Estudio sobre la geología de Cataluña», de 1932, las supuso Portlandienses; los autores de la Hoja núm. 290 las consideran igualmente pertenecientes a este período.

En el I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía sobre el Jurásico Superior de España, celebrado en 1971, se propuso la denominación de facies Purbeck a todo depósito no marino de edad imprecisa. Recientemente se han atribuido al Valanginiense, ya en el infracretácico, por sedimentólogos extranjeros.

Como vemos, esta biofacies que se consideró nerítica en un principio es atribuida en la actualidad como facies continental.

Estos sedimentos descansan sobre el Liásico y tienen por techo el Cretácico marino. He seguido desde la sexta curva del camino que parte del yacimiento a Vilanova de Meyá, y a una altitud de 1.005 m., hasta las capas superiores de los estratos fosilíferos. En este trayecto, inferior a 100 m., he hallado de arriba a abajo: primeramente unas calizas nodulosas; un poco más abajo se encuentran algunos gasterópodos mal conservados incrustados en las calizas, igualmente he recogido un fragmento de hueso, perteneciente a un vertebrado de tamaño considerable. Las calizas, blancas exteriormente, como efecto de la decoloración solar, son negras en su interior, presentando gran cantidad de restos vegetales, en algunos puntos la caliza es de textura similar a la litográfica.

He hallado, asimismo, pequeños fósiles muy mal conservados, la fauna y flora que aparece es distinta de la del yacimiento propiamente dicho. Sería conveniente el efectuar más búsquedas en estas capas. Los estratos están en el yacimiento ordenados normalmente, apareciendo el fósil en relieve en la cara inferior y en hueco en la superior.

La edad precisa de estas calizas es muy difícil de determinar, ya que se encuentran especies comunes del Jurásico y del Cretácico: *Leptolepis*, *Lepidotus*, etc. Creo que el hallazgo de nuevos fósiles en el futuro va a permitir una fijación cada vez más perfeccionada. No obstante, por el carácter bastante evolucionado de las especies que aparecen y por el régimen continental de este yacimiento, hacen más factible su inclusión en el Valanginiense que en el Jurásico Superior.

#### TECTONICA

La potencia visible de los estratos es de unos 30 m., penetrando éstos en el subsuelo. El punto más bajo donde aparecen las calizas litográficas es en el frente secundario, que como he indicado anteriormente se encuentra separado del principal, la altitud en este lugar es de 830 m.

Los estratos presentan en este nivel inferior buzamientos entre 46° y 52°, siendo su dirección de 95° en sentido septentrional. En el nivel principal, que es donde el paquete de sedimentos presenta mayor potencia, se manifiestan gran cantidad de diaclasas, algunas fallas de salto inapreciable y dos pequeños pliegues subacuáticos o «slumpings».

La dirección normal es igualmente de 95°, estando sus capas orientadas al N-NNE, salvo en una medición que están orientadas al NW.

Las principales diferencias de buzamiento se encuentran al pie del cuerpo de estratos principal, siendo el menor de 17° y el mayor de 58°.

#### LITOLOGIA

Existen dentro del mismo yacimiento varios tipos de caliza: caliza litográfica exfoliable, gris o pardusca; caliza litográfica compacta; caliza blan-

ca y caliza negruzca, ambas malas para su uso en litografía. En todos pueden aparecer fósiles, pero en la caliza compacta su extracción es difícil.

Estas calizas se presentan cruzadas por filoncillos de calcita, que hacen muy frágil la piedra por estos planos.

En algunos casos estas vetas son verdaderas diaclasas, encontrándose entonces llenas de cristales escalenoédricos de este mineral.

La piedra presenta fractura conoidea. También se encuentra a veces en ella dendritas de pirolusita.

#### RESUMEN DE LAS ESPECIES HALLADAS

La fauna y flora del yacimiento sobrepasa en la actualidad las 80 especies. El mayor número de ellas corresponde al reino animal, con más de 50 ejemplares.

Los invertebrados están representados por gasterópodos, crustáceos e insectos, correspondiendo el mayor número a esta última clase (más de 20).

En cuanto a los vertebrados figuran peces, reptiles, anfibios y aves, siendo los primeros los que cuentan con mayor número de formas (alrededor de 20).

En el reino vegetal las especies rebasan la treintena.

#### ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE ESTA NOTA

Todos los ejemplares incluidos en el presente trabajo son el fruto de las búsquedas por mí efectuadas durante la última década.

No voy a incluir aquí el gran número de fósiles ya clasificados encontrados, para no estar repitiendo siempre los mismos ejemplares, aunque realmente muchos les superen en tamaño, belleza y conservación.

Inserto en el mismo dos topotipos: el *Montsechusbatrachus Gaudryi Vidal* y el *Palaeontina Vidali Meunier*, pero como los nuestros mejoran en

mucho a los holotipos primitivos, me veo en la necesidad de divulgar su publicación como mera finalidad de una mejor y más exacta clasificación en ulteriores hallazgos.

El número de vegetales hallados recientemente en unas capas de caliza negruzca muy fosilífera ha dado numerosas especies nuevas, que serán objeto de una próxima monografía.

Asimismo incluyo una vista general del frente principal del yacimiento y dos dibujos realizados por mí para esclarecer algunos detalles no visibles en las fotografías. Estas, salvo las del *Odontato*, la *Palaeontina* y el coleóptero de menor tamaño efectuadas por el autor, han sido realizadas por Jorge SIRERA JENÉ, catedrático de Historia Natural del Instituto Nacional de Enseñanza Media de Lérida, a quien dedico un ejemplar.

Igualmente dedico sendos ejemplares a Ramón MONREAL PORTELLA y a José Antonio MUÑOZ DE LAFUENTE, quienes me han acompañado numerosas veces en las excursiones hechas al yacimiento.

Paso a continuación a la descripción de los ejemplares fósiles hallados.

#### PALAEONTINA VIDALI SIRERA

Fernand MEUNIER, en la Memoria publicada por la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, bajo el título «Una nueva Cicada del Kimmeridgiense en el Montsech», hace un estudio sobre un ejemplar de VIDAL, al que denomina *Palaeontina Vidali Meunier*. Por tratarse nuestro fósil de una especie muy parecida a aquélla, vamos a establecer diversas comparaciones anatómicas con ella.

Veamos, en primer lugar, el tamaño respectivo de cada uno:

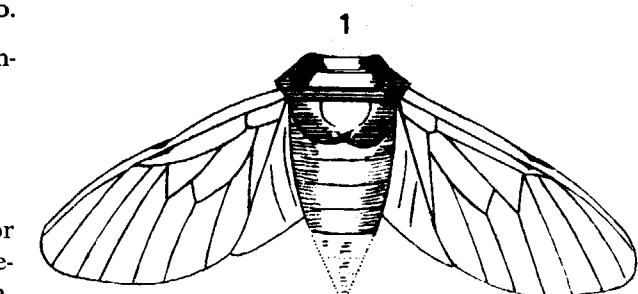
<i>Palaeontina Vidali Meunier</i>	<i>Nuestro ejemplar</i>
Longitud alar ... ... ... 22 mm.	32 mm.
Ancho alar ... ... ... 11 mm.	18 mm.
Longitud del tórax ... ... 6"	7"
Longitud del abdomen. 5"	7"
Ancho tórax ... ... ... 8"	12"
Ancho abdomen ... ... ... 7"	9"

Como se puede comprobar por estos datos, nuestro ejemplar es mayor que el *Palaeontina Vi-*

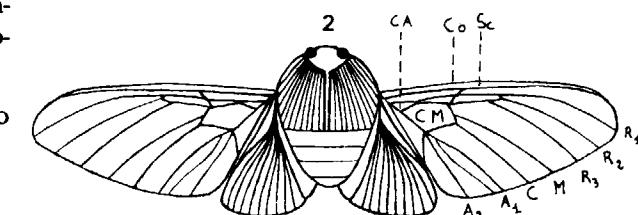
*dali*, siendo su envergadura total de 7,6 cm. La cabeza, según la restauración de MEUNIER, es en aquél ancha, los ojos prominentes y el pronoto se presenta dilatado en triángulo en los costados anteriores. En nuestro ejemplar, la cabeza es pequeña, los ojos menos prominentes y más juntos, los bordes de los segmentos torácicos son curvos, el tórax aparece cruzado por una serie de líneas curvas que van desde la cabeza hasta el comienzo visible del abdomen.

MEUNIER nos dice en su nota (sic): «La parte cónica del abdomen, que ha sido destruida en la fosilización, tenía probablemente 4 segmentos. Si esta hipótesis es exacta, el abdomen de los *Palaeontina* tenía 8 segmentos como en los *Platypleur stridula et Capensis Linneo*».

Esta hipótesis me parece improbable, puesto que nuestro ejemplar posee el mismo tipo de abdomen que el *Palaeontina Vidali*, con 4 anillos



1. *Palaeontina Vidali Meunier*



2. *Palaeontina Vidali Sirera*

Nerviaciones: Co, costal; Sc, subcostal; R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, radiales; M, mediana; C, cubital; A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, anales.  
Células: CM, mediana; CA, accesoria.

visibles, de lo que deduzco que esta especie tenía el abdomen ovoide, no existiendo, por tanto, la parte cónica que aquél paleontólogo pretendía.

Reproduzco un dibujo comparativo de ambos insectos, en donde se aprecian claramente las diferencias alares respectivas. En él se representa asimismo la nerviación de las alas posteriores que no figuran en el ejemplar descrito por MEUNIER.

Es notable, en nuestro fósil, la diferencia de coloración que presentan las alas, las cuales están cruzadas por cuatro bandas verticales más oscuras sobre un fondo claro; igualmente se distinguen unos pequeños triángulos que siguen los bordes de la base de las alas anteriores y posteriores.

La nerviación de las alas anteriores presenta las siguientes características en nuestro fósil: Una

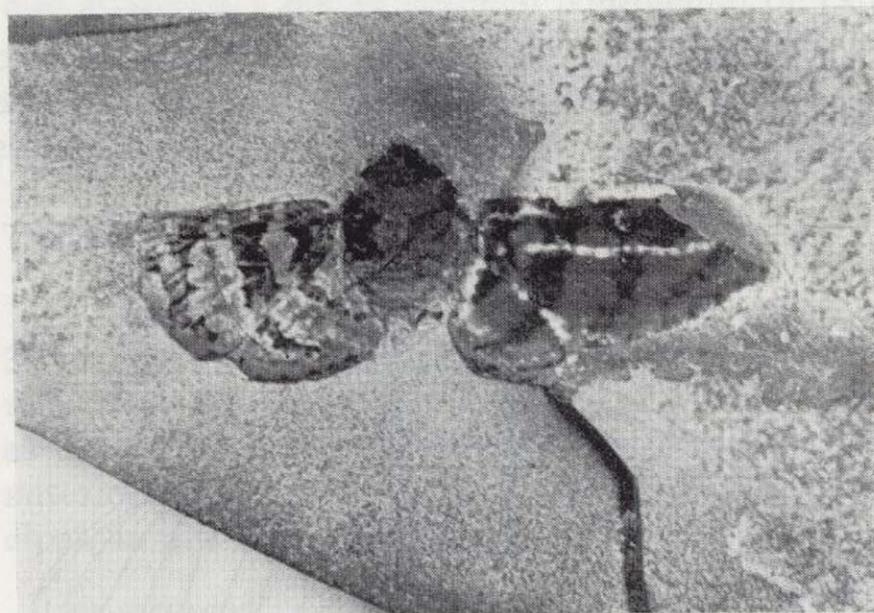


Foto 2.—*Palaeontina Vidali* Sirera.

nervadura costal que recorre el borde anterior del ala y una nervadura subcostal de la que sale una pequeña nervadura transversa hacia la primera radial.

De ésta salen dos nervaduras transversas, una que va al vértice del ángulo superior derecho de la célula mediana, y otra que va a la segunda radial; hay además una tercera nerviación radial que sale de la segunda, una mediana, una cubital y dos anales. De la primera anal parece salir una pequeña nerviación que termina igualmente en el borde posterior del ala, si bien su recorrido no se distingue con claridad. Existen además dos células, una mediana y otra accesoria.

En las alas posteriores se divisan nueve nervaduras; no se aprecia la existencia de ninguna cé-

lula mediana, aunque tampoco se manifiesten con claridad las nerviaciones.

La clasificación de este fósil ha sido objeto de largas polémicas desde hace más de un siglo. Para algunos paleontólogos se trata de un lepidóptero, y para otros, de un cicádido.

Según nos dice MEUNIER, BUTLER consideró a la *Palaeontina Oolítica* como un lepidóptero *Nymphálido*. Desde 1874, STUDER rebatió esta opinión, considerando que por su reticulado alar y por la presencia de una célula basal aquél fósil no podía incluirse entre las mariposas. BRAUER, y posteriormente TYLLIARD, consideran a estos *Paleontinidae* como homópteros cicádidos.

Vamos a establecer algunas comparaciones entre las cigarras y nuestro ejemplar; el cuerpo es totalmente diferente: cabeza grande, ojos muy separados y abdomen largo en las cigarras. Cabeza pequeña, ojos bastante juntos y abdomen corto en nuestro insecto.

En cuanto a las alas, nuestro fósil posee las anteriores y las posteriores completamente diferentes entre sí; como vemos, ni el cuerpo ni las alas presentan ninguna semejanza con los hemípteros cicádeos. El cuerpo tampoco es parecido al de las mariposas; en cambio, las alas son muy similares a las de ciertas mariposas nocturnas.

Aunque la mayoría de las cigarras no presentan coloraciones llamativas en las alas, las tropicales poseen tan bellos colores que pueden llegar a confundirse con las mariposas; en consecuencia, el error en los ejemplares fósiles es más que probable.

En mi opinión, este insecto se acerca más a las mariposas heteróceras que a las cigarras; podría tratarse de una forma en vías de evolución hacia los lepidópteros modernos.

A pesar de que las restauraciones del *Palaeontina Vidali* y de nuestro fósil son diferentes, considero a éste como perteneciente a la misma especie, ya que el estudio de un ejemplar tan mal conservado como aquél era muy problemático.

Aunque se trate, pues, de la misma especie, creo oportuno el cambio de nombre de *Palaeontina Vidali Meunier* por el de *Palaeontina Vidali Sirera*, siendo mucho mejor la conservación de este último y por tanto la descripción de sus órganos más ajustada a la realidad.

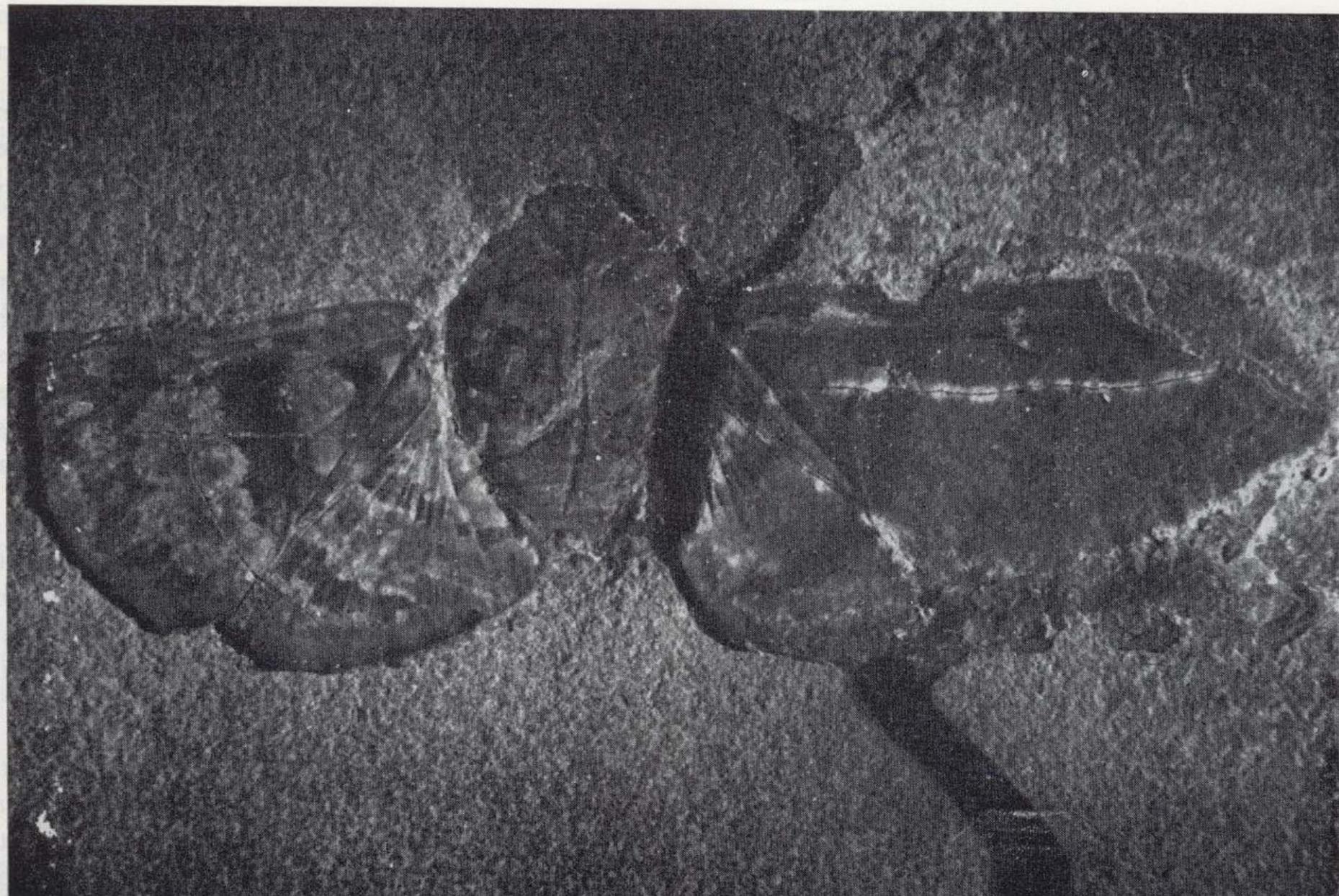


Foto 3.—Palaeontina Vidali Sirera.

#### PALAEAESCHNA PALLEROLAE

La presencia del Orden de los Odonatos había sido detectada en el yacimiento de Santa María de Meyá, a raíz del hallazgo de larvas, la primera de las cuales fue denominada *Palaeaeschna Vidali* por MEUNIER, en 1914, en una nota publicada por la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona bajo el título «Un Blátido y una larva de Odonato del Kimmeridgiense de la Sierra del Montsech».

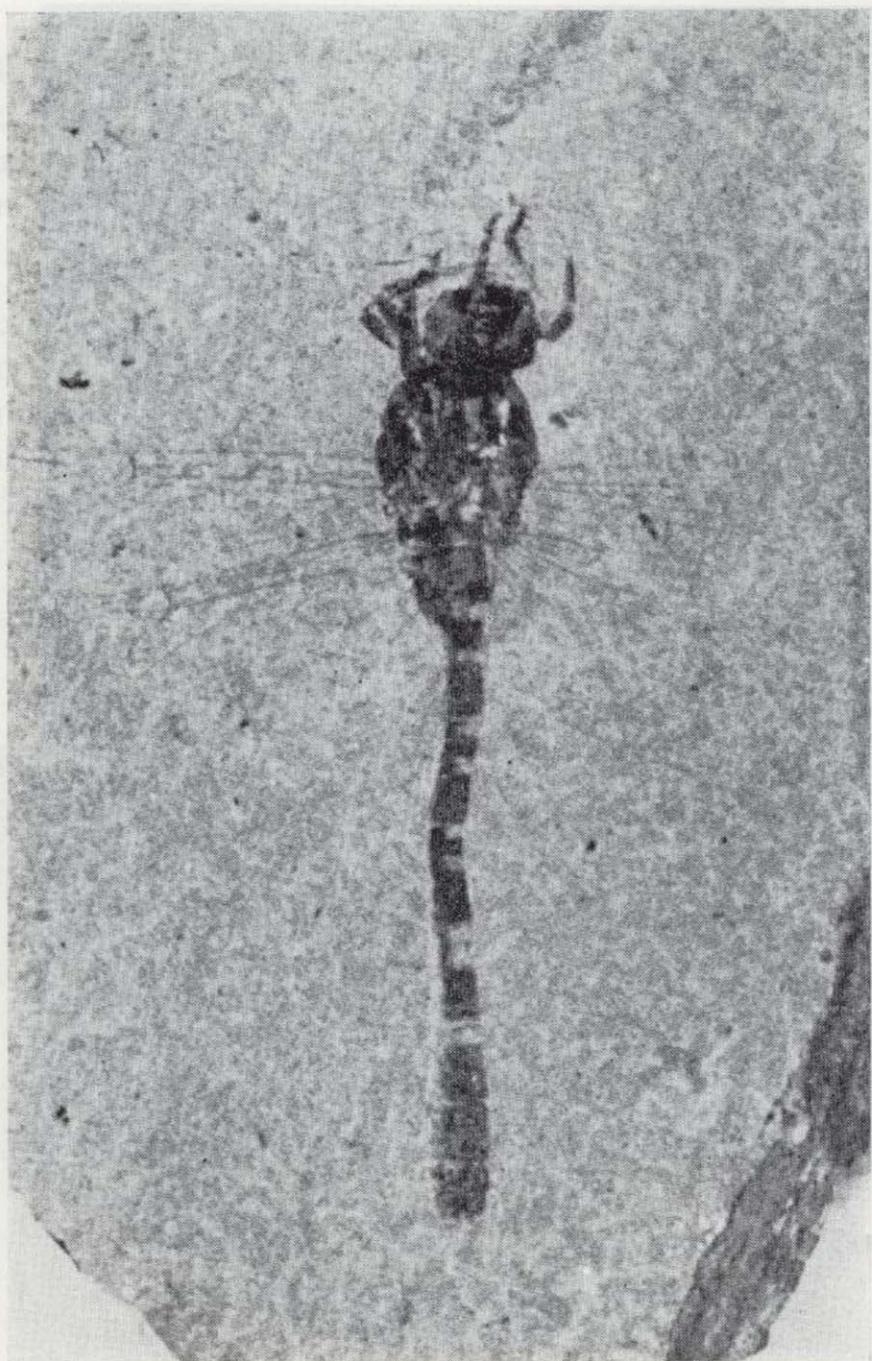
He tenido la fortuna de hallar un ejemplar adulto de 3,5 cm. de longitud y aproximadamente 5 cm. de envergadura.

Por la impresión que han dejado sus alas, vemos que se trata de un Anisóptero, ya que tiene desiguales las alas correspondientes al primero y segundo par.

En el fósil se aprecian claramente las nervaduras transversas, situadas hacia la mitad de las alas, los estigmas alares, e incluso las celdillas triangulares de la parte basal.

Todos los demás detalles anatómicos son tan evidentes en la fotografía que adjunto, que omito su descripción.

La estructura general de su cuerpo es parecida a la de los Esnídos, siendo muy similar a la del *Cordulegaster Annulatus*, frecuente en la Península Ibérica, si bien su reticulado alar difiere un poco del de aquél. El tamaño de los Esnídos actuales es mayor que el del ejemplar que he descrito, llegando a alcanzar 8 cm. de longitud y una envergadura de 10 cm., como se ve, mucho mayor que nuestro fósil.

Foto 4.—*Palaeaschna Pallerolae*.

## ANTEMNACRASSA MONREALI

Este coleóptero tiene una longitud de 21 mm. y una envergadura de 22 mm.

La cabeza es de forma redondeada y pequeña en relación al tórax, tiene un diámetro de 2,5 mm. La órbita de los ojos es ligeramente ovalada y de 1 mm. de diámetro; éstos se encuentran situados a ambos lados de la misma y en su parte media.

Las antenas son muy largas y extraordinariamente robustas, tienen 1 cm. de largo y 1,5 mm. de grosor en la parte más ancha; no se aprecian en ellas los artejos. Igualmente he podido constatar

unas pequeñas prominencias atribuibles a las mandíbulas. Los palpos maxilares no se distinguen.

El tórax es coriáceo, la anchura del protórax viene a ser doble que la de la cabeza, en él se aprecia, si bien de manera poco clara, un fragmento del primer par de patas.

Del mesotórax emergen los dos élitros, de forma elipsoidal y acabados en punta, tienen 11 mm. de largo por 5 de ancho, y 10 estrías longitudinales. En esta parte torácica se aprecia con nitidez el segundo par de patas, diferenciándose las coxas, los trocantes y los dos fémures, estos últimos de aspecto robusto.

En el metatórax podemos percibir el tercer par de patas, que presentan de igual forma coxas, trocantes y los fémures también robustos, distinguiéndose además las tibias y los tarsos, estos últimos con 5 artejos y uña terminal.

El abdomen es de forma ovoide y presenta 8 segmentos. El fósil que he descrito parece tratarse de un coleóptero adéfago, y dentro de este suborden podemos incluirlo en la familia de los Carábidos, si bien, al desconocer el número de artejos de las antenas y la forma de éstas, no es totalmente segura su inclusión en esta familia.

Foto 5.—*Antemnacrassa Monreali*.

## BREVISPINNATUS PALUDIS MUÑOZ

Este otro pequeño coleóptero se presenta de perfil, su longitud es de 7 mm. En la cabeza se distinguen las antenas, que son muy pequeñas, un ojo y una raya vertical en el lugar que corresponde a la boca. Los élitros son estriados y se encuentran abiertos, uno recubriendo el cuerpo y el otro hacia arriba, dejando entrever entre ambos las alas membranosas.

Las patas delanteras son perfectamente visibles, también se aprecia claramente la pata trasera, y por último al final del abdomen aparece un ápice caudal.

Dada la falta de detalles importantes para la clasificación de este insecto, como son la estructura de las antenas y el número de artejos del tarso, me hace imposible el intentar incluirlo en una de las numerosas familias que forman el orden de los Coleópteros.



Foto 7.—Ala de Neuróptero.



Foto 6.—*Brevispinnatus* *Paludis* *Muñoz*.

## NEUROPTERO

Esta ala suelta de Neuróptero tiene una longitud de 12 mm. y una anchura de 2 mm., posee en la parte posterior una diferencia de coloración respecto al resto del ala.

Cabe señalar que hasta el presente no se había encontrado ningún representante de dicho orden en este yacimiento, salvo una larva de asignación específica insegura.

## RUBIESSAURUS LAPICIDINARUM

Por desconocer el régimen biológico de este vertebrado, existe la duda de su inclusión, ya que por sus caracteres anatómicos externos, tan mal conservados, no podemos dilucidar si pertenece a la clase de los anfibios o a la de los reptiles.

En el supuesto de que sea un reptil se trata de un tetrápodo, cuyas extremidades son del tipo quiridio, es decir, pentadáctilas. De este ejemplar sólo son visibles el cráneo, la extremidad anterior izquierda y una costilla suelta.

El cráneo se encuentra de perfil, y tiene una longitud de 18 mm. por 11 mm. de ancho, y su forma es ovalada.

El estilopodio de la extremidad anterior pre-

senta el húmero robusto y ligeramente arqueado en forma de S.

En el zeugopodio se distinguen claramente el cúbito y el radio.

En el autopodio vemos que la mano aparece fracturada y muy desplazada hacia abajo.

En el basipodio, se diferencian los huesos carpianos, si bien con poca claridad.

Los metacarpianos del metapodio se ven perfectamente, teniendo todos una longitud aproximada, excepto el primero, que es más corto.

Finalmente, en el acropodio se aprecian muy bien todos los dedos, siendo el primero de la izquierda el dedo 5 y el último de la derecha el

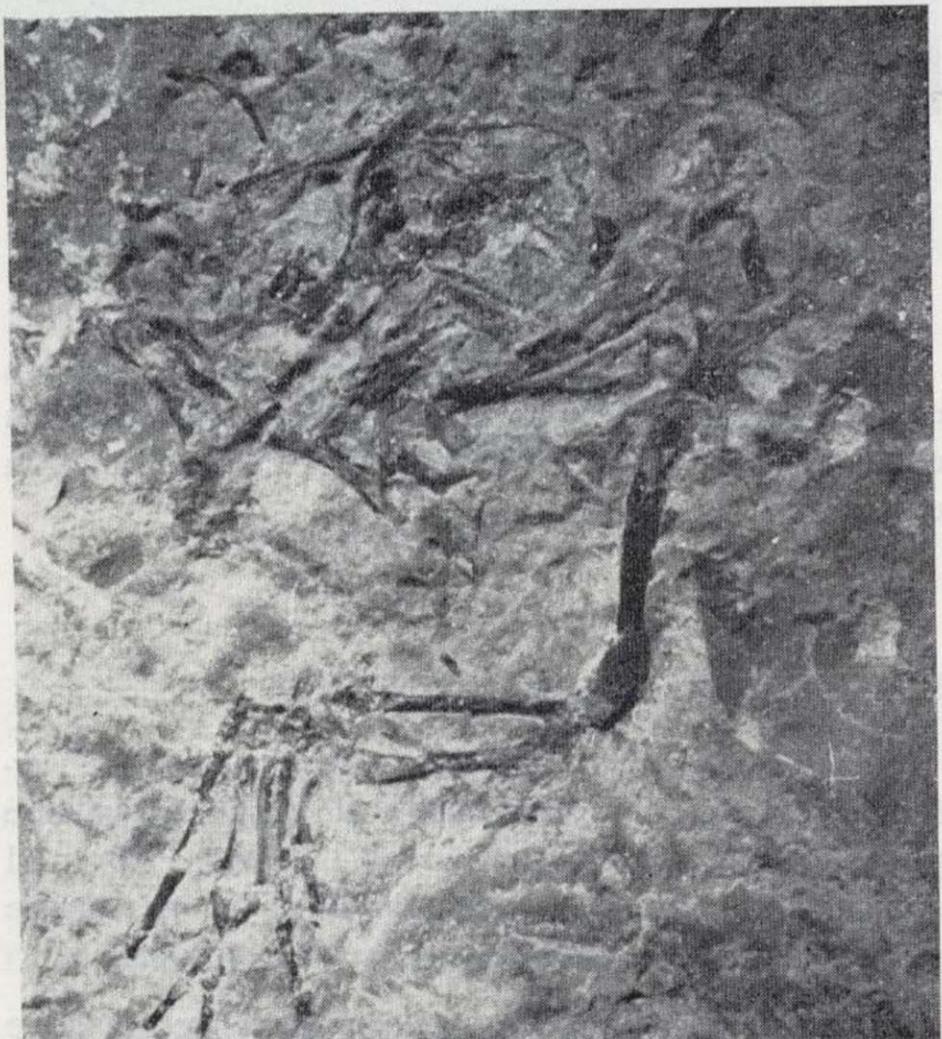


Foto 8.—*Rubiessaurus Lapridinarum*.

dedo 1. Todos ellos se encuentran provistos de fuertes uñas, y el número probable de falanges es el siguiente (del primer al quinto dedo): 2, 3 (3 ó 4), (3 ó 4), 2.

Este es, pues, el cuarto reptil hallado en el yacimiento, contando el *Ilerdasaurus Crusafonti*, hallado últimamente, y del que sólo se conserva el cráneo, y descontando el *Ichtyosauro* por las razones anteriormente expuestas.

El *Meyasaurus Faurae* presenta un tamaño algo mayor que el ejemplar que describo, y cuyas diferencias principales son el número de falanges de los dedos y la forma del cráneo, que en aquél termina en un largo hocico.

De tratarse de un reptil, pertenecería al grupo de los Saurios.

#### MONTSECHUSBATRACHUS GAUDRYI VIDAL

Hasta el presente sólo se conocen dos anuros procedentes de este yacimiento que hayan sido objeto de estudio: el *Montsechusbatrachus Gaudryi Vidal* (1902) y el *Eodiscoglossus Santonjae Ferrer* (1954). El primero de ellos, denominado *Paleobatrachus* por VIDAL, constituyó en su día un descubrimiento notable, ya que este anfibio sólo se había encontrado en terrenos terciarios.

Las ranas de Santa María de Meyá, consideradas durante largo tiempo las más antiguas conocidas en el mundo, se colocan hoy en día en el infracretácico como ya he indicado anteriormente. No obstante, en África y América se han hallado ranas pertenecientes al Jurásico Superior.

Nuestro ejemplar, al que considero perteneciente a la misma especie que el *Montsechusbatrachus*, presenta las siguientes medidas comparado con aquél:

#### *Montsechusbatrachus*

Cráneo:	longitud, 10 mm.; ancho, 9 mm.
Tronco:	longitud, 15 mm.
Húmero:	longitud, 5 mm.
Fémur:	longitud, 9 mm.
Tibia:	longitud, 10 mm.
Tarso:	longitud, 5 mm.

#### *Nuestro ejemplar*

Cráneo:	longitud, 5,5 mm.; ancho, 6 mm.
Tronco:	longitud, 9 mm.
Húmero:	longitud, 4 mm.
Fémur:	longitud, 8 mm.
Tibia:	longitud, 7 mm.
Tarso:	longitud, 3 mm.

El *Montsechusbatrachus* mide, pues 5 cm. de longitud, sin contar los dedos de los pies, los cuales no son visibles en el fósil.

El nuestro posee una longitud total de 3,2 cm.

Como se ve, la longitud de los fémures respectivos es casi la misma, siendo el tamaño del cuerpo de aquél mucho mayor que el de éste. El cráneo es, asimismo, algo diferente. Todas las demás características de nuestro fósil son sensiblemente iguales, por lo que a pesar de las diferencias antes indicadas considero a éste asimilable a la misma especie.

Los anuros se consideran provenientes de los Estegocéfalos del Carbonífero.

En el Triásico Inferior del norte de Madagascar aparece el *Protobatrachus*, que hace de puente entre estos Estegocéfalos paleozoicos y los anuros del Jurásico Superior, no habiéndose encontrado durante este larguísimo período de tiempo ningún fósil que nos permita seguir la línea evolutiva de estos batracios.

El cráneo del *Protobatrachus* tiene ya la forma actual; sin embargo, la pelvis y la columna vertebral son muy primitivas. El íleon se presenta alargado y no posee uróstilo. Los huesos del brazo y de la pierna permanecen separados.

Los huesos tarsales son menos largos que en los anuros actuales y, como dato notorio, este anfibio presenta aún tres o cuatro vértebras caudales.

JEAN PIVETEAU, en su libro *De los primeros vertebrados al hombre*, encuentra muy significativo el que los órganos de este fósil hayan evolucionado de manera independiente, señalando que si se hubieran encontrado en un lugar el cráneo y en otro el resto del cuerpo se habrían considerado como pertenecientes a distintas épocas.

El ejemplar de *Montsechusbatrachus* estudiado por VIDAL sólo presenta la huella de los huesos, por lo que su descripción detallada es imposible de reconocer. El nuestro presenta, en cambio, los huesos bien definidos, pudiéndose establecer comparaciones anatómicas con el *Protobatrachus*.

Ambos cráneos poseen la misma estructura de los anuros actuales. En la columna vertebral se distinguen en nuestro fósil seis vértebras, con sus respectivas apófisis transversas. En la cintura

pélvica diferenciamos el íleon y las huellas del uróstilo y del isquión; los huesos tarsales se muestran alargados.

VIDAL consideraba libres por sus extremos al calcáneo y astrágalo del tarso del *Montsechusbatrachus*, interpretando esta particularidad como un estado evolutivo que precedía al de las ranas actuales. He podido constatar en nuestro fósil que estos huesos se encuentran perfectamente soldados.

Los huesos del brazo y de la pierna están unidos, formando uno sólo, si bien se aprecia una débil sutura que indica que en un pasado este

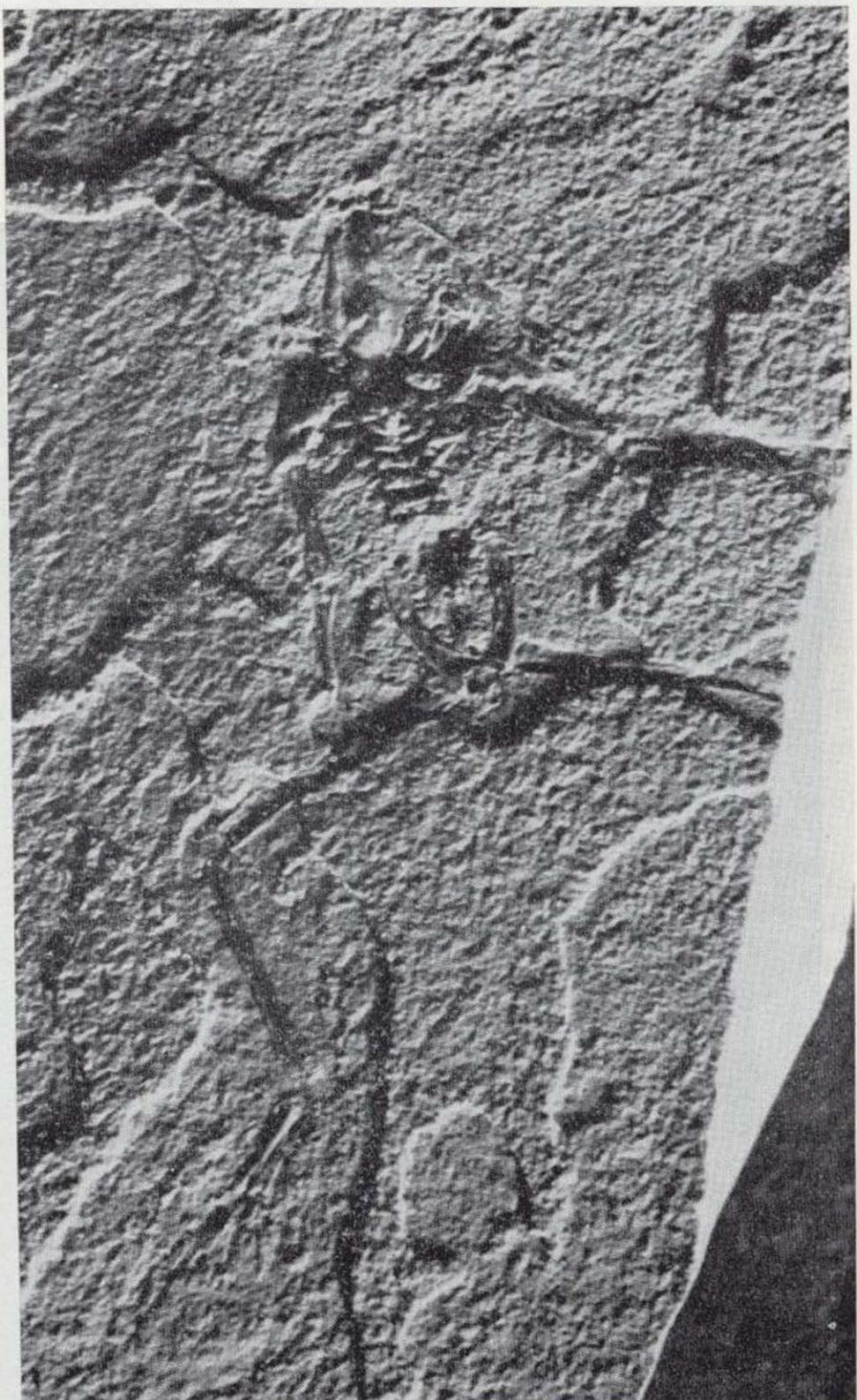


Foto 9.—*Montsechusbataclus* Guadryi Vidal.

hueso único estaba formado por dos. Y, por último, no se ve traza alguna de vértebras caudales.

También son visibles en nuestro *Montsechus batrachus* los dedos de las extremidades izquierdas, los cuatro de la mano, que se encuentran sobre el fémur, y los del pie, si bien de éstos sólo aparece la huella.

El *Montsechus batrachus* se considera perteneciente a una familia en la actualidad extinguida: los *Montsechobatrachidae*, pero con representantes (según VIDAL) del Oligoceno, como el *Paleobatrachus gracilis* Von Meyer, similares a él.

En cambio, el *Eodiscoglossus* se relaciona con la familia actual de los Discoglósidos, con 12 géneros, uno de los cuales es el *Discoglossus*. De

todas las consideraciones anteriormente expuestas se desprende que nuestro fósil es ya una rana de tipo moderno.

#### PRISCAVOLUCRIS MONTSECHI

Ya se habían encontrado en este yacimiento cuatro plumas sueltas que evidenciaban la presencia de aves.

El hallazgo de una de ellas es comentado en el libro de BJORN KURTÉN titulado *El mundo de los Dinosaurios*, señalando este paleontólogo que probablemente perteneciera al *Archaeopteryx*.

Por otro lado, en el trabajo de VIDAL, que lleva por título *Sobre la presencia del tramo Kimme-*



Foto 10.—*Priscavulucris Montsechi* (cuerpo).

ridgiense en el Montsech y hallazgo de un batracio en sus hiladas, publicado por la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona en 1902, nos dice este geólogo (sic.): «Restos de una pequeña ave se perdieron por torpeza de un obrero.»

Un fragmento de ave ha venido a confirmar la presencia real de este vertebrado. Este ejemplar mide 10,2 cm. de largo por 10 cm. de envergadura. El cráneo es de contorno triangular y tiene un tamaño de 3,3 cm. de longitud por 3 cm. de anchura.

En la región cervical se aprecia una línea oscura en el lugar que éstas ocupaban. Igualmente se ve traza de las costillas, que se encuentran sueltas. En las extremidades anteriores tenemos: el húmero, que es muy grueso; el arranque del cúbito y el radio no se reconoce bien. Las alas se divisan perfectamente, distinguiéndose de forma manifiesta los cañones, e incluso los raquis de las plumas. En las extremidades posteriores me parece ver, si bien con dudas, el metatarso (ya que se trata de un solo hueso) y el inicio de dos dedos.

Todos estos detalles no se patentizan con toda claridad en la fotografía que adjunto, por lo que

he insertado un dibujo del fósil señalando los órganos más visibles y que me sirven para atribuir esta especie a las aves. Como prueba irrebatible, incluyo igualmente una ampliación del ala derecha del ejemplar.

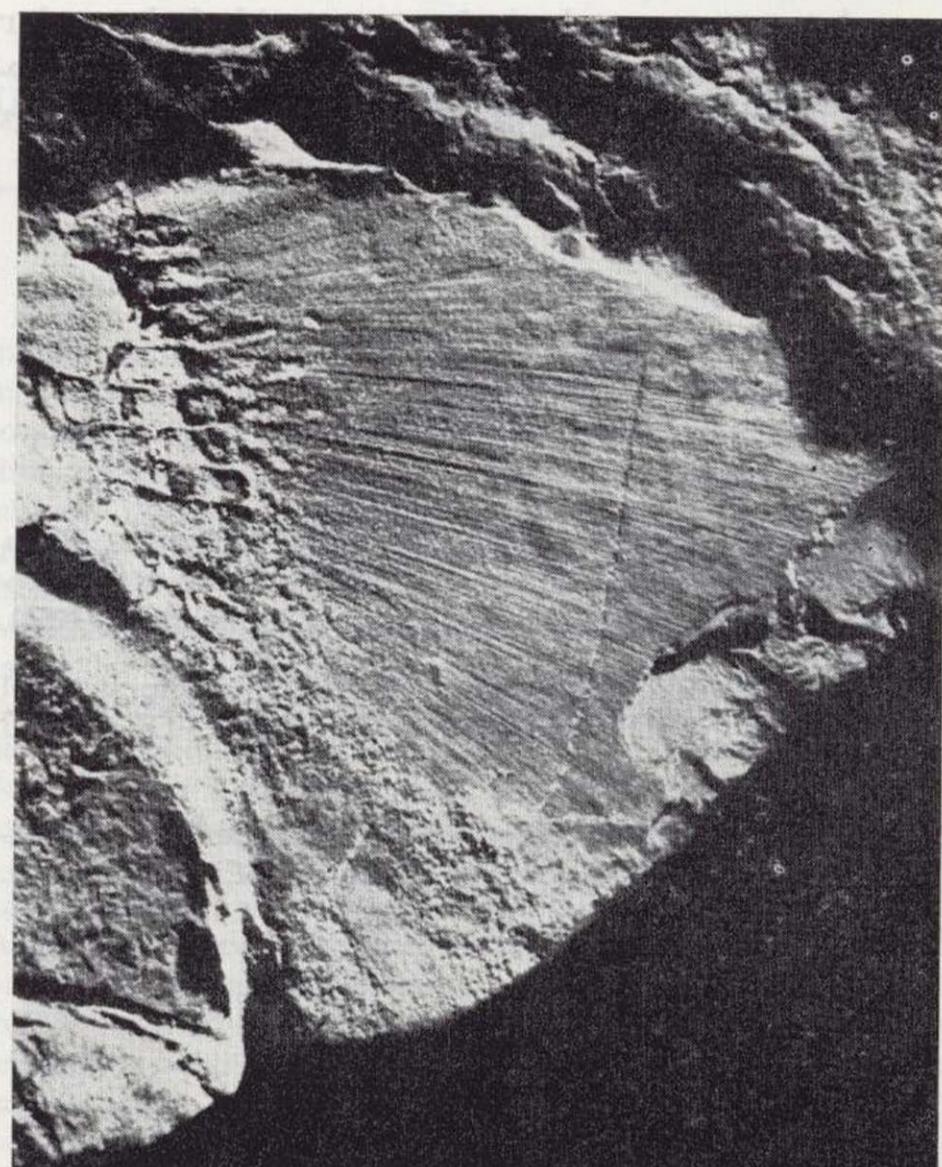
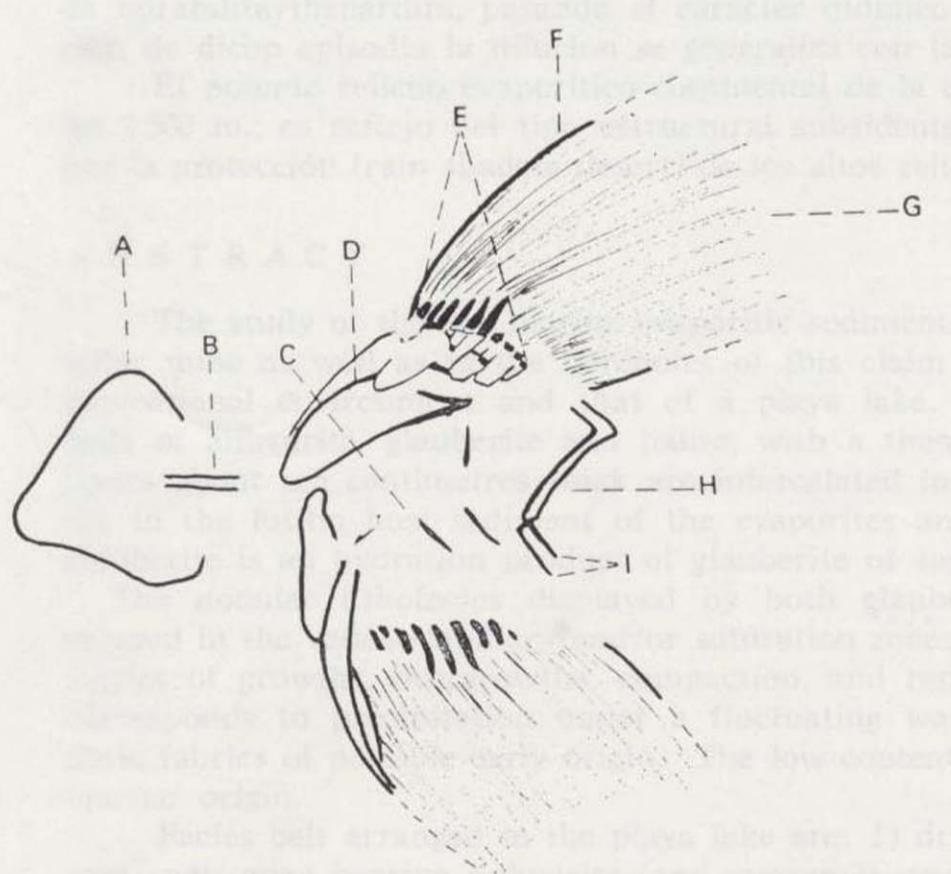


Foto 11.—*Priscavulucris* Montsechi (ala).



A, cráneo  
B, región cervical  
C, costillas

D, húmero  
E, cañones  
F, ala  
G, plumas  
H, metatarso?  
I, dedos?

Comparando éste con el célebre *Archaeopteryx*, vemos que en el *Priscavulucris* el cráneo se encuentra en posición plana y no podemos, por consiguiente, señalar la presencia de dientes en el pico.

Las alas están incompletas, y tampoco podemos atisbar en ellas la existencia de garras.

Nuestro fósil tendría un tamaño aproximado de unos 20 cm.

Por todo lo anteriormente reseñado, cabe considerar al *Priscavulucris* Montsechi como un ave ya alejada evolutivamente de los reptiles «proto-

avianos» tales como el *Coseasaurus Aviceps*, hallado en 1974 por el Dr. D. D. DE VILLALTA en el Muschelkalk de la Sierra de Prades (Tarragona).

Es de lamentar su mala conservación, que me impide hacer un estudio más detallado. Confieso que en el futuro el hallazgo de un ejemplar entero permita una reconstrucción anatómica completa, que nos daría la oportunidad de poder establecer comparaciones precisas con el *Archaeopteryx*, coadyuvando a la datación de estas calizas litográficas, aún dudosas.

#### BIBLIOGRAFIA

- MENÉNDEZ, J.: «Contribución al conocimiento de la Flora Kimmeridgiense de Rubies y Santa María de Meyá (Lérida)». Not. y Com. del IGME, núm. 23, Madrid (1951).
- FERRER, L.: «Nuevos hallazgos en el Jurásico Superior del Montsech». Not. y Com. del IGME, núm. 23, Madrid (1951).
- FERRER, L.: «Noticia preliminar concerniente a la presencia de una pluma de pájaro». Acta XI Cong. Int. Am. (1954).

FERRER, L.: «Nota sobre la fauna y flora de las calizas litográficas de Rubies (Lérida)». Inst. de Est. Ilerdenses, 5 láms, Lérida (1956).

MAPA GEOL. DE ESPAÑA: Exp. de la Hoja núm. 290, ISONA (Lérida), Madrid (1953).

TEIXEIRA, C.: «La flore fossile des calcaires lithographiques de Santa María de Meyá (Lérida, Espagne)». Bol. da Soc. Geol. de Portugal, vol. XII, pp. 139-152, Oporto (1954).

WENZ, S.: «Estudio de un nuevo Notagodus de la provincia de Lérida». Bull. Geol. Franc., t. VI, París (1964).

VÍA, L.: «Crustáceos decápodos del Jurásico Superior del Montsech». Cuad. Geol. Ibérica, vol. 2, Madrid (1971).

«AMICS DE LA PALEONTOLOGÍA»: «Una pluma fosilizada de 150 millones de años». Importante yacimiento paleontológico en el Montsech. Diario «La Mañana», 9 abril 1976, Lérida.

LA CASA RUIZ, A.: «Estudio del Yacimiento Portlandiense del Montsech de Rubies». Museo Paleontológico del Seminario Conciliar de Barcelona (1976).

LA CASA RUIZ, A.: «La Facies Purbeck en el Montsech de Lérida». Revista Ibérica, Barcelona (1977).

BERTRÁN SALIETI, J.: «Descubrimiento de un Protortóptero del Cretácico de Santa María de Meià, Lérida». Rev. Ibér. núm. 178, mayo (1977).

Recibido: Enero 1978.

## Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago, Toledo (Terciario continental de la Cuenca del Tajo)

Por F. ORTI CABO (\*), J. J. PUEYO MUR (\*) y A. SAN MIGUEL ARRIBAS (\*)

#### RESUMEN

El estudio de los sedimentos evaporíticos continentales de Villarrubia de Santiago, Toledo, tanto en la mina de El Castellar como en los sondeos de su demarcación (de hasta 300 m. de profundidad), permiten relacionar su ambiente deposicional con el de un lago salado del tipo «playa lake». La secuencia salina se caracteriza por alternancias irregulares de capas de anhidrita, glauberita y halita, existiendo a techo de dicha secuencia un paquete de thenardita. Los sondeos intercalan algunas capas decimétricas de polihalita. Magnesita es el único carbonato presente en el material lutítico de las evaporitas, y está principalmente asociada a glauberita y halita. Hidroglauberita es un producto de hidratación de la glauberita, de interés local.

Las litofacies nodulosas de glauberita y anhidrita reflejan cristalización intrasedimentaria, desarrollada en las zonas vadose-capilar y/o de saturación. Las fábricas cristalinas de la glauberita muestran historias diagenéticas complejas de crecimientos, sobrecrecimientos, compactación y reemplazamientos sobre la anhidrita. La halita bandeadá de los sondeos corresponde a precipitación bajo lámina de agua intermitente. La polihalita se presenta como un mineral pseudomórfico de microestructura esferulítica, de posible origen diagenético temprano. Los bajos contenidos en elementos químicos típicamente marinos de estas sales confirman su origen continental.

Los cinturones de facies que se establecen en el «playa lake» son: 1) llanura lutítica marginal; 2) llanura lutítica salina, dividida en una zona «exterior» con anhidrita (y yeso?), y otra «interior» con glauberita; y 3) lago salino efímero central, con halita. Las etapas de expansión (dilución) y retracción (concentración y eventual desecación) del conjunto del lago produce la siguiente secuencia repetitiva observada en los sondeos y mina: anhidrita-glauberita-halita. Una etapa de relativa dilución a techo de la anterior secuencia sustituye el cuerpo halítico central por otro de mirabilita/thenardita, pasando el carácter químico del lago a estar dominado por el sulfato sódico. A continuación de dicho episodio la dilución se generaliza con la implantación de ambientes yesíferos extensos.

El potente relleno evaporítico continental de la cubeta central de la Cuenca del Tajo, que alcanza en Tielmes los 1.500 m., es reflejo del tipo estructural subsidente de la cuenca y de su clima árido, favorecido posiblemente por la protección (rain shadow desert) de los altos relieves circundantes.

#### ABSTRACT

The study of the non-marine evaporitic sediments near Villarrubia de Santiago, Toledo (Spain), in the El Castellar mine as well as in the boreholes of this claim (up to 300 m. deep), reveals the relationship between their depositional environment and that of a playa lake. The saline sequence is characterised by poorly alternating beds of anhydrite, glauberite and halite, with a thenardite bed at the top of the whole sequence. A few polyhalite layers about ten centimetres thick are intercalated in the boreholes. Magnesite is the only carbonate mineral present in the lutitic host sediment of the evaporites and it is mainly associated to glauberite and halite. Hydroglauberite is an hydration product of glauberite of some local interest.

The nodular lithofacies displayed by both glauberite and anhydrite reflect intrasedimentary crystallization developed in the vadose-capillary and/or saturation zones. The glauberitic crystalline fabrics show complex diagenetic stories of growths, overgrowths, compaction, and replacements against anhydrite. The banded halite of the boreholes corresponds to precipitation under a fluctuating water table. Polyhalite is a pseudomorphic mineral with spherulitic fabrics of possible early origin. The low contents in some oceanic elements of these salts confirm their non-marine origin.

Facies belt arranged in the playa lake are: 1) dry or marginal mud flat; 2) saline mud flat, divided into an «external» zone bearing anhydrite (and gypsum?), and an «internal» one with glauberite; and 3) central ephemeral saline lake, with halite. Alternating expansion (dilution) and retraction (concentration and eventual desiccation) of

(\*) Departamento de Petrología y Geoquímica.

(\*) Facultad de Geología.

(\*) Universidad de Barcelona.

the playa lake leads to the following repetitive sequence observed in the boreholes as well as in the mine: anhydrite-glauberite-halite. A dilution episode at the top of the former sequence changes the central halitic body into one bearing mirabilite/thenardite, thus the chemical character of the lake becoming dominat by sodium sulfate. Following this, the dilution is generalised and wide gypsiferous environments develope.

The thick non-marine evaporitic fill of the central part in the Tajo Basin, reaching 1.500 m. in Tielmes, reflects the structurally subsident type of such basin and its arid climate, which was possibly favoured by the peripheral highlands (rain shadow desert).

## INTRODUCCION

La sedimentación durante el Terciario en las grandes cuencas continentales de la Península Ibérica se caracteriza por la instalación de un amplio cuerpo evaporítico central, referido en la bibliografía como «facies química o central», y cuyos principales minerales son yeso, anhidrita y en menor proporción halita.

La Cuenca del Tajo presenta el interés especial de intercalar en su sector central horizontes de sales sódicas (sulfatos de Na y Na/Ca) asociadamente a aquellos minerales. Además de la importancia económica, este hecho ofrece la posibilidad del estudio genético de un tipo de yacimiento sali-

no continental, del que son escasas las formaciones antiguas bien conocidas.

Yacimientos de sales sódicas son también conocidos en Cerezo de Río Tirón (Burgos) y en Arrubal (Logroño). Sin embargo, la extensión geográfica y el espesor de las intercalaciones del Tajo, explotadas o conocidas en Villarrubia, Ciempozuelos, Perales, Tielmes, Carabaña, etc., así como su localización mediante diversas campañas de sondeos, reúne las mejores condiciones para el estudio. Las referencias bibliográficas a estas sales son abundantes y están recogidas en diferentes trabajos, entre ellos el de PÉREZ REGODÓN (1970), aunque sólo recientemente se ha insistido en sus aspectos mineralógicos (CAMARES et al., 1973; OR-

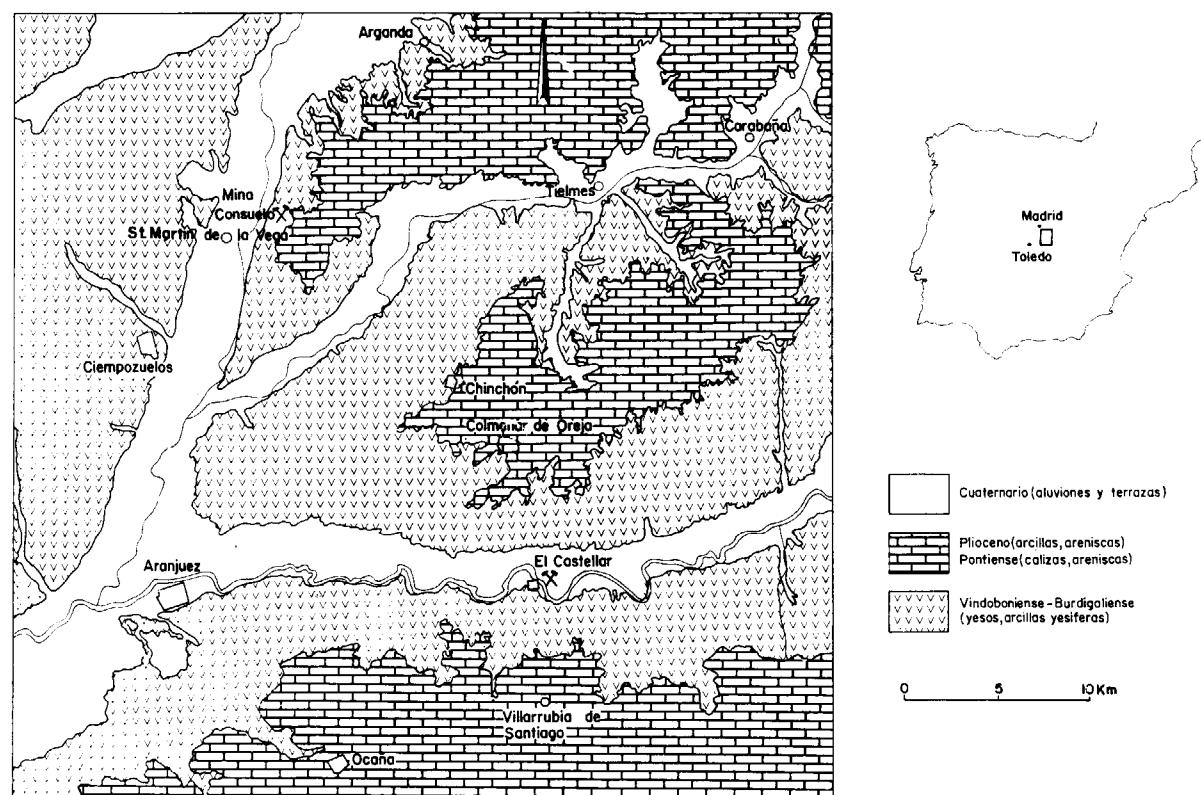


Figura 1.—Situación del área considerada en este trabajo

dóñez et al., 1977), o bien petrológicos (SAN MIGUEL MONTOTO, 1971).

El presente trabajo es, en cierto modo, una continuación del último de los citados, y ha supuesto una revisión del abundante material petrográfico sobre el yacimiento de El Castellar archivado en el Departamento de Petrología de nuestra Facultad, apoyado en dos nuevas campañas de campo y mina realizadas en mayo de 1977 y junio de 1978. Nos hemos propuesto así un estudio petrográfico y geoquímico de base que contribuya a un mejor conocimiento petrogenético de las formaciones sódicas del Tajo.

El estudio petrográfico se ha realizado sobre un total de 151 preparaciones microscópicas, pertenecientes 94 de ellas a litofacies de glauberita o thenardita, y el resto a litofacies de anhidrita, yeso, halita y polihalita. Mediante difracción de rayos X se han estudiado 55 muestras, los resultados de algunas de las cuales, los más representativos, resumimos en el Cuadro II (al final del trabajo). Se ha realizado también un estudio geoquímico sobre contenidos en Br, Li, Sr, K, Na, Ca y Mg en diferentes minerales evaporíticos, sobre un total de 30 muestras.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a D. José Rocamora, Consejero Delegado de la Unión Salinera de España, S. A., por la autorización otorgada para visitar y estudiar la mina de El Castellar.

A D. Hilarión Gómez, director de explotación, y a D. Ramón Borrellas, subdirector de explotación en Villarrubia de Santiago, por las facilidades y atenciones de ellos recibidas en nuestras visitas a la mina.

Muy particularmente a D. Juan Zamora, jefe de laboreo, por su presencia y asesoramiento entusiasta en los trabajos de mina.

Agradecemos también al Dr. Adolfo Travería Cros su ayuda en el análisis difractométrico de muestras, así como a D. Merçè Font Carot por la realización de los análisis espectrométricos de fluorescencia X.

## SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

La zona de estudio (fig. 1) se encuadra dentro de la Hoja de Chinchón, núm. 606 del Mapa Geo-

lógico Nacional a escala 1:50.000, la cual ocupa una posición central dentro de la así denominada «cubeta central» de la Cuenca del Tajo. Por diferentes autóres que han trabajado en ella (RIBA, 1957; BENAYAS et al., 1958), ha sido generalizada la diferenciación de tres grandes cinturones de facies: a) de «borde», o detríticas gruesas y finas; b) «intermedias», o detríticas finas (arcillas especiales)-calcáreo-evaporíticas; y c) «centrales» o evaporíticas. En el área de Villarrubia-El Castellar y circundantes, la estratigrafía de superficie de los materiales miocénicos (IGME, 1975) muestra en la base un predominio de las facies químicas centrales (Burdigaliense Sup.-Vindoboniense Inf.), constituidas por yesos espejuelos y masivos. Por encima se presentan materiales de las facies intermedias, constituidas basalmente por yesos detríticos microcristalinos, y a techo por calizas y calizas margosas (Vindoboniense Inf.-Vindoboniense Sup.). Estos depósitos vienen coronados por la serie del Páramo («Pontiense»), que en conjunto descansa sobre las facies intermedias mediante una discordancia erosiva.

La intercalación sódica se encuentra justamente entre las arcillas grises y verdosas de la base del yeso espejuelo, y ha sido cortada por el Tajo, de tal modo que en los taludes de sus márgenes son localmente visibles en verano grandes manchas blancas de eflorescencias de sulfato sódico.

La secuencia de detalle observable en el interior de la mina no supera los 20 m. y es relativamente constante, a excepción de los efectos locales de disolución. La importante secuencia salina infrayacente de edad terciaria es conocida hasta unos 250-300 m. de profundidad gracias a los sondeos de la empresa beneficiaria, Unión Salinera de España, S. A. Información regional más profunda se conoce principalmente por el sondeo de Tielmes (Valdebro, 1965), que mostró una amplia distribución de anhidrita y halita a lo largo de unos 1.500 m.

## LITOFAZES EVAPORITICAS DE EL CASTELLAR

La figura 2A ofrece el corte representativo de las capas salinas expuestas en la mina, que se caracteriza por una alternancia desigual de niveles lutíticos laminados, con otros glauberíticos y halíticos, viniendo coronado todo el conjunto por una capa de thenardita. La figura 2B muestra un

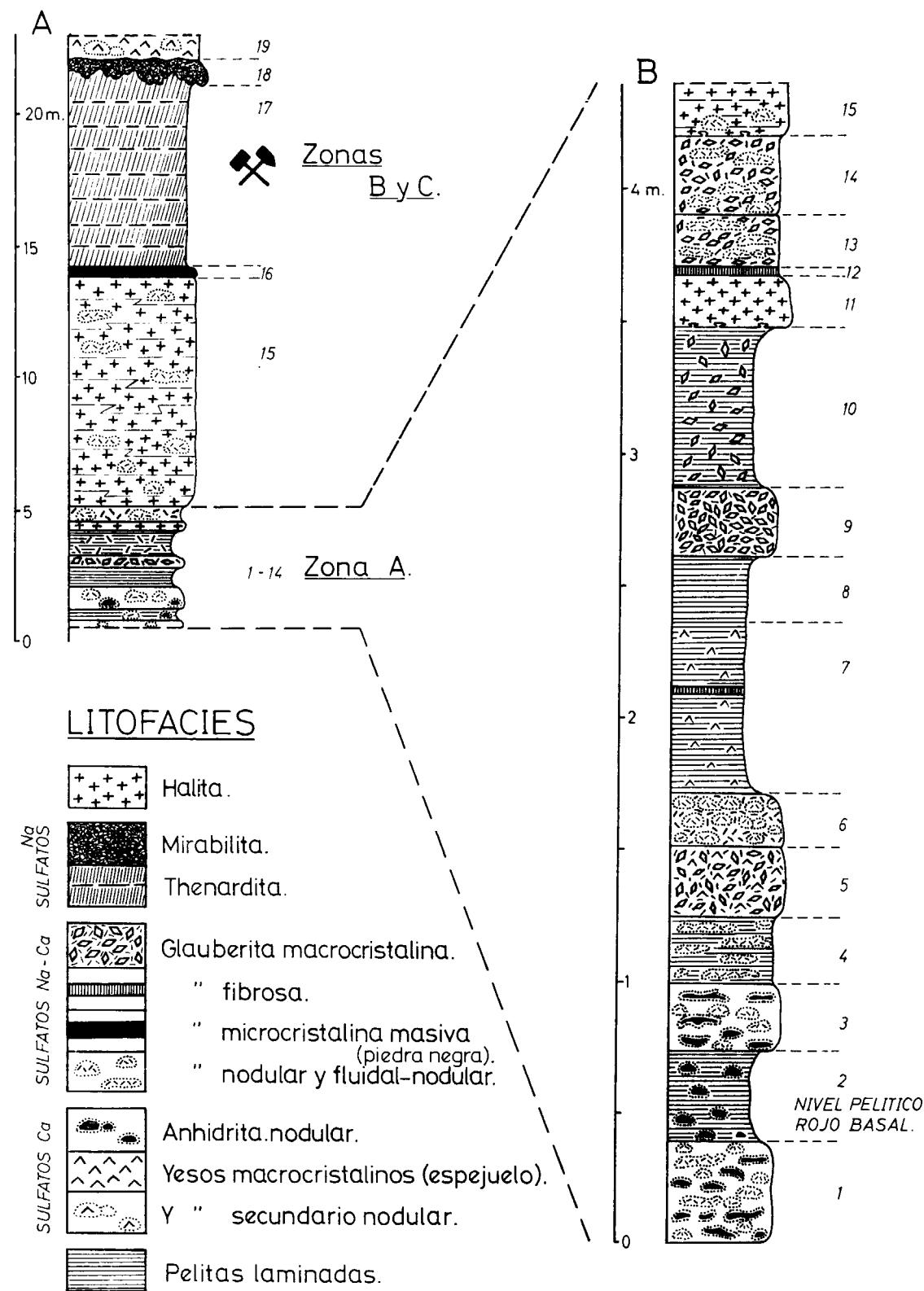


Figura 2.—A) Estratigrafía de la secuencia salina observable en la mina El Castellar. B) Detalle ampliado de los niveles glauberíticos a lo largo de la galería de entrada (zona A)

detalle ampliado del tramo más basal. Este es bien estudiable a lo largo de la actual galería de acceso (de unos 1.000 m. de longitud, y que es conocida como «zona A») que corta halita, glauberita y anhidrita. La base de la explotación muestra un nivel pelítico rojo (nivel 2, fig. 2B) con nódulos de anhidrita y localmente glauberita.

Atendiendo a la mineralogía dominante en las capas o grupos de capas, la secuencia salina de la mina puede resumirse del siguiente modo:

Niveles	Espesores
TECHO	
19. Yeso espejuelo y nodular.	
18. «Hidratado» (mirabilita).	De 0,2 a 0,6 m.
17. Capas de thenardita ... ...	De 5 a 20 m.
15. Capas de halita ... ... ...	De 8 a 15 m.
3-14. Capas de glauberita (+ halita) ... ... ...	De 3 a 5 m.
MURO	
1-2. Capas basales de arcillas rojas.	

#### LITOFAZIES DE LA GLAUBERITA

Las principales litofacies mostradas por la glauberita de Villarrubia son la nodular, masiva microcristalina y la macrocristalina intersticial.

La litofacies nodular es la más frecuente. Los nódulos suelen ser de tonos claros y pueden presentarse aislados o bien organizados en horizontes de varios decímetros de espesor, algunos de los cuales exhiben tendencias contorsionadas o enterolíticas bien definidas. Es frecuente que los nódulos muestren indicios de aplastamiento (figura 3), existiendo todos los tránsitos entre nódulos subesféricos, nódulos claramente aplastados y deformados, y horizontes noduloso-bandeados con aspecto fluidal. El material encajante es lutítico, y ocasionalmente halítico. El tamaño cristalino de la glauberita es muy variable, desde el microscópico al centímetro, incluso dentro de los propios nódulos.

En algunas capas de espesores entre 6 y 25 cm. la glauberita se muestra densa y microcristalina (fig. 5). Es la litofacies que llamaremos masiva, y parte de lo que los mineros denominan como

«piedra negra» (fig. 9), aunque en otros casos los tonos son claros y el tamaño de grano algo mayor. La estratificación de estas capas puede ser recta o ligeramente ondulada, a veces con tendencias nodulosas, y resulta difícil distinguir a simple vista esta glauberita de la anhidrita.

Designamos aquí como litofacies macrocristalina intersticial a una glauberita de tamaño cristalino centímetro, alojada preferentemente en horizontes lutíticos, y cuyos cristales (de hasta 6 cm.) presentan hábito prismático-tabular. Las aristas de los mismos son cortantes y sus caras de aspecto estriado. Estos cristales tienen una transparencia pardo-amarillenta, debido a impurezas de las arcillas encajantes. Semejantes hábitos cristalinos caracterizan también las áreas glauberíticas nodulares que se implantan sobre la halita de la mina. Todos estos cristales pueden presentarse individualizados y desorientados, o bien formando un entrecruzado que recuerda las «rosas del desierto». Localmente pueden coexistir tamaños gruesos y finos de estas glauberitas idiomórficas.

También son frecuentes las venas fibrosas en disposición subestratificada, y de hasta 5-6 cm. de anchura, constituidas por cristales de glauberita, y en menor proporción de halita, elongados normalmente a las paredes de la discontinuidad en la que crecen (nivel 7, fig. 2B).

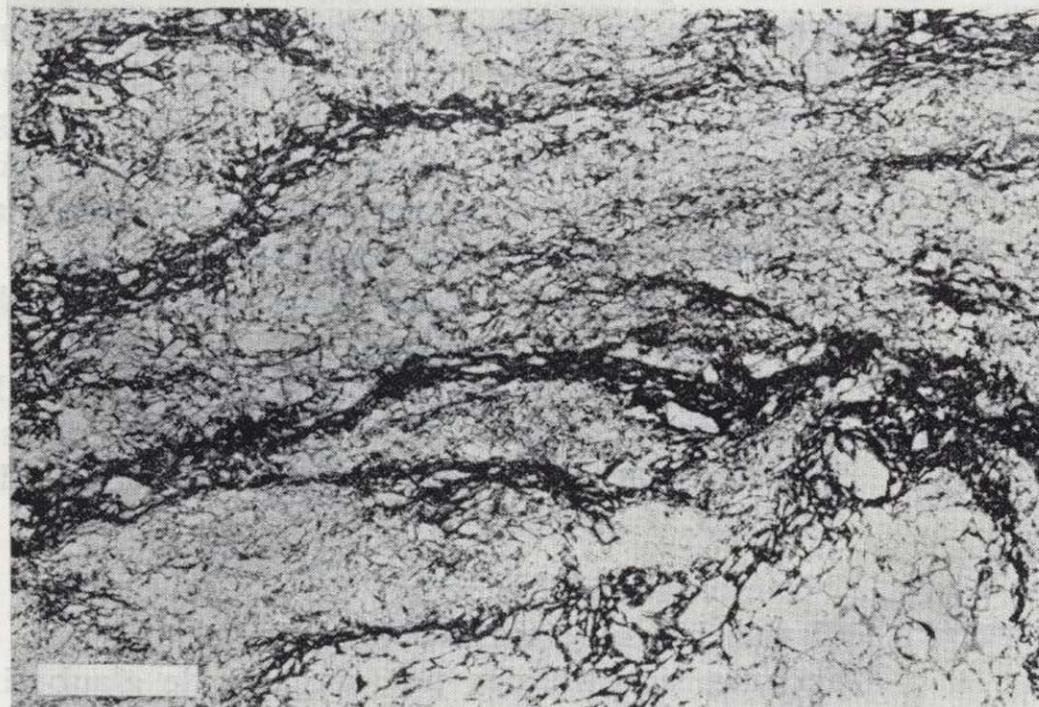
Cabe citar finalmente que en algunos niveles arcillosos de la mina cristaliza glauberita al poco tiempo de ser abierta una galería. Tal observación se ha hecho en el nivel 10 (fig. 2), donde la abundancia de cristales disminuye rápidamente hacia el interior de la capa.

#### MICROESTRUCTURAS DE LA GLAUBERITA

Las microestructuras presentes en la glauberita de El Castellar son principalmente de dos tipos: 1) idiomórficas (prismático monoclinicas), y 2) fuertemente anhedrales, ya sea como crecimientos ramosos o como mosaicos porfiroblásticos. Cuarzo euhedral y lutecita son variedades de sílice autógena contenidas en la glauberita. El sedimento encajante puede ser de minerales arcillosos y carbonato microcristalino en los tamaños más finos, además de cuarzo anguloso y micas detriticas en el tamaño limo.



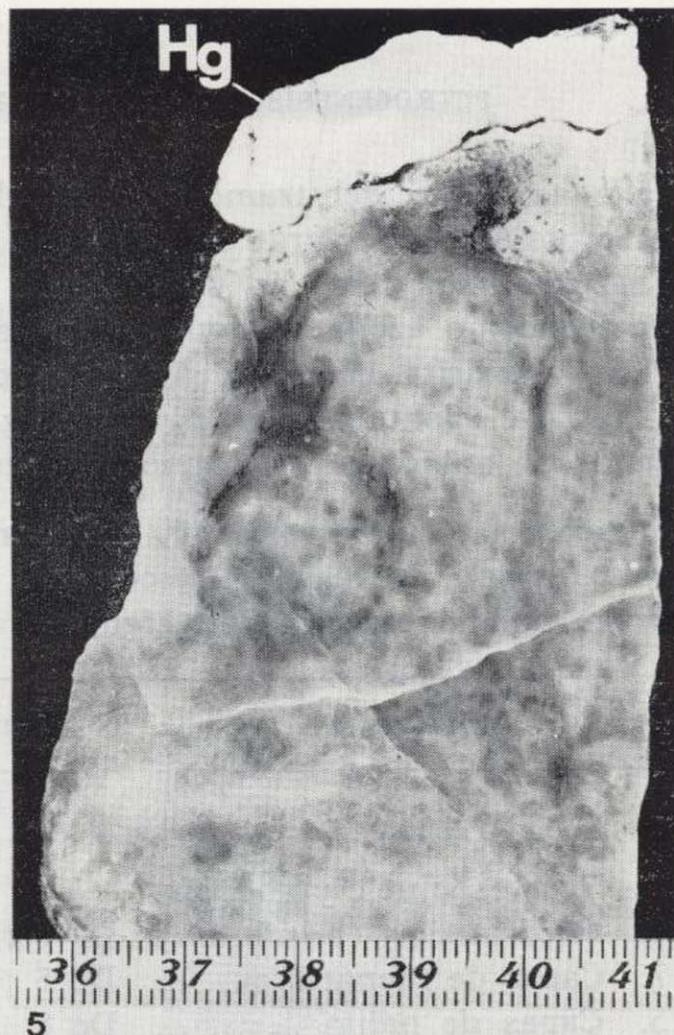
3



4



6



5



7

#### LAMINA I.—Litofacies y microestructuras de la glauberita de la mina «El Castellar»

Figura 3.—Nódulos de glauberita fuertemente deformados, mostrando áreas con mayor abundancia de sedimento encajante. Tamaño promedio de los cristales de glauberita, inferior a 1 mm. Nivel 6. Escala en centímetros Figura 4.—Fotomicrografía de nódulos fuertemente deformados de glauberita. Obsérvese el idiomorfismo y la variación relativa de tamaño de grano según la posición de los cristales en los nódulos. Luz paralela. Nivel 13, pr. 10406. Barra: 2 mm.

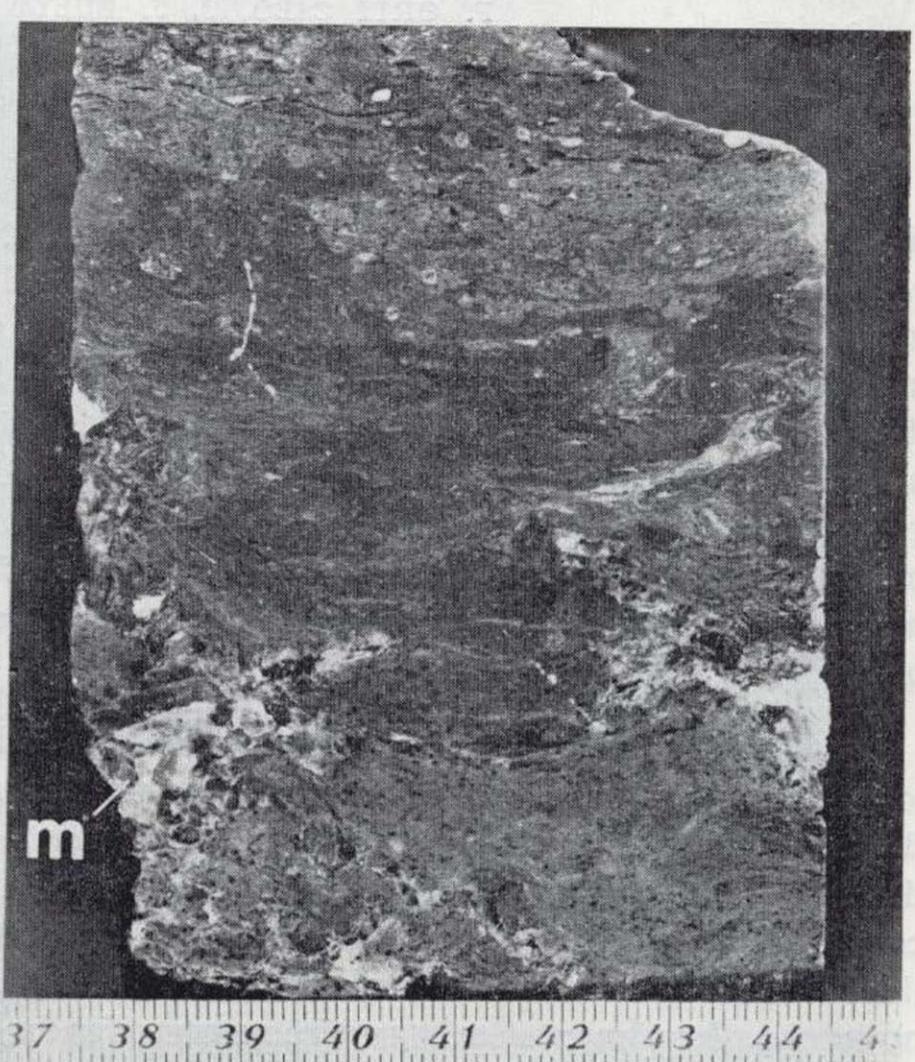
Figura 5.—Sección pulida de glauberita masiva, densa y microcristalina del nivel 16, destacando áreas más oscuras de tamaño milimétrico (ver fig. 16), así como una película envolvente de hidroglauberita (Hg) del orden de 1 cm. de espesor. Escala en centímetros

Figura 6.—Fotomicrografía en luz paralela de glauberita anhedral con crecimientos de tendencia ramoso-fasciculada, que relegan mecánicamente al sedimento encajante a posición intersticial. Pr. 12953. Barra: 2 mm.

Figura 7.—Fotomicrografía en luz paralela de hidroglauberita. Predomina la microestructura compuesta por fibras ondulosas e irregulares, sobre las que destacan cristales corroídos de glauberita residual (g). Nivel 16, pr. 10319. Barra: 1 mm.



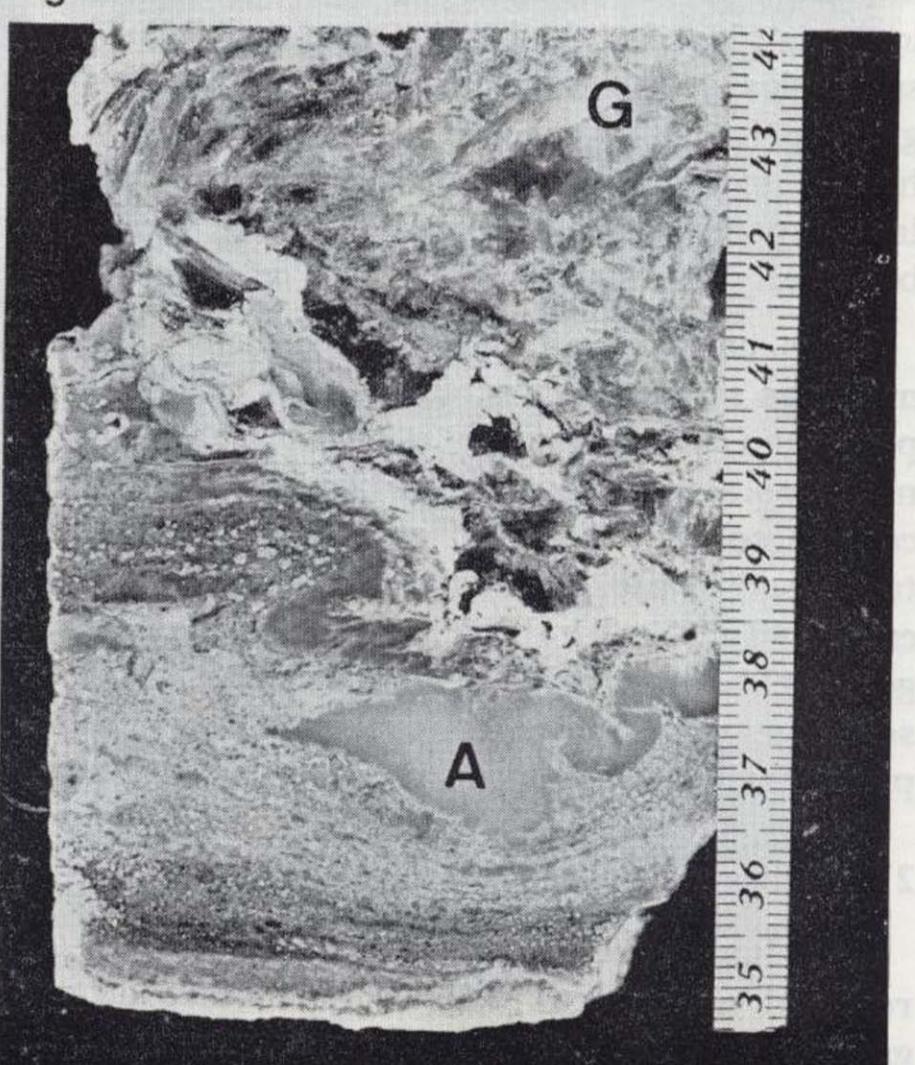
8



9



10



11

**LAMINA II.—Litofacies de la glauberita de los sondeos de «El Castellar» (zona de Colmenar)**  
(Escalas en centímetros)

- Figura 8.—Glauberita macrocristalina intercalando zonas de tamaño fino (f). Sondeo 46, a 63,5 m. de profundidad
- Figura 9.—Glauberita masiva y microcristalina del tipo «piedra negra», con enclaves de tamaño cristalino mayor (m). Sondeo 46, a 96,5 m. de profundidad
- Figura 10.—Glauberita macrocristalina con enclaves de tamaño fino (f), mostrando numerosos restos de anhidrita (A), a la que reemplaza. Sondeo 47, a 142,5 m. de profundidad
- Figura 11.—Contacto complejo entre glauberita (G) macrocristalina y horizontes enterolíticos de anhidrita (A), esta última entre abundante sedimento encajante. Posiblemente la glauberita reemplaza a la anhidrita. Sondeo 47, a 194,2 m. de profundidad

### 1) Microestructuras idiomórficas

La glauberita de los nódulos suele ser de idiomórfica a subhedral (fig. 4), siendo más patente el idiomorfismo en aquellas áreas ricas en sedimento encajante. El tamaño cristalino puede disminuir claramente del interior al exterior del nódulo, o bien variar por zonas o bandas desde homométricas a fuertemente heterométricas. Algunas microestructuras muestran una acusada bimodalidad, perceptible incluso en muestra de mano. Todos estos cristales pueden contener pequeñas inclusiones anhidriticas.

En general, las microestructuras euhedrales de los nódulos evolucionan desde las totalmente desordenadas hasta las que muestran una orientación dimensional preferente subparalela a la estratificación, observación esta última especialmente válida para la glauberita de aspecto más bandeadonoduloso. Igualmente existen frecuentes fenómenos de interpenetración por presión-solución en los cristales de glauberita, que originan bordes suturados y subhendrales, así como algunos vestigios de fracturación en los mismos. Todos estos hechos son el efecto a nivel microestructural de la compactación y deformación nodular observable a nivel macroscópico.

Otras características de estas glauberitas idiomórficas son los sobrecrecimientos sintaxiales que presentan, y que pueden a su vez ser desde idiomórficos a totalmente anhendrales. En este último caso el sobrecrecimiento engloba poiquiliticamente al sedimento encajante del entorno de cada cristal (fig. 12). También los sobrecrecimientos, en general, han sufrido la compactación y presión-solución, por lo que deben ser diagenéticos tempranos, al igual que sus núcleos (fig. 13).

### 2) Microestructuras anhendrales

Los citados sobrecrecimientos anhendrales son en realidad un aspecto más de otra variedad petrográfica de glauberita, que denominaremos anhedral de tendencia ramosa o fasciculada. En muchos nódulos, en algunas piedras negras y en numerosos horizontes glauberíticos de los sondeos puede encontrarse microestructuras de gran tamaño cristalino (varios milímetros) de extinción irregular de tendencia ondulante, que presentan zonas de crecimiento intersticial fascicular (fig. 6). Destacan también en estas microestructuras grandes cristales de glauberita anhedral, mejor confor-

mados y de aspecto más porfiroblástico, pudiendo haber tránsitos texturales entre áreas ramosas y porfiroblásticas. Ambos tipos glauberíticos contienen por lo general muchas inclusiones de sedimento lutítico encajante. Los porfiroblastos, por otro lado, presentan gran cantidad de inclusiones microcristalinas de anhidrita (fig. 14), lo que indica claramente su origen por reemplazamiento de esta última. Aparentemente el crecimiento sobre el material encajante de estas generaciones glauberíticas anhendrales está genéticamente relacionado, existiendo reemplazamiento de zonas anhidriticas nodulares al mismo tiempo que desplazamiento mecánico-implantación poiquilitica de zonas lutíticas.

Otras veces puede encontrarse en las piedras negras del nivel 16 (fig. 2A), así como en algunos horizontes glauberíticos de los sondeos, microestructuras de una tendencia porfiroblástica muy particular, que se manifiesta microscópicamente (fig. 5) por un punteado sobre la masa glauberítica microcristalina. Al microscopio, sobre una matriz glauberítica de grano muy fino (fig. 16) destacan agregados policristalinos de aspecto porfiroblástico, integrados por subgranos poligonales con extinciones ópticas ligeramente variables, los cuales hacen gradación hacia la matriz. El contorno de dichos agregados suele ser irregular. Otras veces la matriz fina es inexistente, apareciendo en su lugar toda una trama de agregados porfiroblásticos. En las microestructuras de esta variedad puede observarse que, puntualmente, la roca es anhidrítica, y en la zona de tránsito hacia los agregados porfiroblásticos éstos conservan gran cantidad de inclusiones de anhidrita. Se trata, pues, de glauberita de reemplazamiento sobre anhidrita.

Estos mosaicos de porfiroblastos policristalinos de extinción muy irregular pueden pasar gradacionalmente a mosaicos de porfiroblastos monocristalinos, así como a microestructuras anhendrales de tendencias ramosas (fig. 17, tipos mixtos). A veces todas las variedades microestructurales citadas incluyen mosaicos poligonales de glauberita integrados por cristales muy nítidos (fig. 15). A grandes rasgos, este comportamiento petrográfico de la glauberita de reemplazamiento es muy similar al del yeso secundario (ORTÍ CABO, 1977). Las diferentes variedades microestructurales de la glauberita, citadas en este apartado, están resumidas gráficamente en la figura 17.



### LAMINA III.—Microestructuras de la glauberita

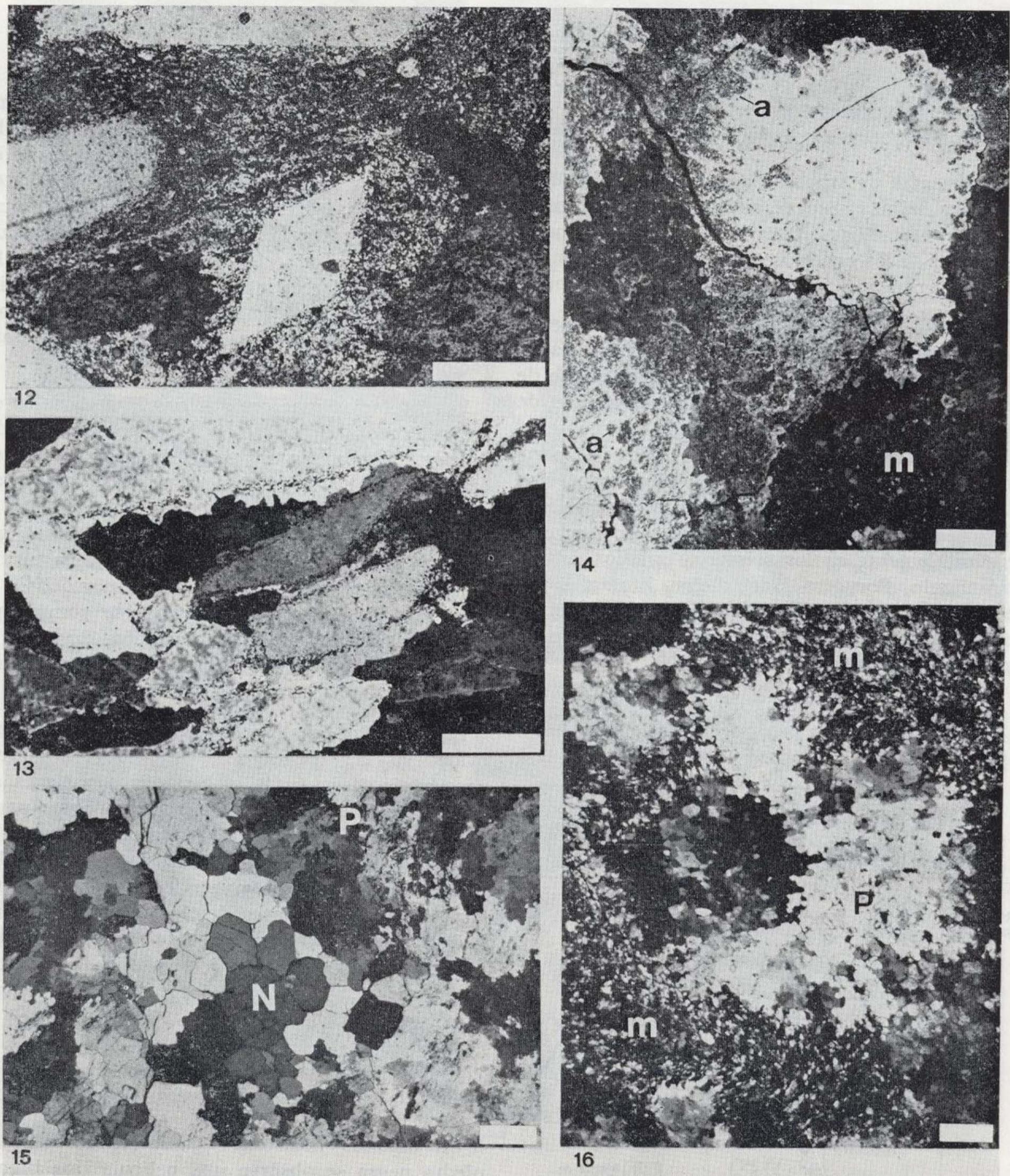
Figura 12.—Cristales de glauberita mostrando sobrecrecimientos anhendrales que engloban poiquiliticamente al sedimento encajante. Obsérvese el entorno irregular correspondiente al cristal central. N. C. Fotomicrografía, pr. 10413, mina de El Castellar. Barra: 0,5 mm.

Figura 13.—Microestructuras de compactación entre cristales idiomórficos y subparalelos de glauberita, mostrando zonación de crecimiento, así como contactos suturados entre sus sobrecrecimientos debido a fenómenos de presión-solución. N. C. Fotomicrografía, p. 10320, mina de El Castellar; Barra: 0,5 mm.

Figura 14.—Microestructura porfiroblástica de glauberita mostrando abundantes inclusiones de anhidrita (a) microcristalina. Obsérvese los contactos indentados entre porfiroblastos y la extinción en mosaico (m) patente en alguno de ellos. N. C. Fotomicrografía, nivel 16 (litofacies masiva microcristalina), mina de El Castellar, pr. 20. Barra: 0,5 mm.

Figura 15.—Tránsito entre microestructuras de glauberita porfiroblástica de extinción irregular (P) y anhedral poliedrica de extinción muy nítida (N). Fotomicrografía del sondeo 47 (zona Colmenar), a 65 m. de profundidad; Barra: 0,5 mm.

Figura 16.—Distribución de porfiroblastos «policristalinos» de glauberita (P) entre matriz (m) glauberítica de grano muy fino. N. C. Fotomicrografía, pr. 10328 (litofacies masiva microcristalina), mina de El Castellar. Barra: 0,5 mm.



### LAMINA III.—Microestructuras de la glauberita

Figura 12.—Cristales de glauberita mostrando sobrecrecimientos anhedrales que engloban poiquiliticamente al sedimento encajante. Obsérvese el entorno irregular correspondiente al cristal central. N. C. Fotomicrografía, pr. 10413, mina de El Castellar. Barra: 0,5 mm.

Figura 13.—Microestructuras de compactación entre cristales idiomórficos y subparalelos de glauberita, mostrando zonación de crecimiento, así como contactos suturados entre sus sobrecrecimientos debido a fenómenos de presión-solución. N. C. Fotomicrografía, p. 10320, mina de El Castellar. Barra: 0,5 mm.

Figura 14.—Microestructura porfiroblástica de glauberita mostrando abundantes inclusiones de anhidrita (a) microcristalina. Obsérvese los contactos indentados entre porfiroblastos y la extinción en mosaico (m) patente en alguno de ellos. N. C. Fotomicrografía, nivel 16 (litofacies masiva microcristalina), mina de El Castellar, pr. 20. Barra: 0,5 mm.

Figura 15.—Tránsito entre microestructuras de glauberita porfiroblástica de extinción irregular (P) y anhedral poliédrica de extinción muy nítida (N). Fotomicrografía del sondeo 47 (zona Colmenar), a 65 m. de profundidad. Barra: 0,5 mm.

Figura 16.—Distribución de porfiroblastos «policristalinos» de glauberita (P) entre matriz (m) glauberítica de grano muy fino. N. C. Fotomicrografía, pr. 10328 (litofacies masiva microcristalina), mina de El Castellar. Barra: 0,5 mm.

### SIGNIFICADO PETROGENÉTICO DE LITOFAZES Y MICROESTRUCTURAS GLAUBERÍTICAS

La ausencia de trabajos petrológicos sobre formaciones salinas sódicas antiguas dificulta nuestras interpretaciones. Para ellas nos hemos basado, aparte de los criterios petrográficos corrientes, en la información sedimentológica sobre génesis evaporítica actual.

Las litofacies nodulares son sinesedimentarias o diagenéticas tempranas, como parece deducirse de los efectos microestructurales (reordenación de fábricas cristalinas, compenetración de unos cristales con otros afectando incluso a los sobrecrecimientos, fracturación, etc.) o macroscópicos (deformación y fluidez de nódulos en sentido subhorizontal) debidos a la compactación, ocurrida presumiblemente en los primeros estadios del enterramiento. Por otro lado, dichas litofacies son de desarrollo intersticial entre un sedimento encajante, siendo las microestructuras asociadas principalmente idiomórficas.

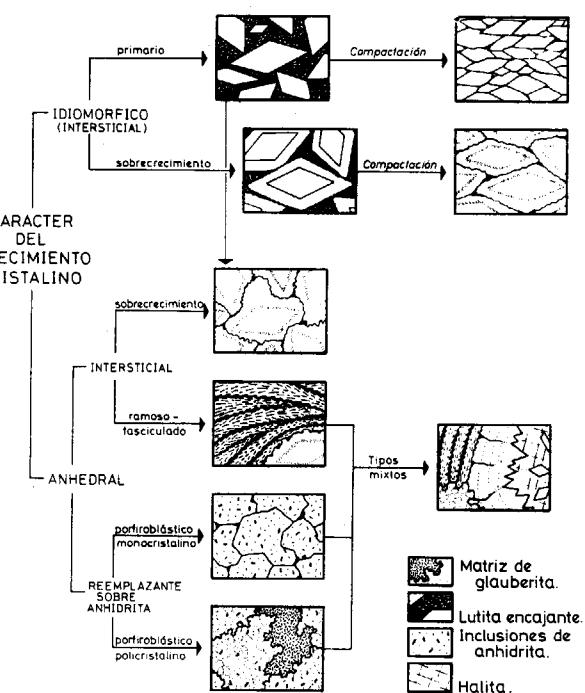


Figura 17.—Síntesis de las principales variedades petrográficas de la glauberita de la mina y sondeos de El Castellar

Resulta inevitable la comparación de todas estas características de la glauberita con las correspon-

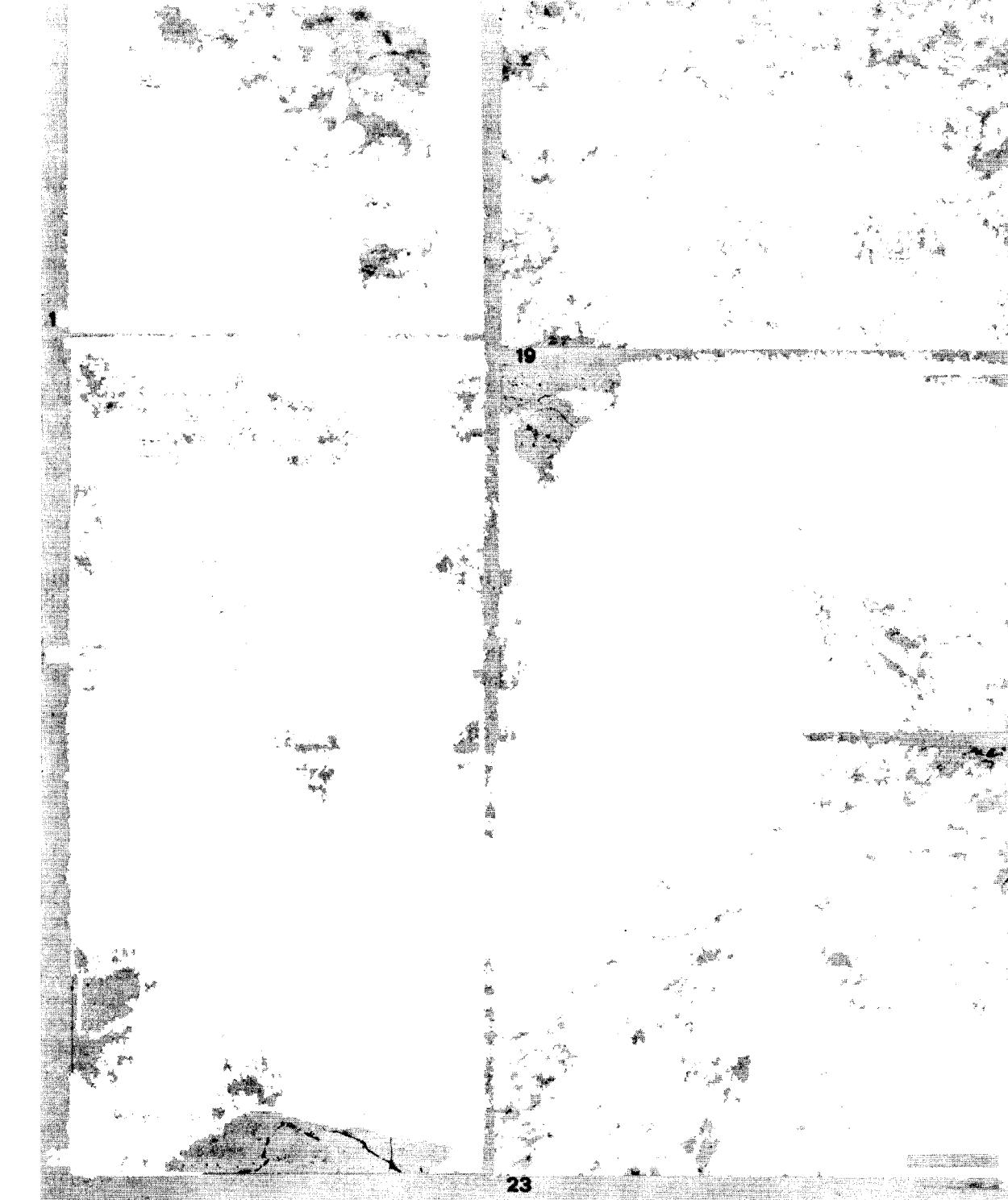
dientes de la anhidrita nodular tanto de formaciones antiguas como de la subactual del Golfo Pérsico. La posible evolución petrogenética de estas anhidritas ha sido visualizada por SHEARMAN-FULLER (1969), y basta confrontar sus descripciones con las nuestras para encontrar muchos puntos en común. Todo ello nos hace pensar que las litofacies nodulares de la glauberita son también un producto intrasedimentario, ya sea de la zona vadoso-capilar, o bien quizás de la zona de saturación.

Las litofacies macrocristalinas intersticiales entre sedimento lutítico han sido poco estudiadas petrográficamente por las dificultades de obtención de lámina delgada. Es dudoso que la glauberita de niveles como el 10, y en parte el 13 y 14, haya formado bajo las mismas condiciones que las totalmente nodulares. Dado que estos niveles parecen presentarse principalmente por debajo de una capa de halita, podría pensarse como hipótesis de trabajo que fueran propios de zona de saturación más que de zona vadosa, y en este sentido, más de centro de cubeta.

Para ciertas glauberitas microcristalinas hay evidencias de reemplazamiento sobre anhidrita precursora (frecuentes inclusiones o enclaves anhidríticos) que pueden indicar, al menos en parte, un origen más tardío. Las microestructuras correspondientes son porfioblasticas y porfioblasticas policristalinas, pareciendo desarrollarse muchos crecimientos intersticiales de glauberita anhedral asociados a estas fases de reemplazamiento. Las glauberitas macrocristalinas sobre la anhidrita en los sondeos (fig. 29) sugieren también reemplazamiento.

### PRESENCIA DE UNA FASE HIDRATADA DE LA GLAUBERITA

En algunos horizontes glauberíticos del tipo piedra negra se observa una película fina blanca, frágil y de aspecto céreo, aunque no rayable con la uña, que envuelve la masa glauberítica (fig. 5). Ocasionalmente esta película evoluciona hacia una costra centimétrica, o incluso todo un horizonte glauberítico está transformado a este material, pudiendo obtenerse preparaciones microscópicas del mismo. En ellas se observan fábricas muy anhedrales de aspectos fluidales y fibrosos (fig. 7) envolviendo y reemplazando cristales de glauberita.



LAMINA IV. Litofacies y microestructuras de la thenardita de la mina de El Castellar.

Figura 18.—Bloque de thenardita azul, de gran pureza y gran tamaño cristalino. En su base (b), horizonte de material lutítico encajante. Escala en centímetros.

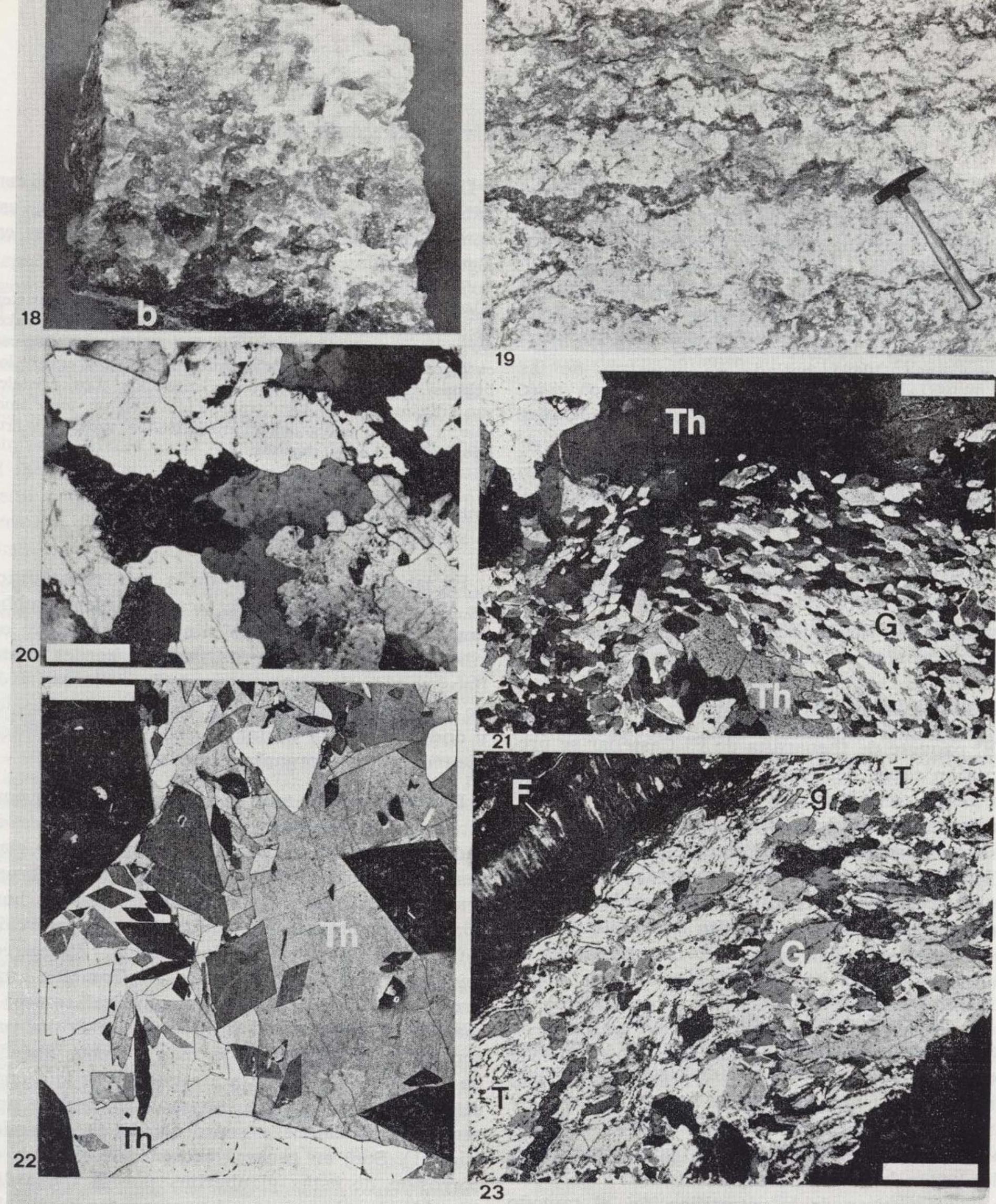
Figura 19.—Detalle de la estratificación irregular y nodulosa de la thenardita en un frente de explotación abandonado. Las zonas oscuras corresponden al sedimento lutítico encajante.

Figura 20.—Microestructura en mosaico anhedral, relativamente homométrico de la thenardita. N. C. Fotomicrografia, pr. 10313. Barra: 1 mm.

Figura 21.—Microestructura de glauberitas (G) subhendrales con signos de reorientación bajo presión, alojadas intersticialmente entre grandes cristales de thenardita (Th). N. C. Fotomicrografia, pr. 4533. Barra: 0,5 mm.

Figura 22.—Glauberitas idiomórficas «flotando» sobre grandes cristales de thenardita (Th) que las engloban a modo de cemento poiquilítico. N. C. Fotomicrografia, pr. 4531. Barra: 2 mm.

Figura 23.—Detalle de reemplazamiento de glauberita por thenardita. Prácticamente un solo cristal de thenardita (T) de desarrollo poiquilítico, en posición de máxima iluminación y cruzando el campo visual de SW a NE, reemplaza a parte de la microestructura glauberítica. Esta se caracteriza por su orientación preferente, homometría y zonación de crecimiento (aún observable en las zonas totalmente reemplazadas). Hacia la parte derecha muchas de las glauberitas (G) aún no han sido reemplazadas. En otros casos (g) el reemplazamiento está muy avanzado. En el extremo superior izquierdo, vena fibrosa (F) de thenardita. En negro, sedimento lutítico encajante. N. C. Fotomicrografia, pr. 10413. Barra: 1 mm.



#### LAMINA IV. Litofacies y microestructuras de la thenardita de la mina de El Castellar.

- Figura 18.—Bloque de thenardita azul, de gran pureza y gran tamaño cristalino. En su base (b), horizonte de material lutítico encajante. Escala en centímetros.
- Figura 19.—Detalle de la estratificación irregular y nodulosa de la thenardita en un frente de explotación abandonado. Las zonas oscuras corresponden al sedimento lutítico encajante.
- Figura 20.—Microestructura en mosaico anhedral, relativamente homométrico de la thenardita. N. C. Fotomicrografía, pr. 10313. Barra: 1 mm.
- Figura 21.—Microestructura de glauberitas (G) subhédrales con signos de reorientación bajo presión, alojadas intersticialmente entre grandes cristales de thenardita (Th.). N. C. Fotomicrografía, pr. 4533. Barra: 0,5 mm.
- Figura 22.—Glauberitas idiomórficas «flotando» sobre grandes cristales de thenardita (Th) que las engloban a modo de cemento poiquilítico. N. C. Fotomicrografía, pr. 4531. Barra: 2 mm.
- Figura 23.—Detalle de reemplazamiento de glauberita por thenardita. Prácticamente un solo cristal de thenardita (T) de desarrollo poiquilítico, en posición de máxima iluminación y cruzando el campo visual de SW a NE, reemplaza a parte de la microestructura glauberítica. Esta se caracteriza por su orientación preferente, homometría y zonación de crecimiento (aún observable en las zonas totalmente reemplazadas). Hacia la parte derecha muchas de las glauberitas (G) aún no han sido reemplazadas. En otros casos (g) el reemplazamiento está muy avanzado. En el extremo superior izquierdo, vena fibrosa (F) de thenardita. En negro, sedimento lutítico encajante. N. C. Fotomicrografía, pr. 10413. Barra: 1 mm.

La difracción de rayos X ha mostrado que se trata de una fase hidratada de la glauberita correspondiente a la ficha ASTM 24-927 (Sodium Calcium Sulfate Hidrate), de fórmula  $\text{CaSO}_4 \cdot 1,6\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$  (EMONS et al., 1974). También es idéntica a la descrita en la ficha ASTM 24-1072 (Hydro-glauberite), de fórmula  $5\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (SLYUSAREVA, 1969), hallada en muestras de las minas de glauberita de Karakalpakia (ASSR). Posiblemente se corresponde con la «fase lábil» descrita por CONLEY-BUNDY (1958, véase BRAITSCH, 1971), de fórmula  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , según los mencionados autores. Fases hidratadas de sulfato Na/Ca y mineralogía exacta no bien definida han sido citadas frecuentemente como eflorescencias en los playa lakes, en asociaciones con yeso, glauberita y thenardita. Tal es el caso de Death Valley, California (HUNT et al., 1966).

#### LITOFAZIES DE LA THENARDITA

El paquete de thenardita de El Castellar se presenta en capas del orden decimétrico, alcanzando un metro como máximo. Es de aspecto cristalino masivo, con juntas de estrato onduladas o nodulosas, ocupadas por lutita oscura (fig. 19). En detalle, dentro de cada capa el mineral dibuja unas áreas de contornos rectilíneos e irregulares entre las que queda alojada la lutita encajante. Dichas áreas pueden incluir a su vez microcristales de glauberita.

La explotación de la thenardita se realiza en dos horizontes topográficos diferentes, o «zonas», siendo variable en cada una de ellas el contenido en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . La más elevada es la zona C, con una cota de 575 m., teniendo la zona B una cota promedio de 540 m. También son ligeramente variables según las zonas el espesor (entre 6 y 20 m.) y características de la estratificación, el tamaño cristalino (en general superior al centímetro), y la abundancia en lutita y glauberita del encajante, así como la intercalación de alguna capa de glauberita microcristalina. Localmente se observan irregularidades como bolsadas de cristales de varios centímetros y con caras cristalinas mejor conformadas, así como thenardita azul, o bien espesores de thenardita de tan sólo 1,5-2 m., pero con riquezas en sulfato sódico del 80-85 por 100. Algunos de estos hechos suelen estar relacionados con la disolución y reprecipitación del mineral.

La thenardita puede también presentarse con hábito fibroso llenando discontinuidades, así como formando cristales grandes y perfectos en algunas geodas.

Las descripciones de litofacies thenardíticas que existen en la bibliografía son muy escasas. En Searles Lake, SMITH-HAINES (1964) citan thenardita en capas o dispersa entre otras sales. El tamaño promedio es de 2 cm., y los hábitos tabulares, laminares o maclados. Los cristales son transparentes o bien translúcidos con un tono amarillo, y forman agregados interpenetrados, radiales y cruciformes en capas porosas.

#### FÁBRICAS CRISTALINAS DE LA THENARDITA Y SIGNIFICADO PETROGENÉTICO

En las microestructuras de la roca thenardítica de Villarrubia (fig. 20) destaca el carácter subhedral y heterométrico del mineral, que puede oscilar entre 1 mm. y varios cm. Los bordes cristalinos son desde rectos a suturados y la extinción de perfecta a irregular, ya sea de tipo mosaico u ondulante. Esta última se debe a una tendencia bien definida a organizaciones radiales.

Distribuidos por toda la roca y relegados a posiciones intercristalinas abundan los enclaves de sedimento encajante arcilloso y con cristales glauberíticos. Estos muestran características microestructurales similares a las presentes en los horizontes propiamente de glauberita: compactación, interpenetración y, ocasionalmente, sobrecrecimientos e inclusiones de anhidrita. También están presentes glauberita del tipo anhedral ramosa y magnesita. El material lutítico puede faltar, presentándose entonces masas más o menos aisladas de cristales de glauberita atrapados por la thenardita y con disposiciones subparalelas entre sí, aparentemente debidas a reordenación bajo presión (fig. 21). Son, en general, patentes los efectos de corrosión de estas glauberitas por la thenardita (fig. 23). Igualmente pueden presentarse cristales de glauberita de varios milímetros perfectamente individualizados sobre la thenardita, sobre la que «flotan» (fig. 22), comportándose esta última como un cemento poiquilitico. Sin embargo, algunos contactos mutuos entre dichas glauberitas pueden mostrarse interpenetrados y ciertos cristales parcialmente corroídos. En ningún caso se observa en la roca thenardítica cristales de yeso que sugieran una génesis de la glauberita a partir de aquélla, bajo la influencia de aguas ricas en sulfato cálcico.

Como puede deducirse, las fábricas cristalinas presentes en la thenardita no son típicas de crecimiento competitivo a partir de una superficie deposicional, dada la ausencia de orientaciones geométricas o cristalográficas bien definidas. Por el contrario, es patente el carácter intersticial del crecimiento entre un sedimento encajante al cual desplaza mecánicamente. En este proceso la glauberita intersticial parece sufrir los mismos efectos que le infiere la compactación en sus propias litofacies. Estas observaciones sugieren, pues, que la thenardita de El Castellar es más bien un mineral secundario que primario, y ligeramente posterior a su sedimento encajante, o como mucho sincrónico.

En este sentido, los datos de la sedimentología actual refuerzan la idea de que la mirabilita es el mineral original de sulfato sódico cuando precipita bajo lámina de agua, registrable como capa sedimentaria bien desarrollada, tanto en el fondo como en los márgenes de lagos salados con quimismo caracterizado por dicha especie. De esta manera precipitó mirabilita en el golfo Kara-Bogaz (DZENS LIROVSKY-VASIL'YEV, 1962), como depósito explotable hasta el año 1939. Existe también precipitación actual de mirabilita en Great Salt Lake (WHELAN, 1973), donde también se ha registrado como una capa bien conformada a 7 m. de profundidad por debajo del fondo del lago.

Por el contrario, la thenardita parece formarse preferentemente en las costras eflorescentes, junto a diferentes minerales salinos. Descripciones detalladas de tales costras han sido dadas, por ejemplo, por HUNT et al. (1966) en Death Valley (California), por JONES (1965) en Deep Spring Lake (California), así como por MAGLIONE (1974) en un pequeño lago de la isla Napal del lago Chad. Sin embargo, existen igualmente citas de capas de thenardita en lagos actuales, como puede verse en la figura 109 de STRAKHOV (1970), que refleja la sedimentación salina de la cuenca Caspio-Arálica. Las descripciones de Makarov en Bol'shoe Mormyshanskoe Lake (in STRAKHOV, 1970, págs. 258-259), sobre la formación de mirabilita y thenardita son altamente ilustrativas del carácter primario de aquélla y sinsedimentario de ésta por deshidratación de mirabilita.

Puede así concluirse que tanto mirabilita como thenardita son productos sedimentarios tempranos, y que dada la baja temperatura de transformación de aquélla en ésta, la forma anhidra será en general la registrada en depósitos antiguos.

#### LITOFAZIES DE LA HALITA

La halita observable en la mina de El Castellar se presenta principalmente en una capa (nivel 15, figura 2A) cuyo espesor aumenta progresivamente hacia el interior de la explotación, donde suele

alcanzar de 8 a 10 m. Dentro de este nivel la estratificación está pobremente definida y viene marcada por tramos delgados y discontinuos de material lutítico. El hábito cristalino es cúbico y el tamaño promedio 1-2 cm., llegando a superar los 5 cm. Presenta una transparencia gris, si bien localmente es azul y violeta muy intenso, sin zona de crecimiento ni fábricas deposicionales características. Contiene cantidades variables de material lutítico encajante en posiciones intercristalinas, así como nódulos decimétricos de glauberita dispersos en su seno. A veces son patentes estructuras acanaladas con grandes cristales subverticales en ciertos horizontes. También se observa la aparición de venas fibrosas halíticas. En ciertos casos la halita ocupa el centro de pequeñas geodas abiertas sobre la glauberita.

En alguna lámina delgada de esta halita hemos encontrado anhidrita prismática microcristalina envolviendo los cristales de aquélla. Se observa localmente un reemplazamiento de anhidrita por cristales de glauberita totalmente anhedrales, y desarrollados en el mismo contacto halita-anhidrita.

La ausencia de fábricas primarias, la pobre ritmidad o estratificación, la marcada intersticialidad del encajante, junto con el gran tamaño y transparencia cristalina, nos lleva a pensar que estas capas de halita son producto de reprecipitación. Respecto a la halita azul, su origen está probablemente relacionado con aguas meteóricas de percolación, y dado el gran tamaño cristalino de la misma puede asimilarse al tipo «sal de compás» definido en el yacimiento de Remolinos (ORTÍ CABO-PUEYO, 1977).

#### OTROS MINERALES

La mirabilita se presenta en la mina de un modo totalmente secundario, a techo de la capa de thenardita (fig. 2A, nivel 18), de la que procede por hidratación bajo influencia de las aguas de infiltración. El espesor de este horizonte de alteración es de varios decímetros, no siendo objeto de explotación. También se presenta la mirabilita en las paredes, fisuras y suelo de la mina, por circulación de aguas en la misma.

La magnesita es frecuente en el sedimento lutítico encajante, tanto en las muestras de mina

como en las de sondeo. Su reconocimiento específico al microscopio no ha sido posible, debido al tamaño micrítico de la fracción carbonatada. De las 55 muestras de difracción se ha reconocido magnesita en pequeñas cantidades en 14 de ellas. Como mineral dominante o esencial de las mismas, 7 contenían glauberita, 4 halita, 4 anhidrita y 2 thenardita. La presencia de magnesita en las muestras de yeso es mínima, y falta en las de polihalita.

Esta magnesita no parece integrarse dentro de ninguna sucesión sedimentaria especial, y no es por tanto formadora de ciclos. Su distribución está predominantemente ligada a glauberita y halita, pero de un modo irregular. Cabe resaltar la ausencia de dolomita y calcita en todas las muestras analizadas.

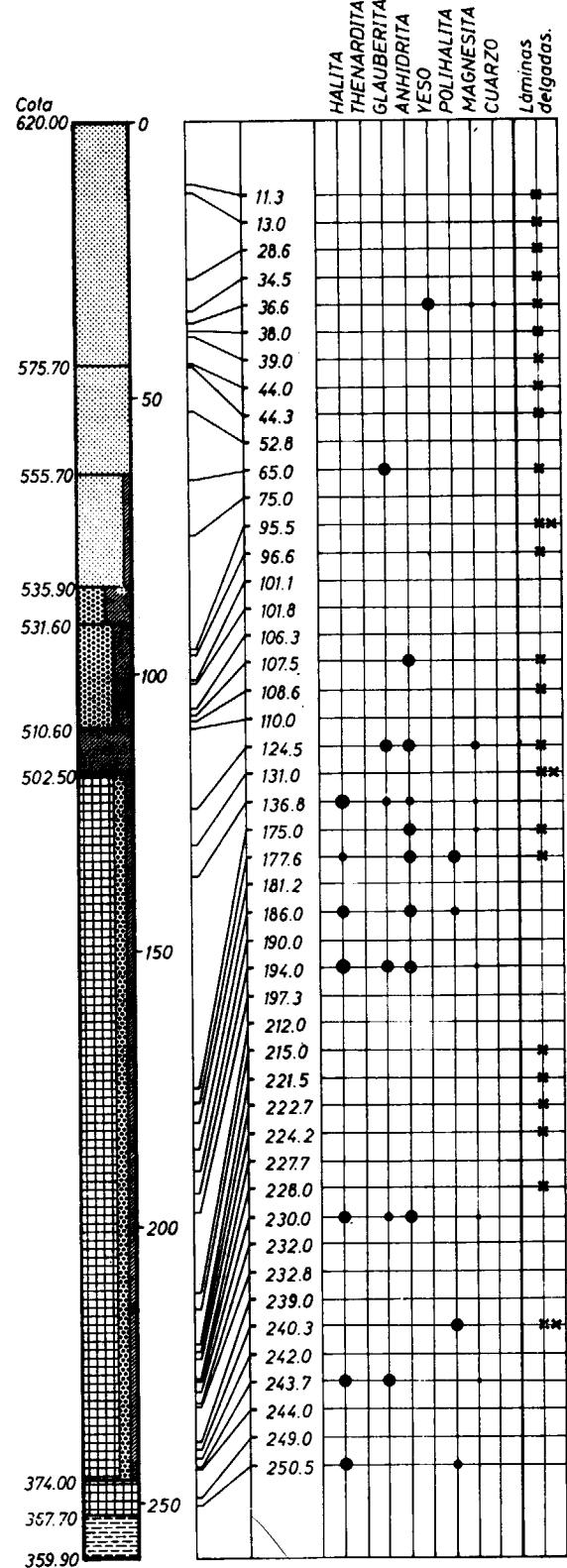
La composición del sedimento encajante, aparte de la magnesita, se reduce a cuarzo y a minerales de la arcilla. Estos últimos no han sido objeto de investigación, aunque se ha reconocido clorita e illita. Amplia documentación sobre las arcillas del sondeo de Tielmes se encuentra en CAMARES et al. (1973).

#### LITOFAZES EVAPORITICAS DE LOS SONDEOS

Hasta julio de 1978 la actual empresa beneficiaria había realizado en sus demarcaciones mineras un total de 47 sondeos, todos ellos a testigo continuo y a profundidad media próxima a los 200 m. La mayoría están implantados en los alrededores de la mina de El Castellar, en la margen S del Tajo, y unos pocos en la margen N del río, en el término de Colmenar de Oreja. El perfil de los sondeos es relativamente uniforme, aunque en el área de Colmenar falta la thenardita, estando ocupado su lugar por capas de glauberita.

La inspección de las cajas de testigos de algunos sondeos mostró que la anhidrita es el mineral evaporítico más abundante y que intercala fre-

Figura 24.—Muestreo y estudios selectivos realizados en el sondeo 47 (zona de Colmenar). El grosor de los puntos en las columnas de minerales da una idea relativa de la abundancia de cada mineral en los difractogramas. Total de láminas delgadas: 41. Símbolos: punteado fino/yeso espejuelo; punteado grueso/anhidrita; rayado oblicuo/glauberita; cuadrados/halita; rayado horizontal discontinuo/lutitas. Obsérvese las intercalaciones de polihalita.



cuentes capas de halita de espesores entre algunos centímetros y unos pocos decímetros. Los horizontes de glauberita aparecen principalmente implantados sobre y entre los de anhidrita. Ello no obstante, en presencia de bandas de halita la glauberita suele aparecer entre ésta y la anhidrita, quedando bien patente que a nivel de alternancias salinas la ritmidad se establece, de muro a techo, en el siguiente orden: anhidrita-glauberita-halita. Este orden coincide con el de solubilidad creciente de estas sales, y es además el que se pone de manifiesto, aunque de un modo imperfecto, en la propia mina entre los niveles 9 y 15. Un ejemplo de asociación primaria íntima de halita y glauberita ha sido ofrecido por CONRAD (1975) en el perfil sedimentario de la Sebkha Grizim (erg Chech, Sahara), donde alternan ambos minerales.

Se ha estudiado principalmente el sondeo 47, del área de Colmenar, con una profundidad de 260,10 m. Por debajo del yeso espejuelo, y a partir de los 65 m. de profundidad, aparece ya la glauberita, que junto con la halita y la anhidrita se presentan a lo largo de todo el sondeo. La figura 24 recoge los resultados de un estudio analítico, no sistemático, sino más bien orientativo, realizado en el sondeo. También fueron estudiados, aunque con menor intensidad, los sondeos 45 y 46, igualmente del área de Colmenar.

La anhidrita presenta una litofacies nodular (fig. 33), de tamaños y formas variadas. Son abundantes los horizontes enterolíticos, incluso alojados perfectamente entre la halita (fig. 35). Las microestructuras de los nódulos son microcristalinas, y en ocasiones de tendencia porfioblastica, pudiendo entonces presentarse grandes cristales (de varios milímetros) en formas radiadas. Se intercalan también algunas venas de hidratación de yeso porfioblastico secundario.

La halita presenta en general, y contrariamente a la mina, fábricas cristalinas primarias (fig. 34) del tipo halita chevron-halita clara (SHEARMAN, 1970; ORTI CABO-PUEYO, 1977).

La glauberita es principalmente de los tipos masivo (piedra negra) y macrocristalino intersticial. Esta última se presenta en forma de cristales idiomórficos implantados tanto sobre la anhidrita, a la cual reemplazan (figuras 10 y 29), como sobre la halita, la cual aparentemente hace de cemento. También están instalados sobre arcillas, e incluso se presentan en litofacies masivas que incluyen áreas de tamaño cristalino netamente inferior (fig. 8). Los tipos de aspecto masivo más o menos emparentables con la piedra negra (fig. 9) son tanto anhédrales como idiomórficos y de tendencia microcristalina, siendo posible que, en buena parte, correspondan a litofacies nodulares.

El yeso macrocristalino es prácticamente inexistente por debajo de las capas del espejuelo. Se ha encontrado un horizonte de yeso microcristalino secundario a la profun-

didad de 97 m. en el sondeo 47. Thenardita y magnesita no aparecen en los sondeos por debajo de los correspondientes niveles de mina.

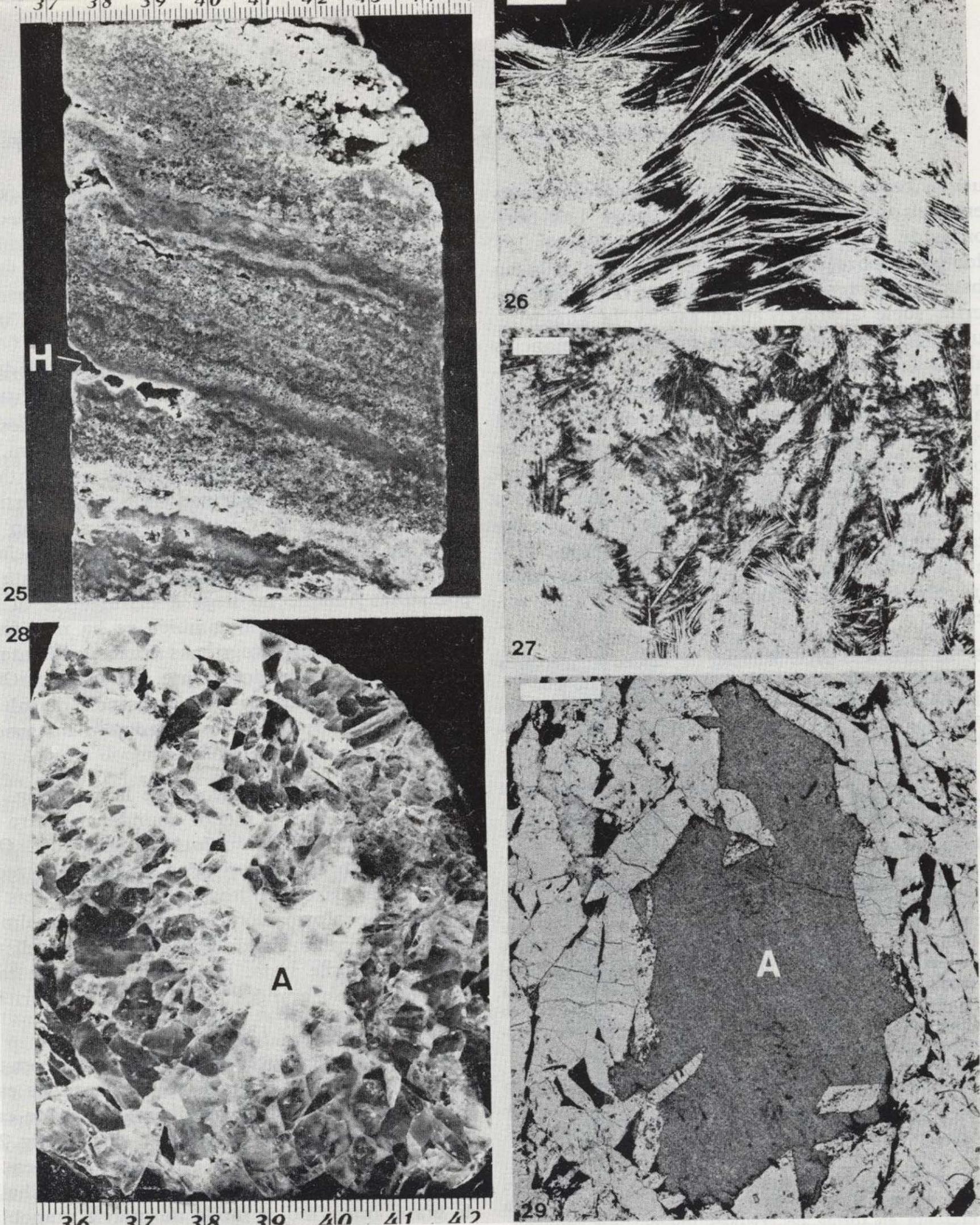
#### PRESENCIA DE CAPAS DE POLIHALITA

Algunas preparaciones microscópicas realizadas en tres muestras de sondeos del área de Colmenar, situadas respectivamente a profundidades de 177,6 m. y 240,3 m. en el S47, y a 107,9 m. en el S45, mostraron microestructuras esferulíticas, fibroso-radiadas y fasciculado-radiadas, constituidas por cristales prismático-aciculares de un mineral de extinción casi recta y a veces maclado. Los difractogramas confirmaron que se trata de polihalita. Aunque no llega a distinguirse al microscopio, este mineral también se ha manifestado en algunos difractogramas correspondientes a muestras de halita dominante. GARCÍA DEL CURA et al. (1978) han citado ya la presencia de tal mineral, aunque de un modo aislado, en un sondeo diferente del área de Colmenar.

El ligero aspecto bandeados de la roca (fig. 25) se debe a la mayor o menor abundancia entre los esferulitos de sedimento lutítico encajante. Ocasionalmente aparecen cristales de anhidrita reemplazando a los esferulitos, y también rosetas de cuarzo de neoformación. La halita está igualmente presente en forma de cristales aislados distinguibles a simple vista. Puntualmente puede también apreciarse grandes cristales de glauberita y enclaves de anhidrita nodular.

A nivel microestructural se observa que en las zonas de mayor abundancia de encajante los esferulitos pasan a agregados radiales, ya sea de cristales individuales o de grupos fasciculares (fig. 26). En el centro de muchos esferulitos, o bien en posición interesferulítica, puede existir polihalita de grano muy fino, a modo de matriz granoblastica. A su vez en muchos centros esferulíticos o directamente sobre el material encajante se observan formas geométricas bien distinguibles en luz paralela, reemplazadas ahora por la polihalita. Se trata de pseudomorfos (fig. 27), posiblemente de yeso primario (¿también glauberita?).

La polihalita es un mineral frecuentemente asociado a depósitos salinos antiguos de origen marino. El hallazgo de polihalita actual en el tidal flat de la laguna Ojo de Liebre, Baja California (HOLSER, 1966), ha permitido establecer un caso seguro de origen temprano de su diagé-



LAMINA V. Litofacies y microestructuras de polihalita y de glauberita-anhidrita.

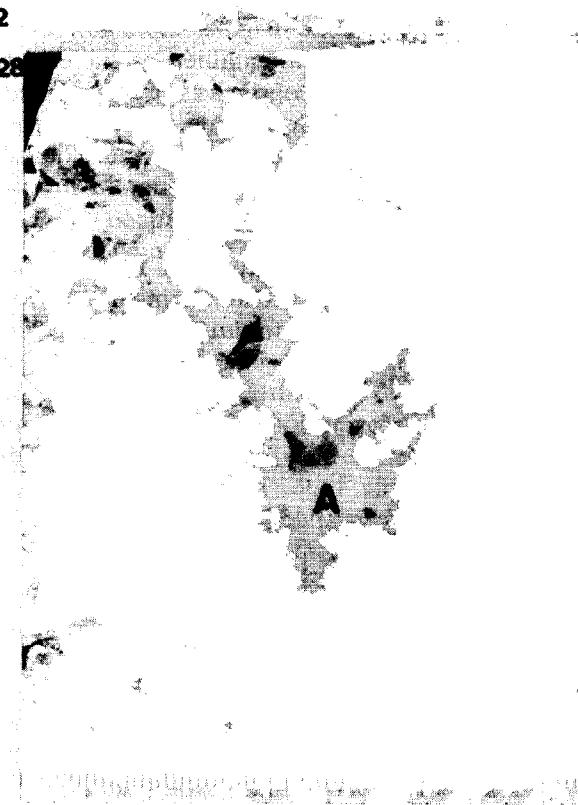
Figura 25.—Litofacies bandeada de polihalita. El bandeoamiento es debido a la mayor o menor presencia de sedimento encajante y a la ligera variación de tamaño en los esferulitos que componen la polihalita. En las zonas oscuras, porosas, quedan restos de cristales de halita (H). Sondeo 45 (zona de Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Escala en centímetros.

Figura 26.—Detalle de agregados fasciculados de polihalita creciendo sobre sedimento encajante, este último en oscuro. Luz paralela. Fotomicrografía, sondeo 45 (zona Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Barra: 0,5 mm.

Figura 27.—Microestructura pseudomórfica de polihalita esferulítica y fascicular. En los núcleos pseudomórficos el tamaño de grano de la polihalita suele ser muy fino. Luz paralela. Fotomicrografía, sondeo 45 (zona de Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Barra: 0,25 mm.

Figura 28.—Ejemplo comparativo de litofacies de glauberita idiomorfa macrocristalina reemplazando a anhidrita microcristalina. El contorno nodular es heredado de la anhidrita, y enclaves de dicho mineral (A) se encuentran ampliamente distribuidos en el núcleo. Sección pulida. Muestra de la capa A (Cerezo de Río Tirón, Burgos). Escala en centímetros.

Figura 29.—Enclave de anhidrita (A) nodular de grano extremadamente fino, entre glauberita idiomorfa que presenta sedimento lutítico intersticial. La glauberita parece reemplazar a la anhidrita. Luz paralela. Fotomicrografía del sondeo 47 (zona de Colmenar), a 124,5 m. de profundidad. Barra: 1 mm.



LAMINA V. Litofacies y microestructuras de polihalita y de glauberita-anhidrita.

Figura 25.—Litofacies bandeada de polihalita. El bandeamiento es debido a la mayor o menor presencia de sedimento encajante y a la ligera variación de tamaño en los esferulitos que componen la polihalita. En las zonas oscuras, porosas, quedan restos de cristales de halita (H). Sondeo 45 (zona de Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Escala en centímetros.

Figura 26.—Detalle de agregados fasciculados de polihalita creciendo sobre sedimento encajante, este último en oscuro. Luz paralela. Fotomicrografía, sondeo 45 (zona Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Barra: 0,5 mm.

Figura 27.—Microestructura pseudomórfica de polihalita esferulítica y fascicular. En los núcleos pseudomórficos el tamaño de grano de la polihalita suele ser muy fino. Luz paralela. Fotomicrografía, sondeo 45 (zona de Colmenar), a 107,9 m. de profundidad. Barra: 0,25 mm.

Figura 28.—Ejemplo comparativo de litofacies de glauberita idiomorfa macrocristalina reemplazando a anhidrita microcristalina. El contorno nodular es heredado de la anhidrita, y enclaves de dicho mineral (A) se encuentran ampliamente distribuidos en el núcleo. Sección pulida. Muestra de la capa A (Cerezo de Río Tirón, Burgos). Escala en centímetros.

Figura 29.—Enclave de anhidrita (A) nodular de grano extremadamente fino, entre glauberita idiomorfa que presenta sedimento lutítico intersticial. La glauberita parece reemplazar a la anhidrita. Luz paralela. Fotomicrografía del sondeo 47 (zona de Colmenar), a 124,5 m. de profundidad. Barra: 1 mm.

nosis. En tal localidad los cristales de yeso, que se encuentran asociados con halita, son reemplazados en forma de películas de cristales fibroso-radiados y esferulíticos de polihalita, quedando respetados los núcleos centrales de yeso. Fuera de estos pseudomorfos, la polihalita aparece como un cemento.

Esta descripción coincide bien con las microestructuras en mosaico, fibrosas y pseudomórficas que suelen encontrarse en la polihalita de depósitos antiguos. Véase como ejemplo los trabajos detallados de SCHALLER y HENDERSON (1932) y de STEWART (1949). También coinciden en lo esencial con la nuestra. El horizonte actual de polihalita de Baja California es de 1 cm. de espesor. En nuestro caso, las muestras tomadas de los sondeos tienen espesores de 8, 13 y 15 cm. y alcanzan contenidos muy elevados en polihalita.

De acuerdo con HOLSER (1966), la formación de polihalita puede ser debida tan sólo a cambios muy localizados en la composición de las salmueras de formación, no requiriéndose el desarrollo de un cuerpo extenso de salmueras concentradas.

La formación actual de polihalita ha sido también citada en la Sebkha Grizim (erg Chech, Sahara) por CONRAD (1975), como mineral integrante de la costra salina (halita + polihalita) superior de la misma.

El hallazgo de polihalita tanto en evaporitas marinas como continentales, y a favor de reemplazamiento diagenético temprano de otros sulfatos (yeso, anhidrita), nos lleva a interpretar igualmente las intercalaciones polihalíticas de El Castellar. Debe tratarse de hechos, quizás de ámbito local pero bien desarrollados, debidos a la evolución química de la salmuera de formación, la cual quedaría particularmente enriquecida en iones  $Mg^{++}$  y  $K^{+}$ . En este sentido es interesante resaltar que ningún sulfato magnésico de presencia normal en sedimentos evaporíticos continentales contribuye, en el caso de la cuenca del Tajo, a la liberación del exceso de  $Mg^{++}$  que previsiblemente se acumula en los estadios más avanzados de la concentración de la salmuera. Las pequeñas cantidades presentes de magnesita en las lutitas encajantes no parecen tampoco justificar suficientemente la extracción de  $Mg^{++}$ .

Cabe finalmente insistir en el carácter excepcional de esta polihalita, ya que en conocimiento de los autores no existen citas de ella en depósitos evaporíticos continentales antiguos.

#### LITOFACIES DEL YESO ESPEJUELO

En diversos trabajos sobre la cuenca del Tajo se viene refiriendo desde antiguo como yeso es-

pecular o «espejuelo» a las litofacies de yeso macrocristalino transparente, y en este sentido selenítico, que se extienden ampliamente por la cubeta central formando una capa que llega a superar localmente los 100 m. Esta suele aflorar a favor de la red hidrográfica actual, y por su potencia y tipo de erosión resulta ser un elemento geomorfológico muy característico. Posiblemente bajo el término espejuelo se encierra una amplia serie de variedades de yeso que requerirían un estudio particular.

Las pocas observaciones puntuales de esta litofacies que hemos realizado, tanto sobre afloramientos como en sondeos, sólo nos permite distinguir algunos tipos petrográficos principales:

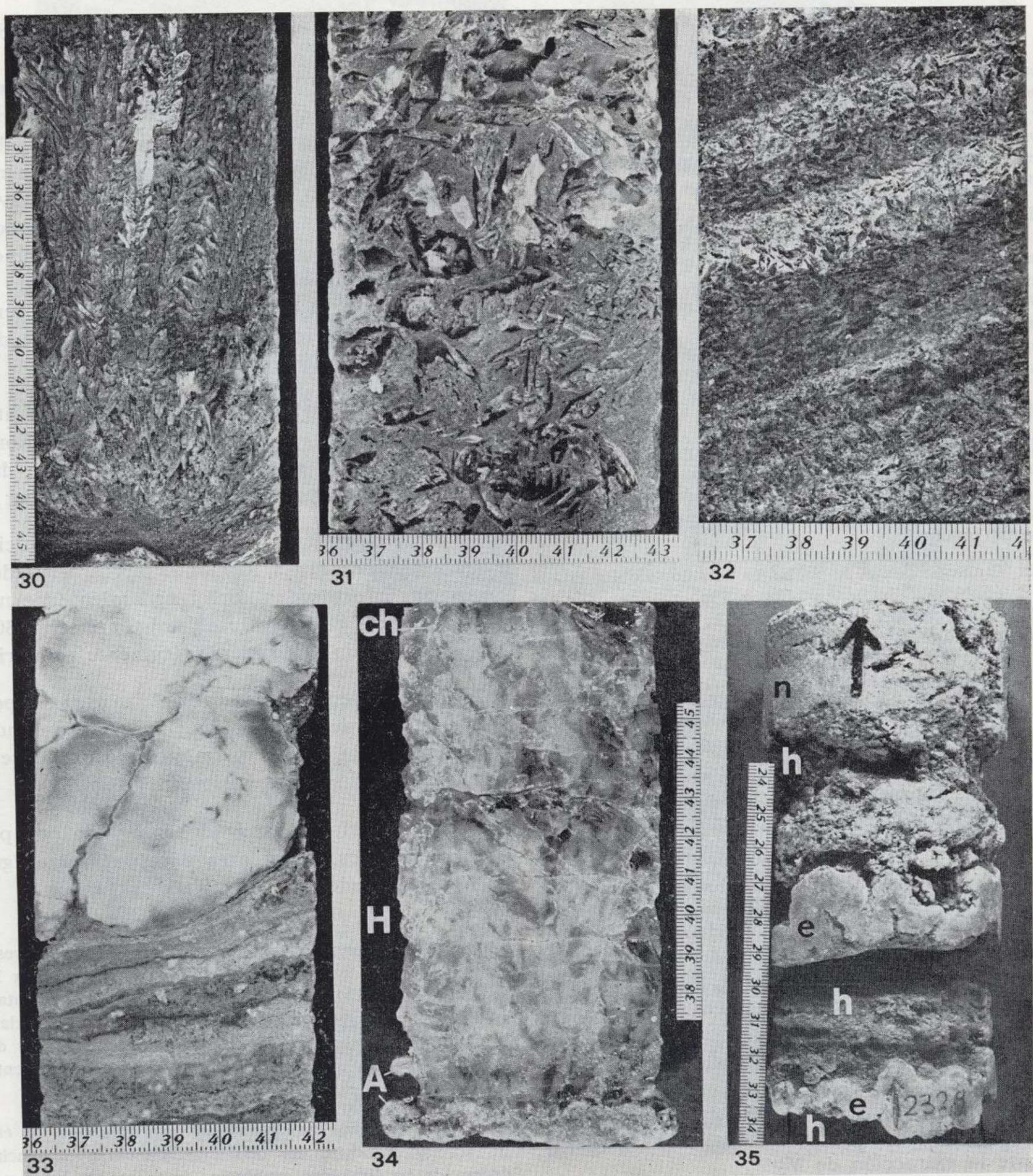
1. Yeso selenítico de crecimiento intersticial entre abundante lutita, formando largos agregados de maclas constituidas por el apilamiento de numerosos pares de individuos lenticulares (fig. 30). Este yeso puede ser mineralógicamente primario.

2. Yeso selenítico intersticial integrado por cristales transparentes no maclados y bien individualizados, de hábito prismático y tamaño centimétrico, totalmente desorientados (fig. 31).

3. Yeso laminado-bandeado, integrado por pequeños cristales lenticulares o prismáticos (figura 32) que pueden ser detríticos en parte.

Dentro de la mina únicamente se ha observado yeso macroscópico en los niveles 5 y 7, donde junto con la glauberita y anhidrita, o bien entre la arcilla, se presentan cristales de tamaño centimétrico y tendencia lenticular. Al microscopio presentan gran cantidad de inclusiones de anhidrita, por lo que deben ser secundarios. Localmente incluso reemplazan a la glauberita.

Existen otras pruebas de reemplazamientos mutuos entre yeso y anhidrita. La más evidente es la presencia, dentro de las litofacies espejuelo, de masas de yeso macrocristalino transparente o blanco, sin apenas encajante intersticial, de contornos más o menos nodulares. Suele tratarse de yeso megacristalino secundario (ORTÍ CABO, 1977, figs. 17 y 18) procedente de la hidratación de anhidrita precursora. En los testigos de sondeo hay también hidrataciones parciales de la anhidrita en yeso alabastino secundario de grano fino, según modelos venosos, mientras que otras veces aquélla muestra una litofacies micronodular que recuerda los pseudomorfos de anhidrita según yeso primario (KERR-THOMPSON, 1963; ORTÍ CABO-BAYÓ, 1977).



LAMINA VI. Litofacies de yeso, anhidrita y halita, sondeo 47 (zona de Colmenar). (Escala en centímetros.)

Figura 30.—Fábrica de tendencia arborescente integrada por numerosos agregados aparentemente maclados e igualmente orientados, compuestos por apilamientos de individuos lenticulares. Obsérvese la estructura radiada del edificio cristalino en la base del mismo. Yeso espejuelo, a 44,3 m. de profundidad.

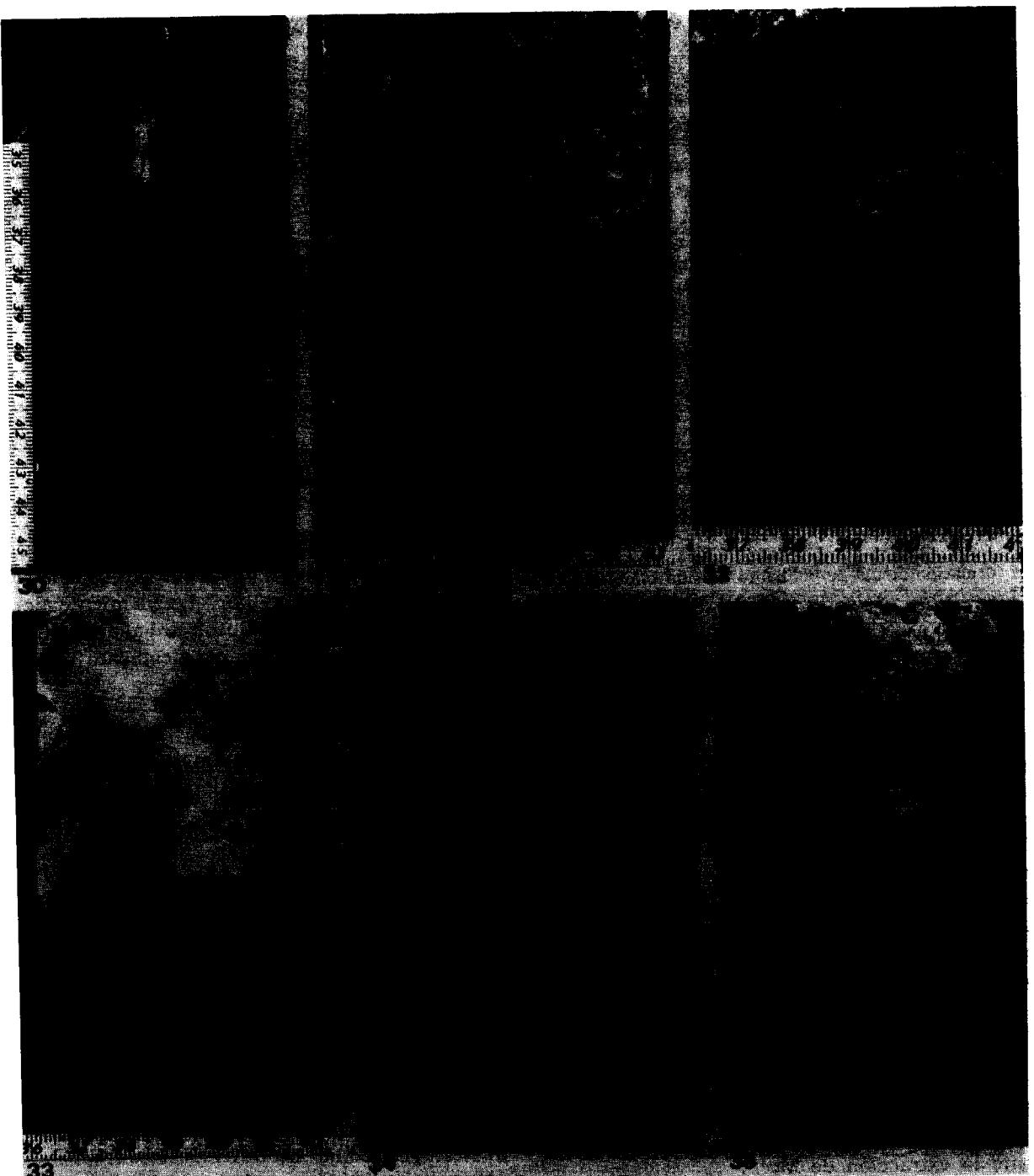
Figura 31.—Cristales idiomorfos y lenticulares de yeso desorientados, creciendo intersticialmente entre abundante sedimento encajante lutítico. Yeso espejuelo, a 39,0 m. de profundidad.

Figura 32.—Litofacies bandeada de yesos idiomorfos y lenticulares homométricos. Yeso espejuelo, a 11,3 m. de profundidad.

Figura 33.—Anhidrita nodular (mitad superior) y bandeamiento de micronódulos y yeso secundario (mitad inferior), a 131 m. de profundidad.

Figura 34.—Bandeamiento halita (H)-anhidrita (A). Obsérvese las estructuras de halita chevron (ch) entre la halita clara, indicadoras de preservación de fábricas cristalinas primarias. A 249 m. de profundidad.

Figura 35.—Alternancias de anhidrita nodular masiva (n) y enterolítica (e) entre capas de halita (h); a 232,8 m. (bloque inferior) y 239 m. (bloque superior) de profundidad.



LAMINA VI. Litofacies de yeso, anhidrita y halita, sondeo 47 (zona de Colmenar). (Escala en centímetros.)

Figura 30.—Fábrica de tendencia arborescente integrada por numerosos agregados aparentemente maclados e igualmente orientados, compuestos por apilamientos de individuos lenticulares. Obsérvese la estructura radiada del edificio cristalino en la base del mismo. Yeso espejuelo, a 44,3 m. de profundidad.

Figura 31.—Cristales idiomorfos y lenticulares de yeso desorientados, creciendo intersticialmente entre abundante sedimento encajante lutítico. Yeso espejuelo, a 39,0 m. de profundidad.

Figura 32.—Litofacies bandeada de yesos idiomorfos y lenticulares homométricos. Yeso espejuelo, a 11,3 m. de profundidad.

Figura 33.—Anhidrita nodular (mitad superior) y bandeamiento de micronódulos y yeso secundario (mitad inferior), a 131 m. de profundidad.

Figura 34.—Bandeamiento halita (H)-anhidrita (A). Obsérvese las estructuras de halita chevron (ch) entre la halita clara, indicadoras de preservación de fábricas cristalinas primarias. A 249 m. de profundidad.

Figura 35.—Alternancias de anhidrita nodular masiva (n) y enterolítica (e) entre capas de halita (h); a 232,8 m. (bloque inferior) y 239 m. (bloque superior) de profundidad.

## GEOQUIMICA DE LAS LITOFAZIES EVAPORITICAS

Hemos realizado un estudio geoquímico de los contenidos en ciertos elementos, particularmente Br, Sr y Li, de algunas de las muestras recogidas en la mina y en el sondeo 47, con objeto de tener información sobre el origen de las salmueras a partir de las que precipitaron las evaporitas, y sobre las posibles transformaciones que han afectado a los materiales en fase postsedimentaria.

### Métodos analíticos

Los contenidos en bromo en muestras de halita han sido determinados mediante fluorescencia de rayos X (tubo de molibdeno) de muestras sólidas pulverizadas. Los patrones han sido obtenidos con matrices halíticas de alta pureza. El litio y el potasio han sido analizados por espectrofotometría de llama, y el estroncio y el magnesio por espectrofotometría de absorción atómica utilizando una matriz sintética en los patrones, semejante a la de las muestras. Estos cuatro últimos elementos han sido determinados en muestras de halita y de sulfatos (glauconita, thenardita y anhidrita principalmente). Para aumentar la solubilidad de los mismos se ha utilizado una disolución de 300 g/l. de acetato amónico a pH 7 (con  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) y se ha podido trabajar sobre disoluciones de 1 g. de muestra problema en 100 ml.

### Antecedentes bibliográficos

El bromo (radio iónico Br<sup>-</sup>: 1.96 Å) se concentra en los estadios finales de la deposición evaporítica sustituyendo generalmente al cloro (Cl<sup>-</sup>: 1.81 Å) en la malla de los cloruros. El proceso es especialmente importante en las evaporitas marinas, ya que este elemento es relativamente abundante en el agua del mar (65 ppm. de promedio, según GOLDSCHMIDT, 1954) respecto a las aguas continentales que presentan cantidades insignificantes. Existe una extensa bibliografía respecto a la utilización del bromo como indicador geoquímico de las evaporitas (VALYASHKO, 1956; SCHWERDTNER-WARDLAW, 1963; STEWART, 1963; BRAITSCH, 1966; HOLSER, 1966; KÜHN, 1968; ERNST, 1970; ZAK, 1974). El contenido en este elemento es máximo en las sales potásicas y potásico-magnésicas marinas (silita y carnalita), que presentan concentraciones de 1.000 a 5.000 ppm. de bromo (KÜHN, 1968). La halita marina puede diferenciarse de la continental; muestras de halita estudiadas por los autores, correspondientes a sales marinas (cuenca potásica catalana; PUEYO, 1974) y continentales (Remolinos-Formación Zaragoza; ORTÍ-PUEYO, 1977) arrojan promedios de 50 a 500 ppm. de bromo para la roca halítica marina, e inferiores al primer valor (entre 10 y 20 ppm. de bromo) para muestras halíticas de origen continental.

El estroncio (radio iónico Sr<sup>++</sup>: 1.12 Å) es un elemento que se acumula en la fase sulfatada de los depósitos evaporíticos en concentraciones promedio del orden de las 2.000 ppm. para la polihalita y la anhidrita (JUNG-KNITZ-SCHKE, 1960; HERRMANN, 1961; MÜLLER, 1962; HOLLIDAY, 1967;

BRAITSCH, 1971; BUTLER, 1973) e inferiores para el yeso (entre 500 y 1.000 ppm.), siempre que no forme fases minerales propias (celestina), pudiendo sustituir a los iones Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> (radios iónicos respectivos: 0.99 Å, 0.98 Å y 1.33 Å). Puede precipitar primariamente como celestina entre las fases carbonatada y sulfatada de los depósitos evaporíticos y concentrarse en las aguas madres residuales de los mismos, y migrar posteriormente con salmueras que dan lugar a procesos de cristalización de nuevas fases reconocibles por su alto contenido en estroncio (KÜHN, 1968; PUEYO, 1975, 1976). El contenido en estroncio en muestras de halita es variable según los autores. HERRMANN (1961) cita de 45 a 100 ppm. de promedio, y MÜLLER (1962), concentraciones inferiores a 10 ppm.

El litio (radio iónico Li<sup>+</sup>: 0.66 Å) se concentra también en los procesos de evaporación existentes en los lagos salinos, alcanzando concentraciones del orden de 1 a 9 ppm. en lagos interiores (LIVINGSTONE, 1963) y de unas 20 ppm. en las aguas del mar Muerto (RATNER y LUDMER, 1964). Su comportamiento geoquímico es parecido al del ión Mg<sup>++</sup> (0.66 Å) dada la gran semejanza en tamaño entre ambas partículas. Según RANKAMA-SAHAMA (1949), también puede sustituir al sodio en la halita. Se trata de un elemento que llega en poca cantidad a la fase evaporítica debido a su gran facilidad de absorción por los minerales de la arcilla (KRETZ, 1972). Según STEWART (1963), la mayor parte del contenido en litio de las evaporitas está asociado a la fase arcillosa encajante.

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se ha analizado el contenido en estroncio, litio, potasio y magnesio en las muestras de sulfatos, mientras que en las de halita se han efectuado, además, determinaciones de bromo.

Los resultados del contenido en bromo quedan representados de modo gráfico en el cuadro 1, en el que se comparan los valores hallados (10 ppm. en halita, aproximadamente) con los de muestras de halita de otras cuencas evaporíticas.

CUADRO 1

CONTENIDO PROMEDIO COMPARATIVO DE BROMO EN HALITA DE ALGUNAS CUENCAS EVAPORITICAS ESPAÑOLAS  
(En ppm.)

	Halita bandeada (no pertur- bada)	Halita recris- talizada (1) o reprecipi- tada (2)
Remolinos (Zaragoza) ...	12	3
Villarrubia de Santiago (Toledo) ... ... ... ...	10	4
Cuenca potásica catalana.	280	130

Las concentraciones en estroncio de la anhidrita y la polihalita de Villarrubia son del orden, o

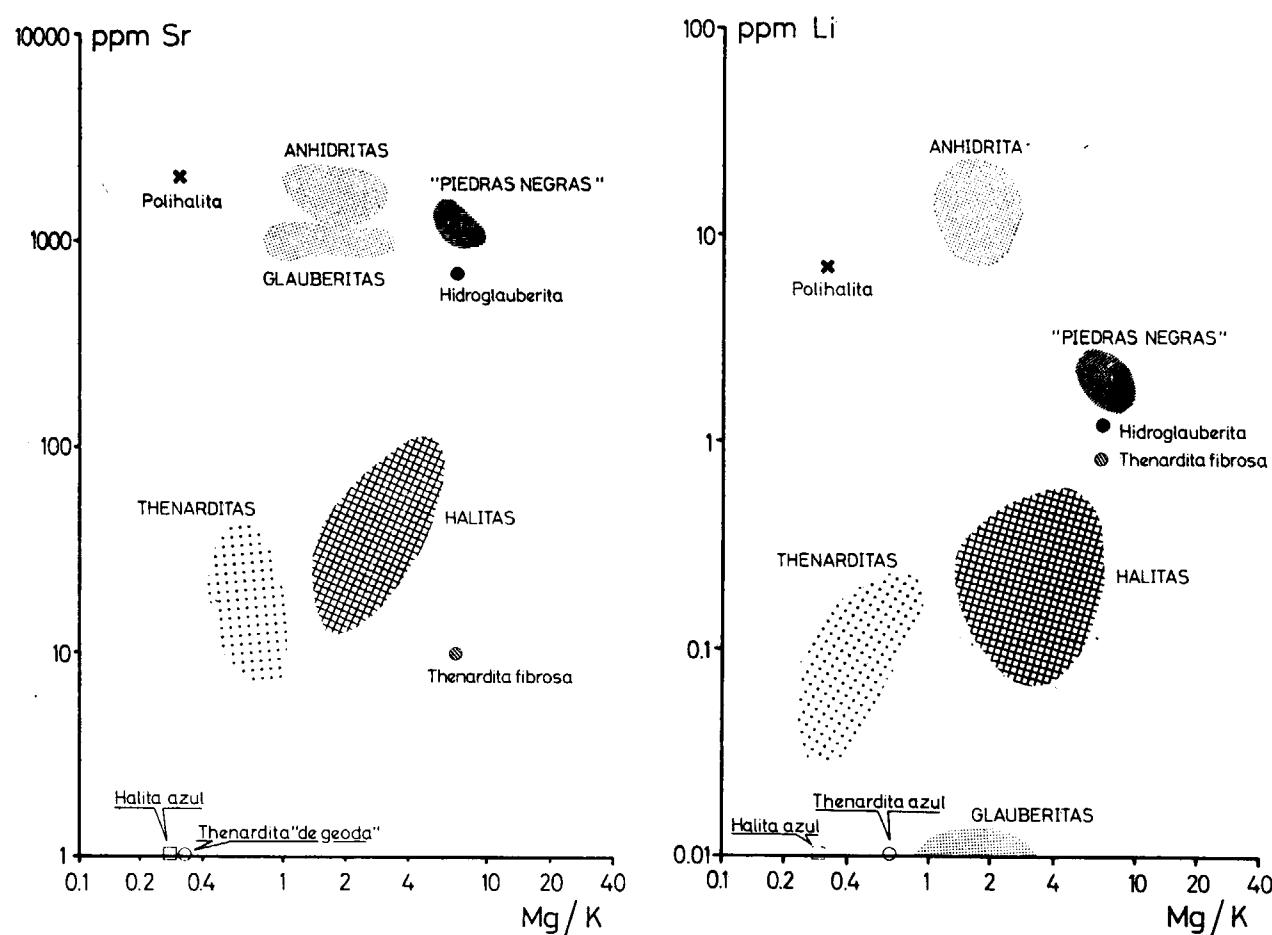


Figura 36.—Las figuras muestran el contenido en estroncio y litio en diversas litologías del yacimiento de Villarrubia. Para obtener una mejor diferenciación se ha utilizado una segunda variable ( $Mg/K$ ) obtenida a partir de elementos menores presentes en todas las litologías estudiadas. Se ha procurado utilizar minerales lo más puros posible. No obstante, tanto las «piedras negras» como la hidroglauconita tienen un cierto contenido en fracción

lútrica. Asimismo, las muestras de halita presentan un cierto componente sulfatado. En la parte más inferior de estos diagramas quedan diferenciadas muestras de halita y thenardita más recicladas (halita azul de relleno de fisuras y thenardita «de geoda»). También queda diferenciada la thenardita fibrosa, con un alto contenido relativo en Mg y Li respecto de la thenardita normal del yacimiento

algo inferiores a 2.000 ppm., y la glauconita tiene unas 1.000 ppm. de dicho elemento. La thenardita y la halita poseen de 10 a 100 ppm., si bien las concentraciones más elevadas corresponden (en el caso de la halita) a muestras con impurezas de anhidrita y polihalita. Las concentraciones en litio de la anhidrita y polihalita de Villarrubia están sobre las 10 ppm. La thenardita y la halita tienen concentraciones del orden de 0.1 ppm., y la glauconita todavía inferiores (por debajo de las 50 ppb.).

El contenido en bromo es semejante al de las sales continentales de Remolinos, ya estudiadas por los autores (ORTÍ-PUEYO, 1977), lo que hace

pensar en el origen continental de las salmueras a partir de las que formó el yacimiento, incluso en el caso de muestras de halita asociadas a polihalita, mineral que pudiera hacer suponer influencias de origen marino. Sin embargo, opinamos que podría ser interesante un estudio posterior más exhaustivo de la distribución del bromo en la halita de la parte basal del yacimiento. Por otra parte, los contenidos en bromo, estroncio y litio revelan la existencia de sales recicladas (halita azul, thenardita «de geoda»), esto es, disueltas y reprecipitadas en fase diagenética. Esto se pone de manifiesto por la pérdida generalizada de elementos menores debidos a dos causas: la purifi-

cación por expulsión de arcillas de la estructura de la roca debida a presión de cristalización, y la eliminación de iones que están sustituyendo a los componentes mayoritarios de las diversas fases minerales. Además, el contenido relativamente alto en litio y magnesio de la thenardita fibrosa fisural debe estar en relación con el químismo de las salmueras percolantes en una fase tardía dentro de los procesos petrogenéticos implicados en el yacimiento.

#### DISCUSION DE LOS RESULTADOS Y MODELO DE SEDIMENTACION SALINA

A la luz de los datos y conclusiones presentados hasta aquí creemos que cualquier interpretación comprensiva de la sedimentación salina en Villarrubia de Santiago debe contemplar los siguientes puntos básicos:

a) El sulfato sódico, ahora en forma de thenardita, se presenta a techo de una importante secuencia salina que contiene anhidrita, glauconita y halita como minerales evaporíticos fundamentales.

b) En esta secuencia se establecen, aunque de modo imperfecto, alternancias entre: sedimento lutítico-anhidrita-glauconita-halita, al menos hasta profundidades de unos 200 m. por debajo del horizonte de thenardita.

c) La halita en los sondeos muestra las fábricas primarias propias de crecimiento bajo lámina de agua con caídas intermitentes a posición subterránea.

d) La glauconita nodular puede interpretarse como un mineral sinsedimentario o diagenético temprano, al igual que la anhidrita, y ligado a las zonas vadoso capilar y de saturación.

e) Inmediatamente encima de la thenardita se implanta una nueva facies evaporítica de extensión muy generalizada, el yeso espejuelo, que corresponde a una amplia dilución relativa.

La figura 37 es un intento de sintetizar todos estos hechos y respondería a la distribución de litofacies salinas del entorno de Villarrubia. A finales conceptuales el esquema es simétrico y sin escala horizontal. No se representan los numerosos tramos lutíticos existentes en los sondeos ni

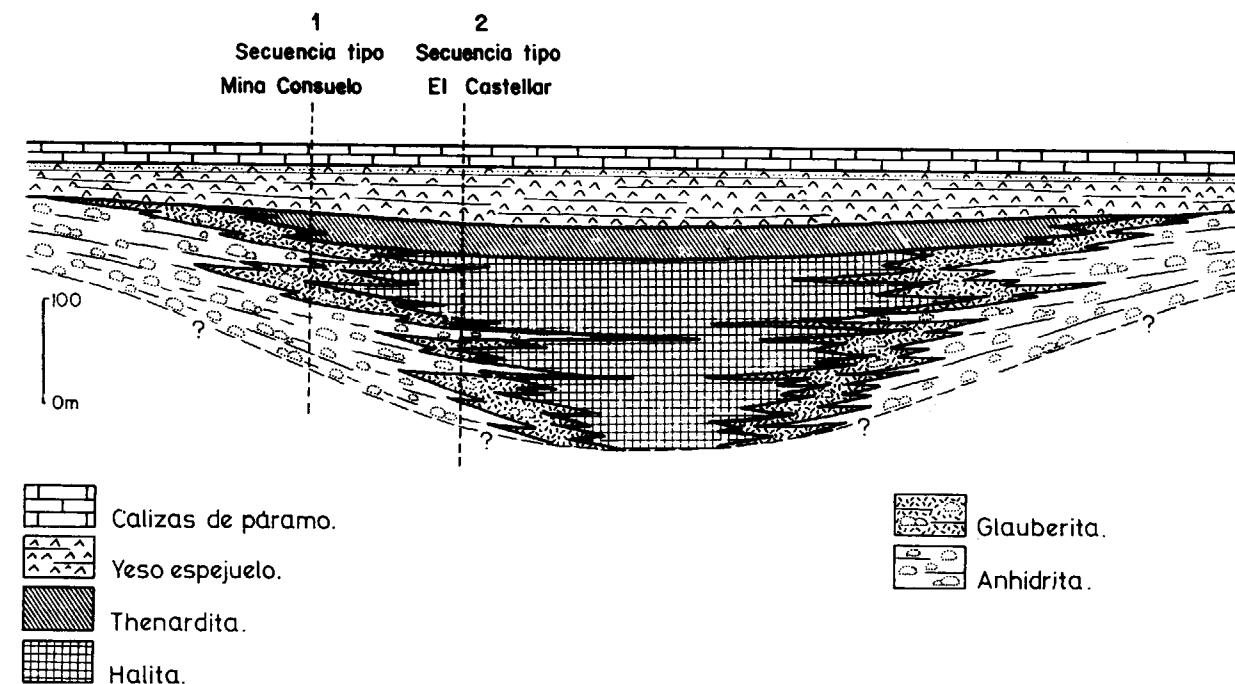


Figura 37.—Esquema hipotético de distribución de litofacies salinas en la formación evaporítica del área de Villarrubia de Santiago (Toledo), según datos de superficie, mina y sondeos de El Castellar. Sin escala horizontal. La amplitud de la capa de thenardita está, probablemente, exagerada

los horizontes de polihalita, sino únicamente la distribución de los minerales evaporíticos principales: halita, glauberita, anhidrita y yeso. La halita ocupa el centro de la cubeta y la anhidrita el margen, indentándose entre ambas un cinturón glauberítico. Es posible la existencia de un cinturón yesífero entre el de anhidrita y el más exterior de sedimentos finos siliciclásticos. Tal cinturón pudo, quizás, coincidir con el de anhidrita, la cual procedería en realidad de una transformación «in situ» del yeso, en condiciones diagenéticas muy tempranas. Este esquema puede ser válido para buena parte de la zona central de la cubeta del Tajo, especialmente en lo que se refiere a halita y anhidrita, minerales ampliamente registrados en el sondeo de Tielmes. La actual extensión, reducida y localizada, de las capas de thenardita puede ser debida, en parte, a disoluciones tardías.

El modelo sedimentológico que creemos más adecuado para explicar esta estratigrafía evaporítica y las características de sus litofacies es el del lago salado (saline lake; HARDIE et al., 1978) y más concretamente, del tipo «playa lake», término que usamos en el sentido amplio de zona deprimida e intermitentemente inundada de una cuenca (REEVES, 1978).

La hidrología de estos lagos salados en cuencas cerradas intramontañosas se caracteriza por la sucesión de episodios de expansión y retracción de su cuerpo de agua, en respuesta a diferentes factores, principalmente climáticos. Las etapas de retracción llevan a una concentración progresiva y a secuencias de precipitación de minerales con solubilidad creciente, y a la eventual desecación total del lago. Las etapas de expansión implican dilución generalizada del cuerpo de agua, y suelen ser más pobres en sedimentación salina. En este sencillo esquema de funcionamiento, las secuencias estratigráficas en vertical reflejan la historia hidrológica y, además, coinciden con las secuencias encontradas en sentido horizontal. Estas últimas muestran, en cada estadio de salinidad, la disposición de los cinturones de facies salinas entre centro y margen del playa lake.

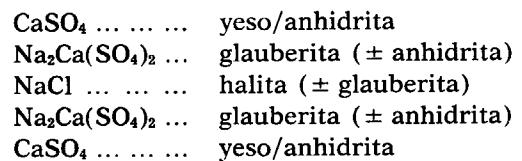
La sedimentación en estos lagos viene caracterizada por una serie de subambientes, facilitados por la existencia de gradientes laterales de salinidad (HARDIE et al., 1978). En el punto topográficamente más bajo de la «playa» suele instalarse un lago salino efímero que es inundado intermitentemente por tormentas, y que se deseca al menos una vez en el periodo de algunos años. En él se produce la precipitación de los minerales más solubles (halita, trona, etc.) según el tipo hidroquímico. Se sedimentan en este ambiente ritmos compuestos por una capa de halita y un fino horizonte de lutita cargada de cristales de halita, de varios centímetros de espesor total. La halita

muestra fábricas primarias de tipo chevron, produciéndose, en los ejemplos actuales, una intensa poligonización tras la desecación. La superposición de estas capas halíticas da lugar a secuencias con espesores de decenas, incluso centenares de metros.

Periféricamente existe un cinturón lutítico salino (saline mud flat) en el que la posición del agua es subterránea y el bombeo evaporítico de la misma produce cristalización intrasedimentaria desplazante o poiquilitica de minerales salinos. Cuando la lámina de agua está próxima a la superficie se produce un intenso crecimiento de los cristales que destruye toda estratificación, quedando un sedimento lutítico sin estructura y repleto de cristales. En superficie suelen darse encostramientos de sales eflorescentes.

En posición más marginal existe un cinturón «seco» de lutitas laminadas (dry mud flat) supralitoral, caracterizado por polígonos de desecación y algunas costras de carbonato o de sales solubles (halita, trona, thenardita, etc.) que se disuelven en cada inundación y no se preservan en el sedimento. Cristales de yeso, glauberita o mirabilita pueden llenar localmente las grietas de desecación. Finalmente, los cinturones más periféricos suelen ser llanuras de arena (sand flats) y abanicos aluviales o torrenciales a pie de los relieves circundantes de la cuenca.

El funcionamiento de un lago salado relativamente estable, tal como sería el reflejado por los sondeos de El Castellar, y con un químismo dominado por las especies  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  y, en menor cantidad,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ha llevado a la sedimentación cíclica idealizada de:



para la que el anterior esquema sedimentológico parece esencialmente válido. La figura 38 da una idea de los cinturones de facies que corresponderían al estadio de mayor concentración de uno de los ciclos en El Castellar. Las características de la halita bandeada en los sondeos se corresponden con las del lago salino efímero más central, y las litofacies nodulares diagenéticas de la glauberita, y también de la anhidrita, se ajustan a cinturones de llanuras lutíticas periférico-salinas. Por otro lado, parece conveniente distinguir en el caso que nos ocupa (y dentro de la llanura lutítica salina) entre una zona externa o anhidrítico/yesífera y otra interna, glauberítica. También es interesante resaltar que la supresión de los tramos glauberíticos en el anterior ciclo, por pér-

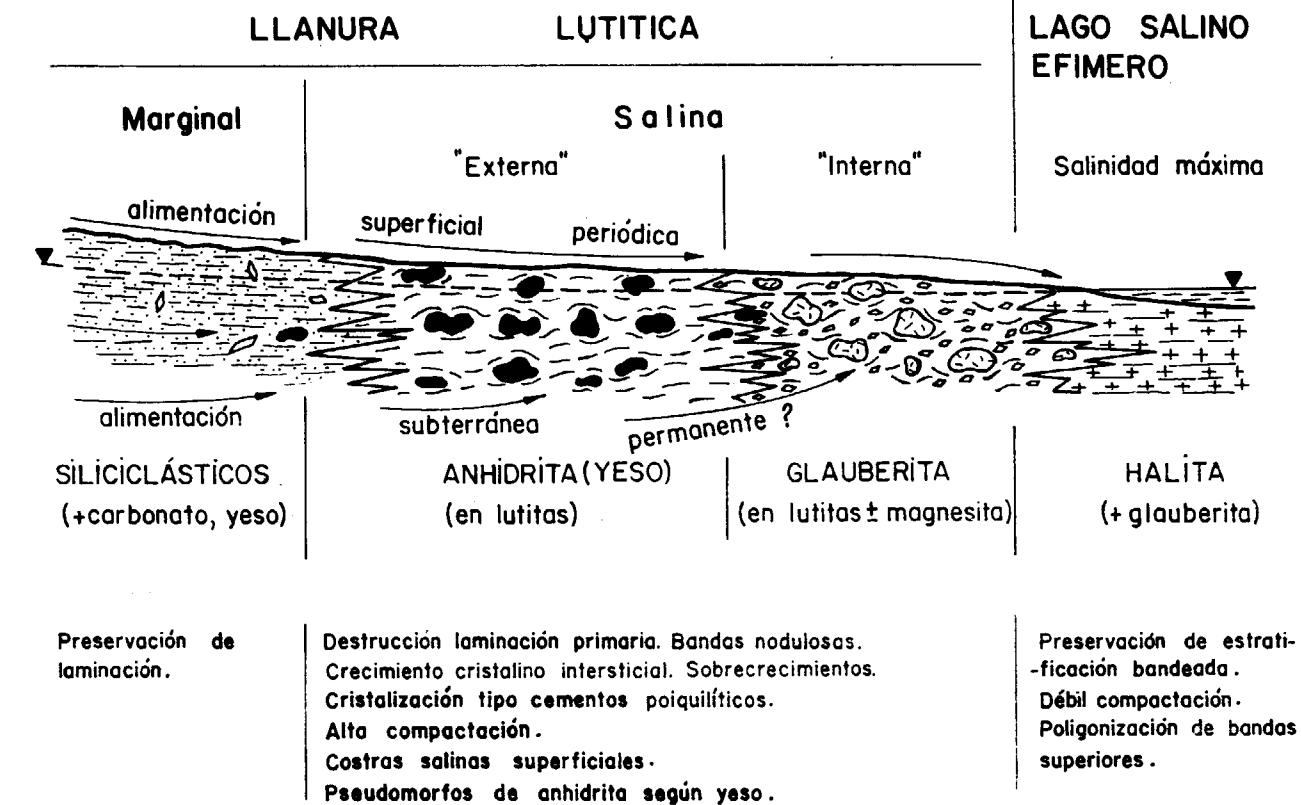
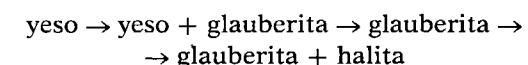


Figura 38.—Cinturones de facies en el lago salino, en el momento de la máxima concentración, con precipitación de halita en el centro. Obsérvese la mineralogía y características de las litofacies principales en cada cinturón

dida del carácter sulfatado-sódico del lago, llevaría a secuencias del tipo anhidrita (yeso)-halita, como se observa en el sondeo de Tielmes y en Remolinos (Cuenca del Ebro, ORTI-PUEYO, 1977).

El régimen de alimentación de las llanuras salinas pudo ser preferentemente subterráneo, reforzado desde la superficie por percolación de láminas de agua de inundación esporádica. De este modo se formarían cristales de glauberita individualizados o en rosetas, con tamaños diferentes según la posición respecto al centro hidrológico, con sobrecrecimientos, etc. Este tipo de régimen pudo igualmente facilitar los reemplazamientos en profundidad de unos minerales por otros a favor de etapas principales de dilución del playa lake (anhidrita reemplaza a la glauberita; glauberita reemplaza a la halita) o bien de desecación extrema (halita cementa o reemplaza a glauberita; glauberita reemplaza a anhidrita, etcétera).

Un esquema muy parecido al aquí propuesto para Villarrubia de Santiago puede verse en la actual distribución de minerales evaporíticos crecidos intersticialmente, por debajo de la costra salina superficial, entre los 5 m. superiores del paquete de sedimentos detríticos del playa lake Saline Valley (EUGSTER-HARDIE, 1978, fig. 8 y página 274). Dicha distribución es, de margen a centro:



y ocupa un área groseramente circular de hasta unos 6 km. de diámetro. Los tamaños cristalinos llegan fácilmente a 2 cm. HARDIE (1968) interpreta la glauberita como diagenética temprana, obtenida de la reacción del yeso con las salmueras ricas en sodio. Sobre este particular cabe recordar que en El Castellar no existen tampoco evidencias, desde el punto de vista de litofacies, de que la

glauberita sea un precipitado directo bajo lámina de agua.

#### SIGNIFICADO DE LAS CAPAS DE THENARDITA

La thenardita de techo de la secuencia salina de El Castellar marca un episodio especial, cuyo funcionamiento sedimentológico no puede precisarse en dicha localidad al no alternarse con ninguna otra capa salina. Este punto, no obstante, parece matizable al estudiar la sucesión de unos 6 m. de potencia (fig. 39) expuestos en la mina Consuelo, situada en la margen izquierda del Jarama, frente a San Martín de la Vega, a unos 25 km. al NW. de El Castellar y a una cota topográfica equivalente. En sus galerías llega a distinguirse un total de seis o siete capas de thenardita, estando las cuatro inferiores mucho mejor diferenciadas que las superiores. La alternancia

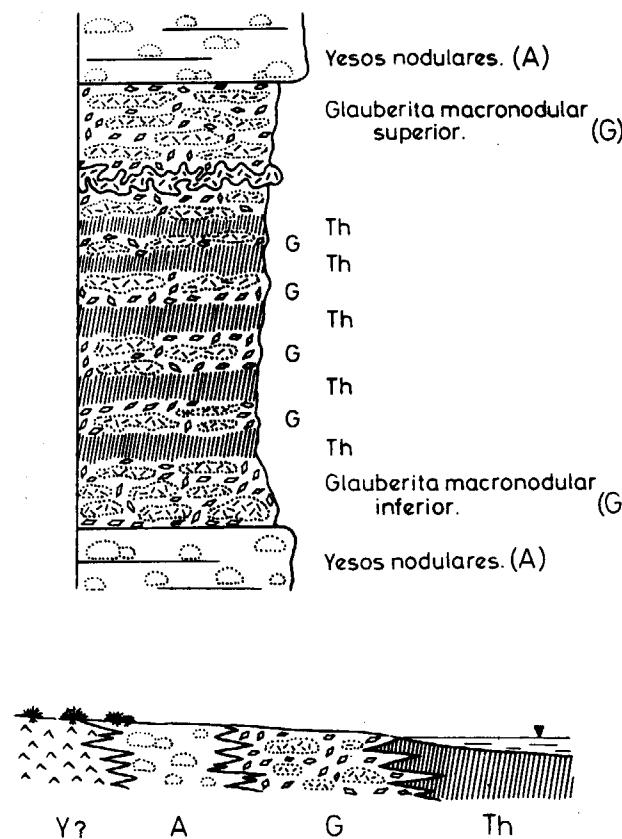


Figura 39.—Parte superior: Secuencia salina observable en mina Consuelo (San Martín de la Vega). Potencia del tramo glauberítico-thenardítico: 6 m. aproximadamente. Parte inferior: Cinturones de facies correspondientes

entre estas capas de thenardita y de glauberita nodular con arcillas (con idénticas características de litofacies y microestructuras a las de Villarrubia) es perfecta, y podría corresponder a un punto tal como el 1 de la figura 37. La posición más central de El Castellar, por el contrario, queda reflejada en el punto 2. En ambos casos hay infrasaturación respecto al NaCl. ¿Qué causas pueden aducirse para este cambio químico del playa lake?

En la historia de estos lagos se conocen episodios con características hidroquímicas especiales, anormales, ocurridas especialmente a favor de etapas principales de dilución. En tales casos el químismo anormal suele deberse a la disolución preferente (congruente o incongruente) de las especies químicas más solubles contenidas en los minerales evaporíticos de costras superficiales y capas sedimentarias anteriores. Ello puede ocurrir con erosión-dilución de amplias zonas marginales. En el caso que nos ocupa, estas etapas de dilución generalizada producirían posiblemente un enriquecimiento selectivo en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y, en menor cantidad, en NaCl. La infrasaturación general en esta última facilitaría un nuevo tipo de paragénesis salina, dominada por el  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y precipitando mirabilita-thenardita ( $\pm$  glauberita). El carácter químico del lago salado parece corresponder ahora al tipo sulfatado, subclase IIa de Valyashko (en STRAKHOV, 1970). La ausencia de litofacies bandeadas perfectas en la thenardita de El Castellar podría ser consecuencia de la transformación diagenética de la mirabilita en thenardita.

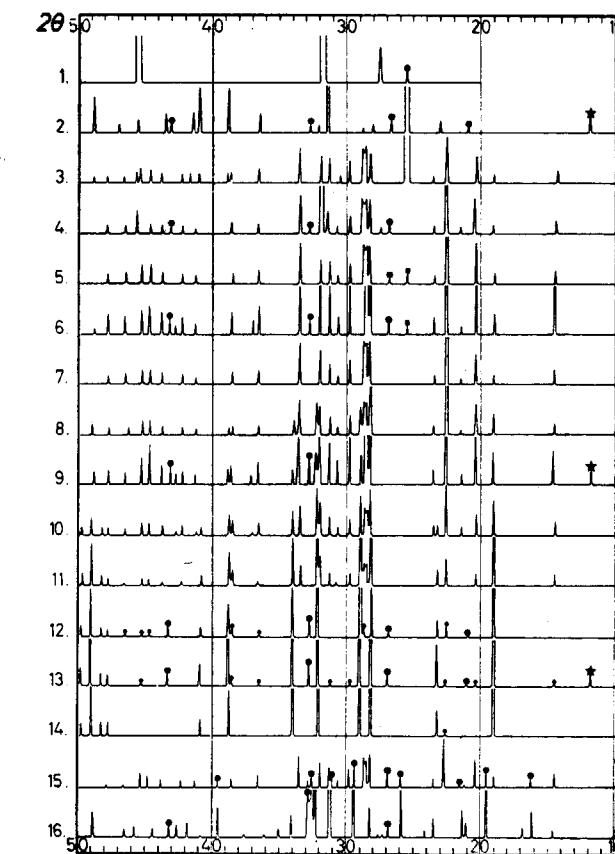
Así considerada, la sedimentación del sulfato sódico de la cubeta del Tajo podría suponer una etapa final de expansión e inundación en el playa lake debido quizás a una atenuación en las condiciones de aridez, con modificación del carácter del precipitado en su parte central, y posible evolución hacia un carácter de lago relativamente perenne. En este mismo sentido apunta la superimposición posterior de las potentes facies de yeso espejuelo que, aunque cartográficamente se consideran una facies química o central, en relación con el cuerpo salino central de los sondeos es tan sólo su facies más marginal. Esto hace pensar que el horizonte de sulfato sódico señala el inicio de un cambio en las condiciones hidráulicas de la cuenca, bien debido a efectos climáticos, bien a movimientos relativos de las márgenes montañosas periféricas de la cubeta.

Cabe insistir finalmente en que el esquema interpretativo de la figura 37 es orientativo y, quizás, no recoge todas las posibles secuencias salinas registrables en el Tajo. De hecho, el cuerpo de salmueras centrales pudo ser múltiple y proporcionar así, en cada punto, ciertas variaciones en los cinturones de facies y en las paragénesis, en función de los controles sedimentológicos locales.

Hay incertidumbre en la interpretación de alguna de las litofacies salinas descritas en este trabajo dado que el estudio realizado es relativa-

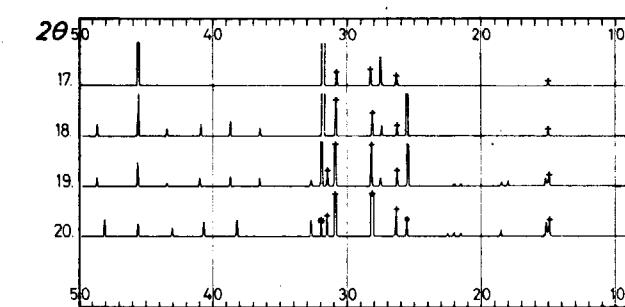
mente puntual. La aceptación definitiva del modelo playa lake requerirá, entre otras cosas, la compatibilidad con los resultados de estudios sedimentológicos precisos a escala regional y, especialmente, de los cinturones de facies detríticas marginales.

Es posible que las condiciones de aridez climática de la cuenca, necesarias para la acumulación de evaporitas, estuvieran favorecidas por la existencia de relieves montañosos altos circundantes (efecto rain-shadow).



DESCRIPCION DE LOS DIFRACTOGRAMAS DEL CUADRO 2

Se representa de forma simplificada algunos tipos de difractogramas obtenidos a partir de las muestras que se han analizado mineralógicamente. En la parte superior e inferior están representados los ángulos del goniómetro en forma de  $2\theta$ .



La muestra 1 corresponde a halita de la mina «El Castellar» con impurezas de anhidrita. La muestra 2 corresponde a anhidrita con impurezas de magnesita (●), cuarzo (\*), clorita (★) e illita (■); la 3, a anhidrita con glauberita, y la 4, a halita con glauberita e impurezas de cuarzo y magnesita. Las muestras 5, 6 y 7 corresponden a glauberita. La 5 contiene impurezas de cuarzo y anhidrita (■), y la 6, de cuarzo, anhidrita y magnesita. La muestra 7 es glauberita pura. Las muestras 8, 9, 10 y 11 consisten en mezclas de glauberita y thenardita progresivamente más puras en el último mineral. En la 9 hay algo de magnesita. Las muestras 12, 13 y 14 son thenardita. En los casos 12 y 13 contienen impurezas de glauberita (●), magnesita, cuarzo y clorita (13). La muestra 14 corresponde a thenardita pura con trazas de glauberita. La muestra 15 es una «piedra negra» y está constituida por glauberita, con algo de hidroglauherita (●) y cuarzo. La muestra 16 corresponde a hidroglauherita prácticamente pura, con trazas de cuarzo y magnesita. Es interesante hacer notar que a 9.7° se observa una pequeña reflexión en las muestras 5, 7, 8, 10, 11 y 12, que, probablemente, corresponde (como en el caso de las muestras 15 y 16) a los planos reticulares (100) de la hidroglauherita. Las muestras 17, 18, 19 y 20 contienen diversas concentraciones de polihalita (+) y corresponden al sondeo S-47. La 17 consiste en halita con algo de polihalita intersticial. Las 18 y 19 son mezclas de halita, anhidrita y polihalita, y la 20 es polihalita con impurezas de halita y anhidrita.

Finalmente, es importante resaltar que las muestras denominadas «piedras negras» corresponden principalmente a litofacies microcristalinas de glauberita, que presentan ocasionalmente impurezas de anhidrita, hidroglauherita y cuarzo.

## COMPARACIÓN CON OTRAS SECUENCIAS PENINSULARES DE SALES SÓDICAS

Se ha visitado con fines comparativos el yacimiento de Cerezo del Río Tirón (Burgos), cuya secuencia salina aflorante se caracteriza por la alternancia de capas de anhidrita con capas de glauberita ( $\pm$  anhidrita). La litofacies de la glauberita en algunas capas es perfectamente bandeda, con unos pocos centímetros de espesor promedio por banda, en oposición a las litofacies nodulares del Tajo. La anhidrita es siempre nodular y contorsionada. En algunas capas de glauberita, la anhidrita se comporta como material encajante y es reemplazada por aquélla de modo espectacular (fig. 28). El tamaño cristalino de la glauberita es macroscópico, en general.

La ausencia de halita y de thenardita en esta secuencia indica que el químismo del playa lake estaba dominado por los iones  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ , y el carácter bandedo de la glauberita sugiere que ésta pudo sedimentarse en el mismo centro de la cuenca, bajo lámina de agua, quedando la anhidrita en posición de cinturón marginal periférico. El tránsito del cinturón central al marginal parece realizarse, en cada unidad deposicional del playa lake, mediante una zona de reemplazamiento de la anhidrita por glauberita.

La visita a una mina abandonada de glauberita en las proximidades de Arrúbal (Logroño) mostró, no obstante, que la litofacies predominante de dicho mineral en ese yacimiento es la bandeda-nodular, y enterolítica.

## BIBLIOGRAFIA

BENAYAS, J.; PÉREZ MATEOS, J., y RIBA, O.: *Nouvelles observations sur la sédimentation continentale du bassin terriaire du Tage*. Eclogae Geologicae Helvetiae, 51, 834-842 (1958).

BRAITSCH, O.: *Bromine and rubidium as indicators of environment during sylvite and carnallite deposition of the Upper Rhine Valley evaporites*. II Symposium on Salt, v-1, Cleveland, Ohio, pp. 293-301 (1966).

BRAITSCH, O.: *Salt deposits. Their origin and composition*. Springer Verlag, Heidelberg, 297 pp. (1971).

BUTLER, G. P.: *Strontium geochemistry of modern and ancient calcium sulfate minerals*. Purser, B. M. (ed.). The Persian Gulf. Berlin-Heidelberg-N York. Springer Verlag, pp. 423-452 (1973).

CAMARES, M.; LÓPEZ AGUAYO, F., y MARTÍN VIVALDI, J.: *Nota sobre la mineralogía del sondeo de Tielmes en el Terciario de la Cuenca del Tajo*. Estudios Geológicos, 29, 307-313 (1973).

CONRAD, G.: *Modèles de sédimentation évaporitique continentale, actuelle, en zone aride Nord-saharienne (Algérie): comparaison avec le Quaternaire*. IX Congrès International de Sédimentología, theme 2, pp. 29-38, Nice-1975 (1975).

DZENS-LITOVSKII, A. I., y VASIL'YEV, G. V.: *Geologic conditions of formation of bottom sediments in Karabogaz-Gol in connection with fluctuations of the Caspian sea level*. Izvestiya Acad. Sci. URSS, Geol. Ser. 3, 79-86. In: *Marine Evaporites* (ed. Kirkland, D. W. y Evans, R.), pp. 9-16, Dowden, Hutchinson, Ross, Inc. Stroudsburg, Pennsylvania, 1973 (1962).

ERNST, W.: *Geochemical facies analysis. Methods in Geochemistry and Geophysics*. Elsevier, 152 pp. (1970).

EUGSTER, H. P., y HARDIE, L. A.: *Saline lakes*. In: *Physics and chemistry of lakes* (ed. A. Lerman), cap. 8, 237-293 (1978). Springer Verlag, Berlin.

GARCÍA DEL CURA, A.; ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, F., y MINGARRO, F.: *Sodic salts ( $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$ ) in the Tagus Basin (Spain)*. X Congreso Internacional de Sédimentología, Israel. v-1, A-L. Abstracts, pp. 166-168 (1978).

GOLDSCHMIDT, V. M.: *Geochemistry*. Oxford, Clarendon Press, 730 pp. (1954).

HARDIE, L. A.: *The origin of the recent non-marine evaporite deposit of Saline Valley, Inyo Country, California*. Geochim. Cosmochim. Acta, 32, pp. 1279-1301 (1968).

HARDIE, L. A.; SMOOT, J. P., y EUGSTER, H. P.: *Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach*. Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 2, 7-41 (1978).

HERRMANN, A. G.: *Zur geochemie des strontiums in den salinaren Zechsteinablagerungen der Stassfurt-serie des Südharzbezirk*. Chemie der Erde, 21, pp. 137-191 (1961).

HOLSER, W. T.: *Bromide geochemistry of salt rocks*. II Symposium on Salt, v-2, pp. 248-275 (1966). Northern Ohio Geol. Soc. Inc.

HOLSER, W. T.: *Diagenetic polyhalite in recent salt from Baja California*. Amer. Mineralogist, 51, pp. 99-109 (1966).

HOLLIDAY, D. W.: *Secondary gypsum in Middle Carboniferous rocks of Spitsbergen*. Geol. Magazine, 104, p. 171 (1967).

HUNT, Ch. B.; ROBINSON, T. W.; BOWLES, W. A., y WASHBURN, A. L.: *Hydrologic basin Death Valley, California*. Geol. Survey Prof. Paper 494-B. Washington, USA, 138 pp. (1966).

I. G. M. E.: *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000. Hoja núm. 606. Chinchón. Madrid, 1975. Hoja núm. 631. Ocaña. Madrid, 1975.

JONES, B. J.: *The hydrology and mineralogy of Deep Spring Lake, Inyo Country, California*. Geol. Survey Prof. Paper 502-A. Washington, USA, 56 pp. (1965).

JUNG, W., y KNITZSCHKE, G.: *Kombiniert feinstratigraphisch geochemische untersuchungen der Anhydrite des Zechstein 1 in SE-Harzvorland*. Geologie, 9, pp. 58-72 (1960).

KERR, S. D., y THOMPSON, A.: *Origin of nodular and bedded anhydrite in Permian shelf sediments, Texas and N. Mexico*. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 42, pp. 1726-1732 (1963).

KRETZ, R.: *Lithium. Element and geochemistry*. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences, t. IV-A, pp. 661-662. Rhodes & Fairbridge ed. Van Nostrand Reinhold Co. (1972).

KÜHN, R.: *Geochemistry of the German potash deposits*. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 88, pp. 427-504 (1968).

LIVINGSTONE, D. A.: *Chemical composition of rivers and lakes*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 440-G, pp. 1-64 (1963).

MAGLIONE, G.: *Géochimie des évaporites et silicates néoformés en milieu continental confiné*. Thèse Univ. Paris, VI, 331 pp. (1974).

MÜLLER, G.: *Zur geochemie des strontiums in ozeanen evaporiten unter besonderer berücksichtigung der sedimentären coelestinelagerstätte von Hemmelte-West (Sud-Oldenburg)*. Geologie II, 35, 1. In: Wedepol, K. H. (ed.), *Handbook of Geochemistry*. Springer Verlag, 1968 (1962).

ORDÓÑEZ, S.; LÓPEZ AGUAYO, F., y GARCÍA DEL CURA, A.: *Contribución al conocimiento de la mineralogía del yacimiento de sales de Villarrubia de Santiago (Toledo)*. Estudios Geológicos, 33, pp. 167-171 (1977).

ORTÍ CABO, F.: *Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y a su origen*. Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, v-32, pp. 87-152 (1977).

ORTÍ CABO, F., y BAYÓ, A.: *Características litoestratigráficas del Triásico medio y superior en el Baix Ebre (Tarragona, España)*. Cuadernos de Geología Ibérica, 4, pp. 223-238, Madrid (1977).

ORTÍ CABO, F., y PUEYO, J. J.: *Asociación halita bandeda-anhidrita nodular del yacimiento de Remolinos, Zaragoza (sector central de la Cuenca del Ebro)*. Nota petrogenética. Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, v-32, pp. 161-202 (1977).

PÉREZ REGODÓN, J.: *Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid*. Mem. Inst. Geol. y Minero de España, núm. 76, 183 pp. (1970).

PUEYO MUR, J. J.: *Distribución del estroncio en los yacimientos potásicos catalanes*. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, v-XXX, pp. 5-10 (1975).

PUEYO MUR, J. J.: *Estudio petrográfico y geoquímico de los yacimientos potásicos de Cardona, Suriá, Sallent y Balsareny (Barcelona, España)*. Resumen tesis doctoral. Secretaría de Publicaciones Univ. Barcelona, 19 pp. (1976).

PUEYO MUR, J. J.: *El bromo y el rubidio como indicadores genéticos de las evaporitas de la cuenca potásica catalana*. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, v-XXXII, pp. 77-86 (1977).

RANKAMA, K., y SAHAMA, Th. G.: *Geoquímica*. Ed. Aguilar (2.ª ed.), 862 pp. (1962).

RATNER, R., y LUDMER, Z.: *Separation of lithium by ion-exchange chromatography*. Israel J. Chem., 2, 21-24. In: Wedepol, K. H. (ed.), *Handbook of Geochemistry*, 1978, Springer Verlag (1964).

REEVES, Jr., C. C.: *Economic significance of playa lake deposits*. Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 2, pp. 279-290 (1978).

RIBA, O.: *Livret-guide de l'excursion aux terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid*. INQUA, V Congr. Internac. (1957).

SAN MIGUEL, A., y MONTOTO, M.: *Mineralogia y petrogenesis de los yacimientos salinos de Villarrubia de Santiago (Toledo)*. I Congreso Hispano Luso Americano de Geología Económica, t. 1, sec. 4, pp. 315-316 (1971).

SCHALLER, W. T., y HENDERSON, E. P.: *Mineralogy of drill cores from the potash field of New Mexico and Texas*. US Geol. Survey Bull., 833, p. 124. (1932).

SCHWERDTNER, W. M., y WARDLAW, N. C.: *Geochemistry of bromine in some salt rocks of the Prairie Evaporite Formation of Saskatchewan*. Symposium on Salt. Cleveland, Ohio, pp. 240-246 (1963).

SHEARMAN, D. J.: *Recent halite rock, Baja California, Mexico*. Inst. Mining Metall. Trans., secc. B 79, pp. 155-162 (1970).

SHEARMAN, D. J., y FULLER, J. G. (1969): *Anhydrite diagenesis, calcitization and organic laminites, Winnipegosite Formation, Middle Devonian, Saskatchewan*. Bull. of Canadian Petroleum Geology, 17, 4, pp. 496-525 (1969).

SMITH, G. I., y HAINES, D. V.: *Character and distribution of non clastic minerals in the Searles lake evaporite deposit, California*. Geol. Survey Bull. 1181-P. Washington (1964).

STEWART, F. H.: *Petrology of the evaporites of the Eksdale No. 2 boring, east Yorkshire, part. 1*. Miner. Magazine, 28, pp. 621-675 (1949).

STEWART, F. H.: *Marine evaporites (Data of Geochemistry)*. US. Geol. Survey Professional Paper 440-Y, 58 pp., 33 tablas, 13 figs. (1963).

STRAKHOV, N. M.: *Principles of lithogenesis*, v. 3. Oliver & Boyd, Edinburgh, 577 pp. (1970).

VALDEBRO: *Sondeo núm. 35, Tielmes núm. 1. Columna litoológica núm. 1. Escala vertical 1:500*. Informe privado. Madrid (1965).

VALYASHKO, M. G.: *Geochemistry of bromine in the processes of salt deposition and the use of bromine as genetic and prospecting criterion*. Geochemistry, núm. 6, pp. 570-589 (1956).

VALYASHKO, M. G.: *Scientific works in the field of geochemistry and the genesis of salt deposits in the USSR*. Geologie of Saline Deposits, Proceedings of the Hanover Symposium, 15-21 May 1968, pp. 289-311. UNESCO, París (1972).

WHELAN, J. A.: *Great Salt Lake, Utah. Chemical and physical variations of the brine, 1966-1972*. Utah Geol. Mineral. Survey Water Resources Bull., 17, 24 pp. (1973).

ZAK, I.: *Sedimentology and bromine geochemistry of marine and continental evaporites in the Dead Sea Basin*. Symposium on Salt, v-1. Cleveland, Ohio, pp. 349-361 (1974).

Recibido: Junio 1978.

# Descubrimiento, por primera vez en España, de una monacita de facies aberrante portadora de Europio (★)

Por C. VAQUERO NAZABAL (\*\*)

## RESUMEN

En un proyecto de investigación minera del Instituto Geológico y Minero de España en el Noroeste de la Península Ibérica, se descubrió una monacita de facies aberrante que contiene un amplio cortejo de Tierras Raras, entre las que destaca, por su interés económico, el Europio. A partir de esa fecha los trabajos de investigación están encaminados a la localización de concentraciones de monacita económicamente explotables. Es la primera vez que se detecta este tipo de mineral en España.

Los trabajos de investigación fueron contratados con la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Sociedad Anónima (ENADIMSA), que los ejecutó bajo la dirección del IGME.

## ABSTRACT

While working at a mining exploration project of the Geological Survey of Spain, in N.W. of the Iberian Peninsula, an abnormal facies monazite containing a wide assemblage of Rare Earths was found, the presence of Europium being particularly important, given its economic potential. Following this finding the exploration has zeroed in on location of monazite sites where exploitation be feasible. This is the first time that the occurrence of this type of mineral is reported within Spain.

The research was carried out by ENADIMSA, under direction of IGME.

## 1. INTRODUCCION

Entre los trabajos programados en el Proyecto de Investigación Minera de las Sierras de Ancares y Caurel (León-Lugo), se realizó una prospección mineralométrica de los concentrados de batea procedentes del lecho vivo de los arroyos de la red de drenaje secundaria, en la que se descubrió la existencia de un tipo de monacita, hasta el momento desconocido en España.

El mineral, en forma de elipsoides aplastados (fotos núms. 1 y 2), tiene el aspecto de un esquisto muy rodado, pero con una densidad superior a la del yoduro de metileno ( $d = 3,32$ ). En todas las muestras en que apareció se concentraba, con preferencia, en la fracción paramagnética atraible a 0,8 A en el separador electromagnético

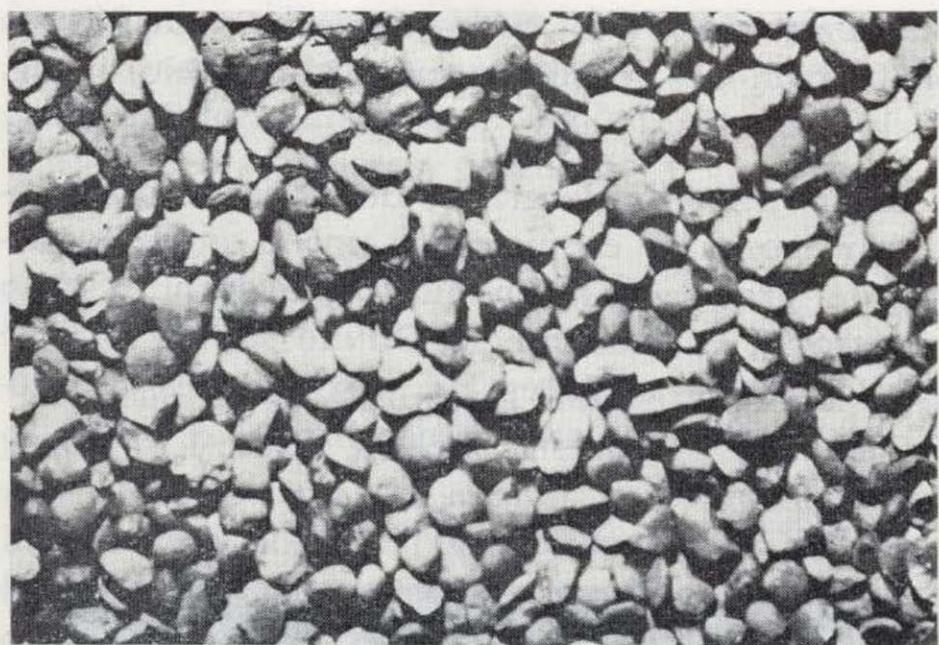


Foto núm. 1.—Monacita nodular del NW. ( $\times 12$ ).

(\*) Investigación realizada dentro del Proyecto de Investigación Minera en las sierras de Ancares y Caurel, dirigido por el Ingeniero del IGME J. F. González Fernández.

(\*\*) Dr. Ingeniero de Minas, Jefe del Servicio de Mineralogía de ENADIMSA.

Frantz-Isodynamic, por lo que se pudo extraer, de la citada fracción de varias muestras, una cantidad suficiente de mineral que, analizada mediante difracción de rayos X, proporcionó monacita, fundamentalmente, así como trazas de cuarzo, mica,

Foto núm. 2.—Monacita nodular del NW. ( $\times 12$ ).

clorita y cloritoide. Una monacita de facies aberrante, totalmente distinta de la monacita endógena (foto núm. 3), que fue, igualmente, descubierta en las pizarras ordovícicas de la denominada formación Agüeira, existentes en el área del Proyecto.

Con anterioridad, años atrás, durante un proyecto de investigación del Batolito de los Pedroches,

Foto núm. 3.—Monacita endógena de Los Pedroches ( $\times 12$ ).

realizado por ENADIMSA, el autor encontró, en algunos concentrados de batea, nódulos que, en aquel entonces, no pudo identificar y que ahora, mediante difracción de rayos X, ha podido comprobar que están constituidos por monacita, de

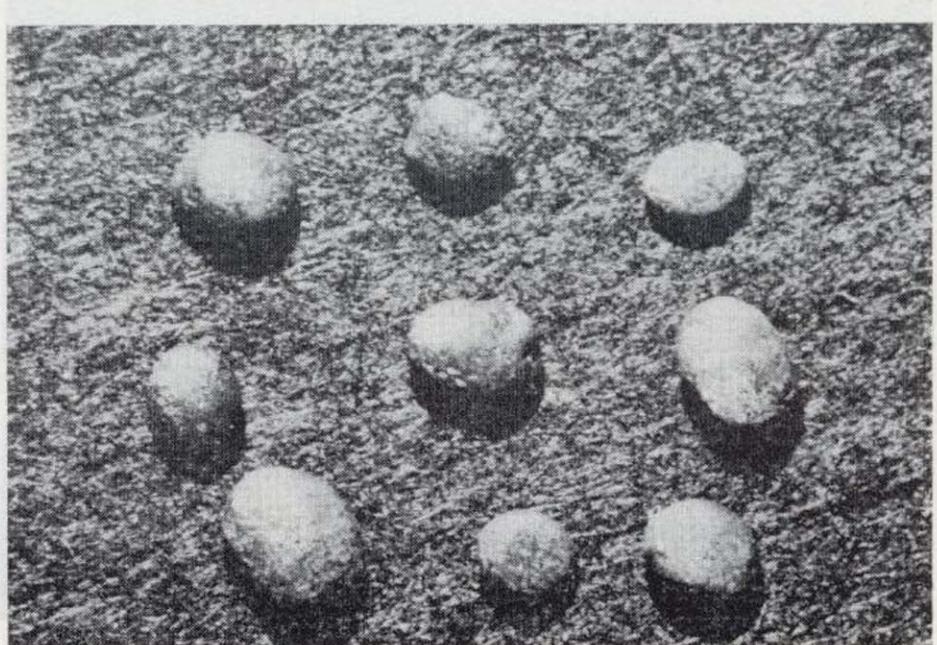
análogas características a las anteriores (foto número 4).

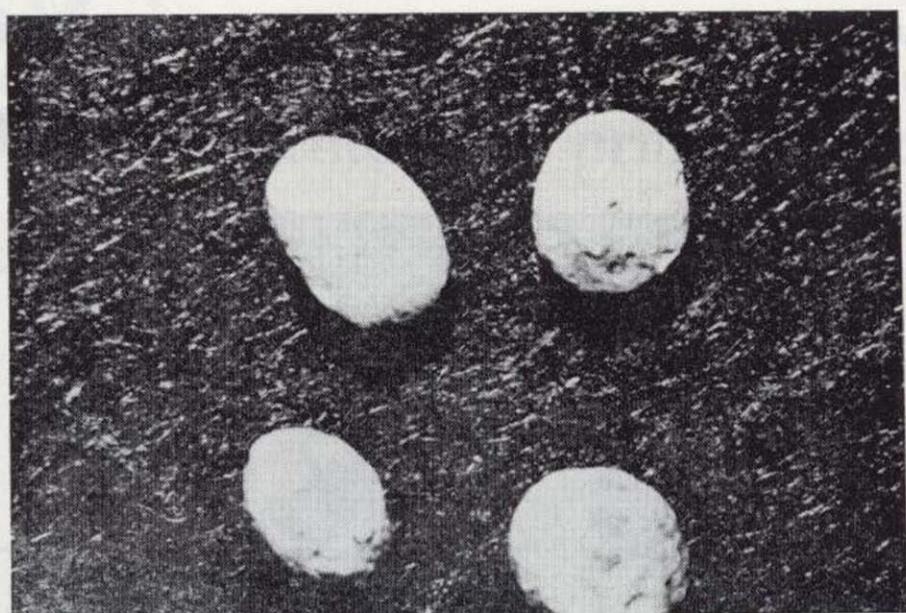
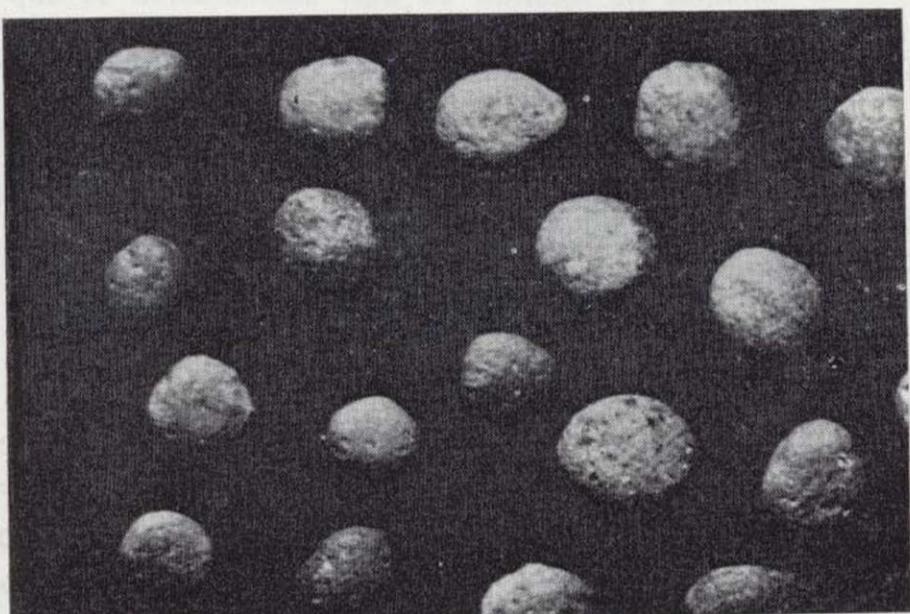
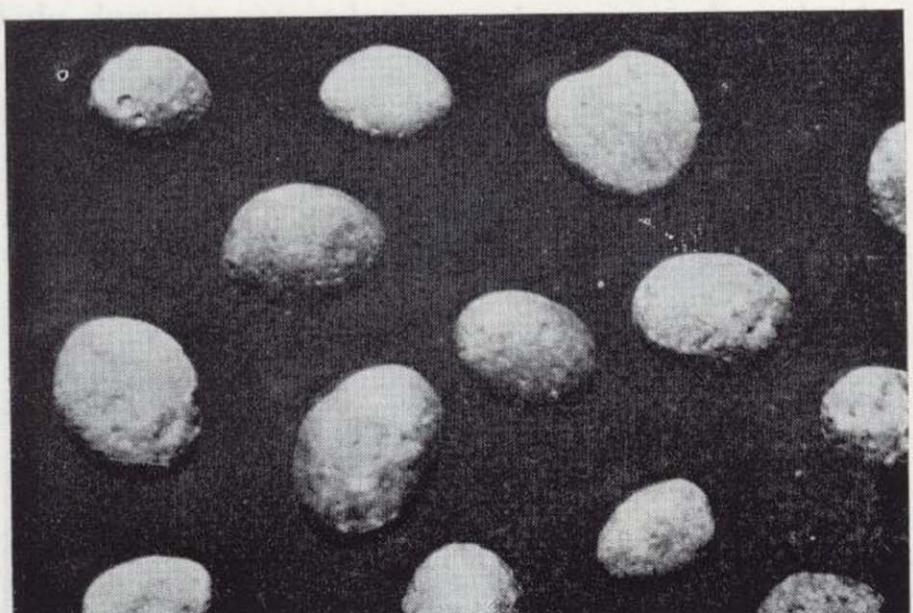
Foto núm. 4.—Monacita nodular del Batolito de Los Pedroches ( $\times 35$ ).

## 2. ESTUDIO DE LOS NODULOS

### 2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

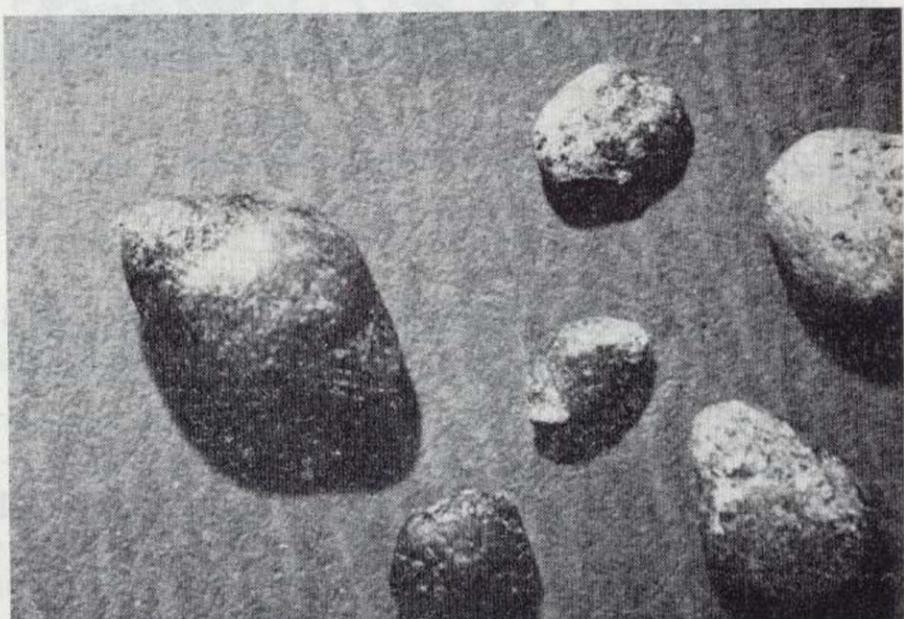
La monacita de facies aberrante tiene forma de elipsoide aplastado, semejante a una lenteja, y una coloración variable que va del gris oscuro (foto núm. 5), al gris claro (foto núm. 6), pasando por tonalidades rojizas (foto núm. 7) y amarillentas (foto núm. 8). Según se verá en el estudio petrográfico de los nódulos, la mayor o menor intensidad del tono gris está en función del conte-

Foto núm. 5.—Monacita nodular de color gris oscuro ( $\times 20$ ).

Foto núm. 6.—Monacita nodular de color gris claro ( $\times 25$ ).Foto núm. 7.—Monacita nodular de coloración rojiza ( $\times 24$ ).Foto núm. 8.—Monacita nodular de coloración amarillenta ( $\times 25$ ).

nido en grafito, y los tonos rojizos y amarillentos en función del contenido en óxidos e hidróxidos de hierro.

Se han encontrado granos de monacita que conservan trozos de esquistos en uno o en ambos lados del grano, confiriéndole forma de huso (foto número 9). Esto es indicio, DONNOT et al, 1973, de que los granos están en las proximidades de afloрамientos de esquistos mineralizados.

Foto núm. 9.—Monacita nodular con colas de esquistos ( $\times 12$ ).

La superficie de los granos de monacita suele estar piqueteada y presenta un brillo mate en todas las variedades encontradas.

La densidad de los nódulos, libres de esquistos, es de 4,648. Su radiactividad es muy débil en relación con la de la monacita endógena (se ha comparado la monacita endógena de Los Pedroches con la monacita nodular, mediante escintilómetro).

La susceptibilidad magnética es de unos  $20 \cdot 10^{-6}$  C. G. S. E. M., separándose en el Frantz Isodynamic entre 0,6 y 0,8 A, estando colocado el aparato con 15° de pendiente longitudinal y 15° de inclinación lateral.

La granulometría de los nódulos encontrados tiene por límites 0,125 y 4,5 mm., concentrándose la mayor parte del mineral en la fracción granulométrica comprendida entre 0,5 y 1 mm.

Los minerales pesados que acompañan a esta monacita, en los concentrados de batea, son, funda-

mentalmente: limonita, hematites, casiterita, oro, rutilo, anatasa, circón, andalucita, monacita endógena, ilmenita, distena, turmalina, estaurolita, piritita, topacio, granates, magnetita y clorita.

## 2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS.

El primer análisis de esta monacita nodular, realizado en Francia, queda reflejado en la tabla número 1. A la vista del mismo, se comprueba que la monacita nodular contiene la mayor parte de las Tierras Raras conocidas, y que se diferencia de la endógena, fundamentalmente, por la presencia de Europio (0,12 por 100).

Todo ello nos ha hecho relacionar esta monacita con la descubierta en la U. R. S. S. (Siberia), Francia (Bretaña), Gabón, Marruecos, Congo y Madagascar (DONNOT et al, 1973). A estos países hay que agregar Canadá y EE. UU., según comunicación oral de P. DEVISMES.

Hasta el momento los únicos yacimientos económicos de monacita con Europio son los placeres (DONNOT et al, 1973). Exceptuando la bastnasita, de la cual es subproducto; este tipo de monacita constituye la única mena conocida de Europio.

TABLA N.º 1

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	28,85
SiO <sub>2</sub> ...	13,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	1,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	4,70
Cerio metal ...	20,00
Lantano metal ...	9,00
Gadolinio metal ...	1,80
Samario metal ...	1,40
Neodimio metal ...	1,00
Praseodimio metal ...	0,90
Ytrio metal ...	0,37
Europio metal ...	0,12
Escandio metal ...	0,20
Thorio metal ...	0,28
Diprosio metal ...	0,60
Erbio metal ...	0,04
Yterbio metal ...	0,01
Terbio metal ...	0,05

rilenta (foto n.º 8) y una mezcla de las cuatro anteriores (foto n.º 10), que fueron analizadas en la División de Química y Medio Ambiente de la J. E. N. de Madrid, utilizando la técnica de activación neutrónica, y cuyos resultados, en porcentajes, están expresados en la tabla n.º 2, apreciándose cómo el contenido en Europio metal fluctúa entre el 0,23 y el 0,41 por 100, según los tipos.

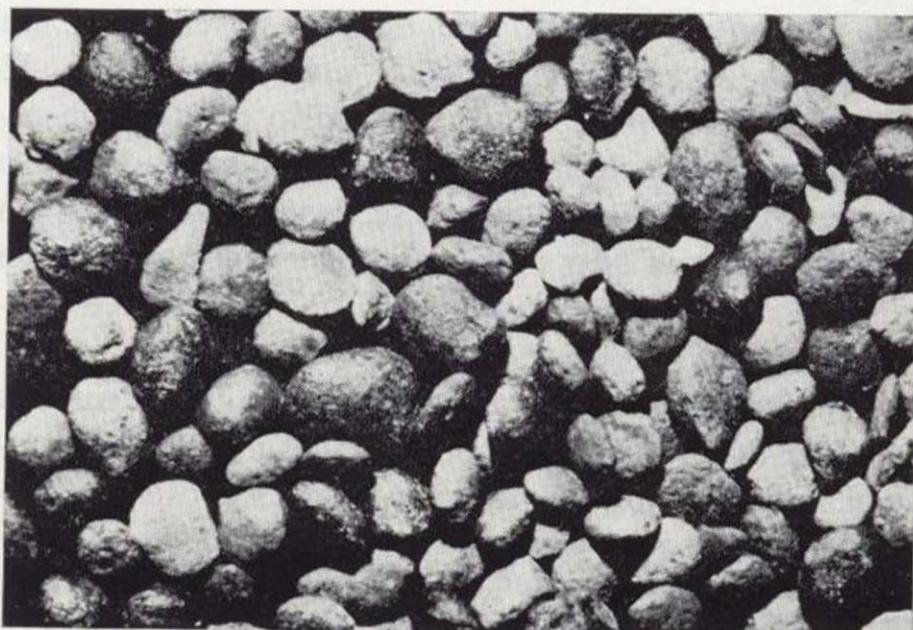


Foto n.º 10.—Monacita nodular de coloración diversa (x 25).

TABLA N.º 2

	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5
Europio metal	0,23 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,26 ± 0,01
Lantano metal	9,25 ± 0,26	4,35 ± 0,17	8,19 ± 0,19	8,94 ± 0,21	7,83 ± 0,19
Cerio metal	14,77 ± 1,20	9,73 ± 1,15	13,08 ± 1,39	15,59 ± 1,97	12,61 ± 0,84
Samario metal	1,60 ± 0,08	3,35 ± 0,11	1,75 ± 0,09	1,87 ± 0,06	1,75 ± 0,06
Praseodimio metal	1,96 ± 0,08	1,85 ± 0,10	2,05 ± 0,20	2,06 ± 0,04	1,85 ± 0,10
Terbio metal	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Thorio metal	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,02

n.º 1: Monacita gris oscura

n.º 2: Monacita gris clara

n.º 3: Monacita rojiza

n.º 4: Monacita amarillenta

n.º 5: Monacita mezcla de las 4 anteriores

Posteriormente, se separaron los siguientes tipos de monacita nodular: gris oscura (foto n.º 5), gris clara (foto n.º 6), rojiza (foto n.º 7), ama-

### 2.3. ESTUDIO MICROSCÓPICO DE LOS NÓDULOS ALUVIALES (\*)

«El estudio petrográfico es el resultado de las observaciones realizadas en una serie de láminas transparentes, confeccionadas a partir de nódulos seleccionados de monacita aluvial. Estas nódulosidades representan cuerpos ovoides de tamaños irregulares, algunos bastante gruesos, que alcanzan valores de hasta 3 mm. en su eje mayor.

La estructura fibroso-radial o esferulítica (foto número 11) propia de la cristalización a partir de un gel, es bien visible. Consiste en un cristal central bastante reducido, de bordes indentados, en el que se incrusta el restante contexto radial. Algunos nódulos presentan un amplio cristal con estrecha corona policristalina, también radiada (foto número 12), que no siempre se desarrolla de forma continua; otros son monocristalinos con extinción total u ondulante suave; finalmente, en determinados casos, revelan un carácter sectorial netamente cruciforme. Estas variaciones estructurales parecen fases sucesivas de evolución que van desde el agregado policristalino radial-esferulítico, hasta constituirse en un monocristal.

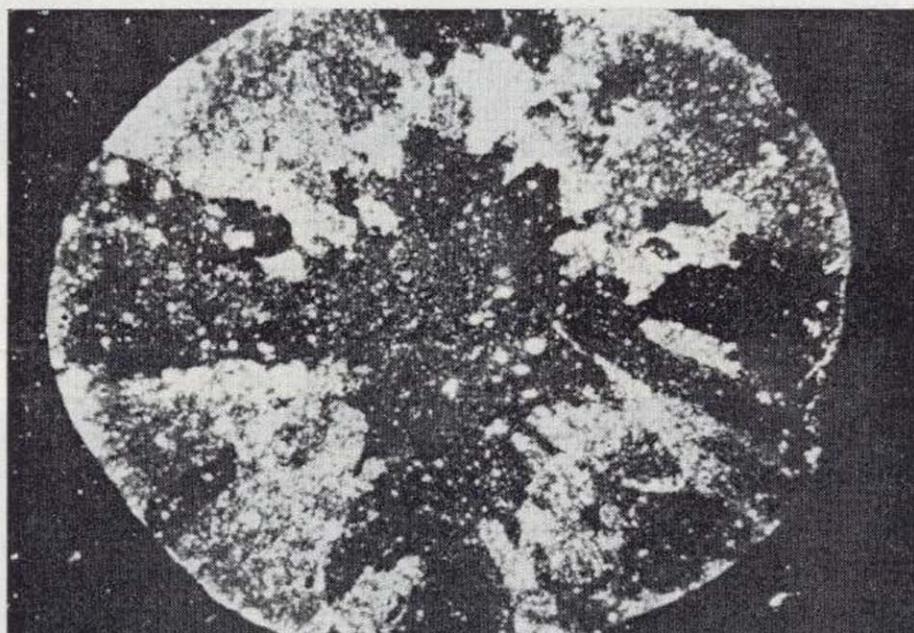


Foto núm. 11.—Nódulo de monacita aluvial con textura radial (cruciforme). Corona periférica oxidada ( $\times 40$ ); N<sup>+</sup>.

Una característica común a todos estos nódulos es el alto contenido en impurezas, a modo de inclusiones, cuya paragénesis estaría compuesta por:

(\*) Este epígrafe ha sido realizado por Aurora Argüelles y Teresa Nodal, del Dpto. de Petrografía de ENADIMSA.

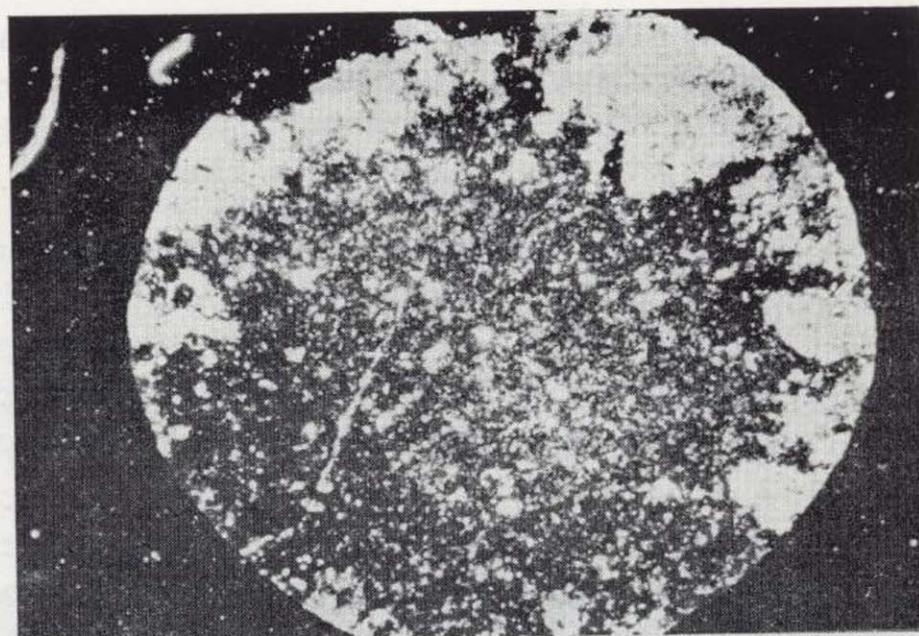


Foto núm. 12.—Nódulo aluvial de monacita. Carácter radial más evolucionado. Gran monocrystal central y corona marginal policristalina discontinua ( $\times 39$ ); N<sup>+</sup>.

grafito y clorita como esenciales, cuarzo, rutilo y mineral de hierro frecuentes y circón y cloritoide raros.

El grafito se encuentra en masas pulverulentas. El cuarzo, clorita y mineral de hierro se observan en diminutos cristales claramente individualizados, cuyas dimensiones medias oscilan entre 35 y 70  $\mu$ , alcanzando excepcionalmente 140  $\mu$  (clorita sobre todo). El rutilo se presenta en secciones microaciculares dispuestas al azar, diseminado de forma independiente en la monacita o liberalizado en la clorita.

Los diversos minerales mayores, sobre todo grafita, clorita, rutilo y mineral de hierro, aparecen indistintamente como dominantes. Esta variación composicional explica las distintas coloraciones, grises, amarillentas, rojizas, etc.

Las diferentes tonalidades grises, se atribuyen a la mayor o menor abundancia de pulverizaciones grafíticas. Los tonos pardos, rojizos y amarillentos son consecuencia de distintos estados de oxidación de las inclusiones de mineral de hierro o presencia abundante de rutilo.

También es bastante frecuente la presencia de zonación, relacionada con la distribución irregular de las inclusiones; por ejemplo, anillos periféricos más ennegrecidos que los núcleos, o viceversa, producidos por diferencia en el contenido de material grafítico. Además, produce o acentúa este mismo efecto el estado de oxidación del borde periférico, casi ausente en el núcleo.

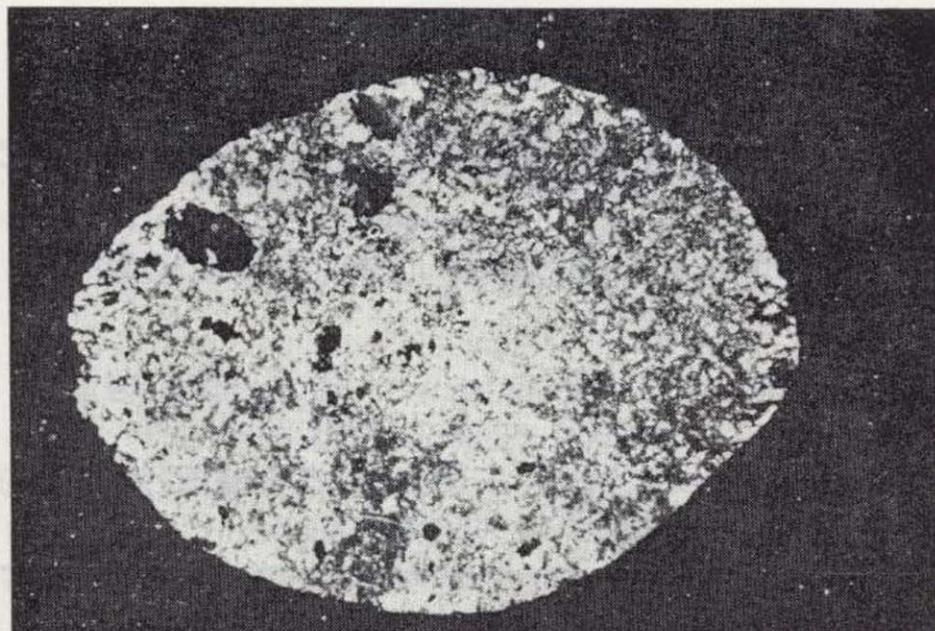


Foto núm. 13.—Nódulo aluvial con adherencias micáceo-cuarzosas proporcionándole forma de huso ( $\times 40$ ); N+.

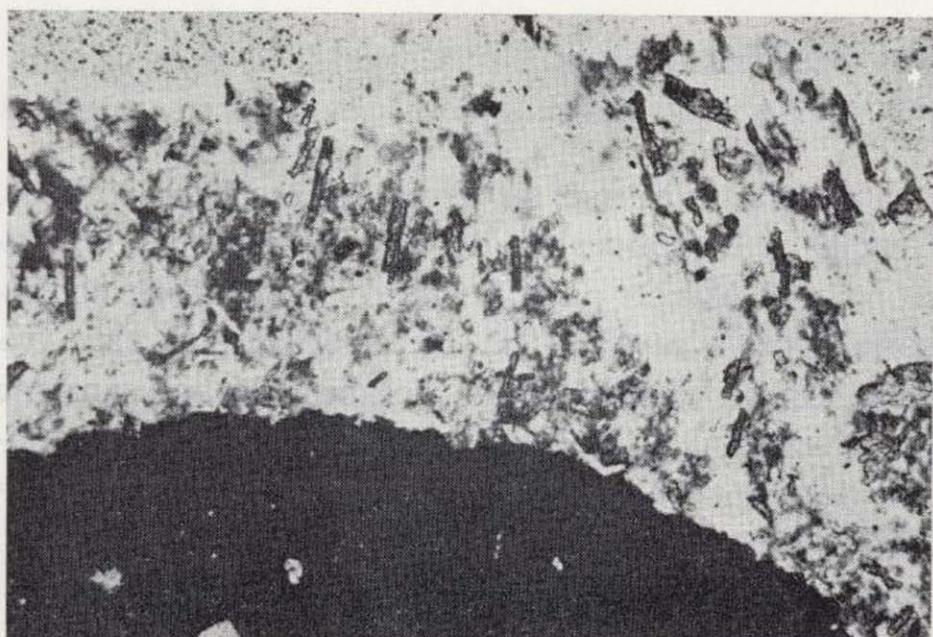


Foto núm. 14.—Adherencia rocosa en el borde de un nódulo aluvial formada por clorita, rutilo microacicular y pequeños prismas de cloritoide con disposición arbitraria ( $\times 100$ ); N//.

La distribución de las inclusiones es, con frecuencia, arbitraria, aunque en ocasiones, sobre todo las cloríticas, se dispongan siguiendo una orientación preferente.

En los recrecimientos de ganga adheridos, fundamentalmente de composición micácea, se ha advertido, en algún caso, cloritoide constituyendo pequeñas secciones prismáticas orientadas al azar (fotos núms. 13 y 14) y englobados en masas de clorita.»

#### AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Geológico y Minero de España, por permitir la publicación de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

DONNOT et al.: *Un nouveau type de gisement d'Europium: La monazite gris à europium en nodules dans les schistes paléozoïques de Bretagne*. Mineralium Deposita, vol. 8, núm. 1, marzo (1973).

VAQUERO, C.: *Prospección y estudio mineralométrico de yacimientos detríticos. Aplicación del método en el Batolito de Los Pedroches*. Ediciones ENADIMSA, serie 5, núm. 6, marzo, 215 pp. (1977).

VAQUERO, C.: *Aplicaciones prácticas de la Mineralometría en la detección de yacimientos primarios y secundarios*. Primer Curso Roso de Luna, Madrid, 1977 (1978).

VAQUERO, C.: *Prospección de yacimientos aluviales, eluviales y primarios mediante el uso de la batea*. Publicación ENADIMSA de difusión interna (1978).

Recibido: Octubre 1978.

## GEOMATEMATICA

# Paleontología e Informática: Nota sobre un banco de datos de ammonites del Jurásico de las Cordilleras Béticas (Andalucía)

Por L. SEQUEIROS (\*)

## RESUMEN

Se presenta un banco de datos y su ulterior aplicación estadística relativo a paleontología, en especial a ammonites procedentes del Jurásico (Calloviano y Oxfordiano) de la Zona Subbética.

## ABSTRACT

A data bank and statistics processing applied to paleontology, specially ammonites from the Subbetic Zone Jurassic (Callovian and Oxfordian) is presented.

## INTRODUCCION

La irrupción de las ciencias de la información en todas las ramas del conocimiento humano ha supuesto un importante paso en el proceso de organización y análisis de los datos científicos. La utilización de bancos de datos en las Ciencias Geológicas, y en la Paleontología en especial, simplificará enormemente el almacenaje de la información, así como su posterior estudio; prueba de ello es la creación a nivel internacional del Comité de Almacenamiento de Datos Geológicos (COGEODATA) y la abundante bibliografía publicada en estos años, una selección de la cual presentamos al final de esta nota.

El Grupo de Estudios del Jurásico de la Sección de Ciencias Geológicas de la Universidad de Granada viene trabajando desde hace más de diez años en un mayor conocimiento de la paleobiogeografía y paleobiología de las Cordilleras Béticas. La ingente densidad de información acumulada venía exigiendo un tratamiento mecanizado de datos. Como programa piloto se eligió el estudio de la Paleobiogeografía durante el Calloviano y Oxfordiano en el Sector Central de la Zona Subbética.

(\*) Dep. de Paleontología, Universidad de Zaragoza, España.

tica mediante el uso de Ordenadores Electrónicos. Gracias a la concesión de una Beca de la Fundación Juan March para Estudios Científicos en España (Convocatoria 1975) se pudo iniciar este trabajo. En su desarrollo ha colaborado activamente el personal del Centro de Cálculo de la Universidad de Granada, a quien agradecemos sinceramente su ayuda.

## INFORMACION ALMACENADA

El banco de datos que se va a describir almacena la información científica correspondiente a mi tesis doctoral (SEQUEIROS, 1974) que utiliza el operador «ammonites» como base sustancial. El trabajo estudia los materiales y la fauna de edad Calloviano y Oxfordiano en un amplio sector de 14.000 Km<sup>2</sup> que incluye las provincias de Sevilla, Málaga, Córdoba, Granada, Jaén y Murcia. Se realizaron 150 perfiles estratigráficos, se recogieron unas 10.000 muestras y se identificaron unos 4.000 ammonites, pertenecientes a 5 superfamilias, 10 familias, 14 subfamilias, 51 géneros y 138 especies diferentes. La enorme diversidad de información se prestaba de modo admirable a la realización del programa-piloto.

## NOTA SOBRE UN BANCO DE DATOS DE AMMONITAS

Desde el punto de vista técnico se ha podido disponer de todo el equipo del Centro de Cálculo del Ministerio de Educación y Ciencia utilizado desde su terminal de Granada y accesible, por medio de las demás terminales, a todas las universidades del país. El equipo científico fundamental ha sido:

— El ordenador central (UNIVAC-1108) localizado en el Centro de Cálculo y Proceso de Datos del Ministerio de Educación y Ciencia, que utiliza un sistema operativo EXCEC-8, con un compilador de lenguaje FORTRAN-V.

— Un terminal UNIVAC DCT-2000, ubicado en la Universidad de Granada, conectado al Ordenador Central por línea telefónica especial de transmisión de datos.

## SISTEMA DE CODIFICACION DE DATOS

El primer problema con que se enfrentaba este trabajo estribaba en la posibilidad de confeccionar

un documento-base unitario y homologable que expresase en sólo 80 columnas el máximo de información posible. Desde el primer momento se utilizó el operador «ammonites» como primario, aglutinando en torno a él una serie de datos estratigráficos, geográficos, ecológicos y biométricos fundamentales. De acuerdo con esta opción inicial era necesario organizar, elegir, sistematizar y codificar aquellos rasgos más significativos distribuidos en «familias» de datos, agrupadas en un número de cinco:

- a) datos de identificación geográfica
- b) datos de identificación paleogeográfica
- c) datos de identificación cronoestratigráfica
- d) datos de identificación taxonómica
- e) datos biométricos.

El documento-base utilizado (fig. 1) ha demostrado su suficiencia. La mayor parte de los campos precisan de una clave, que ha sido también procesada y utilizada en la lectura y de codificación de la información.

BANCO DE DATOS DE PALEONTOLOGIA (Proyecto Sequeiros 1975)	
I. IDENTIF.GEOGRAF.: 1.Colección	Sequeiros 2.Localidad Cárdenas 3.nºserie 4.nºestrato. 5.nºmuestra. 6.País España 7.Provincia Cárdenas 8.Unidad Paleogeográfica Estación 9.Prov.Faunística B.E 2.M 2.7
	K.C.Ø.Ø.4
II. IDENTIF.PALEOGEOL.: 10.Biofacies	11.Litofacies
III. IDENTIF.CRONOESTRAT.: 12.Sistema	13.Serie 14.Piso
15.Subpiso	16.Cronozona 17.Tipo de zona 18.Subzona 19.Horizonte
20.Agrup.mayor	21.Superf.º Fan. Phyloc. 22.Agrup.Menor
23.Género	24.Subgénero
25.Especie	26.Subespecie
27.Autor	28.Apreciación
29.Dimorfismo	30.Estatuto
V. MEDIDAS:	31.Estatuto ontog.
Diámetro	Ombigo
1 2 3	8 4
56 59 60	61 62 63
Altura	Grosor int.
5 Ø	3 2
64 65 66	61 68 69
Grosor ext.	3 Ø
30 31 32	30 31 32
VI. ORNAMENTACION:	37.Tipo de ornam.
38 y 39. Ornamentación interna y externa	40. Ficha repetida
B	33 34 35 36 37 38 39

Figura 1.—Modelo de Documento-base utilizado y completado. La información se encuentra codificada.

	RELACION ENTRE SUPERFAMILIA Y LAS SUCIENTES C. BIOZONAS										PAGINA 1									
	PATINA	SUBSTE.	CORONA.	CAYEUXI	ANTECED.	RIAZI	BIFURC.	BIMAR.	TRANSV.	TOTALES										
HAPLOCERATACEAE	5	2	7	7	0	0	1	0	0	9	4	11	5	20	3.2	5	2	66	2.9	
	6.0	2.1	6.0	2.9	0	0	6.7	4	0	2.7	5	1.4	6	4.6	1.5	5.6	3	8.1		
HAPLOCERATACEAT	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0.1
	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
LYTOCRERATACEA	3	4.1	8	7	0	0	3	1	1	0	4	2	12	5	7	3	0	0	38	1.6
	3.6	2	6.8	4	0	0	20.0	2	1.3	1	1.2	2	1.6	6	1.2	4	0	0	2.0	0
MACROCEPHALITIDAE	3	4.1	2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.2
	3.6	2	1.7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
COPELIIDAE	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0.2
	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
PACHYCEPHALITIDAE	0	LC	0	0	2	0.1	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0.5
	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
PELTOCEPHALITIDAE	1	LC	0	0	0	0	0	0	26	1.1	132	8.7	231	10.0	19	2.5	46	2.0	632	27.4
	1.2	4.1	0	0	0	0	0	0	32.5	1.4	40.1	4.9	30.2	12.0	32.2	10.2	51.1	2.4	32.9	0
PERISPINOTITIDAE	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	0	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
PERISPINOTITIDAE	40	1.1	23	1.0	0	0	5	0.2	22	1.0	83	3.6	169	7.3	93	4.3	30	1.3	471	20.4
	47.6	2.1	16.7	1.2	0	0	0	0	33.3	0.3	27.5	1.1	75.2	4.3	22.1	0.8	16.3	5.1	37.3	1.6
PHILOCERATACEAE	2	4.1	0	0.3	0	0	2	0.1	0	0.2	14	0.6	10	0.4	5	0.2	3	0.1	47	2.0
	2.4	6.1	6.0	0.4	0	0	13.3	0.1	5.0	0.2	0.3	0.7	1.3	0.5	0.8	0.3	3.3	0.2	2.0	0

Figura 2.—Ejemplo de información estadística. Relación cuali-cuantitativa de familias y superfamilias distribuidas por biozonas, adjuntando valores absolutos y relativos.

Será necesario consignar también que se ha diseñado un programa de corrección de errores, mediante el cual el ordenador detecta, denuncia y presenta todo tipo de incoherencias introducidas en el fichero.

#### RECUPERACION DE DATOS

La información científica codificada y perforada ha sido almacenada en cinta magnética para facilitar su utilización. Se prescinde en esta nota de describir pormenorizadamente los diversos programas de recuperación, análisis y agrupamiento de información. Se han codificado varios programas que desglosan los ficheros multidimensionales de acuerdo con variables definidas: orden alfabético de especies, ordenación cronoestratigráfica, tabulaciones de distintos porcentajes... (fig. 2).

Mediante el banco de datos, cualquier geólogo puede obtener, a través del Centro de Cálculo del Ministerio de Educación y Ciencia y sus terminales provinciales, toda la información relativa a esta fauna: especies de ammonites, localización bioes-

tratigráfica, porcentaje, medidas de la concha, yacimientos fosilíferos, localidades, bioestratigrafía...

Además, la manipulación de estos datos, a través de los programas confeccionados o de otros nuevos, permite correlaciones y conclusiones paleoecológicas o paleobiogeográficas.

Este programa, además, pretende ser un primer avance de un posible banco de datos a nivel general, tal como se ha propuesto en Francia, que contenga toda la información existente sobre la Paleontología española.

#### FUENTES DE INFORMACION

SEQUEIROS, L.: «Paleobiogeografía del Calloviano y Oxfordiano en el Sector Central de la Zona Subbética». *Tesis Doct. Univ. de Granada*, núm. 65, 2 vols., 275 y 360 pp., 32 láms. (1974).

SEQUEIROS, L.: «Estudio de la Paleobiogeografía durante el Calloviano y Oxfordiano en el Sector Central de la Zona Subbética mediante el uso de Ordenadores electrónicos». *Beca Fundación Juan March*, memoria final (roneo tip.), 147 y 561 pp. (1977).

#### NOTA SOBRE UN BANCO DE DATOS DE AMMONITAS

#### IV - 383

#### BIBLIOGRAFIA

- BARNETT, R. S.: «An application of numerical taxonomy to the classification of the Nummulitidae (Foraminiferida)». *J. Paleontology*, vol. 48, núm. 6, pp. 1249-1263 (1974).
- BRANDLE, J. L.: «Nota sobre un banco de datos para rocas ígneas». *Bol. Geol. Min. España*, t. LXXXIX-III, pp. 255-257 (1978).
- DAVID, L.: «Méthodes d'inventaire des Collections Paléontologiques françaises sur cartes perforées». *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, núm. 9, pp. 25-49, 15 figs. (1965).
- DAVID, L.: «Dynamique des populations, méthodes quantitatives, application à la systématique et à l'évolution. Le Jurassique (1974)». *Bull. Soc. Géol. France*, tomo XVI (7), núm. 4 (Monográfico sobre la reunión anual de la Sociedad Geológica de Francia).
- HARBAUGH, J. W., y BONHAM-CARTER, G.: *Computer simulation in Geology*. John Wiley and Sons, New York (1970).
- JEKHOWSKY, B. DE; MONTAGUTELLI, J., y COMBAZ, A.: «Ordinateur et palynologie». *Revue I. F. P.*, vol. XIX, pp. 473-481, 4 figs. (1964).
- KAESLER, R. L.: «Numerical taxonomy in invertebrate paleontology». *Essays in Paleont. and Stratigr.*, Raymond C. Moore comm. volum., Dept. geol. spec. publ., Kansas, Lawrence, núm. 2, pp. 63-81 (1967).
- KELLER, J. P.: «Definition de Types de Thanatocénoses, es-sai de reconstruction de leurs déplacements (Littoral du Grau du Roi, Gard) à l'aide de traitements automati-ques». *Trav. Laborat. Paléont.*, Fac. Sc. Orsay, 79 pp. (1976).
- KOCH, G. S., y LINK, R. F.: *Statistical analysis of geological data*, vol. 2. John Wiley and Sons, New York, 438 pp. (1971).
- KRUMBEIN, W. C.: «Il calcolatore elettronico in Geologia». *Geol. Rom.*, tomo V, pp. 335-338, 3 láms, 1 fig. (1966).
- KRUMBEIN, W. C., y GRAYBILL, F. A.: *An Introduction to statistical models in Geology*. McGraw Hill, New York (1965).
- MATHERON, G.: *Cours de Geostatistique*. Les Cahiers de Centre de Morph. Math. de Fontainebleau (1969).
- MILLER, R. L., y KANH, J. S.: *Statistical Analysis in the Geological Sciences*. John Wiley and Sons, New York (1962).
- PARKS, J. M.: «Cluster Analysis applied to Multivariate Geological Problems». *Journ. Geol.*, vol. 74, núm. 5, parte 2, pp. 703-715 (1965).
- PENN, I. E.: «The production of faunal lists by automatic methods». *Paleont.*, Londres, vol. 18, part. 4, pp. 865-870 (1975).
- REYMENT, R. A.: «Application of multivariate morphometrics in Paleontology». *Paleont. Inst. Univ. Uppsala*, núm. 130, vol. 24, pp. 237-245 (1972).
- SNEATH, P. H. A., y SOKAL, R. R.: *Numerical Taxonomy*. W. H. Freeman and Co., San Francisco (1973).

Recibido: Mayo 1978.

## ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

# Características mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife)

Por L. GONZALEZ DE VALLEJO, (\*), S. LEGUEY JIMENEZ (\*\*) y J. A. MEDINA NUÑEZ (\*\*)

## RESUMEN

Se presentan los resultados de las investigaciones mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife), identificándose tres facies mineralógicas caracterizadas por haloisitas, montmorillonitas y micas y sanidinas, respectivamente. Dichas facies se relacionan con los procesos ambientales, sedimentológicos y geoquímicos operados en la cuenca, estableciendo un modelo de evolución mineralógica. En cada una de las facies se manifiesta un control granulométrico que modifica la distribución cuantitativa de las diferentes especies, así como el grado de cristalinidad de las mismas.

## ABSTRACT

The results of a research on the mineralogical composition of the volcanic soils of La Laguna (Tenerife) are presented, having been identified three mineralogical facies corresponding to halloysite, montmorillonite, and micas and sanidine. The mineralogical composition has been related with the environmental, sedimentological and geochemical processes being able to establish a model for the mineralogical evolution of the basin. The relationships between the granulometric distribution and the mineralogical composition has been also studied as an important factor in the investigation of the genetic mineral processes.

## I. INTRODUCCION

La influencia de la composición mineralógica sobre las propiedades geotécnicas de los suelos de origen volcánico (empleando el término de «suelo» en su sentido geotécnico y no edafológico), ha sido puesta de manifiesto, entre otros, por TERZAGHI (1958), NEWILL (1961), JIMÉNEZ SALAS (1963), WESLEY (1973), etc., quienes han explicado algunas de sus anómalas propiedades por causa de su composición mineralógica. Sin embargo, el estudio de dicha composición ha presentado grandes dificultades derivadas, entre otras razones por la pobre o ausente cristalinidad y el pequeño tamaño de sus partículas. Un ejemplo característico lo constituyen las arcillas volcánicas de la Ciudad de México, inicialmente atribuidas a montmorillonitas, posteriormente a illitas y actualmente a alofanas, GIRAULT (1964) y MARSAL (1975).

Dentro del marco de una investigación sobre

(\*) Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.  
(\*\*) Dpto. de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.

las propiedades geotécnicas de los suelos de La Laguna (Tenerife), se han realizado estudios mineralógicos con el objeto de precisar la causa de algunas anomalías presentes en sus propiedades. Dichos suelos están situados entre la ciudad de La Laguna y el Valle de Las Mercedes, formando un amplio depósito sedimentario de unos 7 km<sup>2</sup> cuya acumulación se produjo por el cierre del primitivo barranco, ocasionado por coladas basálticas. Estos sedimentos proceden de la meteorización «in situ» de rocas piroclásticas, principalmente, y su deposición tuvo lugar bajo condiciones endorréicas, desarrollándose en la cuenca una laguna, que ha permanecido hasta tiempos históricos. Litológicamente los suelos considerados están formados por arcillas limosas de espesor variable comprendido entre 5 y 30 m. de potencia. Las condiciones geológicas regionales han sido descritas por FÚSTER et al, 1968, y por IGME et al, 1977, y las particulares del área estudiada por GONZÁLEZ DE VALLEJO, 1977, y GONZÁLEZ DE VALLEJO et al, 1979, constituyendo este último trabajo la base para la presente investi-

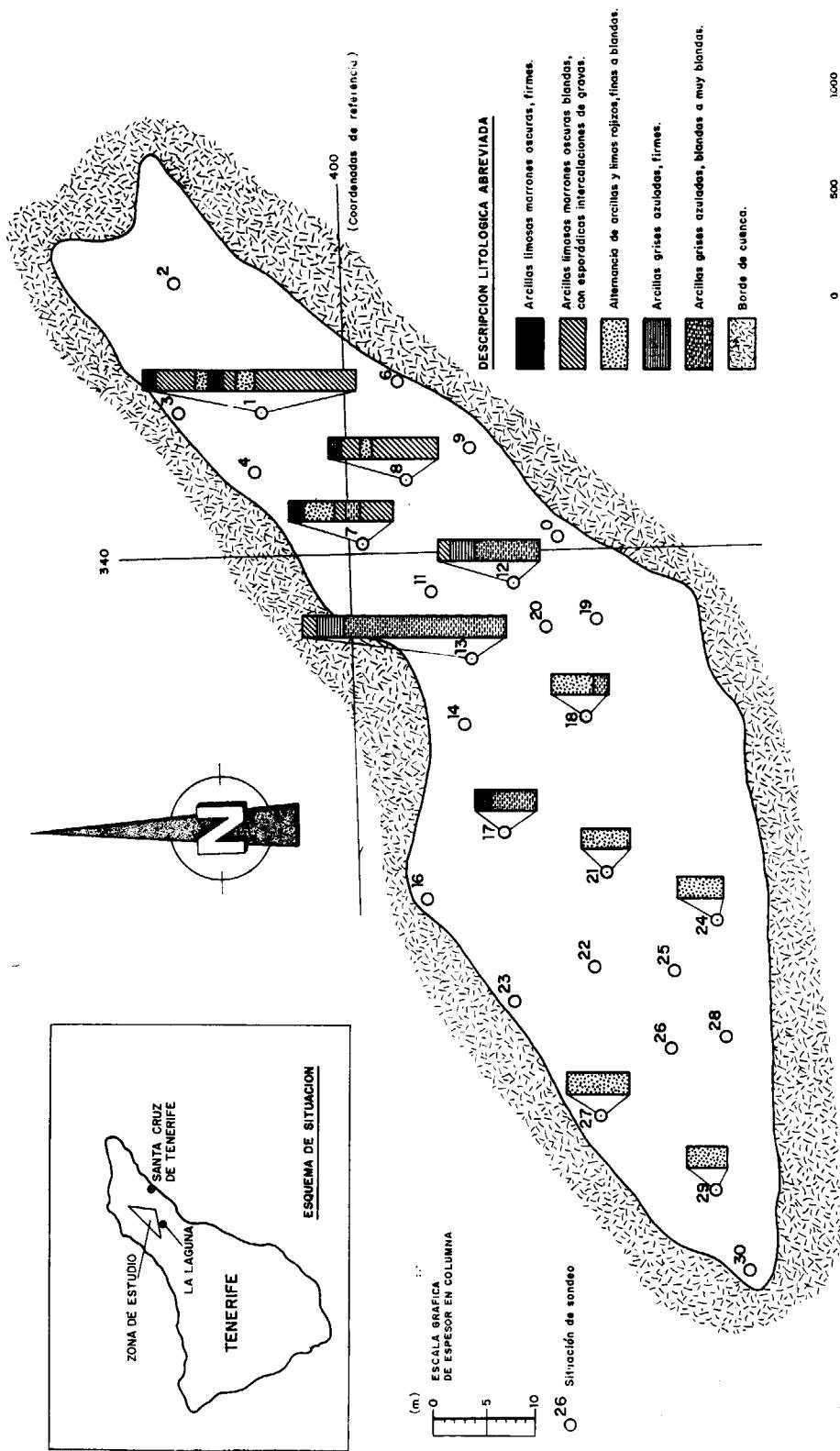


Figura núm. 1.—Distribución de las columnas litológicas más representativas.

gación. Bajo el punto de vista edafológico los suelos de Tenerife han sido estudiados en su contexto general por RODRÍGUEZ PASCUAL et al (1971) y por FERNÁNDEZ CALDAS y TEJEDOR SALGUERO (1975).

## II. COMPOSICIÓN MINERALOGICA

Las investigaciones mineralógicas se centraron en una serie de muestras, extraídas de testigos de sondeos, seleccionándose las más representativas litoestratigráficamente. En la figura 1 se muestra un resumen de las columnas litológicas más significativas así como su situación. A continuación se llevaron a cabo análisis granulométricos a fin de separar las distintas fracciones que fueron estudiadas mediante microscopía óptica y electrónica, rayos X y espectroscopía de infrarrojos.

### COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LA FRACCIÓN ARENA

El estudio de la distribución de minerales ligeros y pesados se usa normalmente para determinar las características sedimentarias de los depósitos, aunque en el presente caso, dado el corto transporte que han sufrido los materiales, su estudio va a contribuir, fundamentalmente, a precisar algunas características ambientales, que hayan condicionado tanto la proporción de las diferentes especies, así como su grado de alteración.

En el conjunto de las distintas muestras hay un claro predominio de elementos ligeros constituidos por feldespatos, vidrios volcánicos de diferentes tonalidades y micas, mientras que en la fracción pesada los minerales más significativos son magnetitas, titanitas, augitas y hornblendas de distintos tipos, entre los cuales se ha reconocido la variedad edenita.

Esta investigación se ha centrado en realizar una estimación de los minerales pesados presentes en las distintas facies mineralógicas y determinar el grado de evolución en los feldespatos, mediante un estudio de detalle de la morfoscopía de los granos de sanidina.

En las facies haloíticas y montmorilloníticas los minerales pesados son muy escasos, prácticamente sólo se reconocen algunos granos de titanita y de hornblenda tipo edenita, mientras que en las facies detríticas, debido a su menor evolución, es posible reconocer una mayor abundancia, destacando entre los mismos la magne-

tita, la augita, la hornblenda (en varias coloraciones) y ocasionalmente titanita. De aquí se deduce que los óxidos de Fe y los silicatos ferromagnesianos indican condiciones de escasa evolución puesto que en las facies con un mayor grado de evolución, prácticamente han desaparecido.

En la fracción ligera predominan los feldespatos asociados a fases de alta temperatura, con dos variedades, una potásica correspondiente a sanidina, hecho que se ha podido comprobar mediante rayos X, presentándose en cristales transparentes, y otra en cristales blanco-lechosos, que corresponden a variedades calco-sódicas de tipo intermedio. Así como los minerales pesados dada su escasez y poca representatividad, en cuanto al grado de alteración, no son buenos indicadores de las condiciones ambientales los feldespatos, por el contrario, proporcionan una precisa información. En este sentido se ha realizado un estudio morfoscópico sobre la alteración de cristales de sanidina en las distintas facies minerales, cuyo resultado se ilustra en la figura 2.

Del conjunto de las muestras estudiadas se deduce que en las que predominan los minerales detríticos los feldespatos apenas sufren alteración y a lo máximo se observa una ligera pérdida de la morfoscopía por fracturación, originándose un hábito de aspecto laminar (Foto b). Sin embargo, en las facies de tipo haloítico el efecto de corrosión domina de manera muy característica. Esta corrosión se inicia en las superficies de fractura en escalón, con aspecto hojoso, que cuando son corroidas a lo largo de hendiduras —posiblemente relacionadas con individuos maclados (Foto f)— se origina una superficie irregular dando surcos que individualizan pequeños bloques (Foto d).

En una fase más avanzada los efectos de la corrosión penetran en el interior del cristal, dando una estructura oquerosa, donde es difícil reconocer rasgos relacionados con la morfología inicial o con los surcos de corrosión (Foto e y Foto f).

### COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LA FRACCIÓN ARCILLA

La fracción arcilla fue estudiada principalmente a partir del análisis por difracción de rayos X, interpretándose los difractogramas de acuerdo con BROWNS (1961), y las fichas ASTM, presen-

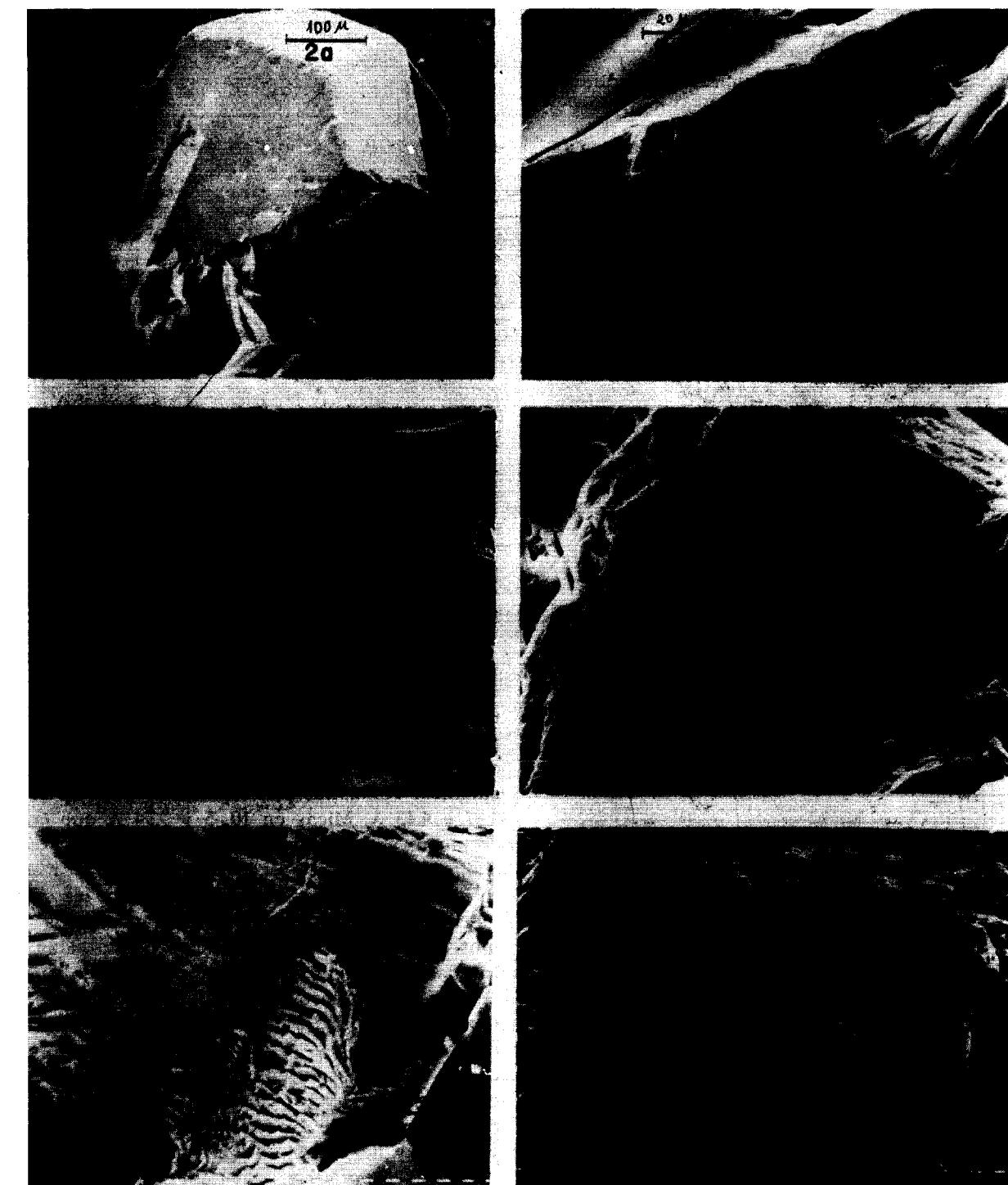


Figura núm. 2.—Fases de alteración en cristales de sanidina observados al microscopio electrónico de barrido (SEM).

(a) 160 x; (b) 320 x; (c) 160 x; (d) 640 x; (e) 1.250 x; (f) 320 x.

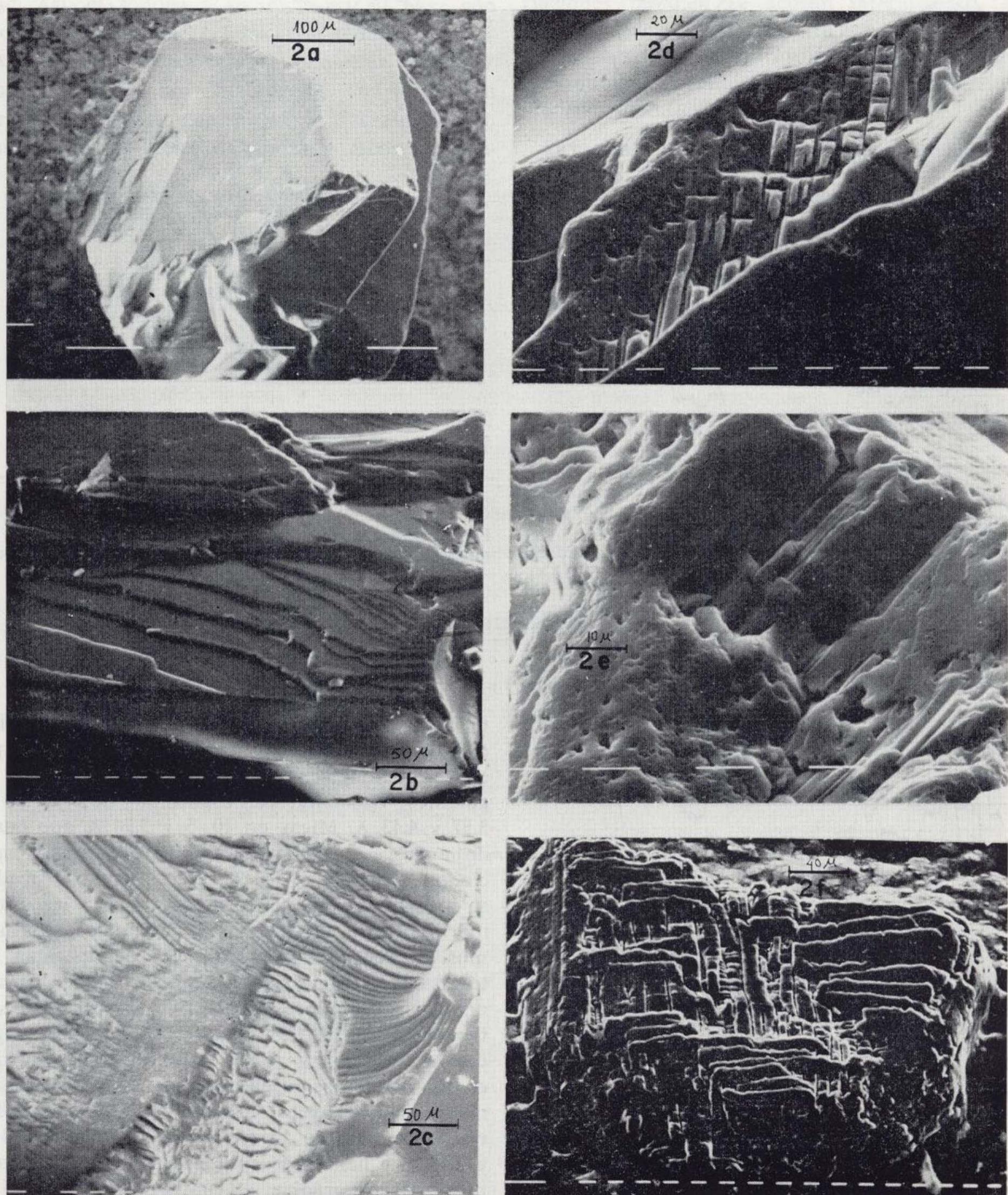


Figura núm. 2.—Fases de alteración en cristales de sanidina observados al microscopio electrónico de barrido (SEM).  
 (a) 160  $\times$ ; (b) 320  $\times$ ; (c) 160  $\times$ ; (d) 640  $\times$ ; (e) 1.250  $\times$ ; (f) 320  $\times$ .

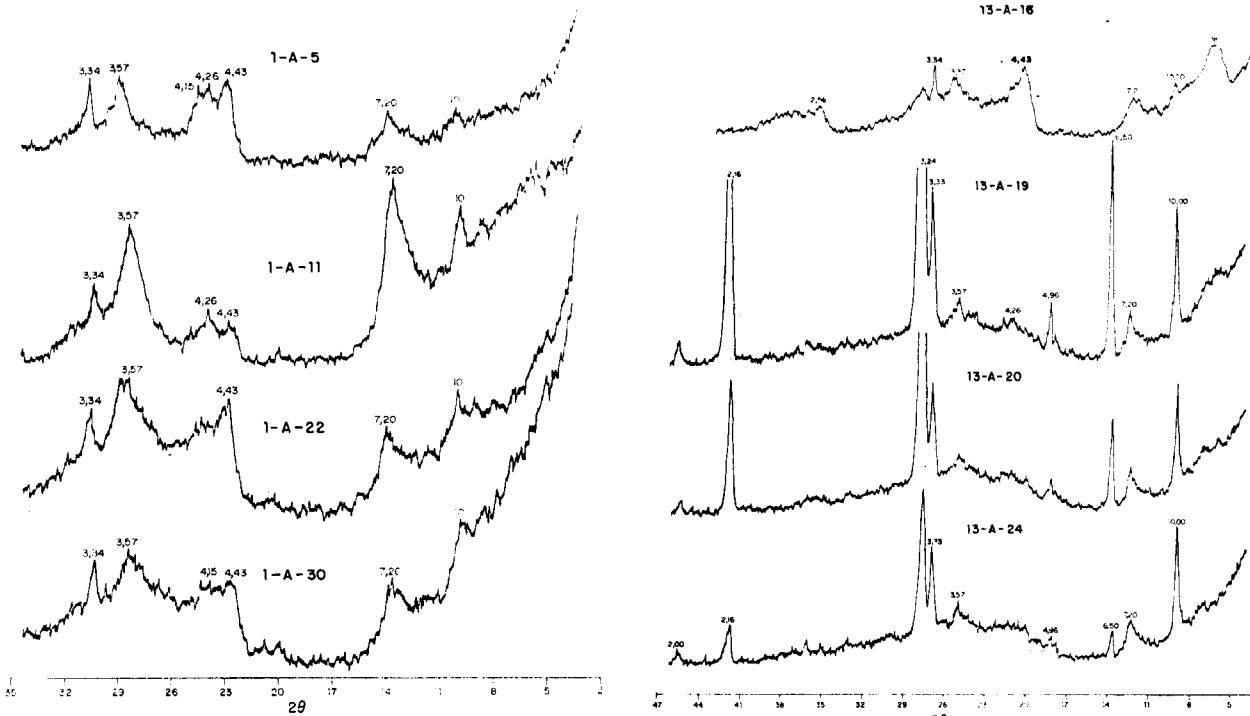


Figura núm. 3.—Diagramas de difracción por rayos X de muestras del Sondeo 1 (agregados orientados).

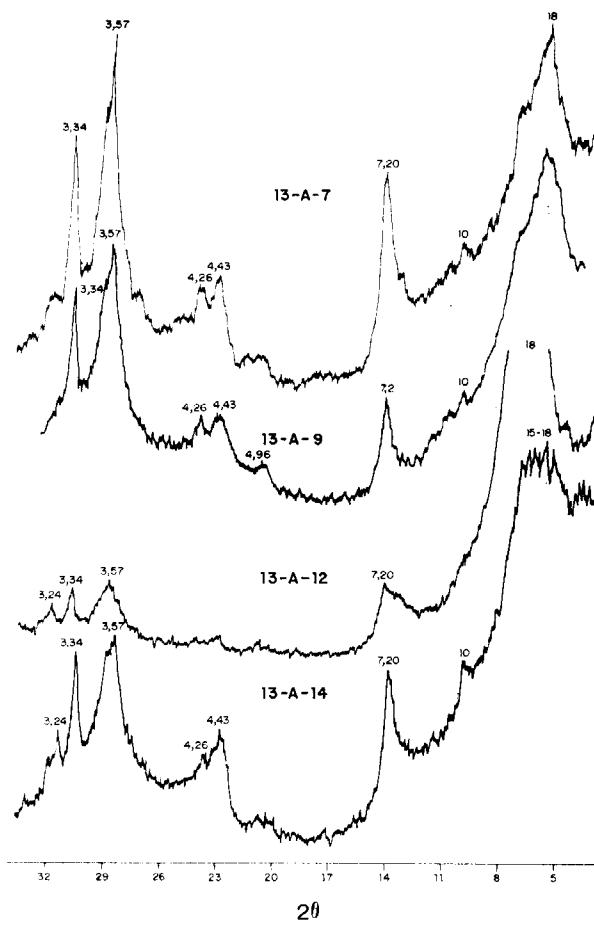


Figura núm. 4.—Diagramas de difracción por rayos X de muestras del Sondeo 13 (techo) (agregados orientados).

Figura núm. 5.—Diagramas de difracción de rayos X de muestras del sondeo 13 (base) (agregados orientados). (\*) Saturada con Mg + etilen-glicol.

tándose en las figuras 3, 4 y 5 una selección de algunos de los más característicos. Las especies mineralógicas identificadas han sido las siguientes: Haloisitas con espaciados de 7 a 7.20 Å, 3.57 y 4.43 Å. Micas en 10, 5 y 3.34 Å que cuando aparecen hidratadas originan diversos espaciados entre 10 y 14 Å. Los interestratificados se presentan por encima de los 18 Å, y las montmorillonitas a 18, 3.54 y 4.60 Å, dando estos últimos, a veces, un pico a 8.85 Å cuando están saturadas con Mg más etilenglicol. Entre los minerales no arcillosos destaca la sanidina con reflexiones a 6.50, 3.245 y 2.165 Å que corresponden a los planos (020), (040) y (060), ya que en los agregados orientados los restantes planos no se manifestaron. Asimismo también aparecieron minerales de hierro como goethita en 4.15 y 2.69 Å y hematites en 2.69 y 2.517 Å y, de manera más esporádica, el cuarzo en 4.26 y 3.34 Å y la gibsita en 4.85 y 4.37 Å.

De acuerdo con los datos obtenidos, se incluyen en la figura 6 las agrupaciones mineralógicas más significativas, señalándose las proporciones estimativas de su frecuencia de acuerdo con JOHNS et al (1954), siendo muy interesantes

las variaciones experimentadas con la profundidad. Así, el sondeo 1 se inicia en su base con facies detríticas degradadas, con tendencia haloisítica hacia el techo, representando, en conjunto, un medio mixto muy heterogéneo con formación de haloisitas. Los sondeos 12 y 13 se inician en sus bases con facies detríticas y mixtas, pasan-

do a montmorilloníticas hacia el techo. Estas variaciones también se acusan lateralmente. Así, las zonas de borde de la cuenca son típicas de facies detríticas, mientras que en las interiores predominan las haloisíticas y en las centrales las montmorilloníticas.

La posible presencia de minerales amorfos fue

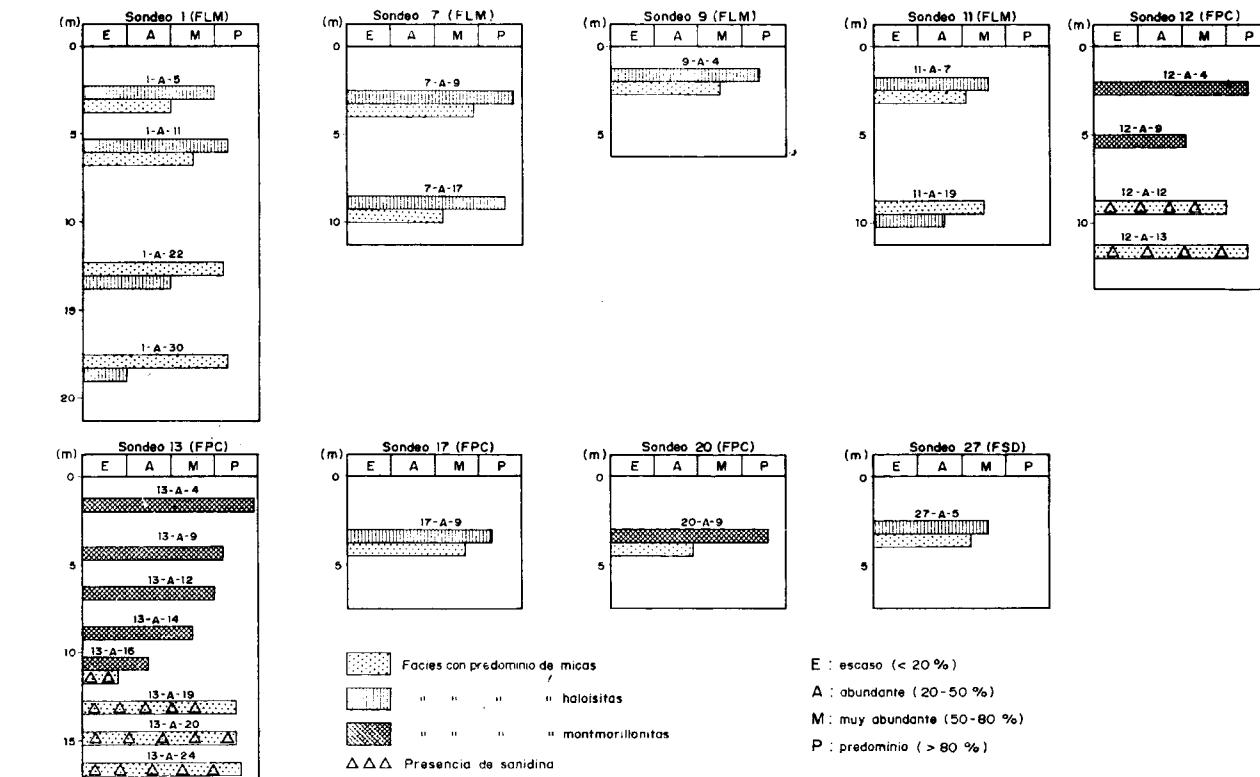


Figura núm. 6.—Variación de la composición mineralógica de la fracción arcilla con la profundidad.

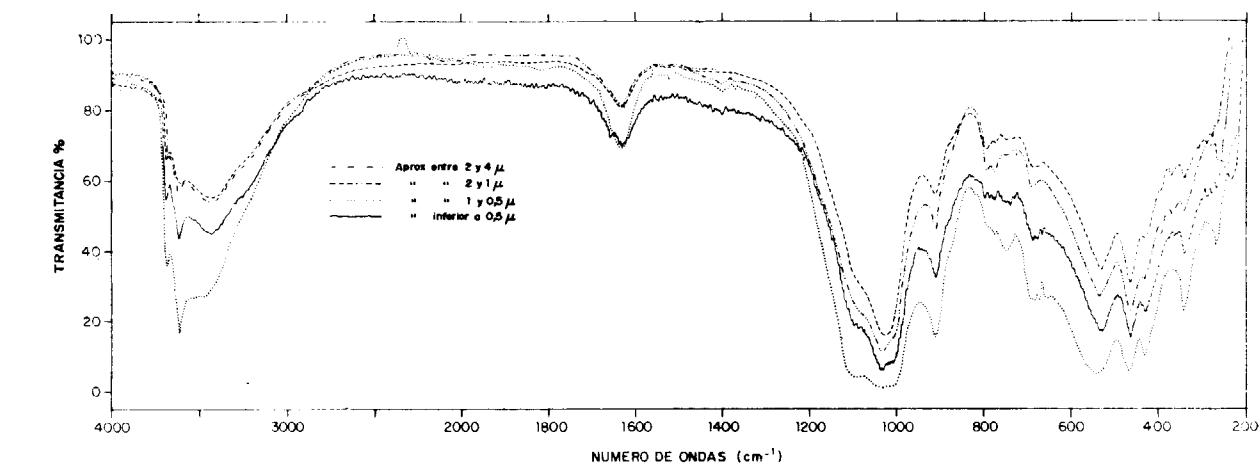


Figura núm. 7.—Espectros de absorción infrarroja entre 400-250 cm. de la muestra 17-A-9.

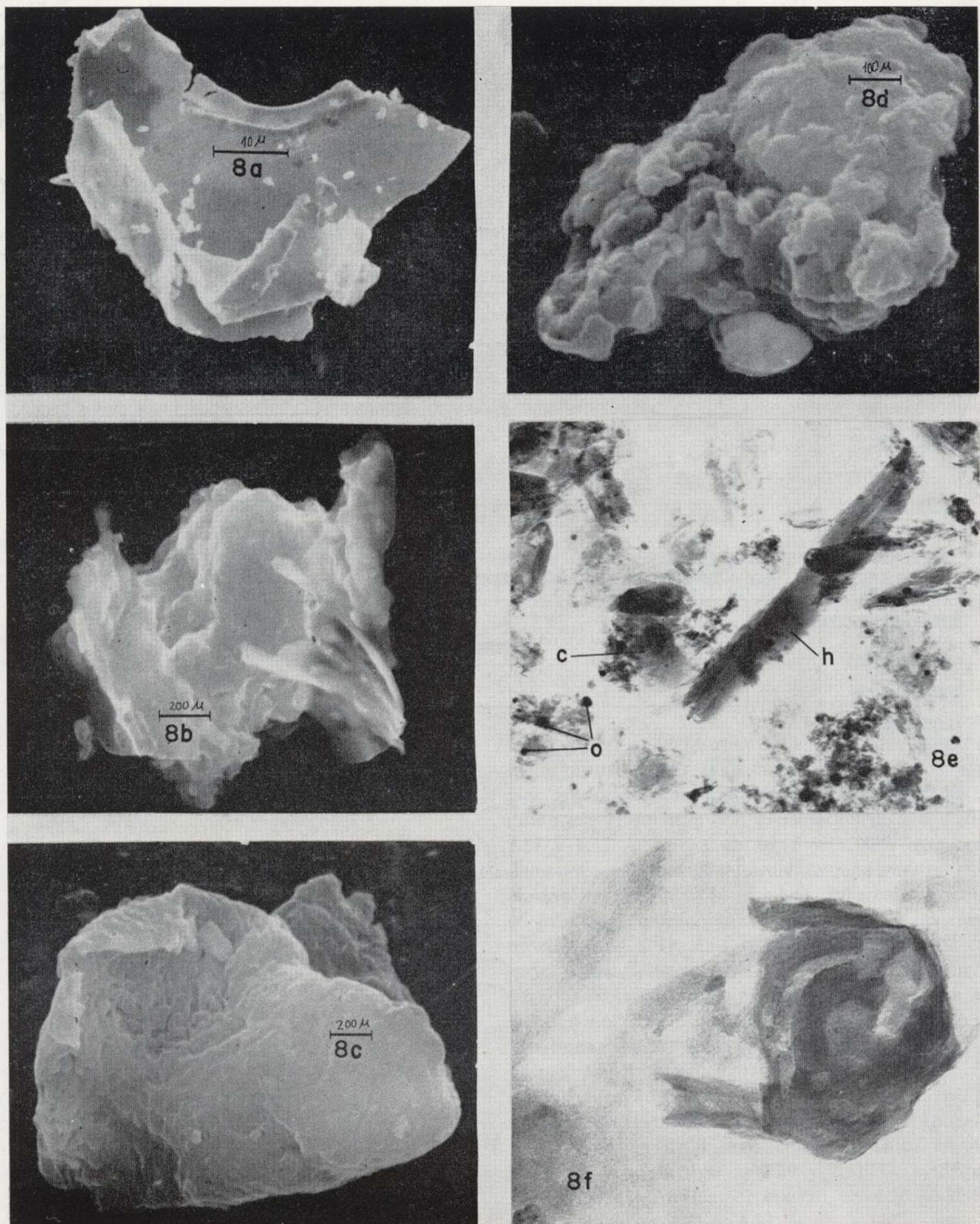


Figura núm. 8.—Identificación mineralógica al microscopio electrónico: (8a) SEM 1.250 x; Mica inalterada; (8b) SEM 5.000 x micas poco degradadas; (8c) SEM 5.000 x micas parcialmente degradadas; (8d) SEM 20.000 x micas muy degradadas; (8e) TEM 120.840 x haloisitas tubulares (h), óxidos de Fe (o) y caolinitas (c); (8f) TEM 205.200 x haloisita globular.

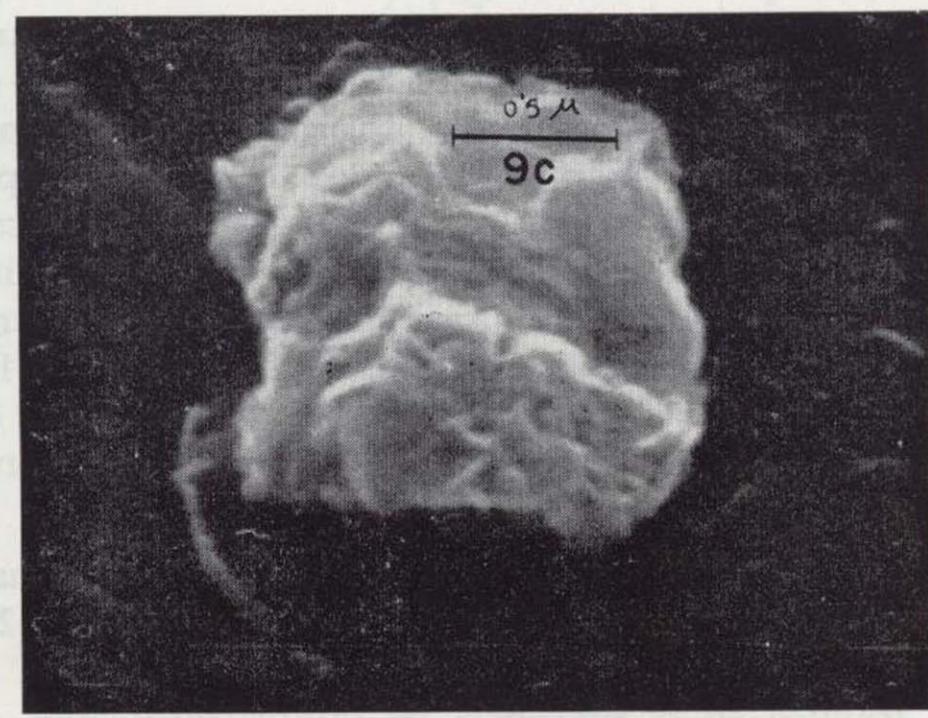
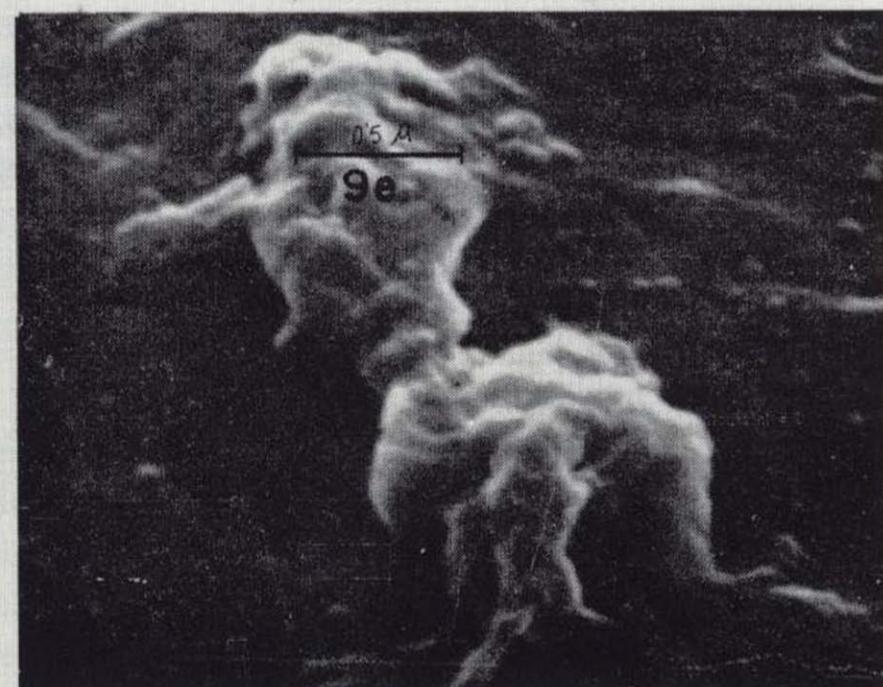
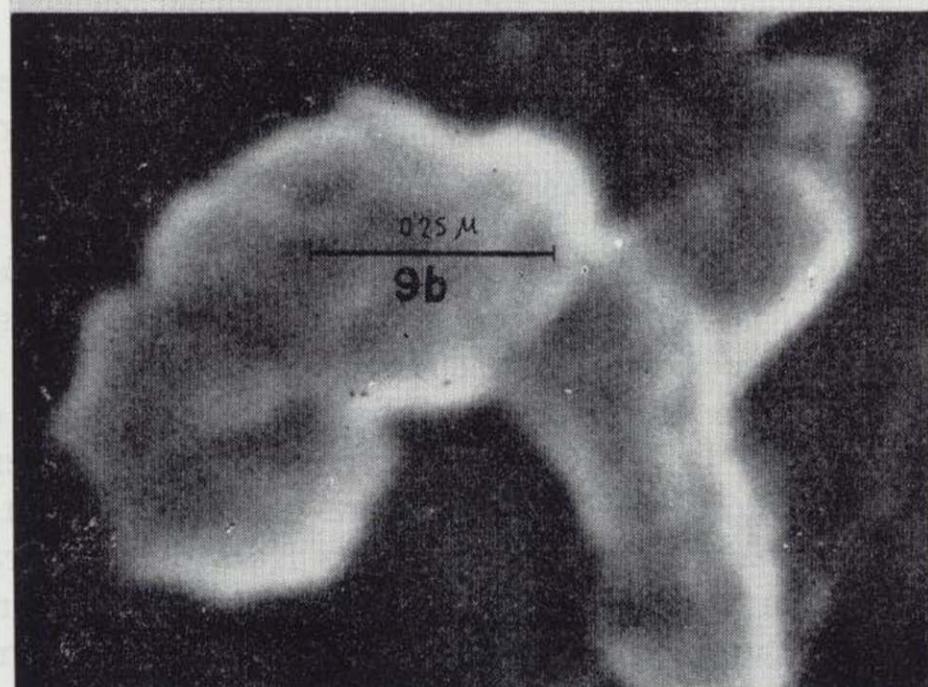
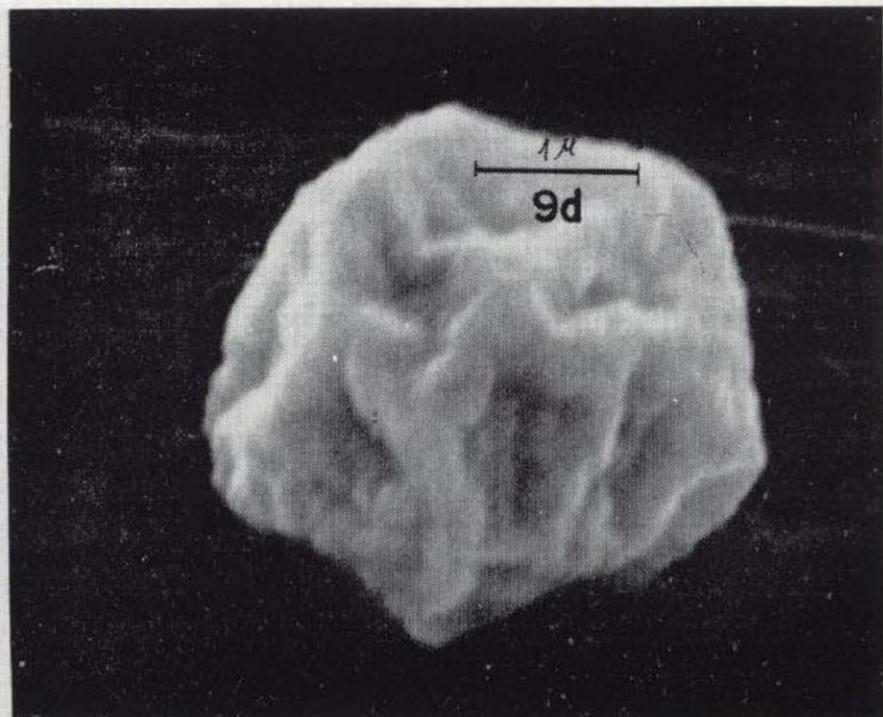
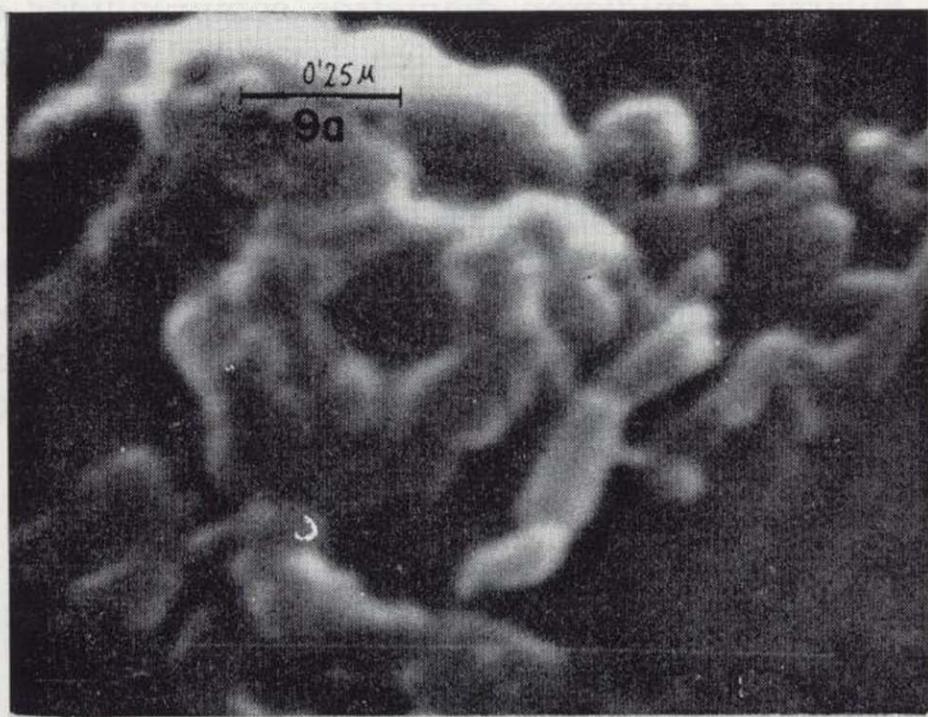


Figura núm. 9.—Identificación mineralógica al microscopio electrónico (continuación): (9a y 9b) SEM 80.000  $\times$  haloisitas globulares y tubulares; (9c) SEM 40.000  $\times$ ; (9d) SEM 20.000  $\times$ , y (9e) SEM 40.000  $\times$  Montmorillonitas.

investigada mediante espectroscopía de absorción infrarroja y, de manera más detallada, en las facies haloisíticas donde por sus peculiaridades genéticas pudieran encontrarse estos minerales.

En la figura 7 se representan los espectros correspondientes a distintas fracciones de una misma muestra, donde se pone de manifiesto la ausencia de alofanas y un incremento del grado de cristalinidad de las partículas a medida que decrece su tamaño.

La identificación mineralógica fue complementada por la observación al microscopio electrónico de transmisión (TEM) y de barrido (SEM). Ambas técnicas permitieron también estudiar los aspectos morfológicos y el tamaño de los distintos minerales.

Las micas es posible reconocerlas en una amplia gama de tamaños, pudiéndose observar una secuencia en el grado de alteración, que oscilan desde láminas de gran tamaño de 12 a 60 micras prácticamente sin alterar, y que a medida que se hacen más pequeñas comienzan a apreciarse detalles de corrosión (fig. 8).

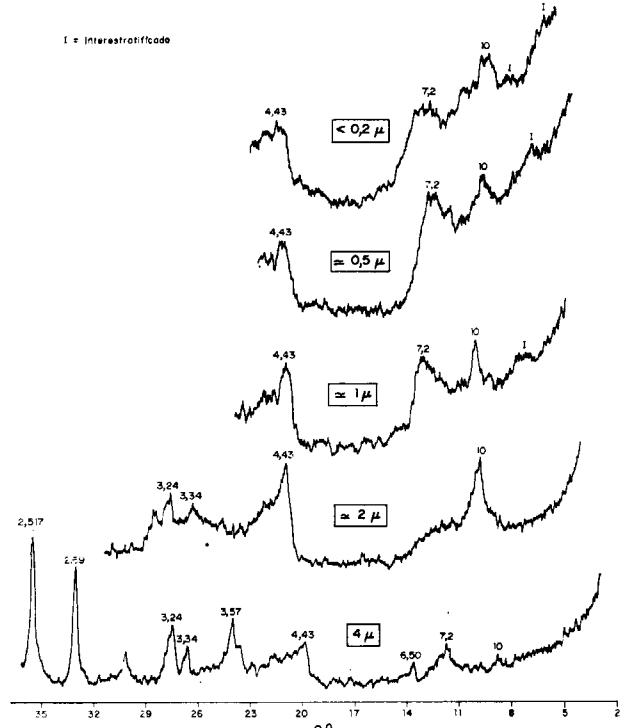


Figura n.º 10.—Variación de la composición mineral con la granulometría en las facies con predominio haloisítico.

Las haloisitas aparecen en formas tubulares y globulares con tamaños muy pequeños. En las globulares se midieron diámetros comprendidos entre 0.2 y 0.3 micras y, en las tubulares alcanzaron una longitud de unas 0.3 micras con 0.1 micra de diámetro (figs. 8 y 9).

Las montmorillonitas se reconocieron por su morfología, más redondeada y su menor tamaño con respecto a las micas degradadas. Las superficies son muy irregulares, con un aspecto rugoso, y su tamaño osciló entre 1 y 3 micras (figura 9).

### III. RELACION ENTRE LA GRANULOMETRIA Y LA COMPOSICION MINERAL

En el estudio de las facies haloisíticas y montmorilloníticas se han encontrado variaciones en la distribución cuantitativa de las especies realmente notables. Ello es debido a las características peculiares que inciden en la génesis de dichas facies, donde los procesos edáficos y la actividad erosiva intervienen de forma antagonista en la distribución de minerales que posteriormente llegan a la cuenca. Esta incidencia se ha podido comprobar mediante un detallado estudio de la relación entre composición mineral y granulometría. En la figura 10 se representan los difractogramas de distintas fracciones, correspondientes a facies haloisíticas, desde 4 micras hasta tamaños prácticamente en suspensión (menor de 0.2 micras), llevadas a cabo mediante separación por decantación y centrifugado.

Del análisis de dichos resultados se deduce claramente una gradación en la composición en función del tamaño. Así, los tamaños próximos a 4 micras están constituidos básicamente por componentes primarios de las rocas volcánicas, con escasa alteración, tales como micas, sanidina y hematites. En los tamaños entre 1 y 2 micras desaparece prácticamente el feldespato y los hematites, y se hace más notoria la presencia de minerales de tipo haloisita, así como algunas micas hinchables.

Por debajo de 0.5 micras se observa una marcada degradación de las estructuras tipo 1:1 y 2:1 con espaciados muy poco característicos, que se traduce en la presencia de interestratificados en el rango de los 14 a 20 Å y próximos a 25 Å, lo que concuerda con la indefinición que pre-

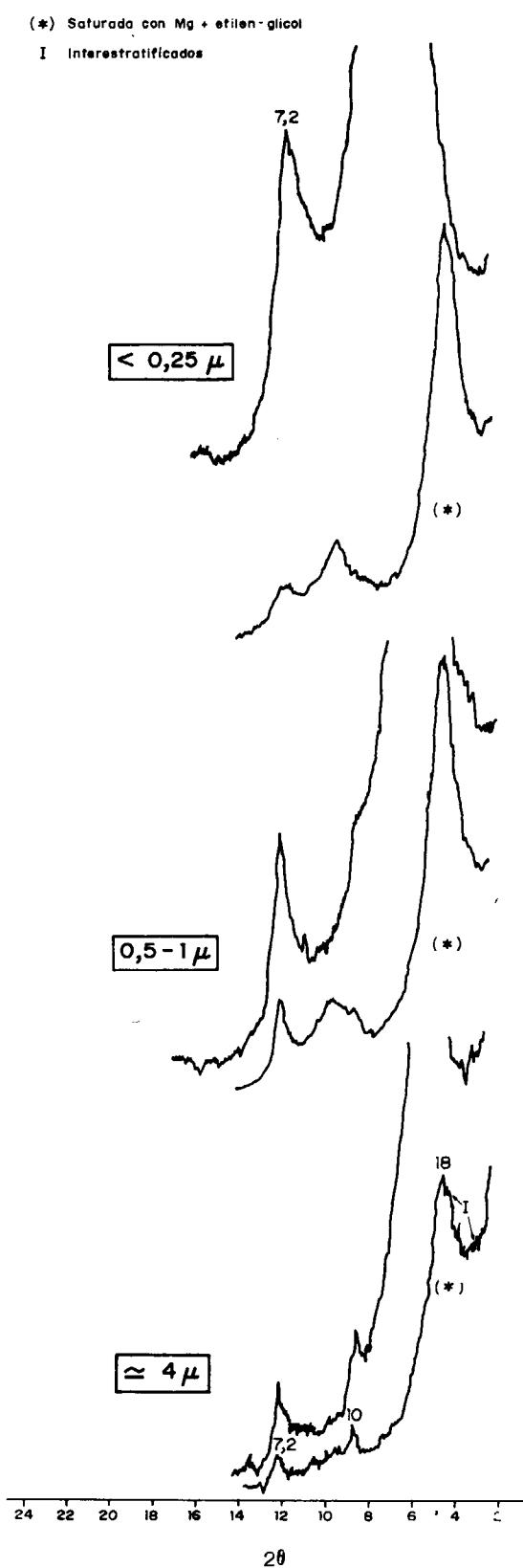


Figura n.º 11.—Variación de la composición mineral con la granulometría en las facies con predominio montmorillonítico.

sentan los minerales típicos de fracciones superiores.

De lo expuesto se puede deducir que en las fracciones superiores a 2 micras, los minerales primarios son los más representativos; entre 2 y 0.5 micras la presencia de mica y haloisita son los hechos más destacados, y por debajo de este tamaño se observa una degradación sensible de dichos minerales, los cuales coexisten con interestratificados.

Todo ello pone de manifiesto la relación existente entre la granulometría y la composición mineral, así como dentro de dicha composición las posibles degradaciones existentes.

De manera semejante a como se ha procedido con la facies anterior se ha llevado a cabo un estudio sobre la facies de predominio montmorillonítico (fig. 11). De este estudio cabe destacar la buena cristalinidad de los minerales, lógica consecuencia de su presencia en un medio confinado, que ha facilitado la posible reorganización de estructuras degradadas y la neoforación de otras anteriormente inexistentes.

Analizando los diferentes difractogramas representativos de las fracciones finas y de las fracciones gruesas, se observa el predominio de montmorillonita en todos los tamaños, mientras que los minerales de 10 Å prácticamente desaparecen por debajo de 1 micra, en cambio los minerales a 7 Å, tipo caolinita, aunque se encuentran presentes en todas las fracciones, son más abundantes en las fracciones inferiores a 1 micra.

En consecuencia, se pone de manifiesto la neoforación de montmorillonitas y caolinitas, así como la posible reorganización de micas degradadas a montmorillonitas, ya que en las fracciones mayores de 1 micra es posible reconocer interestratificados con espaciados entre 20 y 25 Å que desaparecen en tamaños más pequeños.

#### IV. DISCUSION DE RESULTADOS

Del análisis de los resultados expuestos se ha observado una marcada variación en la composición mineralógica como consecuencia del proceso evolutivo de los diferentes componentes, reflejo de las condiciones de meteorización, transporte, naturaleza del medio y modificaciones geoquímicas en el ambiente sedimentario, cuya variación permite establecer tres tendencias mineralógicas predominantes:

##### 1. FACIES DETRÍTICA.

Minerales procedentes de la rápida meteorización de las rocas piroclásticas, con abundancia de micas, sanidinas y vidrios. La sanidina, asociada en su origen a rocas de origen piroclástico, indica una escasa evolución geoquímica en los sedimentos presentes, los cuales tendrían un carácter marcadamente detrítico. Cuando predomina este mineral las micas están muy poco alteradas. Por el contrario, cuando desciende o desaparece, el grado de degradación de las micas es creciente, originándose minerales hidratados e interestratificados.

##### 2. FACIES MIXTA CON TENDENCIA HALOISÍTICA.

Mediante un proceso de degradación se han formado micas hidratadas e interestratificados resultado de la meteorización y alteración «in situ» de rocas piroclásticas. Si en este proceso se origina un intenso lavado en condiciones de buen drenaje se favorece la formación de haloisitas. Este hecho ha podido ser comprobado al identificar la presencia de haloisita en un fragmento de lapilli, lo cual indica la procedencia extracuenca de las haloisitas.

Las haloisitas han sido reconocidas bajo dos tipos morfológicos: tubulares y globulares, destacando en ambos casos su pequeño tamaño como consecuencia de una génesis incipiente.

##### 3. FACIES MIXTA CON TENDENCIA MONTMORILLONÍTICA.

De forma semejante a como se formaron micas hidratadas e interestratificadas en la facies anterior aquí, si las condiciones son de degradación más avanzada en medio confinado y de

pobre drenaje, se favorece la formación de montmorillonitas. Si este proceso se acentúa entonces el predominio de montmorillonita es marcado con presencia de caolinitas y de micas y, a veces, cuarzo, aunque en la distribución de las micas y caolinitas juegue un papel importante el control granulométrico. Sobre el origen de la montmorillonita caben dos posibilidades:

- Extracuenca procedente de suelos residuales.
- Intracuenca por neoformación en medio lacustre.

La morfología de la cuenca determina unas condiciones de rápida erosión y arrastre con buen drenaje en las vertientes de la misma, condiciones muy desfavorables para la formación de montmorillonitas a partir de suelos residuales. Por otro lado en las determinaciones efectuadas sobre la píllis y rocas piroclásticas meteorizadas no se ha encontrado montmorillonita. Sin embargo, no se excluye la posibilidad de que algún producto montmorillonítico haya venido extracuenca, aunque en cualquier caso su proporción sería muy pequeña. En contraste, las condiciones de las zonas centrales de la cuenca son propicias para la formación de montmorillonitas o la reorganización de minerales micáceos degradados, ya que el medio confinado y las condiciones lacustres son favorables para tales neoformaciones. Además, los depósitos ricos en montmorillonitas están concentrados con claro predominio en las áreas lacustres; por lo que puede concluirse en atribuir un origen intracuenca a la mayoría de las montmorillonitas presentes en la zona estudiada.

Las condiciones peculiares que motivaron el cierre y formación de la cuenca han permitido diferenciar una serie de fases en el proceso de colmatación de la misma, que se traduce principalmente por el grado de evolución mineralógica de los materiales representativos, en estrecha vinculación con la evolución morfológica.

La creación de un régimen endorreico, que permitió la acumulación de sedimentos ricos en micas y haloisitas, fue seguido por la instauración de una laguna formada en la zona central de la cuenca. En esta zona se depositaron fangos que favorecieron la formación de un medio confinado y, por tanto, impidieron el drenaje hacia el sustrato. Los resultados de un estudio hidrogeoló-

gico llevado a cabo sobre estos materiales ratifican estas conclusiones al comprobarse la existencia de un drenaje hacia el sustrato en las zonas de borde e interiores de la cuenca, frente a una independencia de los niveles freáticos en las zonas centrales, propiamente lacustres. La laguna así formada quedó delimitada por las facies de predominio montmorillonítico y alcanzó una superficie máxima aproximada de 1 km<sup>2</sup>, sujeta a las fluctuaciones estacionales, frente a 0,3 km<sup>2</sup> que tenía en tiempos históricos.

Esta laguna fue paulatinamente colmatada por aportes extracuenca que se transformaron en montmorillonitas principalmente, y caolinitas, aunque también se produjeron estos mismos minerales por neoformación directa a partir de los elementos disueltos en el medio confinado. Como síntesis de estos procesos se presenta la figura 12, en donde se muestra una primera etapa en que se depositaron materiales muy poco evolucionados, o con escasa alteración, predominando micas y sanidina. En una segunda etapa, la intensidad de los procesos erosivos se atenúa con la pérdida de pendiente, lo que favorece la formación de suelos y por consiguiente la neoformación en los mismos de haloisitas deficientemente cristalizadas en unas condiciones climáticas de tipo tropical. Finalmente, en una tercera etapa, como

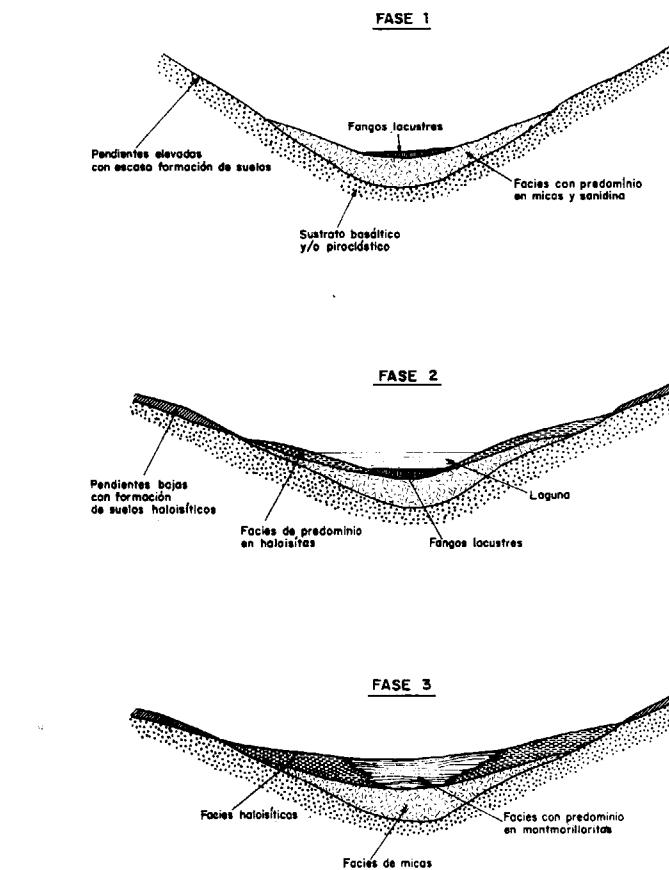


Figura núm. 12.—Fases en la evolución mineralógica. (Croquis sin escalas.)

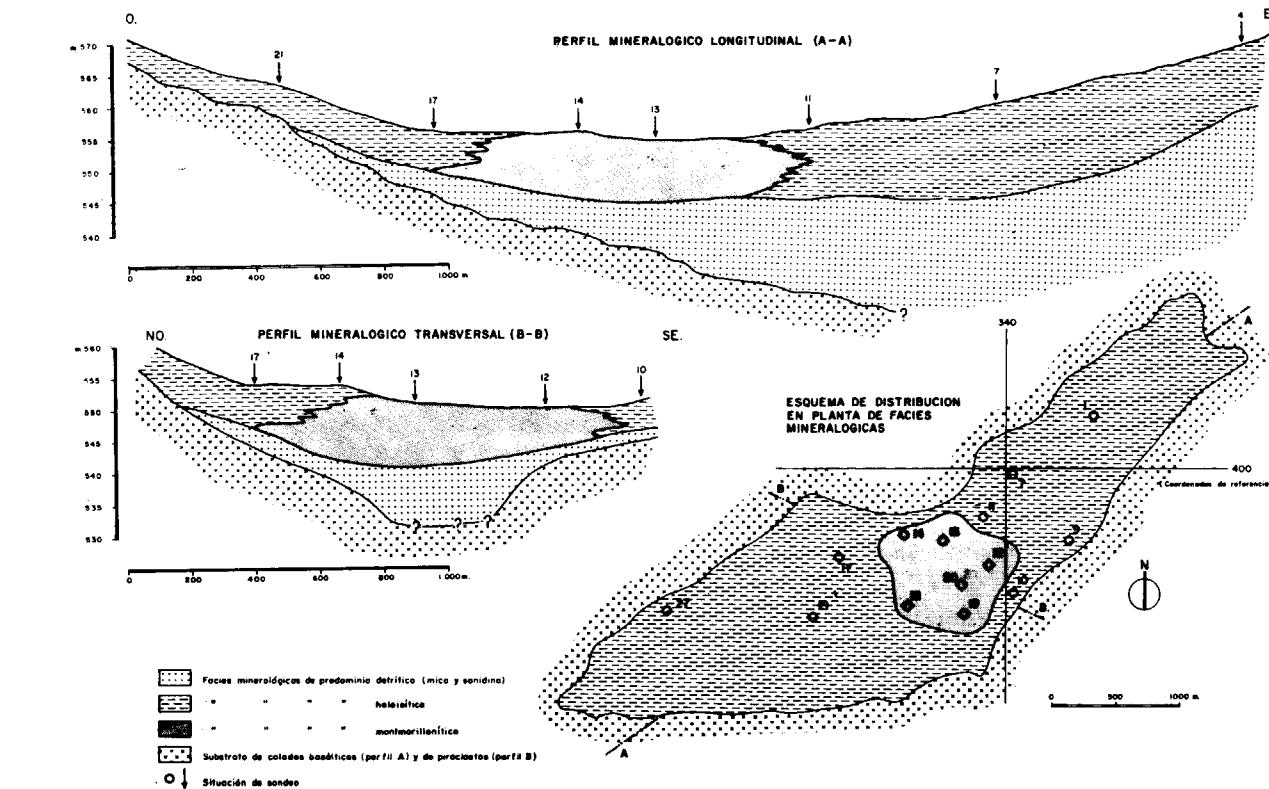
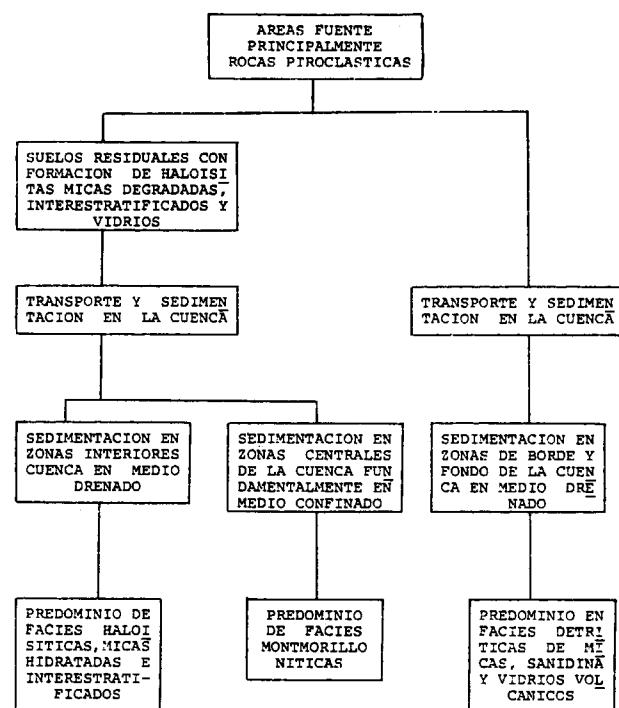


Figura núm. 13.—Distribución de facies mineralógicas.



Cuadro 1.—Esquema de evolución mineralógica.

consecuencia del aterramiento progresivo de la laguna, se establece un medio confinado que favorece la reorganización estructural de minerales degradados en montmorillonitas, de forma que las condiciones de Ph serían el factor limitante en los cambios mineralógicos, representándose en la figura 13 la distribución de facies mineralógicas en la cuenca y, en el Cuadro 1 los procesos operados en la misma.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Dña. Covadonga Rodríguez Pascual y al Dr. D. Jesús Galván, ambos del Instituto de Edafología del CSIC, su colaboración prestada en los análisis de espectroscopía de absorción infrarroja y microscopio electrónico de transmisión, respectivamente.

#### BIBLIOGRAFIA

- BROWN, G.: *The X ray identification and crystal structures of clay minerals*. Mineralogical Soc. London, 544 pp. (1961).
- FERNÁNDEZ CALDAS, E., y TEJEDOR SALGUERO, M. L.: *Andosoles de las Islas Canarias*. Caja de Ahorros, Santa Cruz de Tenerife, pp. 207 (1975).
- FUSTER, J. M.; ARAÑA, U.; BRANDLE, J. L.; NAVARRO, N. ALONSO, y APARICIO, A.: *Geología y Volcanología de las Islas Canarias*. Tenerife, Inst. Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 158 pp. (1968).
- GIRAUT, P.: *Mineralogía de las arcillas del Valle de México*. Ingeniería (Octubre), UNAM (1964).
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.: *Engineering Geology for Urban planning and Development with an example from Tenerife (Canary Islands)*. Bull. Inter. Asocc. Engineering Geology, 15, 37-43 (1977).
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; MEDINA, J. A., y LEGUEY JIMÉNEZ, S.: *Aspectos mineralógicos de los suelos volcánicos de Tenerife y sus implicaciones geotécnicas*. 4th Latin-American Geological Congress. Trinidad y Tobago (1979).
- IGME, ENADIMSA, CSIC y Universidad Complutense: *Hojas de Santa Cruz de Tenerife (1104-1) y de Tejina (1096-2)*, escala 1:25.000, Serie Magna (1977).
- JIMÉNEZ SALAS, J. A.: *Note on a halloysite red clay from Fernando Poo Island*. Proc. 3rd Reg. Conf. for Africa on Soil Mech. and Found. Eng. 1, 85-88 (1963).
- JOHNS, W. D.; GRIM, R. E., and BRADLEY, W. F.: *Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods*. Jl. Sediment. Petrol. 2h (h), 241-251 (1954).
- MARSAL, R. J.: *The Lacustrine Clays of the Valley of Mexico*. Contribution of the Instituto de Ingeniería to the 1975 Inter. Clay Conference, UNAM (E 16) (1975).
- NEWILL, D.: *A laboratory investigation of two red clays from Kenia*. Geotech. 11, h, 303-318 (1961).
- RODRÍGUEZ PASCUAL, C.; FERNÁNDEZ CALDAS, E., y BORGES PÉREZ, A.: *Mineralogía de arcillas y limos en algunos suelos volcánicos de Tenerife (Islas Canarias)*. Anales de Edafología y Agrobiología, t. XXX, núms. 11-12, 1031-1053 (1971).
- TERZAGHI, K.: *Design and Performance of the Sasumua Dam*. Proc. Inst. Civil Eng. 9, 369-394 (1958).
- WESLEY, L. D.: *Some engineering properties of halloysite and allophane clays in Java, Indonesia*. Geotechnique, 22, 45, 471-494 (1973).

Recibido: Septiembre 1978.

## INFORMACION

### Las aguas subterráneas en la ordenación territorial (\*)

En nuestro mundo moderno es una realidad bien conocida que la escasez de recursos de toda índole, el incremento en las demandas y necesidades de los pueblos y el deseo de disponer de un nivel de calidad de vida adecuado fuerzan al hombre, y aún lo harán más en el futuro, a planificar sus acciones, previendo de antemano las consecuencias de las mismas y haciendo que éstas actúen en su favor. En cualquier caso, en las naciones más avanzadas, la relación existente hasta hace poco tiempo entre desarrollo y medio ambiente se va modificando en provecho del último, y la planificación ha de tenerlo en cuenta.

Lo que llamamos ordenación territorial es una forma comprensiva de planificación, a través de la cual, y en base a los recursos disponibles, se intenta emplear el territorio y, en general, el espacio del que se dispone de una forma óptima para lograr al mismo tiempo objetivos de desarrollo económico equilibrado y de calidad medio ambiental.

En el coloquio nacional sobre ordenación territorial (M. O. P. U., Madrid, 1978) se decía: «La ordenación del territorio constituye un elemento de importancia política y económica fundamental para el desarrollo de un país; como elemento corrector de desequilibrios regionales y promotor de actuaciones públicas y privadas, procurando una utilización racional de los recursos disponibles, con el fin último de mejorar la calidad de la vida y alcanzar el mayor nivel de bienestar social.»

«El planeamiento integral de las políticas sectoriales que inciden en la creación de infraestructura y equipamientos precisa una coordinación en el espacio y en el tiempo para conseguir su mejor rentabilidad económica y social, tanto en los programas de inversiones públicas como en los sistemas de incentivación de la inversión privada.»

«Este planteamiento de la ordenación del territorio es una labor de la Administración, en la que han de colaborar todos sus niveles —Central, Regional, Provincial y Local—; pero, sobre todo, necesita contar con la parti-

(\*) Conferencia pronunciada por el Ilmo. Sr. D. Adriano García-Loygorri Ruiz, Director del Instituto Geológico y Minero de España, en la Sesión de Clausura del XIII CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA «NOEL LLOPIS», PARA POSTGRADUADOS, celebrado en Madrid el 21 de junio de 1979.

cipación ciudadana, recogiendo las opiniones, experiencias y aspiraciones de las personas que, en definitiva, van a disfrutar los beneficios o sufrir los errores de las decisiones que se adopten.»

«En el momento actual, la instauración de los regímenes autonómicos también incide en los problemas de planteamiento en el conjunto nacional, siendo necesario estudiar los sistemas de cooperación entre la Administración Central y las Administraciones Autonómicas para encontrar soluciones equilibradas y solidarias desde el punto de vista general.»

En el marco de la ordenación territorial es pieza clave la política de gestión de los recursos naturales. Por una parte, se plantea la cuestión «Desarrollo económico/Crisis energética y de recursos naturales»; por otra, la de «Desarrollo económico/Protección del medio ambiente», de forma que se consiga una mejora global de la calidad de vida, y como nota importante, sin desequilibrios entre unas y otras regiones del país.

El principal instrumento de esta política es una planificación de los recursos económicos y naturales, que además tenga un carácter esencialmente medio ambiental en su más amplio sentido.

En el marco de la ordenación territorial, la organización racional del espacio habitable requiere de un conocimiento adecuado de las posibilidades del suelo y del subsuelo para el aprovechamiento de los recursos naturales, así como la determinación de sus características, en relación con su aptitud —en seguridad y calidad—, para su utilización más provechosa, sea agrícola, industrial o urbana. A ello, sin embargo, y como antes señalaba, se ha añadido desde hace algún tiempo la exigencia de evitar el deterioro del medio ambiente y de controlar la modificación del equilibrio ecológico, erosionado por la creciente industrialización y desarrollo de nuevas aglomeraciones.

En efecto, la actividad del hombre está originando importantes alteraciones del entorno en que se ubica, modificando sus condiciones primitivas y produciendo nuevas situaciones que no siempre resultan favorables para la comunidad.

Este planteamiento está siendo llevado en muchos sectores, sin embargo, a términos que pueden resultar excesivos. Hasta hace poco tiempo se pensaba que la naturaleza albergaba fuentes inagotables de materias primas

—recursos energéticos, minerales, rocas industriales y materiales de construcción, agua, etc.—. Las circunstancias actuales han puesto de manifiesto que esas materias son hoy en día limitadas en muchos de los lugares donde se precisan, especialmente a la luz de los costes de todo tipo que su aprovechamiento lleva consigo.

De otro lado, los estudios sobre organización del medio físico han de tomar en consideración tanto los condicionamientos geológicos naturales como los creados por el hombre, y evaluar posteriormente la importancia del impacto que una nueva actividad puede tener sobre el sistema anterior, a fin de tomar las necesarias precauciones para evitar, o al menos minimizar, sus consecuencias negativas.

La naturaleza comprende un conjunto de procesos caracterizados por una serie de interacciones, que obedecen a unas leyes y representan unos valores y unas posibilidades para el hombre; sin embargo, su utilización tropieza con limitaciones. Para hacer el mejor uso de las posibilidades naturales se precisa conocer con el mayor grado de aproximación que sea posible el esquema complejo de tales interacciones, antes de introducir cualquier modificación de las condiciones existentes. Resulta necesario en cualquier planificación tratar de identificar los procesos, analizar sus funciones y estimar su valor económico y social. Toda modificación que introduzca el hombre sin tener en cuenta los equilibrios iniciales puede suponer, a la larga, peligrosos costes de diverso tipo que pueden llegar a ser insoportables.

El agua es un factor fundamental en el desarrollo económico-social de un país y, por tanto, un recurso natural de primer orden a considerar en cualquier planificación y ordenación territorial.

En apoyo de lo que acabo de indicar basta señalar que en España, en cifras globales, la demanda actual de agua para regadío —la más importante— es de unos 21.526 hm<sup>3</sup>/año, de los que el 23 por 100 son extraídos de estructuras subterráneas y el resto de cauces superficiales. Las demandas para abastecimiento urbano, con unas dotaciones medias de 280-300 litros/hombre/día, alcanzan los 3.500 hm<sup>3</sup>/año, de los que el 37 por 100 proceden del bombeo en pozos y sondeos. La demanda de agua para la industria llega hasta los 9.000 hm<sup>3</sup>/año, aunque este dato no está actualizado.

Planteado el problema desde la perspectiva de la gestión de los recursos naturales a través de una planificación de los mismos, con objetivos de un desarrollo regionalmente equilibrado, y la preservación y mejora del medio ambiente, vamos a analizar brevemente para no cansarles el papel de unos recursos del subsuelo tan importantes e inseparables entre sí como son las aguas subterráneas y las estructuras geológicas naturales permeables. Y dentro de este esquema, el papel del agua subterránea como recurso hidráulico cuantitativo y su carácter de bien medio ambiental, cuya calidad debe protegerse, para concluir con el posible uso de ciertas estructuras subterráneas naturales como medio de eliminación final y definitiva de elementos nocivos para el medio ambiente.

En primer lugar, hay que reconocer que nadie pone ya en duda el importante valor del agua subterránea como

recurso para el hombre, sea a nivel general, regional y local, sobre todo en ciertas regiones de España. Recor-daré que, por ejemplo, en la cuenca del Júcar la escorrentía subterránea representa el 63 por 100 de la escorrentía total, siendo este porcentaje del 57 por 100 en la cuenca del Segura y del 75 por 100 en la isla de Mallorca. Pero, en mi opinión, este tipo de datos no expresa claramente la verdadera importancia de los acuíferos subterráneos en la gestión global de las aguas continentales.

El acuífero es, al mismo tiempo, un depósito natural de agua que puede utilizarse como un verdadero embalse subterráneo y que además representa un sistema de distribución, repartido espacialmente sobre grandes áreas.

El concepto de almacén subterráneo, a cuyas reservas se puede acudir en momentos de déficit, es fundamental sobre todo a nivel local; sin embargo, es un aspecto que requiere una especial atención para evitar la aparición de una sobreexplotación o minado de las reservas, de forma incontrolada, lo que ocurre cuando la recarga del acuífero —sea natural, artificial o conjunta— es constantemente inferior a la extracción.

La conexión entre los acuíferos subterráneos y los ríos, o, lo que es lo mismo, entre las aguas subterráneas y las superficiales, es otro factor a considerar en la gestión de los recursos hídricos. Un ejemplo de ello es la posibilidad descubierta en la cuenca del Segura, de incrementar el volumen anual regulado en 80 hm<sup>3</sup>/año, si se utilizan como embalses subterráneos dos acuíferos situados a lo largo del río y en conexión hidráulica con él.

Pero, además, existe una importante faceta del agua subterránea en el marco de la planificación hidráulica, y es la de la gran flexibilidad en su empleo. El hecho de que sólo haya que llevar a cabo sondeos de captación para obtener el agua, permite muchas veces ir satisfaciendo paulatinamente y de forma inmediata las demandas a medida que se van produciendo, generalmente en el lugar requerido y con reducidos costes de instalación.

Por otra parte, las aguas subterráneas se adaptan de forma favorable a la planificación territorial de ámbito regional.

En nuestro país, y por razones diversas, durante mucho tiempo el agua subterránea no se había encajado completamente en el marco de la gestión hidráulica general, sin que por ello se hubiesen aprovechado de forma adecuada las ventajas de las que antes hablábamos. El futuro código del agua permitirá sin duda colocar este importante recurso en el lugar que le corresponde. Pero, a estos efectos, cabe preguntarse si nuestro conocimiento actual de las aguas subterráneas españolas es tal que sea posible esta deseable integración en el marco de la gestión de los recursos hídricos y por tanto en el proceso de ordenación territorial.

Pienso sinceramente que esta pregunta tiene una respuesta afirmativa, en base a los estudios y controles que la Administración viene realizando desde hace más de diez años. Concretamente el Instituto Geológico ha desarrollado ya una enorme labor de creación de infraestructura en las cuencas del Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar, Guadiana y en las islas Baleares, y en este momento se realizan los estudios en las del Tajo, Norte, Duero y Ebro,

dentro del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas —PIAS—, iniciado a comienzos de esta década.

Estas cuencas son controladas con criterio regional por el Instituto, con oficinas descentralizadas, desde las que se desarrolla, entre otros trabajos, la labor de seguimiento de la cantidad y calidad de los acuíferos.

Los trabajos del PIAS en todas las cuencas investigadas se han llevado a cabo en cooperación con el Ministerio de Agricultura a través del IRYDA, y con el de Obras Públicas y Urbanismo, en los casos del Guadalquivir y de las islas Baleares. Puesto que la cuenca del Pirineo Oriental y las islas Canarias han sido objeto de estudios por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, podemos afirmar que España dispone de los conocimientos necesarios de situación, reservas, recarga natural, etc., de los principales acuíferos, y que éstos, por lo tanto, no son factores ya desconocidos y no cuantificables.

Desde un punto de vista de la repartición de los acuíferos dentro de unidades hidrográficas naturales o de unidades territoriales y regiones, se puede decir que los acuíferos importantes en general no las traspasan. Por ejemplo, el gran conjunto de acuíferos de la cuenca terciaria del Duero se circunscribe a dicha cuenca y, al mismo tiempo, a Castilla y León. El acuífero calizo de La Mancha queda dentro de esta región y a su vez en la cuenca alta del Guadiana. Y de forma similar ocurre con muchos otros casos. Ello quiere decir que el empleo de los acuíferos y la defensa de los mismos en cantidad y calidad son aspectos que tienen, por así decirlo, una vocación regional, y que la ordenación territorial debe tenerlo en cuenta. Las aguas superficiales, por su propia naturaleza mucho más móviles y fluyentes que las aguas del subsuelo, se prestan más a ser utilizadas en esquemas de planificación del ámbito interregional, y los trasvases son una buena prueba de ello. En cualquier caso, no conviene olvidar que los acuíferos subterráneos, en su calidad de embalses en el subsuelo, pueden incorporarse también a estos esquemas.

La división en cuencas hidrográficas superficiales, de la que se parte a la hora de planificar los recursos hídricos, puede ser válida también como unidad territorial de gestión de las aguas subterráneas, pero no necesariamente en todos los casos, siendo por ello conveniente tener presente siempre que en un proceso de ordenación territorial en el que se consideren aguas superficiales y aguas subterráneas es posible llegar a esquemas de gestión diferenciados, aunque evidentemente interrelacionados.

La razón es que las técnicas de aprovechamiento de las aguas de superficie y de las aguas subterráneas son esencialmente distintas, aunque el agua sea única.

Hemos venido hablando del agua subterránea como recurso cuantitativo y es necesario ahora que hablemos de la protección de su calidad frente a la contaminación.

No voy a desarrollar el tema de la contaminación de los acuíferos en sus innumerables aspectos, pero me gustaría recordar que si bien la naturaleza proporciona a los acuíferos una protección muy importante a través de diversos procesos de filtración, purificación bioquímica,

absorción, etc., en la zona no saturada y en el propio manto acuífero, una vez contaminado éste, los problemas de detección y eliminación del agente o agentes contaminantes pueden ser de muy difícil solución, tanto tecnológica como económica. La contaminación del agua subterránea es un proceso difícilmente reversible.

La prevención es, por tanto, el mejor método de lucha contra la contaminación, en este caso más aún que en otros. Es interesante el hecho de que el mejor método preventivo sea precisamente una adecuada ordenación territorial, en el sentido de ubicar correctamente sobre el terreno las actividades susceptibles de producir contaminación del agua subterránea. Esta ubicación debe realizarse en base a una previa evaluación de la vulnerabilidad de las distintas zonas del acuífero.

En este caso, como en otros muchos de lucha contra la degradación medio-ambiental, es indispensable tomar la iniciativa mucho antes de que los problemas se presenten, incluyendo el aspecto de protección de la calidad en el esquema de planificación y gestión de los recursos hidráulicos y en el de ordenación territorial.

La protección del agua continental debe establecerse con la conciencia del valor (económico y social) del agua que se desea proteger. Es muy importante considerar que unas normas muy severas sobre los vertidos de residuos en los ríos pueden conducir a un incremento en los vertidos sobre el terreno, y que si estos últimos no son objeto de un control, igualmente riguroso, las aguas subterráneas pueden sufrir gravemente las consecuencias.

Actualmente, el IGME lleva a cabo un estudio general de calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las cuencas donde se ha creado la infraestructura de conocimientos hidrogeológicos, y se puede afirmar que el problema más acusado de contaminación se produce en los acuíferos costeros por intrusión de agua del mar. La causa de esta intrusión es el bombeo excesivo en los pozos próximos a la costa. Salvo en casos especiales, como en Baleares, por ejemplo, las herramientas legales para evitar este exceso en los bombeos son insuficientes. Desde Cataluña a Gibraltar, incluyendo las islas Baleares, el desarrollo turístico, urbano, industrial y agrícola a lo largo de las costas produce problemas muy graves ante la necesidad de abandonar sondeos, cuyas aguas, debido a la salinización, son inutilizables incluso para fines agrícolas.

Otros problemas de contaminación importantes son los producidos por el vertido sobre el terreno de productos residuales líquidos y sólidos, urbanos e industriales, y el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados en agricultura. No obstante, aunque existen contenidos en nitratos en todos los acuíferos situados bajo zonas de regadío, y pese a que se han detectado problemas puntuales de contaminación debidos a vertidos urbanos e industriales, en general la situación de nuestros acuíferos, en cuanto a degradación de su calidad natural, no es grave. De cualquier manera es imprescindible replantearse seriamente el problema de su protección en la futura normativa y encuadrarlo adecuadamente en los esquemas de planificación hidráulica y de ordenación, siempre contando con que uno de los objetivos de esta última es la protección medioambiental.

Si tuviera que escoger el ejemplo en el que ordenación territorial, planificación hidráulica y protección de la calidad del agua subterránea se encuentran más intimamente ligados, elegiría el desarrollo de una zona costera turística alimentada a partir de aguas subterráneas procedentes de un acuífero en contacto con el mar. Y ejemplos reales de este caso los encontramos repetidamente en nuestras costas mediterráneas.

El planteamiento de este tipo de problemas suele tener una serie de factores bien definidos: El desarrollo se dirige lo más cerca posible de la costa, pero por razones de economía en el transporte, el primer impulso lleva a la extracción de agua subterránea en sondeos próximos al mar, y por el mismo motivo, el vertido de residuos sólidos se lleva a cabo a distancias próximas, y el de aguas fecales se realiza a través de algún emisario submarino e incluso directamente al mar. Si además de estos factores, que hemos simplificado deliberadamente, tenemos en cuenta el hecho de que es muy probable que en la zona costera ya existiese un desarrollo agrícola basado en la captación de aguas subterráneas, los problemas se agravan.

El resultado de una ausencia de gestión integrada de los recursos hídricos y de ordenación territorial —dejando aparte la posible congestión de la costa, especulación del suelo, dificultades de abastecimiento, etc.— podría ser una contaminación irreversible del agua subterránea por intrusión de agua marina, contaminación de la playa por los vertidos, degradación de la agricultura, problemas derivados de los vertederos, etc.

¿Qué tipo de soluciones podría haber ofrecido en este caso la hidrogeología?

En primer lugar, en un acuífero costero en contacto con el mar el hidrogeólogo puede conocer con mayor o menor precisión, pero con un margen de error aceptable, la situación de la cuña de agua salada y su evolución en función de la intensidad y situación de las captaciones. Modelos conceptuales simples o modelos matemáticos sofisticados, permiten señalar volúmenes de captación, situación espacial y profundidad de los sondeos tales que permitan mantener una calidad adecuada en el agua extraída.

Por otra parte, la evaluación de la vulnerabilidad de los afloramientos permeables, en función del tipo de materiales, espesor no saturado, direcciones de flujo, etc., permiten al hidrogeólogo dirigir las actividades de vertido de todo tipo: residuos sólidos, estiércol, lodos de depuradoras, aguas fecales, etc., hacia aquellas zonas donde las aguas subterráneas se encuentran mejor protegidas. Un ejemplo real de este tipo de evaluación son los mapas de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos, que publica el IGME.

En estos mapas, a escala 1:50.000, se muestran las zonas donde un vertido de residuos en superficie puede producir la contaminación de aguas utilizables, y también aquellas áreas impermeables o protegidas en las que los vertidos no van a alcanzar las zonas de buena calidad del acuífero.

Otro punto importante del proceso en el que el hidrogeólogo puede aportar una experiencia insustituible es en

la eliminación de las aguas residuales urbanas. No sólo en la costa, sino en cualquier zona, el vertido de aguas fecales, tratadas o no, es un problema que trae de cabeza a la mayor parte de las corporaciones municipales. Pues bien, la estrecha colaboración entre el llamémosle planificador territorial, el agrónomo, el edafólogo, el hidrólogo y el hidrogeólogo permitirá desarrollar el uso de las aguas residuales para riego, de forma que:

- El beneficio agrícola sea máximo.
- La ubicación de las zonas regables por este sistema sea la más adecuada.
- El riesgo de contaminación de las aguas sea mínimo, e incluso se puedan obtener los beneficios de una recarga inducida en el acuífero.

Al llegar a este punto, y aprovechando el ejemplo del riego con aguas fecales, quiero hacer resaltar un importante concepto: ordenación territorial y gestión y protección de los recursos hídricos son procesos que requieren un elevado grado de intercomunicación entre especialistas en muy diversas materias. La interdisciplinariedad debe estar presente a todos los niveles, desde la planificación de acciones hasta su puesta en práctica, seguimiento, control y evaluación de los resultados.

En este aspecto, el hidrogeólogo debe buscar la colaboración de otros especialistas y ofrecer la suya, de tal forma que los datos hidrogeológicos esenciales sean asequibles a todos los que tengan capacidad para tomar decisiones.

Las distancias que hoy día separan a todos aquellos que tienen respuestas a los problemas y a los que poseen la capacidad de decisión ha de reducirse a toda costa en apoyo de una política que ha de ser común y beneficiosa para toda la comunidad.

Para comentar el tercer aspecto que mencioné al principio, el de la utilización de las estructuras subterráneas permeables como almacén definitivo y aislado de líquidos residuales, hay que puntualizar, en primer lugar, que la inyección de residuos en el subsuelo es una técnica posible y atractiva, pero que requiere una serie de estudios y pruebas preliminares y un control periódico durante la operación, en orden a asegurar la inocuidad del proceso.

La inyección en sondeos no es solución a los problemas de contaminación del agua, salvo en casos en los que la naturaleza presenta características muy favorables, y, aun así, es a costa de una tecnología muy especializada.

Afortunadamente la legislación vigente permite un control de este tipo de actividades por la Administración; sin embargo, hoy día se llevan a cabo muchos vertidos industriales a través de pozos y sondeos, evidentemente ilegales, que es necesario denunciar y controlar.

\* \* \*

Las conclusiones generales de todo lo que venimos diciendo podrían ser, entre otras muchas, que:

- Las aguas subterráneas representan un recurso importante en el proceso de ordenación territorial,

donde no sólo deben considerarse como un factor de satisfacción de demandas básicas, sino como un bien medio-ambiental a proteger.

- La Hidrogeología es una ciencia que hoy día ha alcanzado en nuestro país un nivel tal que permite la adecuada incorporación de las aguas subterráneas al proceso de la ordenación territorial, a través de su integración en la planificación hidráulica general.
- Las estructuras permeables subterráneas profundas, cuyo comportamiento entra completamente dentro del campo de la Hidrogeología, son elementos dignos de tener en cuenta en la protección medio-ambiental, en función de su capacidad potencial para almacenar indefinidamente productos residuales. Su empleo exige, no obstante, estudios muy detallados y un estricto control.
- La colaboración entre especialistas en distintas materias es absolutamente indispensable para conseguir una ordenación territorial armónica con las necesidades del desarrollo y protección del medio ambiente. El hidrogeólogo debe ocupar el lugar que le corresponde entre dichos especialistas, y ha de esforzarse en aportar sus datos de la forma adecuada a los objetivos perseguidos.

Para mencionar algunos de los criterios a considerar a la hora de integrar las aguas subterráneas en los esquemas de ordenación territorial hay que distinguir aspectos institucionales, técnicos, económicos y legales:

- En primer lugar, creemos necesaria una subdivisión del territorio a efectos de ordenación, que tenga en cuenta límites hidrológicos e hidrogeológicos y que permita una gestión y administración racional de los recursos.
- Es conveniente que la Administración territorial disponga de mayor poder de intervención en acciones que posibiliten una mejor utilización y protección de las aguas subterráneas.
- Y, en lo que se refiere al aspecto legal, hay que considerar el importante anuncio del Gobierno sobre la preparación de un código del agua.

Durante la celebración, en Valencia, del centenario de la vigente Ley de Aguas, a la que tuve la oportunidad de asistir, el Ministro de Obras Públicas y Urbanismo planteó el compromiso adquirido por el Gobierno de elaborar un código del agua para su presentación al Congreso de los Diputados en la primavera del próximo año.

Aunque no sea éste el momento de extenderme en comentarios sobre la vigente Ley de Aguas y sobre el futuro código, pues lo prolongado de esta charla no lo permite, si quisiera subrayar el positivo efecto que, sin duda, ha de procurar la nueva legislación al conservar, como se pretende, los valores innegables que presenta el antiguo texto de RODRÍGUEZ DE CEPEDA; al abrirse a los nuevos planteamientos que la sociedad impone; al recoger las cuestiones que los avances de todo tipo —sociológicos, técnicos y económicos— están trayendo consigo; al evitar la dispersión de normas existentes, con las posibles contradicciones de ella derivadas, y al contemplar un nuevo horizonte a las posibilidades del futuro.

En la elaboración del código del agua y la consiguiente refundición y ampliación de los preceptos existentes es muy de desear —y así va a suceder— la audiencia de los variadísimos sectores interesados en el agua y en sus múltiples aspectos, y la participación de todos los Departamentos ministeriales relacionados de una u otra forma con el tema, en una Comisión interministerial que elabore el citado código y lo eleve para su consideración al Gobierno.

No quisiera dejar de señalar, aunque fuera de pasada, algunos de los principios inspiradores del nuevo código, como son: la consideración general del agua con independencia de su situación, el esquema descentralizador por cuencas que tenga en cuenta las características peculiares de cada región hídrica, la necesaria flexibilidad y la jerarquización de los aprovechamientos, la defensa de la calidad de las aguas, la participación del usuario en su gestión y la elaboración de un derecho transitorio que asegure el paso a un nuevo orden hidráulico. Y todo ello en una disposición legal que contenga el marco fundamental de la gestión de las aguas en el país, dentro de un sistema flexible que permita la adaptación de la Ley a la actual idiosincrasia española.

\* \* \*

Quisiera terminar mi intervención señalando un aspecto extraordinariamente importante a tener muy en cuenta en la planificación del uso del territorio. Me refiero a la palabra «solidaridad», que con tanta asiduidad venimos escuchando de unos y otros últimamente.

En la utilización del agua, como recurso imprescindible y escaso a la vez, la solidaridad ha de llevarse a sus extremos más avanzados. Solidaridad a nivel personal, aceptando las incomodidades que supone muchas veces el ahorro del agua y evitando su despilfarro, y admitiendo el precio justo que su uso haya de llevar consigo. Solidaridad entre los colectivos y comunidades, pues muchas veces resulta muy difícil, y en ocasiones imposible, encontrar una solución para cada caso y para cada grupo, debiéndose enfocar los problemas conjuntamente y buscar soluciones comunes para muchos de estos colectivos. Y en esto me refiero tanto a nivel interregional como interprovincial e intermunicipal. Difícilmente se puede pretender el sacrificio que supone para una región conceder para otra próxima parte de sus recursos de agua, si en ésta se observan desacuerdos en núcleos de rango inferior para encontrar soluciones propias.

La responsabilidad que a todos nos incumbe en los distintos puestos que ocupamos —políticos, administrativos, técnicos o representativos— es muy grande en estos momentos y todos debemos asumir, en la medida que nos corresponda, nuestras propias obligaciones con todo el valor y la decisión necesarios para ello.

\* \* \*

Al tiempo que felicito muy cordialmente a los que, con tanto aprovechamiento, en el día de hoy finalizáis el XIII Curso de Hidrogeología «Noel Llopis», deseo agradecer muy sinceramente a todos los asistentes la benevolencia demostrada con vuestra presencia en esta conferencia.

## Noticias

### GEOLOGIA

#### LA GENESIS DE LOS ALPES HA SIDO MULTIPLE

La cadena montañosa de los Alpes, que se extiende entre el sur y el centro de Europa, no se gestó en un proceso. Hace 300 ó 350 millones de años, se desarrolló en un punto de la zona alpina actual un proceso orogénico simultáneo a la «orogénesis herciana» del carbonífero de Europa central, cuyos movimientos de la corteza terrestre dieron lugar a la aparición de las grandes reservas de hulla de la región. Hay además indicios de que unos 100 millones de años antes se produjo otra orogénesis, aunque quizás más débil.

Siguiendo con la definición del doctor Harald Steinert, el área de nacimiento de los Alpes propiamente dichos no era tampoco un simple mar geosinclinal estrecho y alargado. En la reconstrucción de la paleogeografía del área alpina desde el comienzo del hundimiento claramente perceptible hasta el del levantamiento hace unos 30 millones de años, se pone cada vez con mayor claridad de manifiesto que ese mar, en cuyo fondo se había acumulado el roquedo de los Alpes y en cuyo substrato se habían ya transformado y plegado, tuvo que ser enormemente diversificado: cuencas marinas de tamaño muy diferente yacían superpuestas, desarrollándose entre ellas desplazamientos regionales del substrato. Mientras que, por ejemplo, se alzaban ya en un lugar sobre la superficie del mar las cimas de la cordillera en trance de crecimiento a modo de rosarios de islas, en otros lugares era «engullida» de nuevo la corteza terrestre en el interior de la tierra.

El estudio de los cantes rodados, encontrados en numerosos puntos del antepaís alpino y en los mismos Alpes, demuestra que ese mar matriz de los Alpes describió una evolución difícilmente reconstruible, ya que se trata de cantes rodados de origen desconocido, surgidos en la periferia de continentes o de mares de escasa profundidad y que pueden haber tenido muchas veces una extensión considerable, pero que hoy han desaparecido totalmente, arrasados por la erosión o hundidos en el interior de la tierra. La investigación sobre los cantes rodados comienza justamente ahora a estudiar estos últimos vestigios de elementos constructivos paleogeográficos en el área alpina, cuya existencia se da por descontada y que hay que integrar en el cuadro del origen de los Alpes.

La región ocupada por la orogénesis alpina puede concebirse como el Mediterráneo o como el Caribe actuales, donde numerosos elementos estructurales de la corteza terrestre se han desarrollado de una manera indepen-

diente. Fue en la fase final de la evolución cuando las acumulaciones sedimentarias de las cuencas marinas anchas y estrechas de carácter diferente en cada caso resultaron comprimidas por el empuje de dirección Norte-Sur —quizás a causa del movimiento de grandes placas de la corteza terrestre que formaban parte de África contra una placa europea—, formándose una cordillera continua de plegamiento que comenzó a elevarse lentamente.

#### LOS GLACIARES MODELARON EL LECHO DEL LAGO DE CONSTANZA

El lago de Constanza es el más extenso y el más profundo de Alemania: los puntos más profundos del fondo actual del lago están situados a 252 metros por debajo del nivel normal de sus aguas. El fondo del lago está constituido por una masa de 150 metros de potencia que integran material pleistoceno de morrenas y agua de fusión, así como capas holocenas de arena y cieno. Esto significa que la fosa del lago de Constanza alcanza una profundidad aproximada de 400 metros, siendo, pues, inferior al actual nivel del mar. Según las mediciones sistemáticas, el lago ha sido colmatado en el transcurso de los últimos milenios hasta el nivel actual de su fondo; su depresión se debe a la erosión fluvial y a la excavación glaciar durante el pleistoceno, según ha expuesto recientemente el doctor A. Schreiner (Friburgo).

El origen puede reconstruirse de la siguiente manera: al comenzar la fase glaciar del cuaternario no había en la zona del lago de Constanza ni la menor huella de tal depresión lacustre. Aunque el Rhin alpino existía ya en aquella época, no discurría su curso por la zona del lago de Constanza en dirección hacia el Oeste; experimentaba una inflexión hacia el Este, para convertirse en afluente del Danubio. Al comenzar la primera glaciaciόn, salía de los Alpes Grisones, en lugar del Rhin alpino, el «glaciar del Rhin», que rellenaba su antepaís con morrenas y material arrastrado por las aguas de fusión del glaciar. Ello dio lugar a que obstruyese el paso de sus aguas de fusión hasta tal punto que una parte de ellas se vio obligada a buscar un nuevo camino que le llevó hacia el Oeste, donde el Aare, que en un principio desaguaba también en el Danubio, había encontrado ya varios milenios antes una mejor posibilidad de desagüe en dirección al valle del Alto Rhin, que era entonces de 200 a 300 metros más profundo que el Danubio en el antepaís alpino y que atraía por eso a un número cada vez mayor de ríos de sus alrededores.

Un tributario del Aare atrajo el agua de fusión del glaciar del valle del Rhin, situado igualmente en su curso alto, creando un canal de desagüe desde el valle del Rhin

alpino, permitiendo al agua fluir con más rapidez que antes. En un lugar cualquiera entre la parte occidental del lago de Constanza y Schaffhausen estuvo situado el punto decisivo de desagüe, en el que se les señalaron nuevos caminos a las aguas procedentes de los valles de los Grisones, las cuales se habían congelado y formado glaciaciones en las fases de la glaciación, moviéndose en los períodos interglaciares bajo la forma de lo que se denomina el Rhin alpino primitivo. No es posible determinar exactamente la época en que se produjo esta desviación, supuesta entre 700.000 años y 1,2 millones de años. De esta manera comenzó también la reorientación básica del avenamiento fluvial del sur de Alemania y la «captura» de las aguas de la cuenca de recepción del Danubio por parte del Rhin, «captura» que prosigue en la actualidad.

En cada glaciación, el ramal principal del glaciar del valle del Rhin se desplazaba más por el nuevo canal de desagüe creado por el Aare en dirección hacia el Oeste y, por consiguiente, al Rhin. Tras la fusión del hielo del glaciar, el predecesor del Rhin alpino discurría por las huellas dejadas por el glaciar y saliendo del mismo tramo del valle. La lengua del glaciar excavó en cada una de las fases frías y al recorrer ese camino un valle profundo en forma de fiordo, depresión actual del lago de Constanza, mientras que en los períodos cálidos o interglaciares el predecesor del Rhin alpino ahondaba el canal de desagüe que iba desde la depresión del lago de Constanza hasta el valle del Alto Rhin gracias al fuerte declive de este tramo.

Supone el doctor Harald Steinert, en las fases cálidas interglaciares que llegaban a durar bastantes decenas de miles de años, formarían en esa depresión de un gran lago de dimensiones similares a las del actual lago de Constanza, lago existente, por lo menos, en los dos últimos períodos interglaciares. El actual lago de Constanza sería su tercera versión.

Las únicas repercusiones que los movimientos tectónicos pueden haber tenido en el desarrollo del lago de Constanza consisten según Schreiner en la orientación dada a los dos lagos subsidiarios: el de Überling y el de Radeburg.

### MINERIA

#### LAS ARCILLAS COMO SUCEDANEO DE LA BAUXITA

Siempre que las disponibilidades de materias primas sean normales, es más barato obtener la alúmina a partir de la bauxita que, con un 25 a un 30 por 100 poseen por lo menos el doble del contenido en metal que las arcillas u otros minerales de aluminio.

Las drásticas subidas del precio de la bauxita y los avances en la separación del aluminio de otros minerales de ley baja, han situado ya la obtención de alúmina a partir de esas reservas en las proximidades de la rentabilidad.

Mientras que es un grupo relativamente pequeño de países los que producen en el mundo del 80 al 90 por 100 de la bauxita, los minerales no bauxíticos de aluminio están mucho mejor repartidos. En la República Federal de Alemania se tienen en cuenta las arcillas como mate-

rias primas para la obtención de aluminio y consideran como zona muy prometedora la cuenca arcillosa del Alto Palatinado que se extiende desde Naaburg hasta Ratisbona. Desde el punto de vista geológico se trata de un área de sedimentación del sistema fluvial terciario del Naaben las inmediaciones de la Selva Bávara. Como consecuencia de la meteorización de las rocas que contienen feldespatos en abundancia han surgido esas capas de las que ahora se sospecha que contienen aluminio. La arcilla del Alto Palatinado es también con la que realizan experimentos los científicos de las Vereinigten Aluminium-Werke. Actualmente están redactando las bases de la planificación de una planta piloto para la obtención de alúmina a partir de la arcilla. En el caso de que los ensayos se vean coronados por el éxito, a principios de los años 80 entrará en servicio en la zona de Schwandorf una planta piloto que producirá ya alúmina a escala técnica.

#### LIXIVIACION DE METALES URANIFEROS MEDIANTE BACTERIAS

De los yacimientos de mineral de uranio de ley baja, entre los que figuran los fosfatos, los esquistos y el granito, puede disponerse todavía de 40 a 50 millones de toneladas de uranio, apenas explotados podrían ser beneficiados por métodos microbianos, como se aplican ya a escala industrial para los minerales de cobre.

Los nuevos métodos se basan en los procesos de meteorización biológica de rocas y minerales de todas clases. Determinadas bacterias del grupo de las tibacterias participan con gran intensidad en la actividad meteorizadora, y la variedad *Thiobacillus thiooxidans* es capaz de producir ácido sulfúrico a partir de minerales que contengan azufre. Ese ácido sulfúrico lixivia a su vez el uranio u otro metal contenido en el mineral. Otra variedad, el *Thiobacillus ferrooxidans*, se encarga de oxidar el hierro bivalente y de transformarlo en trivalente. De la misma manera que el ácido sulfúrico, el hierro trivalente suministrado por vía bacteriana acaba provocando el proceso de oxidación del uranio.

#### COSECHA DE NODULOS EN LAS PROFUNDIDADES MARINAS

Existe un proyecto internacional que prevé la extracción de varios miles de toneladas de nódulos de manganeso situadas a 5.400 metros de profundidad al sudeste de las islas Hawaii, en pleno Océano Pacífico. Pero lo interesante de estos nódulos del tamaño de patatas es tanto el manganeso, como los porcentajes de níquel, cobre y cobalto.

El ensayo ha sido objeto de minuciosos preparativos, mediante la exploración de los fondos marinos donde va a llevarse a cabo. Aunque estos fondos no están considerados todavía explotables comercialmente —para lo que deberían ocupar extensiones mucho mayores que permitiesen la recogida de cantidades suficientes de nódulos de manganeso, de un millón a millón y medio de toneladas al año—, sino que se trata solamente de sectores en los que puedan llegar a ponerse en explotación yacimientos realmente rentables.

El fondo del Pacífico es un terreno muy accidentado con pendientes muy pronunciadas y arrecifes rocosos muy

peligrosos para los mecanismos extractores. Ello presupone un levantamiento cartográfico muy exacto del fondo del mar, en el que habrá que determinar la distribución de los nódulos de manganeso, la densidad que alcanzan en el fondo del mar, la composición de los distintos metales y todos los obstáculos que se oponen a su extracción. Todo ello extendido a varios miles de kilómetros cuadrados para un solo yacimiento, antes de que pueda acometerse su explotación.

Se ensayarán sucesivamente dos métodos de extracción: el procedimiento «Airlift», mediante la elevación a superficie de los nódulos por la inyección de aire a presión en el tubo extractor, y el sistema de bombeo, con la inmersión de gigantescas bombas a unos 1.000 metros de profundidad en el tubo extractor, las cuales se encargan de elevar «hidráulicamente» el agua junto con los nódulos que flotan en ella. El método «Airlift» extrae los nódulos de manganeso intactos, y el procedimiento hidráulico los desintegra dentro de las bombas.

La elevación de los nódulos de manganeso elevará a la superficie una cantidad grande de agua profunda y de cienos de fondo. Como el agua superficial del océano en las zonas ecuatoriales donde será posible realizar las extracciones es muy pobre en nutrientes y, por consiguiente, en pescado, mientras que el agua profunda, es por el contrario, muy rica en nutrientes, una extracción continua de nódulos daría con seguridad lugar a una «fertilización» permanente del agua superficial, convirtiéndose así esas zonas en verdaderos oasis pesqueros dentro de los «desiertos» oceánicos. Pero los cienos que se remontan a la superficie podrían anular en parte ese efecto. Por eso se está estudiando la posibilidad y la manera de que los sólidos extraídos sean trasladados de nuevo a las grandes profundidades marinas de procedencia.

#### EXTRACCION DE URANIO DEL AGUA DEL MAR

Se calcula que en el agua del mar están actualmente diluidos unos 4.000 millones de toneladas de uranio y, por término medio, 1.000 toneladas de agua marina no contienen más que tres gramos de metal. El Ministerio Federal alemán de Investigación y Tecnología, en colaboración con la Uranerzbergbau, S. L., programan la instalación de una planta de absorción a base de un compuesto de titanio obtenido por vía de síntesis, el cual permitirá alcanzar un factor de enriquecimiento que oscila entre 100.000 y un millón.

Gracias a la utilización de un lecho de absorción que se inunda desde su parte inferior con una trayectoria ascendente, se mejoran de una manera decisiva el grado de aprovechamiento del agua del mar fluyente y la velocidad de «carga» del absorbente. Cada partícula de la sustancia absorbente está constantemente bañada de agua nueva y absorbe el uranio con un gradiente máximo de concentración.

La planta piloto consta de diez de esos lechos de fluidización, alojados cada uno de ellos en columnas. Su altura no llega al medio metro. A ellos se hace llegar por su parte inferior un torrente granulado de hidróxido de titanio, cuyo método de fabricación y solidificación determinan a su vez el grado alcanzable de «desenriquecimiento» del agua del mar y el gasto de material absorbente, ya que un problema especial lo plantea el desgaste

del citado material en el lecho fluidizado: cuando es muy elevado, las pérdidas del uranio ya absorbido con el absorbente arrastrado por el agua y los gastos de la pérdida de material pueden poner en entredicho el éxito del método.

Con el uranio son absorbidos del agua del mar otros metales, ninguno de ellos con un grado tan alto de enriquecimiento. Aunque es posible, una vez lavado el medio absorbente en una solución adecuada, separar el uranio de los metales acompañantes de menor valor, el grado de eficiencia del procedimiento en su totalidad podría mejorarse aún más si se consiguiese extraer únicamente el uranio del hidróxido de titanio. La fluidización del lecho de absorción permite, por último, el perfeccionamiento del método hasta convertirlo en un proceso continuo en el que a partir de una serie de lechos de extracción combinados fluye constantemente y de una manera automática el granulado cargado de uranio por un canal de descarga, el cual es lixiviado y retornado de nuevo al lecho de absorción.

Una instalación comercial, constaría de un gran número de cámaras largas de absorción acopladas y montadas en un barco semisumergido que permanecería anclado en zonas con contenido en uranio abundante y con corrientes también suficientes. Uno de estos barcos con 50.000 a 60.000 metros cuadrados de superficie de absorción podría producir varios cientos de toneladas de uranio al año que, a ser posible, tendrían que extraerse del agua del mar en forma de concentrado de uranio ya listo para su uso.

#### LAS RESERVAS DE NODULOS DE MANGANESO

La explotación de los nódulos no merece la pena por su contenido en manganeso, dados los precios de este metal en los mercados mundiales, sólo interesa por su contenido en cobre, níquel y cobalto. Según las técnicas actuales, estos metales tienen que alcanzar juntos de 1,75 a un 2 por 100 como mínimo. La densidad de los nódulos en el fondo del mar tiene que ser lo suficientemente alta para que su extracción resulte rentable, es decir, ascender como mínimo a diez kilogramos de nódulos por metro cuadrado. Ambas condiciones sólo se cumplen en zonas muy limitadas del fondo profundo del mar, pese a que casi la totalidad de las profundidades abisales, las pendientes submarinas y las mesetas del fondo del mar están cubiertas de nódulos de manganeso.

La superficie del fondo del mar profundo considerada como rentable y en parte como yacimiento, equivale a un 1,2 por 100 aproximadamente de los campos de nódulos submarinos. La densidad dentro de estas zonas más favorecidas es muy desigual, así como el contenido de los nódulos en metales valiosos. Ello dificulta una valoración de los yacimientos y de sus posibilidades de explotación.

La posible importancia de las reservas realizables de nódulos con las reservas comprobadas de la minería terrestre es la siguiente: En el níquel, ambas vienen a ser similares; por lo que se refiere al cobre, las reservas de los nódulos de manganeso no equivalen más que a una décima parte aproximadamente de las reservas continentales. En el cobalto, las reservas de los nódulos de manganeso son de cuatro a ocho veces a las continentales.

La realidad de las posibilidades mineras submarinas de nódulos son más bien modestas. Los miles de millones

de toneladas de nódulos de manganeso no han sido todavía comprobados como campos susceptibles de explotación (los cuales tienen que tener por los menos una extensión de 20.000 a 30.000 kilómetros cuadrados, para garantizar a una empresa extractora una explotación suficientemente larga que cubra las elevadas inversiones que se requieren). El desarrollo de la prospección de espacios grandes, para la exploración de los campos de nódulos de manganeso susceptibles de explotación, se ve dificultada por el hecho de que la investigación teórica de la geología marina no ha conseguido explicar el origen y distribución de los nódulos de manganeso, así como sus contenidos desiguales en metales valiosos.

#### ENERGIA

##### CRISTALES DE HIDROGENO PARA LA FUSION NUCLEAR

El Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe ensaya nuevas posibilidades con vistas a establecer los presupuestos para una fusión nuclear controlable, con ayuda de un nuevo aparato desarrollado por sus colaboradores para la producción y aceleración de diminutos cristales de hidrógeno.

Con el citado aparato, puesto recientemente en funcionamiento y que ha costado unos cuatro millones de marcos, se producen diminutos cristales de hidrógeno a una temperatura de  $-230^{\circ}$  Celsius. Estos microcristales pueden ser producidos con un tamaño mayor o menor de acuerdo al ajuste del aparato. Se pueden conseguir cristales de tan sólo 100 moléculas. Estos microcristales son bombardeados con electrones y cargados así eléctricamente y luego, como corriente de partículas estrechamente ligadas, son acelerados sobre un trayecto de 20 cm con una tensión de un millón de voltios. Esta corriente de partículas se puede utilizar, en un plasma producido con medios convencionales, tanto para elevar la temperatura como la densidad de partículas. Un plasma con temperaturas y densidad de partículas lo más elevadas posible es a su vez el requisito previo para que pueda tener lugar la fusión nuclear.

##### DURACION DE LAS RESERVAS ENERGETICAS

A la humanidad le queda un plazo de ciento treinta y tres años, a cuyo término se habrán agotado todos los soportes energéticos de la Tierra actualmente conocidos y aprovechables tanto desde el punto de vista técnico como del económico, con inclusión de los combustibles nucleares. Dicho plazo se prolongará otros quinientos ochenta años si se incluyen en ese cálculo estadístico teórico las reservas energéticas que probablemente serán en el futuro susceptibles de explotación técnica, ya que la duración de los distintos soportes energéticos. Algo parecido puede decirse también de la relación de los yacimientos económicamente explotables respecto a los totales: mientras que en el caso del petróleo y del gas natural las reservas totales no equivalen más que al triple de las reservas actualmente explotables, en el caso de las arenas bituminosas equivalen a nueve veces, en el

de las pizarras bituminosas a quince y en el del carbón a dieciocho.

Son explotables de una manera rentable, según el nivel actual de la técnica, el 5,6 por 100 del total de las reservas de carbón conocidas y estimadas hasta una profundidad máxima de 2.000 metros y con una potencia de 30 centímetros como mínimo, las cuales acumulan unas reservas energéticas de unos 9,8 billones de toneladas de unidades de hulla. La extracción actual de hulla en el mundo puede durar todavía ciento noventa años, y la del lignito, incluso doscientos setenta años, períodos que pueden prolongarse en la medida en que progresen la exploración y la técnica de extracción.

A escala mundial son menores las reservas de hidrocarburos que las carboníferas. Aunque el petróleo pueda durar más allá del año 2000, el aumento de la extracción supone el descubrimiento y puesta a punto de nuevas reservas, sobre todo en las regiones árticas y en regiones marítimas más profundas. Lo mismo puede decirse del gas natural. Su duración «estática» (la misma extracción e idénticas reservas) de las reservas de petróleo del mundo se eleva sobre la base de las reservas comprobadas a unos treinta y cuatro años, y en el caso de las reservas totales a ciento dos solamente. Los valores correspondientes al gas natural son de cincuenta y cuatro y ciento setenta y nueve años, respectivamente.

Todavía existen grandes cantidades de hidrocarburos mezclados a las pizarras y las arenas bituminosas. Las reservas de pizarras bituminosas del mundo, que al igual que las arenas bituminosas se concentran principalmente en América del Norte y del Sur, se estiman en unos 490.000 millones de toneladas (contenido en petróleo), de los que no son actualmente explotables de una manera rentable más que 40.000 millones. Una producción comercial de petróleo a partir de las pizarras bituminosas no se practica actualmente más que en la U. R. S. S. y en la República Popular China. Ambos países extraen 10 millones de toneladas al año.

Los combustibles nucleares no son tan abundantes como para calificarlos de «soportes energéticos del futuro». Las reservas mundiales de uranio que cabe calificar de seguras ascienden a dos millones de toneladas, dados unos gastos de extracción de 30 dólares por libra (453,6 gramos) de óxido de uranio. Hay que contar con unas reservas estimadas que oscilan entre 2,8 y 3,3 millones de toneladas. Las reservas ubicadas en el «mundo occidental» alcanzan aproximadamente hasta el año 2000, siendo insignificantes las de la República Federal de Alemania en comparación con su consumo. Pasado el año 2000 habrá que recurrir en mayor medida a los yacimientos de ley baja, como los de fosfatos, pizarras y granitos, en los cuales se calcula que existen de 40 a 50 millones de toneladas de uranio, de momento no resulta explotable, tanto desde el punto de vista técnico como del económico, más que una parte muy pequeña. Las cantidades de uranio que en un futuro próximo puedan extraerse del agua del mar a precios razonables no pasarán de unos pocos miles de toneladas al año. A partir de 1985 va a ser también posible un cierto desahogo de las reservas de uranio merced al aprovechamiento del torio radiactivo, que actualmente se utiliza preferentemente como material de aleación en la aeronáutica y para la fabricación de mechas incandescentes de luz de gas. El torio, cuyas reservas se estiman en unos

cuatro millones de toneladas, la mayor parte de las cuales se ubican en el continente americano, podría sustituir en parte al uranio, como combustible nuclear en el reactor de temperaturas altas que actualmente se construyen, como el de Schmehausen (Unna). De aquí a 1985 es previsible una explotación económica, supuesto que se hayan podido resolver plenamente los problemas aún pendientes tecnológicos y relacionados con la seguridad de funcionamiento del reactor.

## HIDROCARBUROS

### NUEVAS TECNICAS EN LOS CAMPOS PETROLIFEROS DEL EMSLAND

En los campos petrolíferos del Emsland ha comenzado a utilizarse el vapor para que el petróleo fluya con mayor rapidez de los pozos. Si es muy viscoso y pesado, la extracción resulta más difícil. Algunos crudos de esta zona petrolífera alcanzan un grado de viscosidad 150 veces el del agua.

Las inyecciones de vapor recalentado vienen aplicándose con éxito desde mediados de 1975 en un test piloto en el campo petrolífero de Georgsdorf (Emsland). Diversas sondas introducen a presión en el yacimiento hasta 40 toneladas de vapor por hora a una temperatura de 340 grados de Celsius. Cuando el yacimiento alcance la temperatura necesaria—lo que presupone una adición constante de vapor a lo largo de seis años—, se interrumpirán las inyecciones de vapor. Para entonces, el agua de presión que se calienta dentro del yacimiento y que ejerce el efecto de la inundación artificial de agua caliente, bastará para impulsar el petróleo a través de las sondas de extracción.

En el caso de que siga discurriendo con éxito el ensayo que se realiza, el grado de explotación de los yacimientos de petróleo pesado del Emsland podría experimentar a juicio del doctor Lübben un aumento del 10 al 15 por 100. Se proyecta asimismo la extensión del procedimiento a otros sectores del campo de Georgsdorf y a otros campos de la zona occidental del Emsland.

### MUESTRAS DEL SUELO EN LUGAR DE SONDEOS PETROLIFEROS

Los yacimientos de hidrocarburos no son absolutamente impermeables, de tal modo que los gases que coinciden con el petróleo aparecen en forma de trazas en la superficie terrestre, por ello en las muestras del suelo que se toman en las inmediaciones de tales yacimientos suele aparecer metano en cantidades ínfimas. El metano también existe en casi todos los suelos, como producto de desintegración bacteriana de sustancias orgánicas muertas, por lo que no constituye un indicio seguro de la existencia de reservas de hidrocarburos en el subsuelo. Mediante el análisis isotópico de los hidrocarburos es posible distinguir el metano de origen bacteriano del que procede de un yacimiento petrolífero. Además puede inferirse de la relación de los isótopos estables de los hidrocarburos entre sí, la naturaleza de los hidrocarburos contenidos en el subsuelo.

## MATERIAS PRIMAS

### PROXIMO AGOTAMIENTO DE LAS RESERVAS DE MINERALES METALICOS

Las reservas conocidas, tanto seguras como «probables», de minerales metálicos durarán probablemente una generación: el cinc, veintidós años; el plomo, treinta y uno; el estaño, treinta y dos; el cobre, treinta y cuatro, y el aluminio, cincuenta y tres años. En esta estimación de la duración media de las reservas se han tenido en cuenta las siguientes tasas de crecimiento del consumo: en el caso del estaño, de un 1 a un 1,5 por 100 al año; en el cinc, de un 1,5 a un 2 por 100; en el plomo, de un 2 a un 2,5 por 100; en el cobre, de un 3 a un 3,5 por 100, y en el aluminio, de un 4,5 a un 5 por 100. Anualmente disminuyen en el orden de un 5 por 100 las capacidades de extracción por agotamiento de los yacimientos.

## CONTAMINACION

### ALGAS COMO FILTROS DE AGUAS RESIDUALES

Las investigaciones con el alga Chlorella pyrenoidosa han puesto de manifiesto que las algas contaminadas con los metales pesados mercurio, cadmio o níquel se ven mermadas en su crecimiento, pero, por otra parte, están en condiciones de adaptarse hasta cierto punto a esa contaminación. Esta propiedad brinda la posibilidad de utilizar algas como filtros biológicos para la depuración de aquellas aguas residuales que contengan metales pesados, tan peligrosos para el medio ambiente y, por consiguiente, para la salud de los seres vivos.

## INVESTIGACION ESPACIAL

### RADAR GIGANTE PARA EL ESTUDIO DE LA ATMOSFERA

Un radar gigante, desarrollado en el Hartz por científicos del Instituto Max Planck de Aeronomía, Lindau, se va a utilizar en Puerto Rico para el estudio de la atmósfera. Se proyecta combinar la instalación con un espejo de 300 metros cuadrados de extensión que actualmente se utiliza con fines radioastronómicos.

Con estos nuevos equipos se pueden realizar mediciones continuas hasta una altura de 100 km. Todo el potencial energético de la atmósfera, especialmente las masas de aire caliente que influyen de modo predominante en el tiempo, e incluso las partículas arrastradas por los vientos solares a la atmósfera, podrán ser observadas en todas sus modificaciones. Una de las ventajas derivadas será una previsión más exacta del tiempo.

## DOS NUEVAS GALAXIAS ENANAS EN LAS PROXIMIDADES DE LA VIA LACTEA

La familia de galaxias a la que pertenecen nuestra Vía Láctea, la Niebla de Andrómeda y las Nubes de Magallanes, continúa creciendo: astrónomos ingleses han descubierto recientemente, con ayuda de un telescopio estacionado en Australia, otras dos nuevas galaxias enanas. Se calcula que se hallan a una distancia de entre 3,6 y 4,2 millones de años luz (la famosa Niebla de Andrómeda se halla a 2,2 millones). Estas nuevas galaxias aparecen muy azules, por lo que se presume que constan de estrellas jóvenes muy calientes. Con estos dos nuevos miembros en la familia, el «grupo local» pasa a contar con 25 sistemas estelares.

### EL DISCO DE POLVO COSMICO COMO ORIGEN DEL SISTEMA PLANETARIO

Según ponen de manifiesto los descubrimientos hechos con el telescopio del observatorio germano-español del Calar Alto (Almería), una masa gigante de polvo cósmico comienza a girar en el espacio y forma un disco plano, en cuyo centro se produce la aglomeración de una estrella. En las partes más alejadas del centro del disco en rotación se forman planetas. Posteriormente, la radiación luminosa de la nueva estrella arroja el material no utilizado en la formación de la estrella y los planetas al espacio y la estrella puede observarse finalmente con todo su brillo.

Los objetos observados con una nueva técnica de medición en las «zonas de formación de estrellas» han puesto de manifiesto tanto en la modalidad de la luz emitida por ellas como en su modificación a causa de la polarización que están envueltas en densas nubes de polvo en forma de disco. Esto se aprecia sobre todo en el grado alto de polarización de su luz, provocado por su reflexión en el disco de polvo. Así, por ejemplo, en la nebulosa W 3 hay objetos cuya luz está polarizada hasta en un 16 por 100, y en la nebulosa M 17 han llegado a medirse en las estrellas jóvenes grados de polarización de incluso el 26 por 100.

El hecho de que estos «discos bipolares de polvo» en torno a las estrellas jóvenes de las nebulosas W 3 y M 17 estén orientados muy uniformemente, indica la existencia de un mecanismo estimulador también uniforme. Parece, pues, como si la rotación de los discos de polvo y, por consiguiente, la formación de las estrellas y de los sistemas planetarios, hubiera sido provocada por un mecanismo común, como, por ejemplo, por una onda de choque que hubiese atravesado el sistema de la Vía Láctea. La génesis de «discos bipolares de polvo» parece ser típica de determinadas fases de la formación de estrellas, y la formación de sistemas planetarios en el espacio, relativamente frecuente.

### INVESTIGACIONES PLANETARIAS SOBRE LA TIERRA

El profesor Heinz Maier-Leibnitz, presidente de la Comunidad Alemana de Investigación Científica, escribe: «Los espectaculares eventos de la investigación espacial nos han hecho tomar conciencia de que el espacio vital del hombre no tiene por qué limitarse necesariamente a la

Tierra. Por otra parte, los resultados de la exploración de nuestro sistema planetario han puesto con idéntica claridad de manifiesto que el medio natural que nos brinda la Tierra, tan propicio a la vida, no es algo obvio, sino el resultado de una larga evolución y de numerosos influjos que han acabado haciendo posible la vida en nuestro planeta.»

En las investigaciones planetarias hay que procurar captar las peculiaridades de nuestro planeta en comparación con los demás e interpretarlas debidamente, haciendo aprovechables para fines y intereses terrestres los conocimientos así obtenidos. El hecho de que, por ejemplo, los llamados planetas terrestres, como Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, y la Luna, así como los astros matrices de los meteoritos, punto con los que cabría pensar en los planetoides, han descrito en principio un proceso evolutivo similar, suministra un gran número de datos sobre su evolución y diferenciación geológicas, puede poner en claro procesos globales de formación del roquedo y suministrar referencias acerca de los fenómenos de formación de los yacimientos de minerales en la Tierra. Los componentes principales de las envolturas gaseosas de los planetas y de algunos satélites son ya muy diferentes: el anhídrido carbónico condiciona el «aire» de Venus y Marte, el nitrógeno y el oxígeno los forman en la Tierra, y el hidrógeno y el helio en los planetas exteriores. Las nubes constan en Venus de ácido sulfúrico, en Marte de anhídrido carbónico y en Júpiter y Saturno de amoníaco y metano, siendo muy probable que la «mancha roja» de Júpiter constituya un ciclón de dimensiones inconcebibles. Las diferentes propiedades de rotación de los planetas dan lugar, junto con la desigual transmisión de energía motivada por la desigual intensidad de la insolación, a sistemas de circulación totalmente diferentes dentro de esas atmósferas, como, por ejemplo, en el planeta Venus, «casi inmóvil», donde, sorprendentemente, se produce un sistema de rotación en la envoltura gaseosa que en el ecuador llega a casi cien metros por segundo.

Pero la vida podría haber surgido también en una atmósfera más densa y cálida que la actual de la Tierra, como la que existió quizá hace millones de años en Marte, y hasta la fecha no se sabe con exactitud si las sondas de Marte no han podido demostrar su existencia porque las preguntas correspondientes no han sido debidamente planteadas en los experimentos. En una atmósfera mariana reproducida artificialmente han conseguido vivir varias semanas esporas de bacterias, sin perder nada de su capacidad vital y berminativa. El crecimiento y la reproducción no hubieran sido posibles sin la presencia del agua, que con toda probabilidad existió, en épocas tempranas de Marte. Pueden considerarse como posibles portadores de estadios previos de la vida, entre los demás planetas y satélites de nuestro sistema solar, sobre todo Júpiter, Venus y el satélite de Saturno Titán, con una envoltura cerrada de nubes de color rojizo pardo. En Júpiter y en Titán se espera descubrir condiciones similares a las de la primitiva Tierra. Se sospecha que en ambos se ha alcanzado un estadio que favorece la formación abiótica de los más diversos compuestos del carbono, lo cual se considera como supuesto previo a la formación de las primeras células vivas. Un vuelo futuro a esos dos cuerpos estelares podría permitirnos ahondar en nuestro propio pasado.

## REUNIONES CIENTIFICAS

XII CONGRESO INTERNACIONAL  
DE LA GALVANIZACION  
«INTERGALVA 79»

En París se celebró del 17 al 23 de mayo el XII Congreso Internacional de la Galvanización INTERGALVA 79, organizado por la Asociación Europea de Galvanización (EGGA). La organización de estos Congresos es una de las responsabilidades más importantes de dicha Asociación; se celebran cada tres años y son considerados como el principal foro internacional en todos los aspectos relacionados con la galvanización y técnicas conexas.

A este Congreso asistieron más de 500 delegados de los países miembros de la EGGA —Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Noruega, Portugal, Suecia y Suiza— y de otros países invitados. La representación española estuvo constituida por 30 delegados miembros de la Asociación Técnica Española de Galvanización.

Se presentaron 60 trabajos distribuidos en nueve sesiones técnicas organizadas en forma de mesas redondas. En estas sesiones se revisó la problemática de los diversos sectores relacionados con la Galvanización en Caliente y se hizo especial énfasis en la resistencia a la corrosión del acero galvanizado, resistencia avalada no únicamente por los diversos ensayos acelerados de corrosión, sino también por la duración del acero galvanizado en diversos ambientes de diferente agresividad. A este respecto se presentaron algunos casos de larga duración comprobada del acero galvanizado (casos históricos). Los delegados españoles presentaron dos trabajos sobre la galvanización de aceros con contenidos elevados en silicio y sobre un caso práctico de ahorro de energía al utilizar un nuevo tipo de horno.

Además de las comunicaciones técnicas especializadas, de las discusiones e intercambio de experiencias y de las visitas a las fábricas, es preciso hacer notar la importancia de los contactos humanos que se establecen entre los galvanizadores del mundo entero.

I ASAMBLEA GENERAL DEL «GRUPO  
ESPECIALIZADO DE ENERGIA» DE LA ASOCIACION  
NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS

El pasado día 27 de marzo se ha reunido, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, la I Asamblea General del Grupo Especializado de Energía de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas.

El Grupo pretende reunir a los Ingenieros de Minas interesados en temas energéticos, con los siguientes objetivos:

- Estrechar la colaboración y relaciones entre sus miembros, así como con Organismos nacionales e internacionales similares.
- Conseguir, a través del Grupo, una presencia activa

de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas de modo que pueda seguir la evolución y tener una opinión propia en lo referente al papel de nuestra profesión en el campo de la energía.

- Participar en la divulgación de los temas relacionados con la energía, para que la sociedad española, teniendo conocimiento de los problemas energéticos, llegue al convencimiento de que su solución requiere una mentalidad social de cooperación y ahorro.
- Mejorar la formación de los alumnos de la especialidad y fomentar el espíritu investigador.
- Asesorar a la Junta Directiva de la Asociación en los temas relacionados con la energía y designar, entre los miembros del Grupo, los peritos o expertos que requieran los tribunales, organismos o particulares para emitir dictámenes o informes acerca de estos temas.

Para conseguir estos objetivos el Grupo se propone realizar, entre otras, las siguientes actividades:

- Procurar la adhesión y colaboración de Ingenieros de Minas relacionados con la energía. Promover y/o participar, de forma colegiada, en mesas redondas, seminarios, congresos, publicaciones, etc., relacionados con el tema.
- Utilizar los medios de comunicación social para divulgar temas energéticos de forma asequible al gran público, pero con el necesario rigor científico. Promover seminarios y conferencias en centros de EGB y Bachillerato.
- Actuar, a través de la Comisión de Posgraduados, mediante la creación de premios o concesión de becas para trabajos relacionados con la energía.
- Preparar los informes que demande la Junta Directiva de la Asociación; asesorar, en temas energéticos, a los Organismos y Entidades que lo soliciten.

La Asamblea General ha supuesto la culminación de los trabajos de una Comisión Gestora Provisional, presidida por don Bernardo López Majano, que iniciados en noviembre del pasado año se han traducido principalmente en:

- Elaborar una relación de los Ingenieros de Minas, presumiblemente interesados en temas energéticos, a los que se ha invitado a unirse al Grupo.
- Redactar el Reglamento del Grupo, que ha sido aprobado por la Asamblea General.
- Preparar las elecciones de la Junta Rectora del Grupo, que se llevarán a cabo en el próximo mes de junio.

De los 251 Ingenieros de Minas a los que se ha propuesto, hasta ahora, unirse al Grupo, han respondido afirmativamente, inscribiéndose como miembros de número, casi el 30 por 100 de ellos.

Los Ingenieros interesados en recibir más información pueden solicitarla del Secretario de la Junta Rectora en funciones, nuestro compañero don Rafael Negrillo, cuya dirección es: Calle Ibiza, número 56. Teléfono 274 77 24. Madrid-9.

## Notas bibliográficas

## GEOLOGIA

S. ROBLES OROZCO y J. INIESTA: *Pliegues superpuestos en el Mesozoico de la Sierra de la Vall de la Torre (Tarragona) y su relación con desgarres regionales del zócalo, transversales a la orientación catalánide*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 18 a 22, 1977.

En el Mesozoico de la Sierra de la Vall de la Torre (Tarragona) existen dos sistemas de pliegues superpuestos muy localizados. El sistema de pliegues transversales a la dirección general de plegamiento lo interpretan como producido por un desgarre de escala regional existente en el zócalo paleozoico. Dichos pliegues son, recíprocamente, una confirmación de la existencia del importante desgarre.

El trabajo constituye una prueba más de la existencia de estas estructuras, pertenecientes a un sistema de importantes fallas de zócalo transversales a la dirección catalánide, puesto de manifiesto en trabajos recientes. Evidencia que la investigación de pliegues superpuestos puede ser un método de trabajo en la detección de otros posibles accidentes de este tipo en los Catalánides.—L. DE A.

## GEOGRAFIA FISICA

F. GALLERT GALLEGU: *Los glacis: Problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (estudio bibliográfico)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 12 a 17, 1977.

Presentan los autores en esta nota un breve estudio bibliográfico sobre los trabajos de los principales investigadores que han estudiado las formas denominadas, por las distintas escuelas, «glacis», «pediment» y «fussflache», en el área mediterránea.

Intenta una racionalización de la nomenclatura, una ordenación de las distintas clasificaciones existentes y una recopilación de las interpretaciones genéticas y paleoclimáticas.—L. DE A.

## TECTONICA

JOSÉ VICENT SANTAFÉ LLOPIS: *Nota sobre la tectónica post-miocénica del Vallés (Sector Sabadell)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 13 a 25, 1977.

Aportan nuevos datos, en esta nota, sobre la tectónica de la zona central de la Depresión del Vallés: presencia de estratos con buzamiento hacia el Sur; deducción de la existencia de fallas a partir de datos paleontológicos. Sugieren hipótesis sobre el origen de la línea de flexiones y el proceso sufrido por los sedimentos detriticos miocenos desde su depósito original.—L. DE A.

## PALEONTOLOGIA

NIEVES LÓPEZ MARTÍNEZ, CARMEN SESÉ BENTO y JOSÉ LUIS SANZ GARCÍA: *La Microfauna (Rodentia, Insectívora, Lagomorpha y Reptilia) de las Fiduras del Mioceno medio de Escobosa de Calatañazor (Soria, España)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 60 a 68, 1977.

Precisan la composición y la edad de la asociación faunística de un nuevo yacimiento kárstico de la Cuenca del Duero. Su lista fáunica contiene tres especies nuevas: *Prolabus tobiani* LOPEZ nov. sp., *Armantomys tricristatus* LOPEZ nov. sp., y *Cricetodon aguirrei* SESE nov. sp. La presencia de *Megacricetodon crusafonti* asociado a un «*Eliomys*» cf. *hartenbergeri* confieren a la fauna un carácter moderno dentro del Mioceno Medio.—L.

C. LLOMPART: *Las especies nuevas y no conocidas de moluscos del Ilerdense superior de la Vall d'Ager*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 2 a 7, 1977.

Describe el autor en la primera parte cuatro especies que considera como nuevas. Proceden de los sedimentos ilerdenses de la Vall d'Ager (Lérida). Tres de ellas son lamelibranquios y una gasterópodo.

En la segunda parte cita por vez primera, en estos mismos materiales y localidad, veinte formas, de las cuales once son lamelibranquios y nueve gasterópodos.—L. DE A.

JORDI MARTINELL y JOSEF F. DE VILLALTA: *Revisión y nuevas aportaciones a la fauna del yacimiento pliocénico de Vilacolum, Girona*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 26 a 28, 1977.

Según los autores señalan por vez primera la presencia de dos gasterópodos en el yacimiento pliocénico de Vilacolum (Girona), *Bittium* (s. s.) *reticulatum* DA COSTA y *Scala* (*Hirtoscala*) *muricata* Risso, este último citado por vez primera en el Neógeno español. Acompañan un catálogo actualizado de toda la fauna estudiada hasta el presente en dicho yacimiento, ampliándose con especies hasta ahora no citadas de Crustáceos y Equinídos halladas por ellos.—L. DE A.

LEANDRO SEQUEIROS: *Presencia de Mirospinites (Ammonitina, Perisphinctacea) en la zona Subbética (Cordilleras Béticas, España)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 35 a 37, 1977.

Según el autor no había sido citado en las Cordilleras Béticas (Zona Subbética) el género *MIROSPHINCTES*; re-

cientemente ha sido encontrado en la zona de bimammatum de Sierra Gorda (Loja, España) un ejemplar clasificado como nueva especie (*mirosphinctes myczynskii nov. sp.*) similar a la fauna procedente de la parte occidental de Cuba.—L.

LEANDRO SEQUEIROS: *Nuevos datos paleontológicos y bioestratigráficos de Glossothyri (Brachiopoda, Terebratulidae) en la zona Subbética (España meridional)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 3 a 11, 1977.

Los braquiópodos del género *Glossothyris* descritos y figurados en este trabajo (B. bouei, G. rupicola y G. planulata) fueron recogidos en los niveles de edad Oxfordense (zonas de *bifurcatus* y *bimammatum*) del Dominio Subbético Externo de España meridional. La contribución de GEYSSANT (1966) se enriquece con nuevos datos paleontológicos y bioestratigráficos.—L.

PIERRE MEIN y H. RAFAEL ADROVER: *Yacimientos de El Arquillo III, en Teruel, España. (Nota preliminar.)* Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 46 a 48, 1977.

Dan a conocer una nueva localidad cercana del yacimiento clásico de El Arquillo, más reciente que éste. La fauna recogida es casi exclusivamente de tamaño pequeño (micro-mamíferos y pequeños vertebrados). El esciuróptero Pliopetaurista plioacaenica indicaría un cambio notable en el clima y en la vegetación respecto del Turolense. La consideran como coetánea del yacimiento de Sète ya que P. plioacaenica, *Stephanomys donnezani* y *Mimomys occitanus* son en ambos yacimientos prácticamente iguales en dimensiones y en caracteres evolutivos.—L.

G. DEMATHIEU y J. SÁIZ DE OMEÑAGA: *Estudio del Thynchosauroides santanderensis, n. sp., y otras nuevas huellas de pisadas en el Triás de Santander, con notas sobre el ambiente paleogeográfico*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 49 a 54, 1977.

Procedentes del Triás del área de Puentenansa (Santander) describen cuatro tipos de huellas de pisadas de reptiles de tamaño pequeño. Ninguno de los tipos se conocía anteriormente, pero sólo han dado nombre a uno de ellos (*Rhynchosauroides santanderensis, n. sp.*).

Exponen, también, a partir de datos petrológicos, un esbozo de las condiciones existentes en el área en la época en que vivieron los autores de las pistas. Este esbozo coincide con las conclusiones que pueden deducirse de la existencia y características de las huellas (zona marginal respecto al conjunto de la cuenca, sometida a inundaciones periódicas).—L.

## ESTRATIGRAFIA

RAMÓN JULIÁ BRUGUÉS: *Nuevos datos sobre la posición cronoestratigráfica de los materiales cuaternarios de la cuenca lacustre de Banyoles-Besalú (Girona)*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 55 a 59, 1977.

Caracteriza las principales unidades litológicas, con un enfoque litoestratigráfico y morfológico de los distintos depósitos cuaternarios y el hallazgo de nueva fauna con vistas a una interpretación cronológica. El espectro cro-

nológico abarca desde el Pleistoceno inferior, con gran abundancia de macroflora terciaria, hasta los depósitos würmienses y holocenos del llano de Mata, contenida de la famosa mandíbula neandertalense de Banyoles.

## CRISTALOGRAFIA

M. A. ALVAREZ y R. COY-ILL: *Estudio por CNDO/2 de poliedros de coordinación en silicatos*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 29 a 34, 1977.

Con la aplicación del método semiempírico CNDO/2 (Complect Neglect of Differential Overlap in Two-electron Integrals and in Normalization), han calculado las curvas de energía potencial, en función de la distancia de enlace correspondientes a los poliedros aniónicos:  $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ,  $(\text{AlO}_5)^{7-}$  y  $(\text{AlO}_6)^9$ , así como las correspondientes a formas polimerizadas del tipo:  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ ,  $(\text{Si}_2\text{O}_8)^{4-}$ ,  $(\text{Si}_2\text{O}_9)^{2-}$ ,  $(\text{Si}_3\text{O}_{10})^{8-}$ ,  $(\text{Al}_2\text{O}_7)^{8-}$ ,  $(\text{Al}_2\text{O}_8)^{6-}$  y  $(\text{Al}_2\text{O}_9)^{4-}$ .

Dado el estado actual, más bien precario, de conocimientos sobre los efectos y relaciones que rigen la dinámica de redes cristalinas minerales, el tipo de curvas potenciales obtenidas establecen un modelo suficientemente expresivo para comprender que la estabilización del proceso de polimerización de grupos  $(\text{SiO}_4)$  en la estructura de silicatos no es independiente de la totalidad de factores cristaloquímicos inherentes a este tipo de estructuras. Ponen de manifiesto las serias limitaciones que pueden concurrir en la aceptación de un modelo estrictamente molecular en la tarea de predecir los modos vibracionales de las estructuras de silicatos.

Han calculado para los grupos aniónicos:  $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ,  $(\text{AlO}_5)^{7-}$  y  $(\text{AlO}_6)^9$  los valores correspondientes a la constante de fuerza K («stretching constant force»).—L. DE A.

## PETROGRAFIA

E. MOLINA: *Estudio micromorfológico de las alteraciones que afectan a las calizas de facies Páramo en antiguos perfiles pliocenos*. Acta Geológica Hispánica, XII, núms. 1 a 3, pp. 38 a 41, 1977.

Hace un estudio micromorfológico de las alteraciones que aparecen sobre la caliza mio-pliocena de la Submeseta Meridional, estableciendo su posible edad geocronológica.—L.

## CONTAMINACION

GISÉLÉ STANISLAS, ROLAND MASSE, PAUL FRITSCH, JACQUES LAFUMA, JACQUES CHRETIEN, BERNARD ARNOUX: *Le beryllium et ses accidents, revue générale*. Rap. CEA. R-4815, 47 pp., 1977.

La beriliosis crónica constituye una patología, con una similitud grande lesional con la sarcoidosa. Es posible reproducir experimentalmente, en determinados animales de laboratorio, lesiones análogas. El trabajo comentado contiene una síntesis de los aspectos epidemiológicos y lesionales en el hombre, de las intoxicaciones producidas por el beriliosis, así como una revisión de los diversos trabajos experimentales a los cuales se añaden los ele-

mentos personales. Desarrollan, particularmente, las hipótesis concernientes a la inducción de una granulomatosis crónica, tanto en el aspecto inmunológico como bioquímico. Llegan a la conclusión de ser posible describir el modelo animal mejor adaptado a la reproducción experimental de una granulomatosis crónica después de la intoxicación por berilio.—L. DE A.

MARC GRANDIN, RENÉ LALANDE, PAUL LORENZI, ANDRÉ BOUVILLE, ALAIN DESPRES, JEAN-MARIE GUEZENGAR, JACQUES LE GRAND: *Irradiation externe pendant et après le passage d'un nuage radioactif*. Rap. CEA-R-4844, 73 pp., Saclay, 1977.

El objeto del estudio comentado es la determinación de los factores de valoración que permiten la evaluación de la irradiación externa sufrida durante y después del paso de una nube radioactiva procedente de un fenómeno atmosférico o de una instalación nuclear. Presentan los resultados de los métodos de cálculo utilizados, bajo la forma de curvas, permitiendo estimar las dosis de irradiación externa debidas a cualquier nuclido emisor  $\beta$  o  $\gamma$  presentes en la nube radioactiva o depositado en el suelo. Las dosis equivalentes, en superficie y en altura, las dan para 72 productos de escisión, más importantes a juicio de los autores. Las alturas para las que fueron calculadas las dosis, a partir del suelo, son: 0,1 m, 1 m, 2 m y 30 m.—L. DE A.

## HISTORIA DE LAS CIENCIAS

SEMIÓN MIKÚLINSKI: *Estado actual y problemas teóricos de la historia de las ciencias naturales*. Inves, Sov., sobre Hist. de las Cienc. Moscú, núm. 49, pp. 7 a 32, 1977.

El autor parte de la afirmación de que el socialismo, el progreso de la ciencia y la técnica, son los resortes principales para la elevación del bienestar material y cultural de todo el pueblo. Sostiene, erróneamente, de que sólo desde fines de la década del 40 de nuestro siglo comenzaron a desplegarse rápidamente las investigaciones histórico-científicas, pasando a ser en la década 50-60 una rama independiente y muy importante del saber.

Dedica un capítulo a las líneas principales de desarrollo de la Historia de la ciencia. Desde la organización en Francia (1892) de la primera cátedra de Historia de la ciencia, hoy superan al centenar las del mundo (no las menciona por países, pero en España existen más de veinte) con cuarenta instituciones de investigación científica y sociedades científicas que estudian la Historia de la ciencia.

De una descripción cronológica de los adelantos de una u otra ciencia, se pasó a seguir de cerca el desarrollo de las ideas y los problemas de las diversas ramas del saber, se analizan los acontecimientos, y llegan a comprender los problemas de la metodología del conocimiento científico.

En la segunda mitad del siglo xx, surgió la CIENCILOGIA (ciencia de la ciencia), culminación de la elevación a la categoría de ciencia del estudio de la Historia de la ciencia.

El capítulo siguiente se refiere a las peculiaridades de la investigación histórico-científica.

En las búsquedas sobre el científico, casi nunca se documentan los motivos de su creación. El material debe

manejarse con un sentido crítico, identificarse con el personaje y sólo puede llegar al éxito con una labor ingente, minuciosa y tenaz, sobre datos indirectos, confrontaciones y análisis de numerosas fuentes consultadas por el investigador.

El investigador, en este campo, debe conocer la rama elegida a nivel de naturalista. La Historia de las ciencias es uno de los medios más importantes para dilucidar las leyes del conocimiento. Debe estudiar el proceso de acumulación consecutiva de los conocimientos sobre la naturaleza y el desarrollo, sobre las leyes de la naturaleza y su dominio por el hombre. Se investigaron las vías y la lógica de la cognición de la naturaleza, los procesos de génesis, la evolución y transformación de las teorías y métodos de las ciencias naturales, el lugar y papel de estas teorías, las hipótesis y los métodos en el conocimiento de la naturaleza.

Con el avance de la ciencia, se aprecia nueva faceta en hechos conocidos anteriormente. La investigación histórica debe poner de manifiesto relieve, la evolución de las teorías fundamentales y al mismo tiempo esclarecer qué materiales disponía la ciencia en una u otra época.

Dedica su último capítulo a la formación de las direcciones metodológicas principales en la ciencia historiográfica de otros países. Los científicos del paso del siglo xix-xx expusieron la idea de que, conjuntamente con la Historia de las ciencias aisladas, debía elaborarse la Historia universal de la ciencia, y no simplemente como una colección de hechos, sino como historia de las ideas científicas, en relación con el progreso general de la civilización, el desarrollo de la cultura, de la vida política y espiritual de la sociedad; pasamos de la crónica a la ciencia.

En este capítulo hace una afirmación fácilmente rebatible: «cuán fructífera es la aplicación de los principios del análisis marxista al análisis de un problema histórico-científico concreto.»

En su resumen final incluye las conclusiones siguientes:

1.º La Historia de la ciencia tiene por sí sola su historia.

2.º El paso de la ilustración de la Historia de la ciencia «por personas» a su ilustración como proceso de evolución de los problemas científicos, fue importante en el devenir de la Historia de la ciencia a título de rama independiente del saber.

3.º Puede decirse que la Historia de la ciencia, para cumplir sus tareas, debe convertirse cada vez más en sociología.

4.º La ciencia la hacen los hombres y su misión es servir a los hombres.

5.º El estudio de la historia, se entiende cada vez más, como medio para una comprensión más profunda del presente y para la previsión del futuro.

6.º No existe alternativa: internalismo o externalismo.

7.º La idea de que la concepción marxista del desarrollo de la ciencia es externalista, tal como se divulga en los países capitalistas, no corresponde a la realidad.

8.º La única concepción capaz de dar un reflejo adecuado a la Historia de la ciencia es la concepción marxista de su desarrollo. La concepción marxista es un hilo que guía y ayuda a no extraviarse en el laberinto de infinitos hechos reales y supuestos, que nos rodean por todos los costados, tan pronto iniciamos el camino de la investigación.—L. DE A.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

## Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

## Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

## Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

## Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España  
Ríos Rosas, 23. Madrid-3

## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

«B. O. E.»	NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
	171	16729	18-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Jaén por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
	173	16961	20-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
	174	17122	21-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resoluciones de la Delegación Provincial de Ciudad Real por las que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
	174	17122	21-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
	174	17122	21-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Gerona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
	174	17122	21-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Segovia por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
	174	17122	21-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zamora por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
	175	17266	23-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
	175	17266	23-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
	175	17267	23-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
	175	17267	23-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Gerona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
	175	17267	23-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Palencia por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.

## INFORMACION

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
179	17620	27-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Málaga por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
181	17880	30-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Alicante por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
181	17881	30-VII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
185	18299	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
185	18300	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de La Coruña por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
185	18300	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de León por la que se hace pública la caducidad de las segregaciones de los permisos de investigación minera que se citan.
185	18301	3-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Málaga por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
186	18391	4-VIII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Albacete por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
187	18484	6-VIII-79	I. y E.	ORDEN de 27 de junio de 1979 por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de recursos minerales de lignito «Játiva», inscripción número 9, comprendida en la provincia de Valencia.
187	18485	6-VIII-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
187	18485	6-VIII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Granada por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.

## INFORMACION

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
				<b>HIDROCARBUROS</b>
157	15109	2-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Corrección de errores del Real Decreto 1254/1979, de 4 de abril, por el que se autoriza a la Sociedad «España Cities Service Inc.» para ser titular de permiso de investigación y concesiones de explotación de hidrocarburos.
164	15865	10-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 9 de abril de 1979 por la que «Amoco España Exploration Company, Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleo, S. A.»; «Medosa Holding, S. A.», y «Participaciones Petrolíferas, S. A.», solicitan renuncia parcial del área restante del permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Tarragona F».
164	15866	10-VII-79	I. y E.	ORDEN de 9 de abril de 1979 por la que «Amoco España Exploration Company, Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleos, S. A.», y «Medosa Holding, S. A.», solicitan renuncia parcial del área restante del permiso de investigación de hidrocarburos «Tarragona D».
166	16040	12-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 30 de mayo de 1979 sobre el contrato por el que las Sociedades «Shell» y «Coparex» ceden a «Eniepsa» una participación indivisa del 8 por 100 en el permiso de investigación de hidrocarburos ubicado en zona C, subzona a), denominado «Delta C», y convenio de colaboración y anexo de procedimiento contable.
166	16041	12-VII-79	I. y E.	ORDEN de 5 de junio de 1979 sobre contrato de cesión de «Elf Aquitaine» y «Ciepsa» a «Eniepsa» y «Campsa» de determinadas participaciones en el permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Orduña-Zuazo».
166	16041	12-VII-79	I. y E.	ORDEN de 5 de junio de 1979 por la que se aprueba el contrato por el que «Eniepsa», única titular del permiso de investigación de hidrocarburos «Barcelona Marina A», cede a «B. P.» y a «Total» participaciones indivisas en el mismo del 40 por 100 y del 25 por 100, respectivamente.
167	16197	13-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 20 de junio de 1979 sobre extinción del permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Cabuérniga», situado en zona A.
167	16197	13-VII-79	I. y E.	ORDEN de 20 de junio de 1979 por la que se aprueba el contrato de cesión de «Ciepsa» a «Eniepsa» y a «Campsa» de dos participaciones indivisas respectivas del 33 y 1/3 por 100 sobre el total de su interés del 100 por 100 en el permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Añastro», y convenio de colaboración y acuerdo contable.
171	16728	18-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Precios.</i> —Orden de 2 de julio de 1979 por la que se fijan los precios para la venta de petróleo crudo procedente de las concesiones de explotación «San Carlos I y II», «Tarraco», «Dorada» y «Casablanca».
172	16818	19-VII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 29 de junio de 1979 sobre contrato por el que «Ert» cede a «Eniepsa» una participación indivisa de un 25 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Cardona A a J», «Cardona K a Q» y «Demasia a Cardona A», y «adendum» al convenio de colaboración de 11 de febrero de 1977.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
VARIOS				
157	15109	2-VII-79	I. y E.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Orden de 5 de junio de 1979 por la que se aceptan las solicitudes para acogerse a los beneficios previstos en el Decreto 978/1976, de 8 de abril, aplicables a las empresas que proyecten instalaciones industriales en la zona de preferente localización industrial de la provincia de Jaén.
159	15229	4-VII-79	OP. y U.	<i>Normas Tecnológicas de la Edificación.</i> —Orden de 31 de mayo de 1979 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE/CCM, «Cimentaciones. Contenciones. Muros».
159	15288	4-VII-79	I. y E.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Orden de 30 de mayo de 1979 por la que se rectifica la de 8 de febrero de 1975, al aceptarse la renuncia de «Aisconcel, S. A.», a los beneficios que le concedió dicha Orden por la realización de instalación industrial en la zona de preferente localización industrial del valle del Cinca.
165	15946	11-VII-79	I. y E.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Orden de 25 de abril de 1979 por la que se aceptan solicitudes para acogerse a los beneficios previstos en el Decreto 484/1969, de 27 de marzo, aplicables a las empresas que proyecten instalaciones industriales en la zona de preferente localización industrial de las islas Canarias.
165	15947	11-VII-79	I. y E.	ORDEN de 3 de mayo de 1979 por la que se aceptan solicitudes para acogerse a los beneficios previstos en el Decreto 1882/1968, de 27 de julio, aplicables a las empresas que proyecten instalaciones industriales en la zona de preferente localización industrial de la provincia de Cáceres.
175	17267	23-VII-79	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara por la que se hace público el concurso de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
179	17617	27-VII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resoluciones de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por las que se hacen públicos los otorgamientos de los permisos de exploración que se citan.
180	17718	28-VII-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don Juan Vañó Martí de un aprovechamiento de aguas públicas subáreas del arroyo de La Marjal, en término municipal de Bocairente (Valencia), con destino a riegos.
180	17719	28-VII-79	OP. y U.	RESOLUCIÓN de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don José Gutiérrez Mata, don José Martín Díaz y doña María del Carmen Ramos de un aprovechamiento complementario de aguas públicas subáreas del río Algarrobo, en término municipal de Algarrobo (Málaga), con destino a riegos.
181	17821	30-VII-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a doña Antonia Riera Valldevilaremo de un aprovechamiento de aguas subáreas del río Llobregat, en término municipal de Caltellgali (Barcelona), con destino a riegos.
181	17880	30-VII-79	OP. y U.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración que se cita.

## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 1.—1.<sup>er</sup> Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa, 1.500 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS.

Su moderna presentación y manejable formato, de 21 x 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocina 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 inaugurales y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción.

Área I. Política y economía de las materias minerales.

Área II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

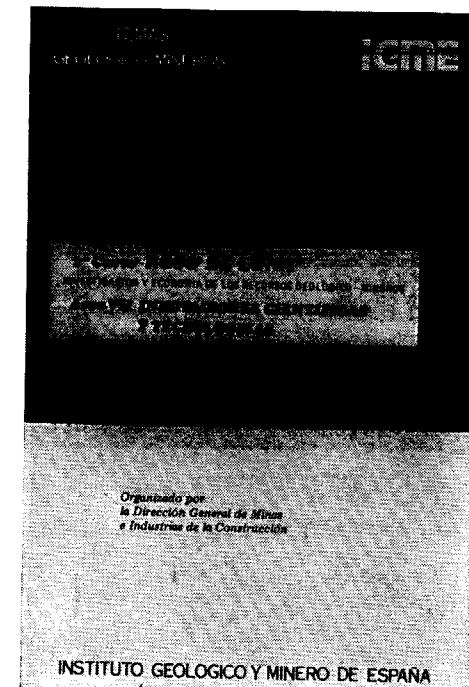
Área III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros.

Área IV. Desarrollo Minero y Mineralúrgico.

Área V. Aspectos legales.

Área VI. Minería y medio ambiente.

Área VII. Innovaciones Científicas y Tecnológicas.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 500 ptas.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico - Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

Una breve descripción de la geología de España, proporciona el marco general en que se distribuye sus depósitos minerales. Estos son descritos según regiones o distritos mineros, cuando se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común. Cuando esto no es posible, se les agrupa, por lo general, siguiendo un criterio genético.

Una sucinta exposición geológico-metalogénica precede, generalmente, a las características generales de cada uno de los depósitos minerales tales como: morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc. Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral, respecto al resto de los de la misma sustancia.

A continuación extractamos su contenido:

#### 1. INTRODUCCION.

2. LA GEOLOGIA.—**Dominio Hercínico:** El Macizo Hespérico. **Dominios de plataforma y cordilleras de tipo intermedio:** Las Depresiones Terciarias de la Meseta, La Cordillera Ibérica, La Cuenca del Ebro, Las Cadenas Costeras Catalanas. **Dominio Alpino:** La Cordillera Bética, La Cordillera Pirenaica, La Cordillera Vasco Cantábrica. **Sistemas de fosas.**

3. DEPOSITOS MINERALES. **Cobre:** Distrito de Santiago de Compostela: Yacimientos tipo Arinteiro y tipo Fornás. **Oro. Plomo-Cinc:** Distritos de Cartagena, de Linares-La Carolina-Santa Elena, distrito de Santander: Reocín, Aliva. Distrito de Huelva-Sevilla: Minas de Aznalcóllar, de Sotiel, de Río Tinto, de San Telmo, de Lomero-Poyato, María Luisa y Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva) Distrito de Lugo. **Plata. Estaño-**

**Volframio:** Minas de Penouta (Orense), de Laza (Orense), de San Fins (La Coruña), de Santa Comba (La Coruña), de Monteneme (La Coruña), Casuallidad-Calabor (Zamora), Depósito de Barruecopardo (Salamanca), Mina de Golpejas o mina Bellita (Salamanca), Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca), Depósito de tipo aluvial. **Mina «El Cubito» (Salamanca), Mina El Trasquillo (Cáceres), Depósito de tipo aluvial. Mina «Santa María» (Cáceres), Mina «La Parrilla» (Badajoz), Depósitos de Sn. de la Sierra de Cartagena.**

**Bismuto:**

Distrito de Córdoba.

**Mercurio. Antimonio:**

Distrito de Alburquerque He-

rrera del Duque.

**Uranio:** De-

pósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y de Don Benito (La Serena, Badajoz).

**Hierro:** Distrito Norte: Areas de Ortuella-Somorrostro (Viz-

caya), Area SE de Bilbao (Viz-

caya), Area de Sopuerta (Vizcaya), Area de Hoyo-Co-

varón y Dícidio (Vizcaya-San-

tander). Distrito Noroeste: Ya-

cimientos de coto Wagner

y Vivaldi. Distrito Centro-

Levante: Minas de la Com-

pañía Minera de Sierra Me-

nara, S. A. Distrito Sudoeste

(Huelva-Badajoz-Sevilla): Mi-

nas de Cala, Mina de Teuler,

Mina de San Guillermo-Col-

menar - Santa Justa, Mina

Monchi, Mina del Cerro del

Hierro. Distrito Sudeste: Mi-

nas del Marquesado y de Alfique. **Titanio. Alumi-**

**nio. Piritas:** Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis

y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de

Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Mi-

nas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Su-

ria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina

Guillermín, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Es-**

tronio. Yesos. Magnesitas:

Mina de Eugui (Na-

varra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

4. AGRADECIMIENTOS.

5. BIBLIOGRAFIA.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

## Colección Temas Geológico - Mineros

### Tema 3.—I. Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 500 ptas.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro» en la Península Ibérica. Dicha reunión se celebró en Granada en octubre de 1978, y fue organizada por los Departamentos de Cristalografía y Mineralogía de las Universidades de Bilbao y Granada.

El contenido del presente número queda esquematizado como sigue: En primer lugar aparece una breve información relativa a algunas de las investigaciones que actualmente se están llevando a cabo por parte de diversas Instituciones y Empresas Mineras.

Así, en relación con los Sectores N y NW de la Península, se están estudiando:

- Mineralizaciones de hierro de la zona Astur-Leonesa.
- Areniscas oolíticas del Devónico Superior de la zona Cantábrica y arenas ferruginosas de San Pedro.
- Mineralizaciones de hierro del Río Norte de Portugal.
- Hierros de Bilbao.
- Magnetitas de Eskolamendi (Lesaca).
- Yacimientos de hematites de Mina Ley (Vera de Bidasoa).
- Yacimientos filonianos de Siderita del área Cantábrica.
- Mineralizaciones de hierro Triásico en Morete del Jalón.
- Mineralizaciones oolíticas de la provincia de Zaragoza.

#### En el Sector SW:

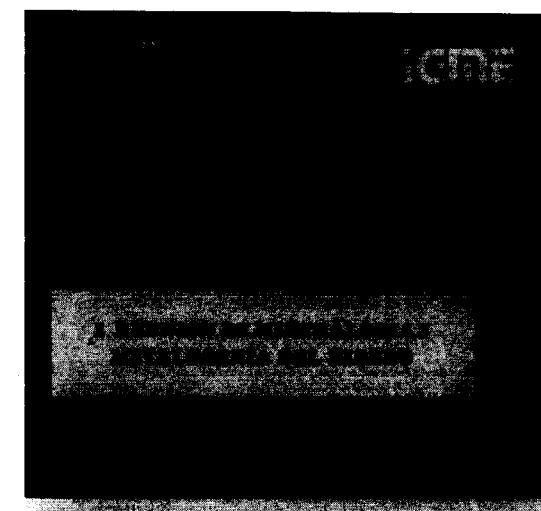
- Mineralizaciones de skarn Olivenza-Monesterio.
- La reserva de Alanis (Cerro Muriano).
- La reserva SW desde la provincia de Córdoba hasta la frontera de Portugal.

#### En el Sector SE:

- Mineralizaciones de hierro tipo «ocres, rojos» en el Trías Subbético.
- Mineralizaciones de hierro de la zona del Marquesado y sectores adyacentes.
- Mineralizaciones de hierro en los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride de la zona Bética s. str.
- Mineralizaciones de hierro (hematites) al norte de Orgiva, en el Trías Alpujárride a lo largo del contacto con el Complejo Nevado-Filábride.
- Mineralizaciones de hierro y cobre de carácter filionario en el sector de Santa Constanza, en micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride.

En segundo lugar, y de acuerdo con el índice que a continuación se expresa, aparecen los trabajos que se presentaron en la citada reunión:

1. Algunos aspectos acerca de la génesis de las mineralizaciones de hierro de la comarca del Marquesado del Cenete y sectores adyacentes (Zona Bética, provincia de Granada). Por: J. Torres Ruiz, L. Pérez del Villar y P. Fenoll Hach-Alí.



Organizada por los  
Departamentos de Cristalografía y Mineralogía  
de las Universidades  
de Bilbao y Granada

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

2. Mineralogía y diagénesis de los carbonatos zonados de los yacimientos de hierro de Bilbao. Por: Javier Arostegui, Jean Paul Fortuné y Francisco Velasco.
3. Estudio de los yacimientos de hierro de Porcina, Tapia de Casariego (Asturias). Por: C. Fernández del Valle y Carlos J. Fernández.
4. Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en las cercanías de Baena (Córdoba). Por: L. García Rossell, J. Torres Ruiz y P. Fenoll Hach-Alí.
5. Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. Por: F. Velasco y J. M. Amigó.
6. Metalogenia y Geología de las mineralizaciones de hierro oolítico del NW de la Península. Por: R. Lunar Hernández.
7. Mineralogía y Mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara). Por: C. Fernández-Nieto y F. Arrese Sevrano.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

## COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación y dentro de su Departamento de Publicaciones, lanza una nueva colección que, bajo



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

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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04



## COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 500 ptas.; extraordinario (\*), 1.000 ptas.; especial (\*\*), 1.500 ptas.

- Tomo 26 - 1913. **Varios.** Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.  
Tomo 36 - 1929. **F. Azpeitia Moros.** Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.  
Tomo 38 - 1933. **F. Azpeitia Moros.** Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.  
Tomo 39 - 1933. **F. Azpeitia Moros.** Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.  
Tomo 40 - 1933. **J. García Siñeriz.** La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen I.  
Tomo 41 - 1935. **Varios.** Explicación del nuevo Mapa geológico de España, escala 1:1.000.000. Volumen I. Sistema Cambriano.  
Tomo 42 - 1944. **P. Fallot y A. Marín.** La Cordillera del Rif. Volumen I, II y Atlas.  
Tomo 48 - 1944. **J. García Siñeriz.** La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.  
Tomo 56 - 1955. **IGME.** Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).  
Tomo 60 - 1959. **P. Comte.** Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique.  
Tomo 61 - 1960. **J. Oliveros y B. Escandell,** con la colaboración de **G. Colom.** Temas geológicos de Mallorca.  
Tomo 62 - 1961. **Febrel Molinero.** Introducción al estudio de la Petrología estructural.  
Tomo 64 - 1963. **J. M. 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 Gadir.  
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. Loize.** El Cámbrico de España.  
Tomo 77 - 1970. **K. Strauss.** Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pírita de Lousal (Portugal).  
Tomo 78 (\*\*). - 1971. **J. Ramírez del Pozo.** Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).  
Tomo 79 (\*\*). - 1971. **División de Geología del IGME.** Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).  
Tomo 80 - 1971. **L. Vilas Minondo.** El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).  
Tomo 81 (\*). - 1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac.** Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.  
Tomo 83 (\*\*). - 1972. **División de Geología del IGME.** Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).  
Tomo 84 (\*). - 1972. **F. J. Martínez Gil.** Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).  
Tomo 85 (\*). - 1974. **M. Colchen.** Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).  
Tomo 86 - 1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho.** El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.  
Tomo 87 - 1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi.** Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Trías Español.  
Tomo 88 - 1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M. Caraballo, M. Peinado y J. M. Tinad.** Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.  
Tomo 89 - 1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa.** Contribución al conocimiento Geológico del Sureste de España.  
Tomo 90 - 1977. **R. Lunar Hernández.** Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.  
Tomo 91 - 1977. **C. F. López Vera.** Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.  
Tomo 92 - 1978. **Andrés Pérez Estaun.** Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.  
Tomo 93 - 1978. **Jesús García Garzón.** Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.  
Tomo 94 - 1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón.** Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.  
Tomo 95 (\*). - 1979. **Antonio Pulido Bosch.** Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nororiental (Provincias de Valencia y Alicante).  
Tomo 96 - 1979. **Luisa Martínez Chacón.** Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.  
Tomo 97 (\*\*). - 1979. **Tomás Rodríguez Estrella.** Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA  
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

# COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del IGME. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el IGME.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

## VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo II.
- Corte del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcos (Orense).
- Reserva «Zona de 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 Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
  - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Co-bulos-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 Pato.
  - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionales 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, Fuentespala (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I». Golfo de Cádiz.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

## ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)

MEMORIA-RESUMEN

(Publicación de la Colección - Informes)

Precio del ejemplar: 500 ptas.

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

Además de este informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

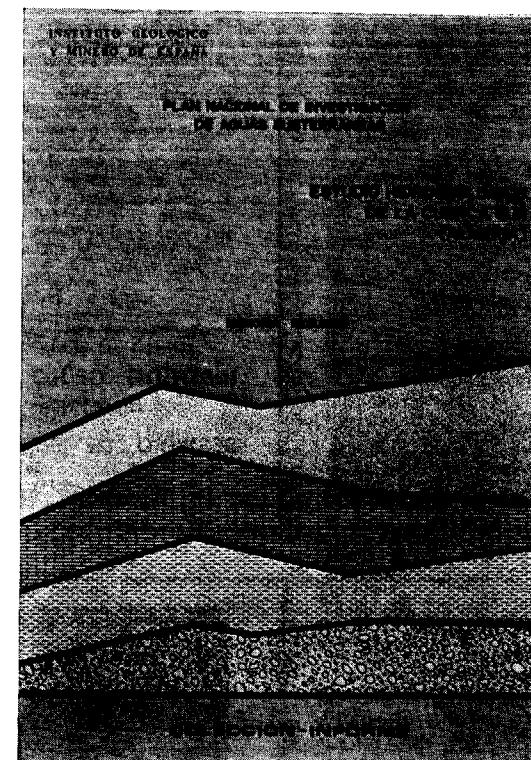
Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA-RESUMEN.

- INFORME I Marco geográfico y económico.
- INFORME II Climatología e hidrología.
- INFORME III Demanda.
- INFORME IV Planes hidráulicos.
- INFORME V Campo de Dalías.
- INFORME VI Cuenca del Andarax.
- INFORME VII Cuenca del Almanzora y Antas.
- INFORME VIII Cuenca del Aguas.
- INFORME IX Cuenca del Adra.
- INFORME X Campo de Níjar.

y se terminaron los estudios de la Cuenca del Guadalquivir, iniciándose los estudios de la Cuenca del Duero. Por tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

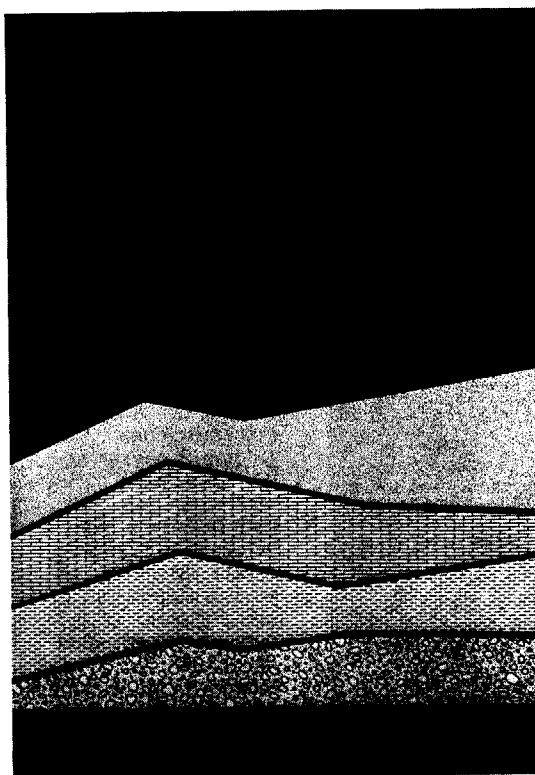


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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



**RESERVA ZONA HUELVA**  
(Colección - Informes)

- 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.  
2 - Estudio Geológico y Minero a 1:50.000 en la hoja 958: Puebla de Guzmán.  
3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobujos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.  
4 - Estudio Geológico y Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.  
5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.  
6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.  
7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.  
8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.  
9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.  
10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).  
11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.  
12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pato.  
13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

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

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

**COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA**  
(Colección - Informes)

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

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

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

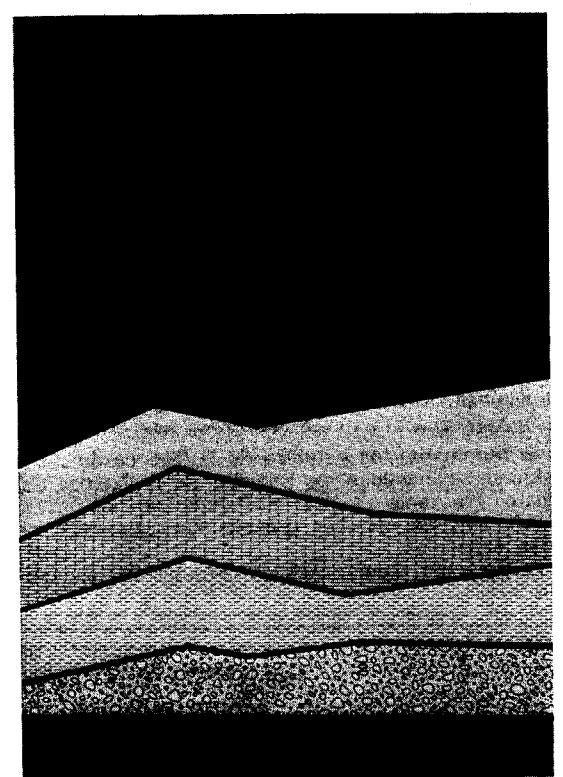
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

**MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000**  
2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

1. Cariño. 142. Aoiz. 606. Chinchón. 909. Nerpio.  
2. Cillerio. 143. Navascués. 607. Tarancón. 910. Caravaca.  
3. San Ciprián. 154. Lalín. 612. Ademuz. 911. Cehegín.  
6. San Salvador de Serantes. 155. Chantada. 613. Camarena de la Sierra. 912. Mula.  
7. Cedeira. 159. Bembibre. 614. Manzanera. 913. Orihuela.  
8. Vivero. 168. Briviesca. 615. Alcora. 914. Guardamar del Segura.  
9. Foz. 169. Casalarreina. 616. Villafámenes. 919. Almadén de la Plata.  
12. Bustos. 175. Sigües. 617. Faro de Oropesa. 920. Constantina.  
13. Avilés. 187. Orense. 631. Ocaña. 921. Navas de la Concepción.  
14. Gijón. 188. Nogueira de Ramuín. 632. Horcajo de Santiago. 922. Santa María de Trassierra.  
15. Lastres. 204. Logroño. 635. Fuentes. 923. Córdoba.  
21. La Coruña. 205. Lodosa. 636. Villar del Humo. 924. Bujalance.  
22. Puentedeume. 207. Sos del Rey Católico. 637. Landete. 930. Puebla de Don Fadrique.  
23. Puentes de García Rodríguez. 225. Ribadavia. 638. Alpuente. 931. Zarcilla de Ramos.  
24. Mondorredo. 226. Allariz. 639. Jérica. 932. Coy.  
27. Tineo. 236. Astudillo. 640. Segorbe. 933. Alcantarilla.  
28. Grado. 237. Castrogeriz. 641. Castellón de la Plana. 934. Murcia.  
29. Oviedo. 239. Pradoluengo. 642. Islas Columbretas. Con la 641. 935. Torrevieja.  
30. Villaviciosa. 240. Ezcaray. 659. Lillo. 939. Castillo de las Guardas.  
33. Comillas. 243. Calahorra. 663. Valera de Abajo. 940. Castilblanco de los Arroyos.  
34. Torrelavega. 244. Alfaro. 664. Enguíanos. 941. Ventas Quemadas.  
35. Santander. 245. Sádaba. 665. Mira. 942. Palma del Río.  
36. Castro Urdiales. 263. Celanova. 666. Cheiva. 943. Posadas.  
37. Algora. 264. Ginzo de Limia. 667. Villar del Arzobispo. 944. Espejo.  
38. Bermeo. 274. Torquemada. 668. Sagunto. 951. Orce.  
39. Lequeitio. 275. Santa María del Campo. 669. Moncófar. 952. Vélez Blanco.  
40. Jaizquíbel. 277. Salas de los Infantes. 690. Santa María del Campo Rus. 953. Lorca.  
41. Irún. 278. Canales de la Sierra. 691. Motilla del Palancar. 954. Totana.  
47. Villalba. 282. Tudela. 693. Utiel. 955. Fuente Alamo de Murcia.  
48. Meira. 300/301. Lovios. 694. Chulilla. 956. San Javier.  
49. San Martín de Oscos. 302. Baltar. 696. Burjasot. 964. Aznalcollar.  
51. Belmonte de Miranda. 320. Tarazona de Aragón. 718. Iniesta. 962. Alcalá del Río.  
52. Proaza. 321. Tause. 719. Venta del Moro. 963. Lora del Río.  
53. Mieres. 329. Pons. 720. Requena. 964. La Campana.  
57. Cabezón de la Sal. 330. Cardona. 722. Valencia. 965. Ecija.  
58. Los Corrales de Buelna. 331. Puigreig. 740. Villarrobledo. 973. Chirivel.  
59. Villacarriero. 336. Portela d'Home. 741. Minaya. 975. Puerto Lumbreras.  
60. Valmaseda. 351. Olvega. 744. Casas Ibáñez. 976. Mazarrón.  
61. Bilbao. 362. Calaf. 761. Llanos del Caudillo. 977. Cartagena.  
62. Durango. 363. Manresa. 763. Socuéllamos. 978. Llano del Beal.  
63. Eibar. 364. La Garriga. 767. Carcelén. 983. Sanlúcar la Mayor.  
64. San Sebastián. 391. Igualada. 788. El Bonillo. 984. Sevilla.  
65. Vera de Bidasoa. 392. Sabadell. 789. Lezuza. 986. Fuentes de Andalucía.  
66. Maya del Banzán. 393. Mataró. 794. Canals. 987. El Rubio.  
72. Lugo. 394. Calella. 796. Gandia. 997. Aguilas.  
73. Castroverde. 417. Espunya de Francolí. 814. Villanueva de la Fuente. 997. bis. Cope.  
74. Fonsagrada. 418. Montblanch. 820. Onteniente. 999. Huelva - Los Caños.  
78. Pola de Lena. 419. Villafranca del Panadés. 821. Alcoy. 1.000. Moguer.  
83. Reinosa. 420. Hospital de Llobregat. 823. Jávea. 1.001. Almonte.  
84. Espinosa de los Monteros. 421. Barcelona. 826. Cheles. 1.002. Dos Hermanas.  
85. Villasana de Mena. 446. Valls. 827. Alconchel. 1.003. Utrera.  
86. Landac. 447. Villanueva y Geltrú. 828. Barcarrota. 1.004. Marchena.  
87. Elorrio. 448. Prat de Llobregat. 831. Zalamea de la Serena. 1.013. Macael.  
88. Vergara. 473. Tarragona. 832. Monterrubio de la Serena. 1.014. Vera.  
90. Sumbilla. 492. Segura de los Baños. 842. Lítor. 1.015. Garrucha.  
91. Valcarlos. 493. Oliete. 846. Castalla. 1.016. Los Caños. Con la 999. Los Caños.  
91. bis. Mendizábar. 494. Calanda. 851. Rabito. 1.017. El Abalario.  
95. El Pino. 495. Castellserás. 852. Villanueva del Fresno. 1.018. El Rocío.  
96. Arzúa. 510. Marchamalo. 853. Burguillos del Cerro. 1.019. Los Palacios y Villafranca.  
97. Guntín. 517. Argente. 856. Maguilla. 1.030. Tabernas.  
98. Baralla. 518. Montalbán. 871. Elda. 1.031. Sorbas.  
108. Las Rozas. 519. Aguaviva. 872. Alicante. 1.032. Mojácar.  
109. Villarcayo. 520. Peñarroya de Tastavins. 884. La Carolina. 1.033. Palacio de Doñana.  
110. Medina de Pomar. 545. Morella. 885. Santisteban del Puerto. 1.034. Lebrija.  
111. Ordóñez. 546. Ulldecona. 887. Orcera. 1.039. Colmenar.  
112. Vitoria. 547. Alcanar. 890. Calasparra. 1.040. Zafarraya.  
113. Salvatierra. 570. Albocácer. 891. Cieza. 1.042. Lanjarón.  
115. Guitín. 571. Vinaroz. 893. Elche. 1.052. Alora.  
116. Garralda. 571. bis. Con la 571. 894. Cabo de Santa Pola. 1.053-1.067. Málaga-Torremolinos.  
117. Ochagavía. 582. Getafe. 903. Montoro. 1.065. Marbella.  
135. Sedano. 583. Arganda. 905. Linares. 1.066. Coín.  
138. Puebla de Arganzón. 584. Mondéjar. 906. Úbeda. 1.072. Estepona.  
139. Eulate. 593. Cuevas de Vinromá. 907. Villacarrillo.  
141. Pamplona. 594. Alcalá de Chisvert. 908. Santiago de la Espada.

Precio de cada ejemplar: 700 ptas.



**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**

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

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:25.000 (TENERIFE)

## 2.: Serie. 1.: Edición ( proyecto MAGNA)

Precio del ejemplar: 700 ptas.

- |               |                 |                   |                         |                     |                       |
|---------------|-----------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1.096. II     | Tejina.         | 1.104-1.105. I-IV | Santa Cruz de Tenerife. | 1.118-1.124. II-I   | Valle de San Lorenzo. |
| 1.096. III    | Valle Guerra.   | 1.111. I-IV       | Güímar.                 | 1.118-1.124. III-IV | Los Cristianos.       |
| 1.097. III-IV | Punta de Anaga. | 1.111. III        | Fasnia.                 | 1.119. III          | Las Montañas.         |
| 1.104. III    | Barranco Hondo. | 1.118. I          | Granadilla de Abona.    | 1.119. IV           | Lomo de Arico.        |
| 1.104. III    | La Orotava.     | 1.118. IV         | Adeje.                  |                     |                       |
| 1.104. IV     | Tecoronte.      |                   |                         |                     |                       |

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.<sup>a</sup> Serie tiene su continuación en la 2.<sup>a</sup> Serie, Proyecto MAGNA. En existencia las siguientes:

Precio del ejemplar: 500 ptas.

- |                                     |                                    |   |
|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| 31. Ribadesella.                    | 611. Cañete.                       | 858. El Viso.                                 |
| 54. Rioseco.                        | 643. La Calobra.                   | 859. Pozoblanco.                              |
| 67. Mugía.                          | 644. Pollensa.                     | 864. Venta de los Santos.                     |
| 77. Plaza Taverga.                  | 645. Formentor.                    | 865. Siles.                                   |
| 79. Pueblo de Lillo.                | 650. Cañaveral.                    | 869. Jumilla.                                 |
| 128. Riello.                        | 653. Valdeverdeja.                 | 876. Fuente de Cantos.                        |
| 129. La Robla.                      | 670. Sóller.                       | 886. Beas de Segura.                          |
| 160. Benavides.                     | 671. Inca.                         | 899. Guadalcanal.                             |
| 162. Grañedes.                      | 672. Artá.                         | 917. Aracena.                                 |
| 163. Villamizar.                    | 678. Casar de Cáceres.             | 918. Santa Olalla del Cala.                   |
| 208. Uncastillo.                    | 695. Liria.                        | 937. El Cerro de Andévalo.                    |
| 210. Yebra de Basa.                 | 698. Palma de Mallorca.            | 938. Nerva.                                   |
| 211. Boltanya.                      | 699. Porreras.                     | 946. Martos.                                  |
| 241. Anguiano.                      | 700. Manacor.                      | 959. Calañas.                                 |
| 252. Tremp.                         | 702. San Vicente de Alcántara.     | 960. Valverde del Camino.                     |
| 260. Oya.                           | 703. Arroyo de la Luz.             | 967. Baena.                                   |
| 284. Ejae de los Caballeros.        | 705. Trujillo.                     | 985. Carmona.                                 |
| 289. Benabarre.                     | 723. Cala Figuera.                 | 991. Iznalloz.                                |
| 297. Estartit.                      | 724. Lluchmayor.                   | 1.008. Montefrío.                             |
| 293. La Guardia.                    | 725. Felanix.                      | 1.009. Granada.                               |
| 313. Antiguedad.                    | 727. Alburquerque.                 | 1.025. Loja.                                  |
| 322. Remolinos.                     | 731. Zorita.                       | 1.046. Carboneras.                            |
| 323. Zuera.                         | 743. Madrigueras.                  | 1.059. El Cabo de Gata.                       |
| 324. Grañén.                        | 744. Casas Ibáñez.                 | 1.060. El Pozo de los Frailes.                |
| 325. Peralta de Alcofea.            | 745. Jalance.                      | 1.079/80. Aleganza.                           |
| 327. Os de Balaguer.                | 746. Llombay.                      | 1.081. Montaña Clara.                         |
| 347. Peñaranda de Duero.            | 750. Gallina.                      | 1.082. Graciosa.                              |
| 354. Alagón.                        | 751. Villar del Rey.               | 1.083. Teguise.                               |
| 355. Leciñena.                      | 754. Madrigalejo.                  | 1.084. Haría.                                 |
| 356. Lenaja.                        | 764. Munera.                       | 1.087. Punta de Pechiguera.                   |
| 369. Coreses.                       | 765. La Gineta.                    | 1.088. Arrecife.                              |
| 374. Peñafiel.                      | 772. San Miguel.                   | 1.089. El Charco.                             |
| 435. Arcos de Jalón.                | 773. San Juan Bautista.            | 1.092. Cotillo.                               |
| 486. Jadraque.                      | 776. Montijo.                      | 1.093. Lobos.                                 |
| 500. Villar del Cielvo.             | 795. Játiva.                       | 1.096. Tegueste.                              |
| 501. La Fuentecilla de San Esteban. | 798. Ibiza.                        | 1.097. Punta de Anaga.                        |
| 502. Matilla de los Caños del Río.  | 799. Santa Eulalia.                | 1.098. La Oliva.                              |
| 503. Las Veguillas.                 | 805. Castuera.                     | 1.099. Puerto de Lajas.                       |
| 525. Ciudad Rodrigo.                | 812. Valdepeñas.                   | 1.102. Punta de Teno.                         |
| 526. Serradilla del Arroyo.         | 815. Robledo.                      | 1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés. |
| 527. Sequeros.                      | 818. Montalegre.                   | 1.106/07. Puerto de las Cabras.               |
| 536. Guadalajara.                   | 819. Caudete.                      | 1.109. Los Carrizales.                        |
| 537. Auñón.                         | 824/849. San Francisco Javier.     | 1.111. Güímar.                                |
| 541. Santa Eulalia.                 | 825/850. Nuestra Señora del Pilar. | 1.114. La Pared.                              |
| 550. Fuente Guinaldo.               | 838. Santa Cruz de Mudela.         | 1.115. Tunelaje.                              |
| 560. Alcalá de Henares.             | 840. Blenservida.                  | 1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas. |
| 561. Pastrana.                      | 844. Ontur.                        | 1.119. Lomo de Arico.                         |
| 564. Fuertescusa.                   | 845. Yecla.                        | 1.122. Jandía.                                |
| 573. Gata.                          | 848. Altea.                        |   |
| 591. Mora de Rubielos.              | 857. Valsequillo.                  |   |

## INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SEVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

## MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

### **De Síntesis Geológica:**

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 800 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000). Agotados los números 10, 38, 45 y 84-85.

## **Metalogenético**

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

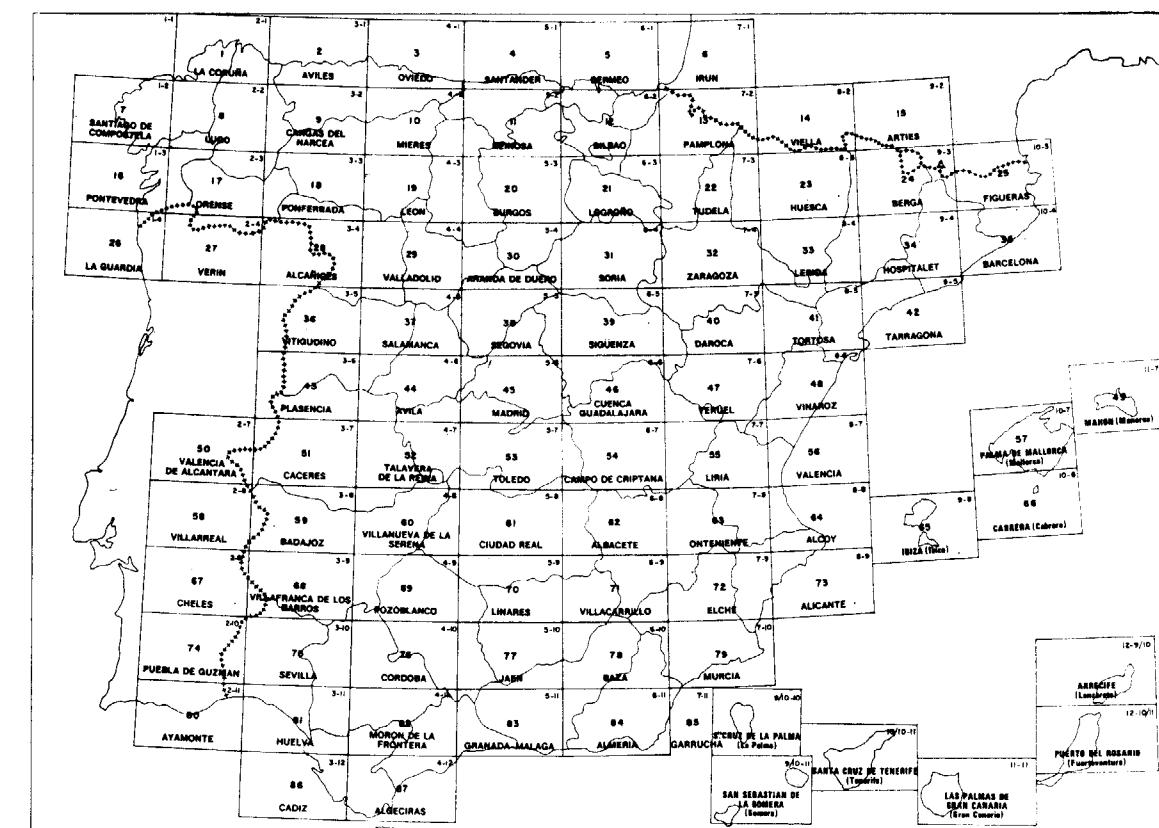
## Geotécnico General

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar, 600 ptas. Hoja y Memoria.

## De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar. 600 ptas. Hoja y Memoria.

División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

## SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

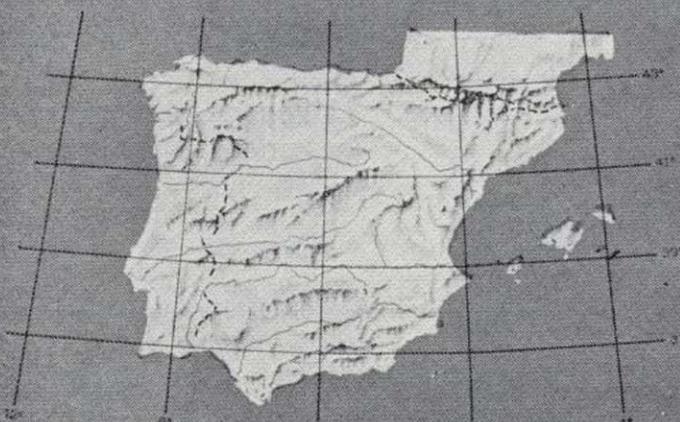


# NUEVAS PUBLICACIONES

(Reimpresiones)

**MAPA DE VULNERABILIDAD A LA  
CONTAMINACION DE LOS  
MANTOS ACUIFEROS**  
DE LA  
ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS  
(Primer esquema cualitativo)  
Segunda edición

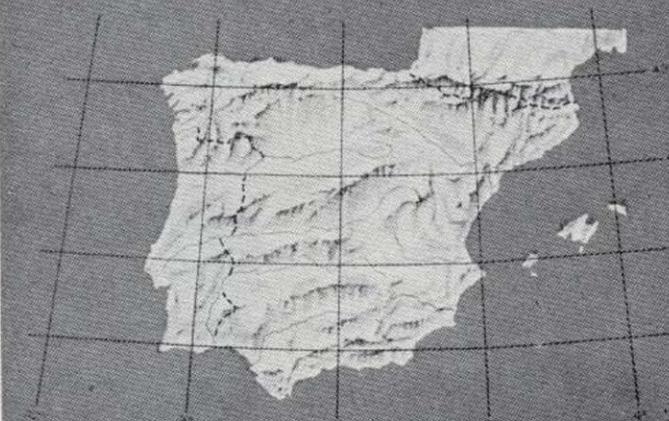
Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL DECENIO HIDROLOGICO INTERNACIONAL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL MAPA TECTONICO DE EUROPA  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA SISMOESTRUCTURAL**  
- de la -  
Peninsula Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67  
**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA**  
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

**IGME**

**Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana  
de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000**

Realizado por la División de Geotecnia del IGME  
Mapas y Memorias publicados:

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

Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

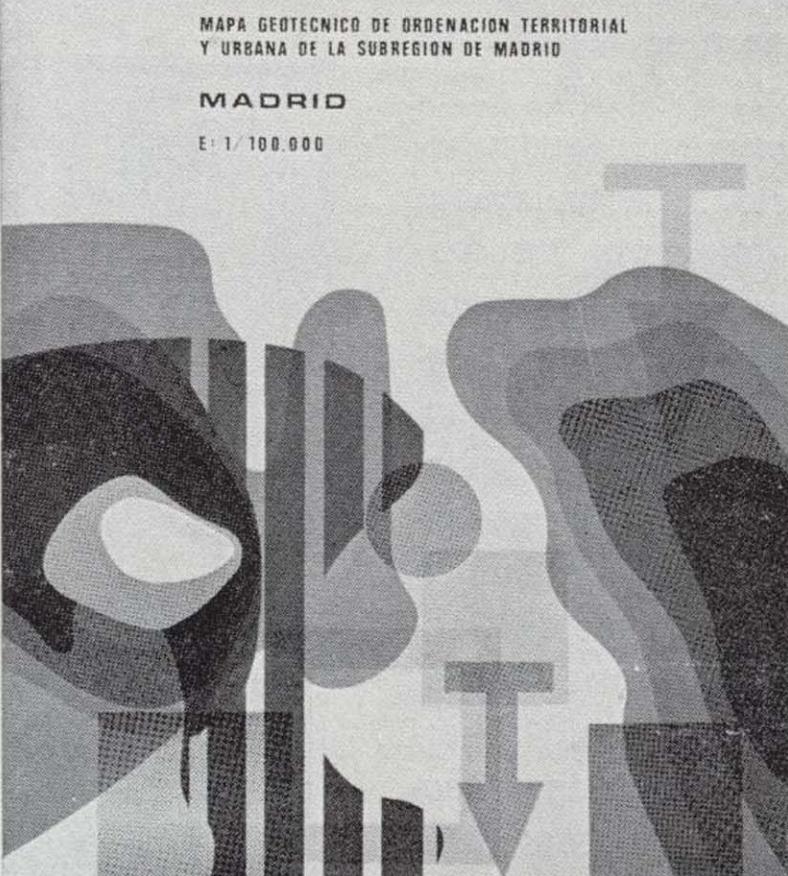
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO  
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

HOJA 10-II



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS  
EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS**

**CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR**

**ANUARIO**

**1975**

**Anuario de la evolución de los niveles piezométricos  
en los sistemas acuíferos españoles.**

Realizado por la División de Aguas Subterráneas  
del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

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

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO  
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

# BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

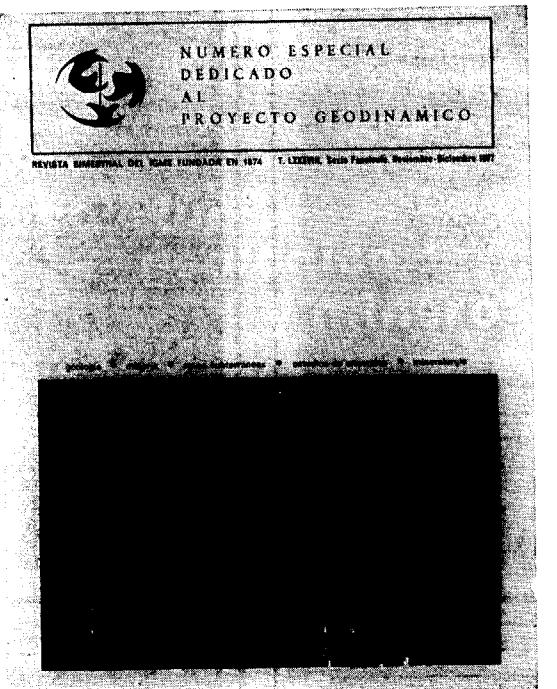
Precio: 300 ptas.

La consideramos como la publicación de mayor difusión del Instituto Geológico y Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral, que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedicada

da a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.

El último tomo publicado es el 89, que corresponde al año 1978 (fascículos I al VI) y comprende 8 trabajos de Geología, 10 de Minería, 4 de Aguas Subterráneas, 5 de Geomatemática, 1 de Energía y 10 de Estudios de Minerales y Rocas, que hacen un total de 636 páginas, incluidas las dedicadas a diversos temas de información, así como los índices por materias y autores de dicho tomo.



## Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica  
industrias extractivas y de su beneficio

## BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)  
ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.400 ptas.  
DEMOS PAISES 1.500 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa .....

Profesión .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad (provincia) ..... D. P. .....

País .....

FIRMA

Fecha .....

## FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

*De inversión  
requiere un buen proyecto*



**intecsia**

INTERNACIONAL DE INGENIERIA  
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



## EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- \* GEOLOGIA
- \* AGUAS SUBTERRANEAS
- \* EXPLORACION MINERA
- \* EXPLORACION PETROLERA
- \* SONDEOS
- \* ROCAS INDUSTRIALES
- \* GEOTERMIA
- \* GEOTECNIA
- \* GEOFISICA
- \* LABORATORIOS



Compañía  
General de  
Sondeos, S.A.

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50\* - MADRID-2  
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04\* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)