

En este número:

0-1 AGO. 1977

- Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante. II) Tectónica.
- El paso Devoniano-Carbonífero y las atribuciones erróneas al Carbonífero en los ríos Esera y Baliera, provincia de Huesca.
- Braquiópodos albienses del macizo Montgrí (Gerona).
- Estudio geoestadístico del yacimiento de Cerro Colorado.
- Incidencia de las características tecnológicas de los pozos en la explotación de los acuíferos del Terciario detrítico de Madrid.
- Nota sobre la mineralogía de los granates de la Sierra de Capelada (La Coruña).
- Estudio del granito mineralizado del Jálama, Salamanca-Cáceres, España.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVIII, Cuarto Fascículo. Julio - Agosto 1977

boletín geológico y minero



7801771

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



II/2-4-1



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



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*

**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**



**ALUMBRAMIENTO
DE AGUAS
SUBTERRANEAS**

- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento de pozos arenados.
- Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).
- Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

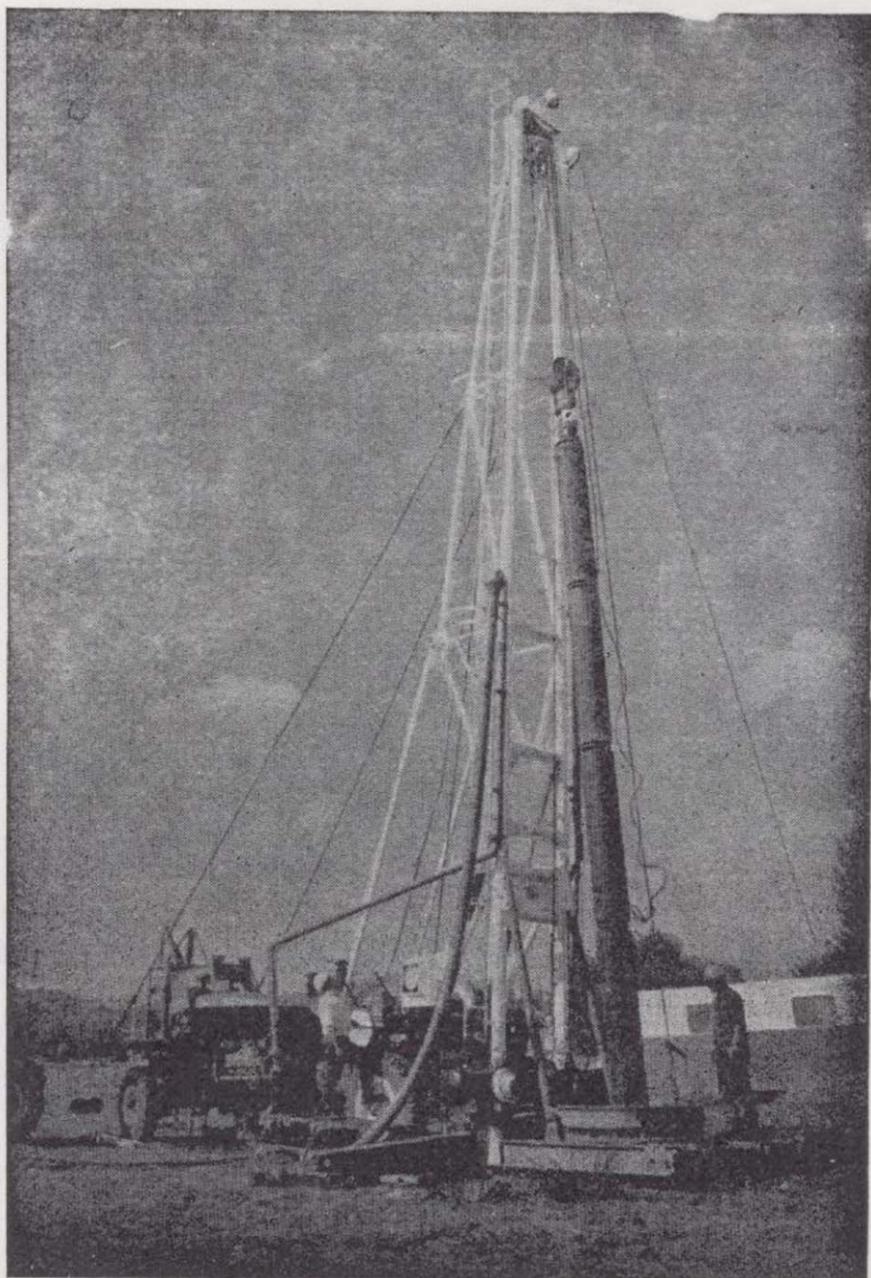
Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

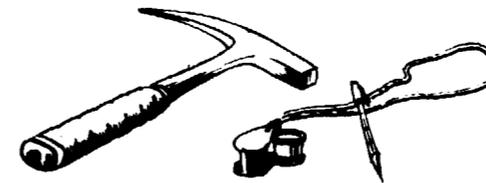


FINA IBERICA S.A

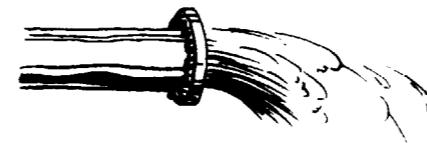
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

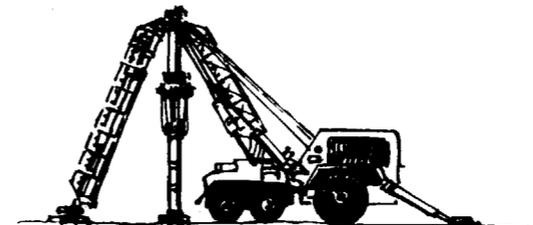
Tno. 2 5978 04



Investigacion
Geologica



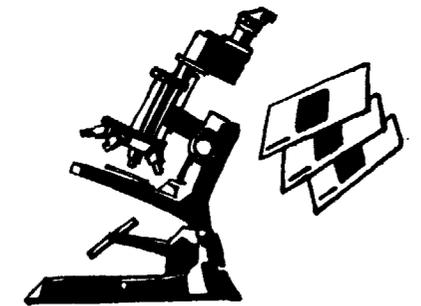
Hidrogeologia



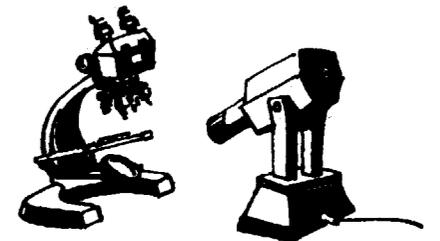
Perforacion



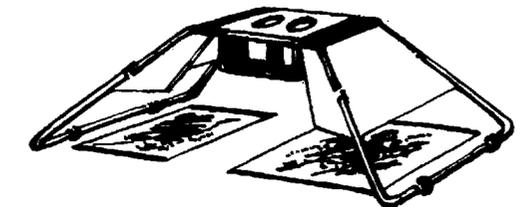
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio

NUEVAS PUBLICACIONES

MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS MANTOS ACUIFEROS

DE LA
ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS
(Primer esquema cualitativo)
Segunda edición

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL DECENIO HIDROLOGICO INTERNACIONAL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA TECTONICO

de la
Península Ibérica y Baleares

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL MAPA TECTONICO DE EUROPA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO

de la
Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA SISMOESTRUCTURAL

de la
Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

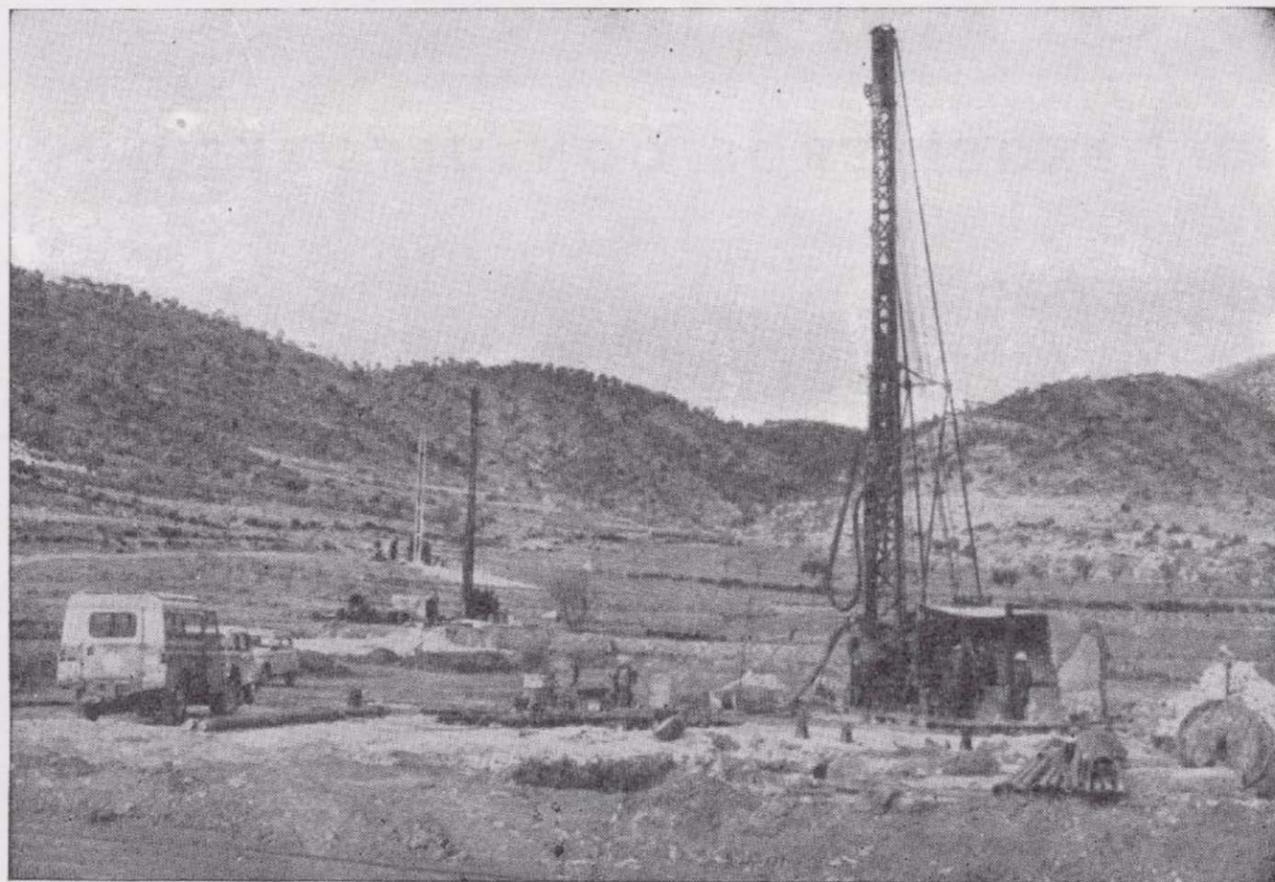
Claudio Coello, 44 - Teléfono 276 20 01 - Madrid-1

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23 - Teléfono 234 13 28 - Madrid-3

IGME

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)



vea los resultados: MAS AGUA

Podemos resolver de forma completa su problema de agua. Para ello contamos con modernos y potentes equipos de sondeo, con una avanzada técnica y con una acreditada y experta organización. Podemos ocuparnos desde la captación de caudales hasta la realización, si se nos pide, de los trabajos de conducción, distribución o puesta en riego o en depósito. Tenemos diversas modalidades de contratación. Nosotros estudiaremos la solución que más convenga a sus necesidades. Solicitenos información.

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

DELEGACIONES REGIONALES Y EQUIPOS EN TODA ESPAÑA

Pb. 8

Tomo 88

Fascículo IV

Julio - Agosto 1977

Boletín Geológico y Minero

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



SUMARIO

Geología	T. RODRÍGUEZ ESTRELLA: Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante. II) Tectónica	1
	L. M. RÍOS: El paso Devoniano-Carbonífero y las atribuciones erróneas al Carbonífero en los ríos Esera y Baliera, provincia de Huesca	28
	B. PEYBERNES y S. CALZADA: Braquiópodos albienses del Macizo de Montgrí (Gerona)	34
Minería	M. ALFARO, M. MIGUEZ y M. VILLALÓN: Estudio geoestadístico del yacimiento de Cerro Colorado	40
Aguas subterráneas	M. R. LLAMAS MADURGA y F. LÓPEZ VERA: Incidencia de las características tecnológicas de los pozos en la explotación de los acuíferos del terciario detrítico de Madrid	44
Estudio de Minerales y Rocas	M. A. CABALLERO y A. LA IGLESIA: Nota sobre la mineralogía de los granates de la Sierra de Capelada (La Coruña)	56
	J. SAAVEDRA, E. PELLITERO, A. GARCÍA SÁNCHEZ y F. MADRUGA: Estudio del granito mineralizado del Jálama, Salamanca-Cáceres, España	61
Información	XI Curso de Hidrogeología "Noel Llopis".—Clausura del I Curso "Roso de Luna", de investigación y economía de los recursos geológico-mineros.—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	73

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-1

Teléfono 276 20 01

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

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

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA
Capas Prelutecienses. Muñico (Avila).

Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-vii-1977.

Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante

II) Tectónica



Por T. RODRIGUEZ ESTRELLA (*)

3. TECTONICA.

Las estructuras del Prebético de la provincia de Alicante han sido ocasionadas por dos tipos de deformaciones referentes a:

- a) La Orogenia principal.
- b) Los efectos halocinéticos del Trías.

3.1. ESTRUCTURAS OCASIONADAS POR LA OROGENIA PRINCIPAL.

En general, las estructuras de la zona tienen unas directrices típicamente béticas, de Noreste-Suroeste. Existen estructuras aberrantes, como veremos, pero ya no están ligadas a la orogenia principal.

Se puede decir que, en general, las estructuras representadas en el Prebético de la provincia de Alicante son sencillas, formadas por pliegues y fallas normales y, ocasionalmente, cabalgamientos y pliegues volcados o en "champiñón" (estos últimos situados al Norte de nuestra zona).

El contacto del Prebético Meridional con el Prebético Interno es por falla inversa, existiendo un cabalgamiento, hacia el Norte, de las Sierras Larga, Carche, Salinas, Peñarrubia, Mariola, Cantalar, Alfarada, Tierra Nueva y Almirante. Existe, asimismo, cabalgamientos hacia el Norte de las Sierras de la Pila, Argueña, Cocoll, Peñón, Carracal, Ferrer, Castell de la Solana, Puntal de Mascuna, Montegut (al Norte de Jijona) y Cabezón de Oro (este último con vergencia W).

Se dan, especialmente en la parte septentrional, pliegues de gran envergadura, como el sinclinal de

Salinas (30 kilómetros de largo); anticlinal de la Sierra Mariola (20 kilómetros), aunque parece continuar en la Sierra de la Albureca (fig. 34); anticlinal de la Sierra de Cantacuo (20 kilómetros) y sinclinal de Tárbenca (25 kilómetros) que describe un arco convexo hacia el Norte.

Todos estos pliegues están cabalgados hacia el Norte por lo que en realidad se tratan de pliegues-fallas.

Otros pliegues de menor envergadura, aunque todavía importantes, son los siguientes; sinclinal del Pinar de la Umbría (10 kilómetros); sinclinal de la Carrasqueta (18 kilómetros) con una virgación en el Suroeste, en las Sierras del Madroñal y Peñarroya (fig. 30) y anticlinal de Sierra Aitana (12 kilómetros) (fig. 32).

También se dan pliegues volcados, aunque no son muy frecuentes, como el sinclinal volcado de Montegut (pliegue-falla) y su continuación hacia el Sur en el anticlinal volcado del río de la Torre (10 kilómetros); anticlinal volcado de la Sierra de Maigmó (5 kilómetros), pliege en "champiñón" de Gil Martínez (3 kilómetros); anticlinal volcado de la Sierra Argueña (10 kilómetros) (fig. 31); éste es un pliegue-falla muy característico, ya que debido, por un lado a que su plano axial es casi horizontal y por otro lado a que el plano de cabalgamiento es poco buzante, se da el hecho curioso de cabalgar materiales más modernos sobre otros más antiguos (Eoceno sobre Cretácico superior), cuando en general ocurre lo contrario; sinclinal volcado del Pla de la Gralla, al Oeste del Cabezón del Oro (pliegue-falla de más de 5 kilómetros).

Aparte de estos pliegues ya mencionados existen otros muchos, de pequeña envergadura, que resultaría árido el enumerarlos.

(*) Lcdo. Ciencias Geológicas. ENADIMSA.

LEYENDA

- Arenas y gravas CUATERNARIO.
- Conglomerados PLIO - CUATERNARIO.
- Margas MIOCENO.
- Calizas
- Margas y conglomerados o calizas detríticas CRETACENO.
- Calizas LUTECIENSE.
- Margas y areniscas YPRESIENSE.
- Calizas PALEOCENO.
- Calizas e calizas y margas o margas SENONIENSE.
- Dolomías o calizas o margas CENOMANIENSE - TURONIENSE.
- Arenas y margas. Facies "Uvillas" ALBIENSE.
- Margocalizas, margas y arenas. BARREMIENSE - APTIENSE.
- Calizas osificas. RIMMERIENSE SUP - PORTLANDESE.
- Margas y margocalizas INFERIOR.
- Margas con yeso TRIAS.

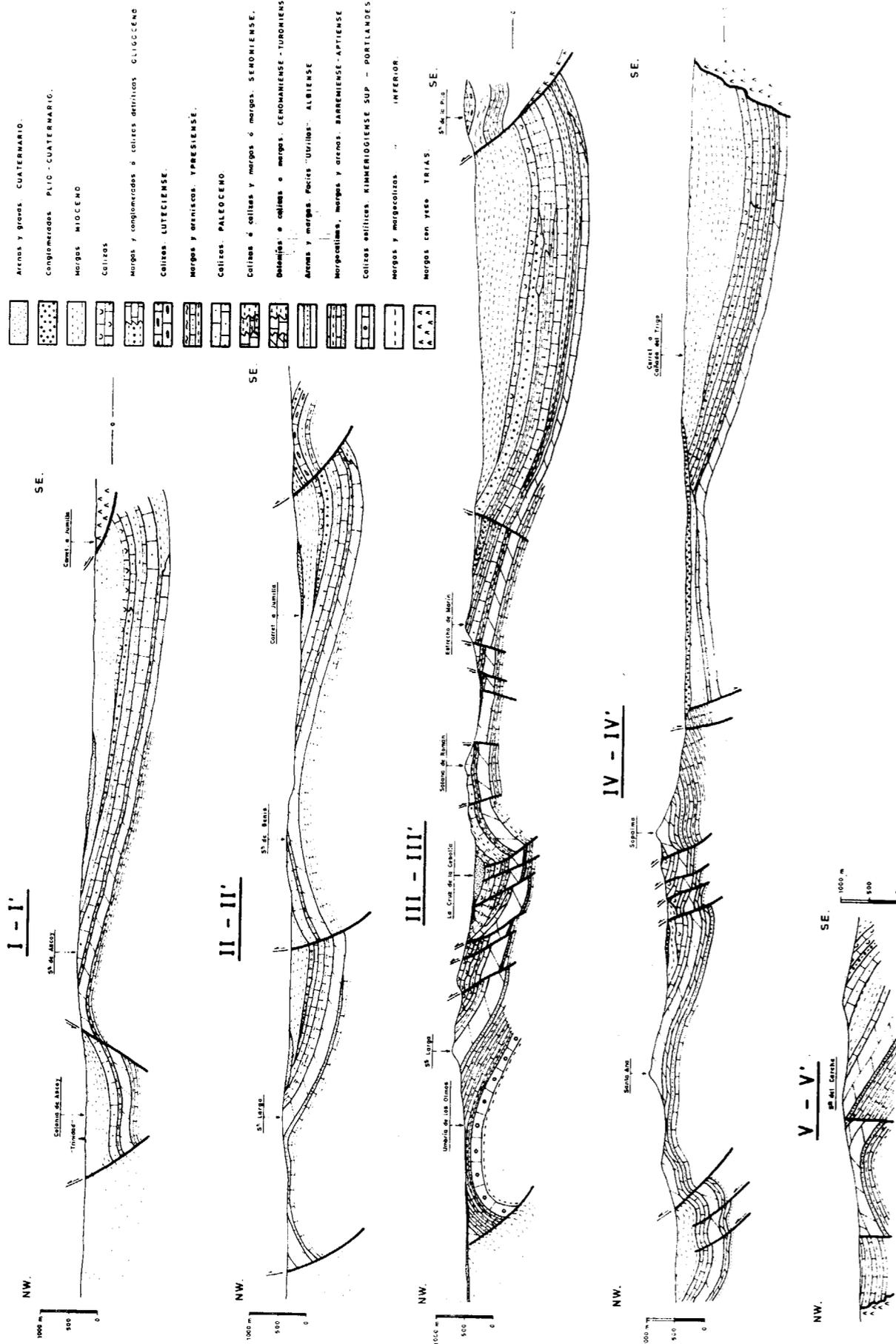


Figura 29
Ascoy-Sopalmo

Otro rasgo muy característico de la zona es el de la existencia de un gran número de fallas normales. Se suelen dar dos familias bien diferenciadas; unas, de cizalla, de direcciones NW-SE y NE-SW y que forman 60° con las directrices principales de los pliegues y otras, de distensión, paralelas a los ejes de los pliegues y por consiguiente de dirección ENE-WSW.

Por último se dan, con cierta frecuencia, fallas de desgarre. Estas suelen venir ligadas a fallas inversas. En efecto, es frecuente encontrar en el frente del bloque avanzado, un cabalgamiento; tenemos los ejemplos de Puntal de Mascuna, Monteagut y Cabezón del Oro.

Otras veces han "originado" una inversión de los estratos, también normalmente en el bloque avanzado. Tenemos ejemplos en la Sierra de Monteagut, y Sur de la Sierra de Peñarroya.

En otras ocasiones, las fallas de desgarre vienen acompañadas de arrastres en las inmediaciones de estas fallas. Este caso lo podemos observar en la inflexión local que sufren las Sierras de la Media Naranja, Cerro de la Escobella y Peñas Rojas, al Este de la falla de desgarre que coincide con la Rambla del Rambuchar. Este mismo fenómeno lo podemos observar, mucho más al SW, en la falla de desgarre que separa las Sierras de Benís y Rajica de Enmedio (fig. 29).

Por último, otras veces, las fallas de desgarre sólo vienen acompañadas de desplazamientos de bloques, como en la Sierra del Cid, Sierra Aitana, Sierras de los Barrancones-Ondoches, Sierra de Ascoy, etc.

Otra falla de desgarre importante, dentro del Prebético Meridional, es la falla que separa la Sierra del Carche de la de Sopalmo. Esta falla es fácilmente deducible, pues ambas sierras se encuentran alineadas en la misma directriz estructural y son totalmente distintas, pues la Sierra de Sopalmo presenta, en el Cenomaniense-Turoniense, la trilogía dolomítica, mientras que en la Sierra del Carche está representado por un paquete de dolomías único de 350 metros de potencia. Por otro lado, el Senoniense de la Sierra del Sopalmo está constituido a base de calizas de facies marino-lagunal con Charáceas, Rudistas, etc., mientras que en la Sierra del Carche el Senoniense es margoso y margocalizo con Globotruncanas e Inoceramus, esto es, de medio pelágico. Se demuestra por tanto, que la falla de desgarre es levógira, pues la Sierra del Sopalmo, típica del Prebético Interno, se ha desplazado hacia el Sur, mien-

tras que la del Carche, ya del Prebético Meridional, lo ha hecho hacia el Norte, existiendo en el frente de esta última Sierra un cabalgamiento hacia el Norte.

Otra falla de desgarre de menor importancia es la que separa la zona del diápiro de la Rosa de la Sierra del Carche; esta falla es dextrógira.

También merece especial atención la falla de desgarre, de tipo dextrógira, que separa las Sierras del Serral y Salinas. Esta falla es deducida al comparar el Cretácico inferior de la Sierra de Salinas, bastante detrítico, con el del Serral (datos de sondeos) que es mucho más calizo, más marino y por consiguiente de procedencia más interna, a pesar de encontrarse prácticamente alineados, en la actualidad.

Por último, y a este tema vamos a dedicarle un capítulo aparte, tenemos las fallas del Vinalopó, Alicante y Muro de Alcoy.

Las fallas de desgarre suelen presentar una dirección Noroeste-Sureste y son indistintamente dextrógiras o devógiras, aunque predominan las primeras sobre las segundas.

3.2. ESTRUCTURAS ORIGINADAS POR LOS EFECTOS HALOCINÉTICOS DEL TRIÁS.

El Triás ha jugado un papel importantísimo en la estructuración de la zona. Los efectos halocinéticos han motivado:

- Pliegues en champiñón.
- Direcciones aberrantes en los pliegues.
- Deslizamientos gravitacionales.
- "Extrusiones" de materiales competentes.

Pliegues en champiñón.

Aunque este estilo estructural es más bien típico de la zona Norte de nuestro estudio (Prebético Interno), vamos a describir rápidamente sus características, así como la de algunas estructuras concretas, ya que en este estilo se encuentra la Sierra Mariola, por ejemplo, y más que nada porque es la consecuencia de los efectos diapíricos del Triás, que tan importante papel han jugado en la estructuración del Prebético de la provincia de Alicante.

Son estos pliegues, amplios y extensos, de varias decenas de kilómetros, cuyos flancos están invertidos y generalmente el flanco septentrional cabalga hacia el Norte.

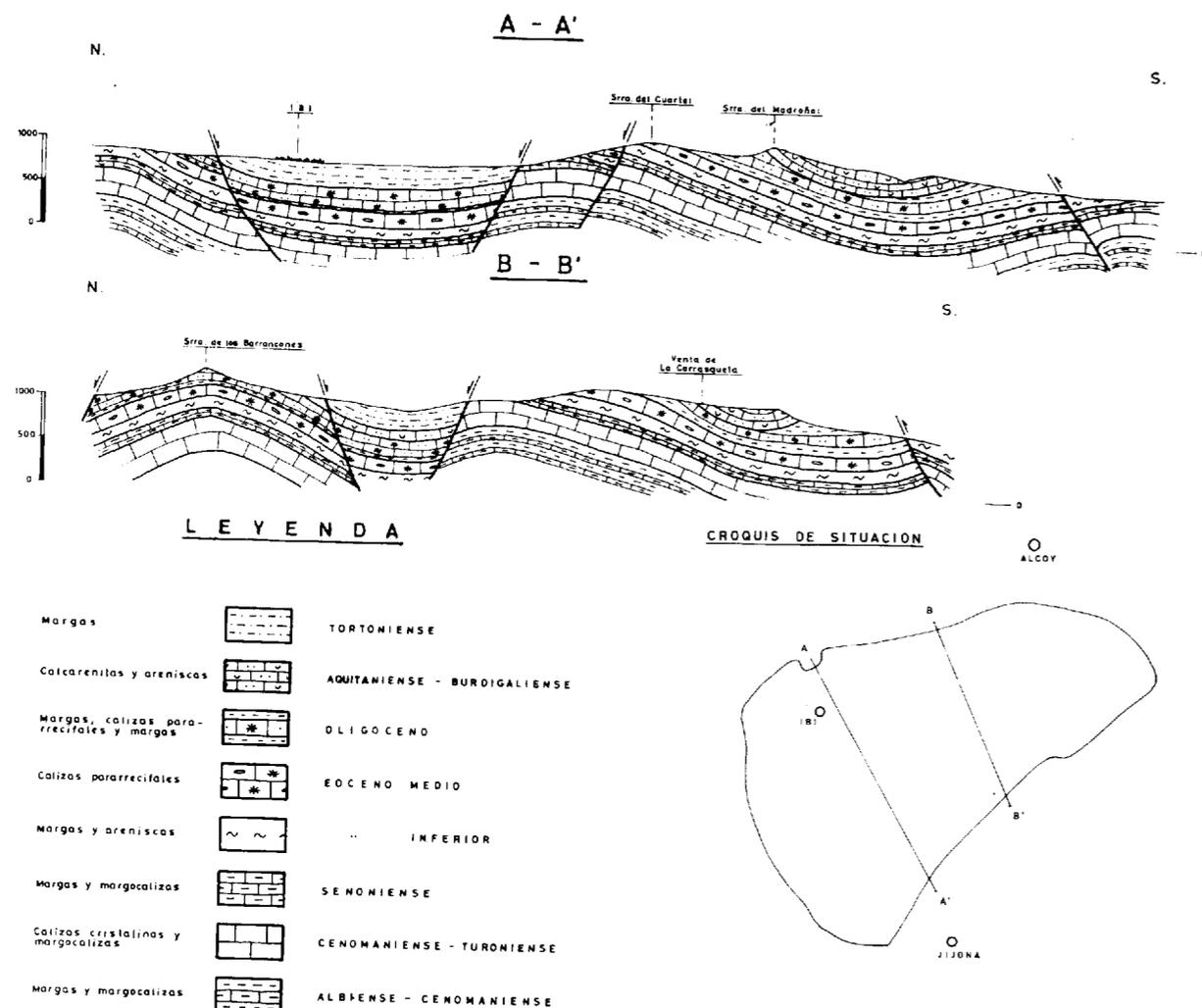


Figura 30
Barrancones-La Carrasqueta

Entre ellos cabe mencionar, de Norte a Sur, el anticlinal de Sierra Grossa-Gorda, sinclinal de Onteniente, anticlinal de la Solana, sinclinal de Benejama y anticlinal de Mariola. De todos ellos sólo hemos estudiado los tres últimos, dadas sus interesantes características hidrogeológicas.

El anticlinal de la Solana está constituido exclusivamente por materiales del Cretácico superior y va desde Villena a Gandía. Presenta sus dos flancos invertidos y el septentrional, además, cabalgando hacia el Norte. En el flanco Sur, en la zona de la Solana, no se observa en superficie su inversión, aunque ésta ha sido puesta también de manifiesto por sondeos mecánicos y geoelectrónicos. Como todos los plie-

gues de este estilo, presenta su bóveda muy plana y sus flancos cada vez se van verticalizando más, hasta llegar a la inversión (fig. 35).

El sinclinal de Benejama presenta un pequeño repliegue anticlinal, no achampiñado, en su eje (Sierra de la Villa), que ha podido seguirse en profundidad, por sondeos y por Geofísica, hasta 3 kilómetros al Oeste de Benejama. Se encuentra "fosilizado" por un potente relleno margoso del Mioceno, de más de 1.000 metros de espesor, en algunos puntos (fig. 35).

Por último el anticlinal de Mariola (fig. 34) está constituido por materiales jurásicos y cretácicos y presenta sus dos flancos invertidos y el septentrional cabalga al sinclinal de Benejama; por tanto, todos



estos pliegues son, en esencia, pliegues-fallas. La inversión del flanco Sur ha sido comprobada por Geofísica. Este anticlinal tiene la peculiaridad de presentar la bóveda muy fracturada y hundida, al mismo tiempo que está rellena por depósitos del Mioceno. Este anticlinal se ve interrumpido, hacia el Este, por la gran falla de Muro de Alcoy y hacia el Oeste se ve afectado por la falla de Biar-Castalla que levanta el bloque de Peñarrubia, para verse interrumpido definitivamente, por la falla del Vinalopó. Como vemos las características comunes de todos estos pliegues son las siguientes:

- 1.º Pliegues amplios con bóvedas planas.
- 2.º Flancos invertidos.
- 3.º Flanco Norte cabalgado, y a veces, también el Sur.
- 4.º Bóveda hundida.

Todos estos hechos no "cuadran" con la tectónica de escamas, sobre todo los cabalgamientos de vergencia Sur; están más de acuerdo con unos empujes verticales motivados por el diapirismo del Trías, sin que esto quite, para que haya existido un posterior empuje tangencial, debido al plegamiento principal, y que haya originado los cabalgamientos de vergencia Norte en los flancos septentrionales de los anticlinales. Según W. MARTÍNEZ y alt. (1975), "la asimetría de la extrusión diapírica de Sierra Grossa-Gorda, con los sucesivos cabalgamientos de flanco y bóveda sobre el sinclinal de los Cañones, en una época final (cabalgan a los calcirruditas del Tortonense) evidencian que la tectónica tangencial es posterior a una estructuración previa del país", estructuración que dio lugar al levantamiento de ciertas zonas por efectos del diapirismo. Esta estructuración es sincrónica con la transgresión neógena.

"El hundimiento de las bóvedas se produce, bien por una emigración del Keuper hacia los flancos, bien porque el enorme arco es incapaz de sostenerse y fallas normales tienden a estabilizarlo, produciéndose entonces la migración del Keuper hacia los flancos; es decir, la migración del Keuper hunde la bóveda o el hundimiento provoca la emigración hacia los flancos." Esta es la interpretación que dan W. MARTÍNEZ y M. BENZAQUEN (1975) a estos fenómenos, interpretación con la que estamos plenamente de acuerdo.

Direcciones aberrantes en los pliegues.

Hemos dicho, en el apartado 3.1, que las directrices generales de las estructuras en la zona, son las típicamente béticas, de Noreste-Suroeste.

Sin embargo existen estructuras anómalas, cuyas directrices se apartan de las generales. Este hecho encuentra explicación lógica en los efectos halocinéticos del Trías, ya que estas estructuras suelen localizarse en las inmediaciones de los diapíros.

Tenemos ejemplos claros como la Sierra de Maig-mó, de dirección Noroeste-Sureste, situada en las proximidades del diapíro de Castalla. El Monte Ponocho, de dirección Bética, pasa en el Realet, próximo al Trías de Finestrat, a tomar una dirección casi Norte-Sur. Lo mismo ocurre con los pliegues de Orchetá, próximos al Trías de Finestrat, cuyas directrices son Norte-Sur, incluso el anticlinal de Orchetá sufre una inflexión de Norte-Sur, a Oeste-Este. La Sierra de Serrella, de dirección Noreste-Suroeste, pasa, en las Sierras de Aixorta y Almedia, a ser Noroeste-Sureste; estas sierras se encuentran en las inmediaciones del diapíro de Altea. La Sierra de Ferrer presenta una dirección Norte-Sur y está también situada en las inmediaciones del Trías de Altea.

Deslizamientos gravitacionales.

A) *Materiales competentes.*

Como consecuencia del importante papel que ha juzgado el diapirismo en el Prebético de la provincia de Alicante, existen en diversos puntos de la zona, verdaderos "corrimientos" de bloques competentes que presentan, actualmente, una posición alóctona, al reposar directamente sobre otros materiales más modernos que ellos. Estos materiales competentes se han deslizado sobre otros materiales incompetentes que han jugado el papel de "colchón" en el desplazamiento.

Existen tres zonas en las que se observan estos fenómenos. Una primera zona situada en las Sierras de Peñarrubia y Onil (fig. 34); una segunda, que incluye las Sierras de Aixorta y Bernia (fig. 36), y una última zona situada al Sur de la Sierra de Salinas. Los deslizamientos eocenos de las Sierras de Aixorta y Bernia han sido puestos de manifiesto primeramente por Ríos y alt. (1961) y posteriormente por MOSLEY (1973), y su génesis la asocian a la acción diapírica del Trías.

Los materiales competentes deslizados, están

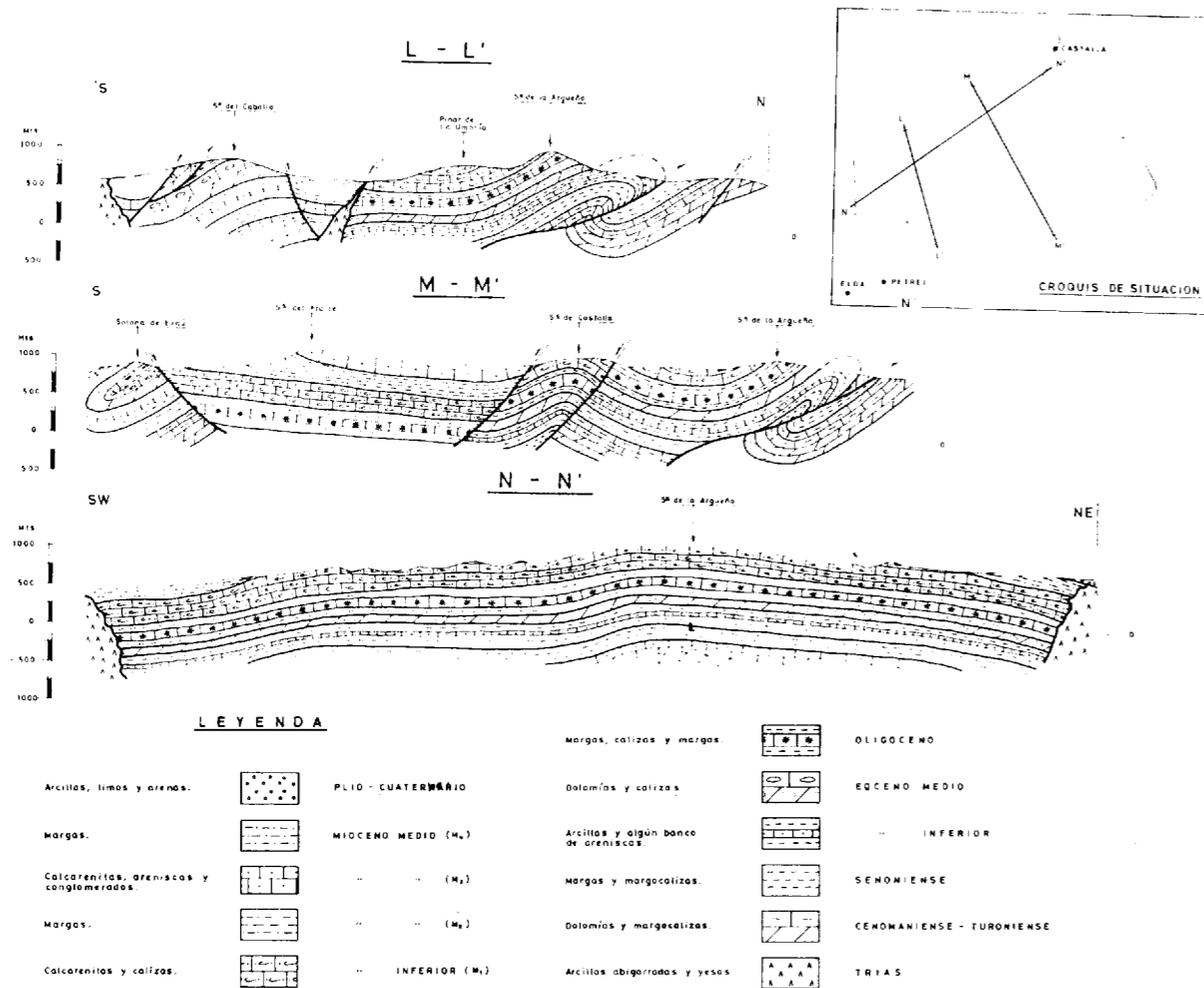


Figura 31
Argueña-Maigmo

constituidos, en las zonas de Peñarrubia-Onil y Aixorta-Benia, por calizas del Eoceno medio, y en la zona Sur de la Sierra de Salinas por dolomías y calizas del Jurásico (Sierra del Collado), dolomías y calizas del Cretácico superior (Cabezo del Aguila).

Los materiales incompetentes que constituyen la "suela", en Peñarrubia-Onil y Aixorta-Bernia pertenecen al Eoceno inferior, y en algunos casos al Senoniense (Tárbeno y Barranco de Taguenga, al Oeste de la Sierra de Biscoy) y al Triás. No siempre aparecen estos tres tramos margosos, pueden aparecer dos, uno o ninguno; este último caso se da en los elementos más avanzados como en la Sierra de Els Escalles, Reconco, Peñón de Ifach y Cabezo del Aguila. Los materiales incompetentes

en la zona Sur de la Sierra de Salinas corresponden, cuando existen, a materiales margosos del Aptiense y del Triás.

En general estos materiales desplazados reposan sobre materiales del Mioceno y Oligoceno (sólo se ha visto sobre este último en la Loma del Espinar). Los materiales más modernos de este Mioceno autóctono, sobre los que reposan los materiales alóctonos, han sido datados como del Mioceno inferior. Por otro lado observamos que al Sur de la Solana de Bichaúca (Sur de la Sierra de Parcent) el Mioceno medio (Helveciense) reposa discordante sobre el Eoceno cabalgado. De todo esto se deduce que muchos de estos deslizamientos gravitacionales se iniciaron antes del plegamiento principal de la zona,

que como sabemos tuvo lugar en el Mioceno superior (Tortonense).

El hecho de encontrar estos fenómenos gravitacionales en zonas próximas a diapíros triásicos, es lo que nos induce a ligarlos a estos últimos. En efecto, los deslizamientos de las Sierras de Peñarrubia, Onil y Sur de la Sierra de Salinas están próximos al diapíro de Villena-Sax y los deslizamientos de las Sierras de Aixorta y Bernia, próximos al diapíro de Altea.

Sin embargo, estos levantamientos triásicos no se realizaron de una manera simétrica. En el caso del diapíro de Villena-Sax hubo un mayor levantamiento en el Este que en el Oeste, como lo prueba el hecho de que en la parte oriental existan más "isleos tectónicos" que en la parte occidental. En el Triás de Altea este hecho se ve más acusado, en el sentido de que los deslizamientos se observan sólo al Norte de este diapíro, no observándose ninguno de ellos hacia el Sur (aunque pueden quedar ocultos bajo las aguas del Mar Mediterráneo).

La envergadura de estos "corrimientos" es diferente de unos puntos a otros. Así por ejemplo, nos encontramos con elementos parautoctonos como las Sierras Serrela y Menechaor, y otros como el Peñón de Ifach con un desplazamiento mínimo de 5 kilómetros. En cualquier caso pensamos que no han debido desplazarse mucho estos elementos por estar localizados en zonas muy concretas y próximos a los diapíros.

El sentido de los desplazamientos también debió ser diferente de unos puntos a otros. Así por ejemplo, los bloques deslizados del Sur de la Sierra de Salinas debieron proceder del Norte, pues el Cretácico superior de facies calizo-dolomíticas, ya no se da al Sur de estos bloques deslizados. Por el contrario, los "isleos tectónicos" de las Sierras de Peñarrubia y Onil, deben de provenir del Sur pues al Norte de estas sierras ya no existen depósitos eocenos y por otro lado los materiales calizos del Eoceno presentan una gran potencia. En los deslizamientos de las Sierras de Aixorta y Bernia, se ve claramente que el sentido es hacia el Norte.

Como hemos dicho, estos deslizamientos se iniciaron ya en el Mioceno inferior un poco antes de la orogenia principal; sin embargo, antes de que sucedieran estos desplazamientos tuvo lugar un levantamiento, con su correspondiente erosión, como prueba el hecho de encontrarse estos bloques sobre el Oligoceno en un punto. Este levantamiento de-

bió de ser originado por efectos halocinéticos. Hay que considerar, además, que muchos de estos deslizamientos pudieron sucederse hasta épocas relativamente recientes, como por ejemplo se ha podido poner de manifiesto, por un sondeo, en los Castillejos (Sur de la Sierra de Salinas) y que debajo de las dolomías y calizas deslizadas del Cenomaniense-Senoniense, se ha encontrado el Plio-Cuaternario (Comunicación verbal de Angel González).

B) *Materiales incompetentes.*

Aparte de los deslizamientos gravitacionales, ya descritos, cuya característica fundamental es la de que se deslizan materiales competentes gracias a una "suela" incompetente, hemos de hacer mención también en este capítulo, a los deslizamientos gravitacionales, exclusivamente de materiales incompetentes; a éstos corresponden, fundamentalmente, los del Triás.

En efecto, el Triás en su ascensión se "derrama" en sus bordes y puede ocurrir que, o bien ya no se depositen materiales sobre éste (por tratarse de una zona levantada, como ocurre con algunos puntos del Triás de Monnegre), o bien, después de esta "colada triásica" continúe la sedimentación, con lo cual el Triás aparece en forma de "sandwich". En el primer caso, podría interpretarse este Triás como "corrido" y procedente por ejemplo del Sur, con muchos kilómetros de desplazamiento, por lo que estaríamos tentados a incluirlo como procedente del Subbético, sobre todo si observamos su "estructura interna" y vemos que presenta una disposición caótica, al mismo tiempo que engloba materiales de otras edades, como por ejemplo, margas del Cretácico o del Terciario. Estos hechos quedan suficientemente explicados, sin necesidad de invocar grandes desplazamientos, si se considera que el Triás se ha escurrido por las laderas próximas al diapíro y que estas laderas presentan una pendiente importante, de ahí que el descenso haya sido rápido. Si a esto unimos que los materiales cretácicos o terciarios circundantes no están todavía lo suficientemente consolidados, esto facilita el que hayan sido arrancados primero, y englobados en el Triás después, en su rápido descenso. No pensamos, en ningún caso, que estos afloramientos triásicos procedan del Subbético y en esto estamos de acuerdo con POLVECHE (1962). Esta hipótesis viene corroborada por numerosos hechos que apoyan la idea del diapirismo y no la del corrimiento

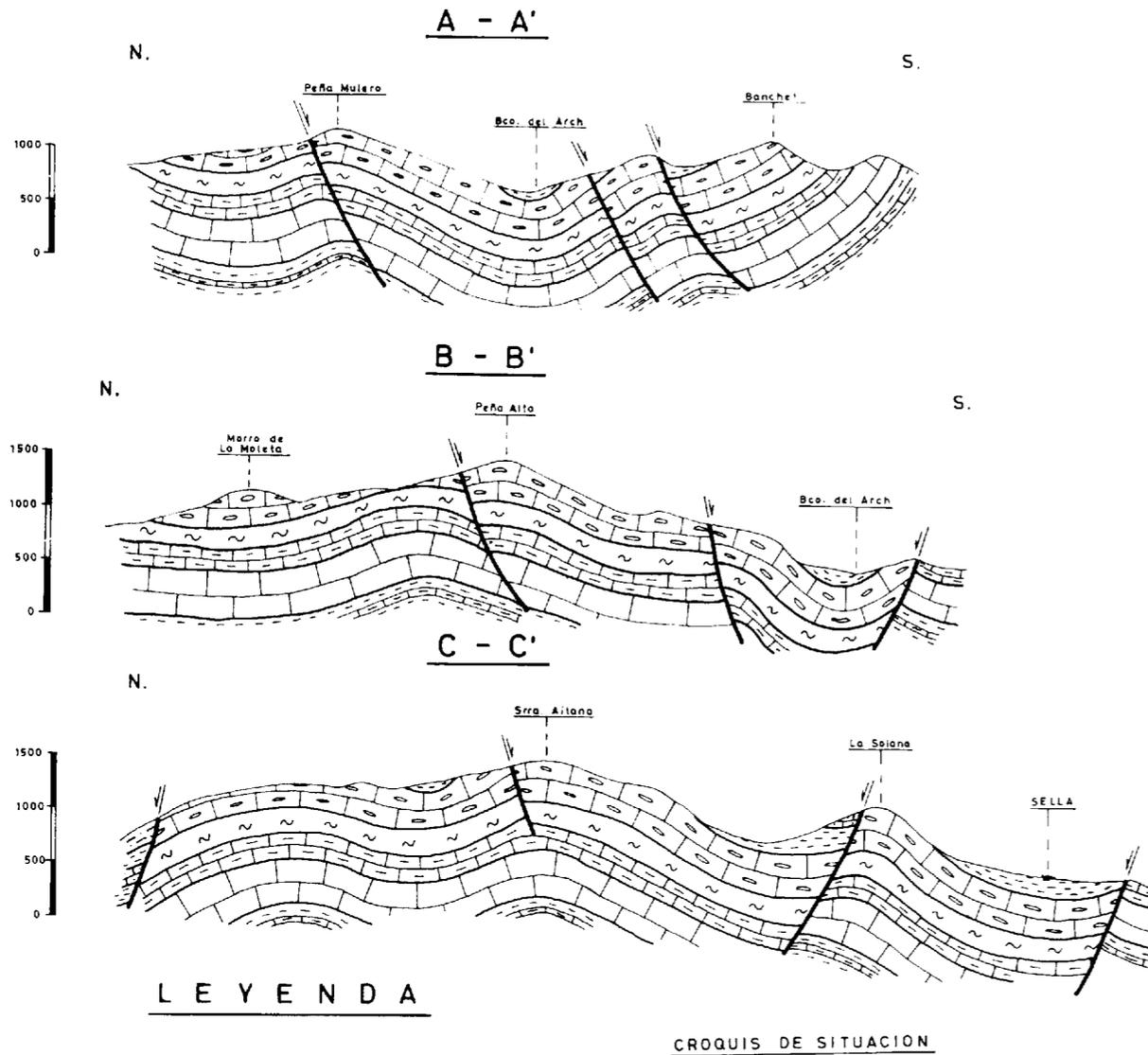
Subbético. Entre ellos podemos enumerar los siguientes:

1.º Resulta muy extraño que en ningún caso estos afloramientos triásicos, si pensamos que proceden del Sur, no presenten una "montera" de materiales subbéticos, sino todo lo contrario, cuando existe está constituida por un "cap-roch" de materiales del Prebético. Ej. Trías de Monnegre.

2.º En los afloramientos, cuyo contacto con los

se encuentran alineados y esta línea coincide con la de las "extrusiones" de materiales competentes que como veremos a continuación, ambos fenómenos (diapirismo y extrusión) guardan una relación muy íntima.

6.º Por último, el argumento que nos parece más decisivo es el hidrogeológico. El hecho de que los afloramientos importantes triásicos constituyan barreras impermeables, apoya la idea de diapirismo y no de corrimiento. Vamos a analizar algunos de estos



Margas y limos		MIOCENO
Margas y margocalizas		OLIGOCENO (O ₃)
Calcarenitas		" (O ₂)
Margas y margocalizas		" (O ₁)
Calizas		EOCENO MEDIO
Margas, margocalizas y areniscas		" INFERIOR
Margas y margocalizas		SENONIENSE
Calizas		CENOMANIENSE - TURONIENSE
Margas y margocalizas		ALBIENSE - CENOMANIENSE

Figura 32
Sierra Aitana

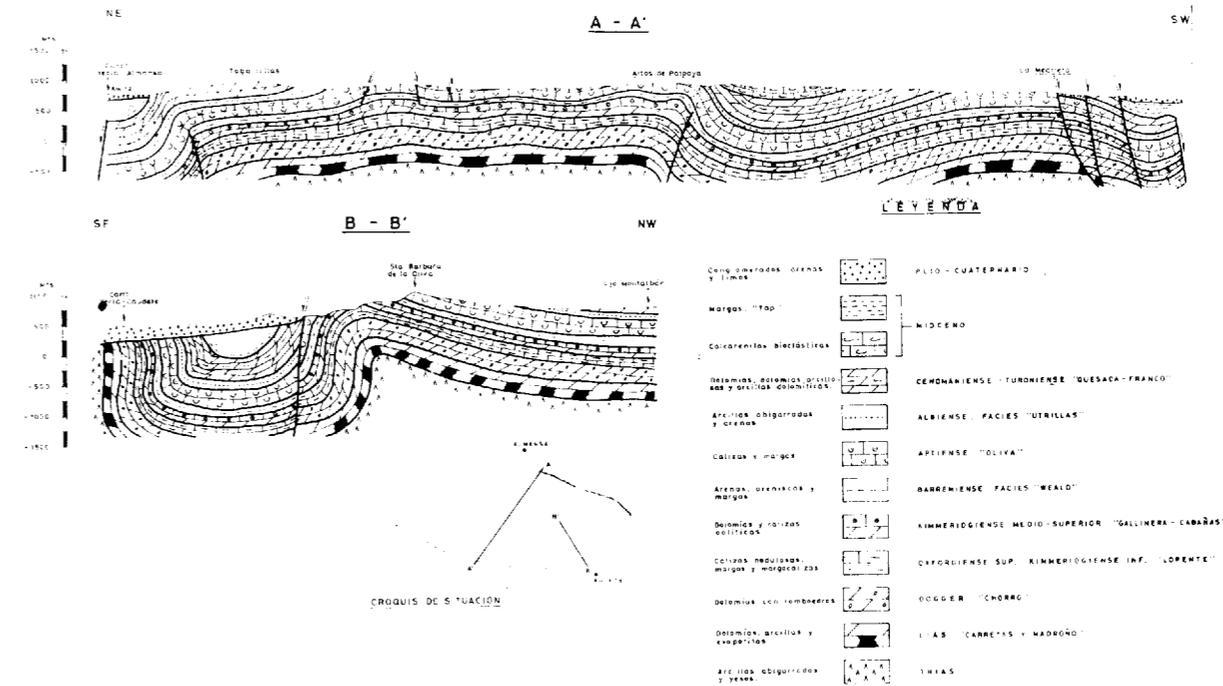


Figura 33
Sierra Oliva

materiales circundantes, pueda parecer que en un punto determinado sea de "corrimiento", lateralmente este contacto se pone más verticalizado o incluso el Trías está debajo de los materiales circundantes.

3.º Estos afloramientos suelen venir acompañados, en sus inmediaciones, de estructuras de direcciones aberrantes, por ejemplo los anticlinales de Orqueta en las proximidades del Trías de Finestrat.

4.º Es frecuente encontrar, en sus cercanías, deslizamientos de materiales competentes, de naturaleza prebética, que son los que ya hemos descrito.

5.º En el caso de los diapíros de Altea, Finestrat, Monnegre, Casas del Ventós y Novelda, éstos

afloramientos (los más conflictivos) bajo un punto de vista hidrogeológico:

El Trías de Altea, en su ramal de Bolulla por ejemplo, separa el sistema hidrogeológico de las Sierras de Serrella-Aixorta-Almedia (cuyo nivel piezométrico es de 275 metros s. n. m., representado en la fuente de Callosa de Ensarriá) del sistema de Carrascal-Ferrer (cuyo nivel piezométrico es de 200-220 metros s. n. m., representado en las fuentes del Algar). Vemos, por tanto, que existe un salto en la piezometría de 75 metros, en un trayecto de menos de 1 kilómetro, que es el ocupado por el Trías. Este mismo afloramiento triásico de Altea, en su ramal del río Guadalest, separa el sistema hidrogeológico

del Jurásico a modo de "extrusiones", pues presentan las características típicas que definen a éstas y que han sido descritas por VIENNOT (1928) y CASTANY (1955).

3.º La causa que motivó estos fenómenos, debió de corresponder a los efectos halocinéticos del Triás, lo mismo que interpreta CASTANY (1955) para sus extrusiones de Túnez.

En efecto, si una zona se ve sometida a efectos halocinéticos, se crea en primer lugar, un abombamiento en la cobertera, a manera de domo, si los materiales de ésta no están aún totalmente consolidados. Pero si estos esfuerzos verticales persisten se originarán una serie de fracturas radiales y concéntricas, que (sobre todo estas últimas) podrán individualizar un bloque de los materiales más consolidados (en este caso, el Jurásico calizo) e impulsarlo hacia arriba. Esta ascensión se puede ver favorecida por la no consolidación todavía de los materiales suprayacentes.

4.º Respecto a las "extrusiones" calizas del Jurásico, en los que no aflora el Triás en superficie (Cabezón del Oro y Puig Campana), pensamos que se traten de diapíros triásicos, en etapa inicial y en evolución actual o de diapíros abortados. En el afloramiento jurásico del Barranco del Vidrio ya aparece el Jurásico rodeado por unas láminas diapíricas de Triás, por lo que pensamos que podría corresponder a un diapíro en etapa más avanzada. Por último, en el Santuario de Santa María Magdalena, al Oeste de Novelda, aparece un Jurásico (que incluye materiales de Lías, Dogger y Malm) en medio del diapíro triásico de Elda-Novelda, como si estuviese "flotando"; en este último caso está claro que estamos ante un diapíro en etapa avanzada en su evolución.

5.º Todas estas "extrusiones" calizas del Jurásico se encuentran alineadas según una dirección Noreste-Suroeste, en la cual aparecen los diapíros de Altea, Finestrat, Monnegre, Casas el Ventós y Novel-

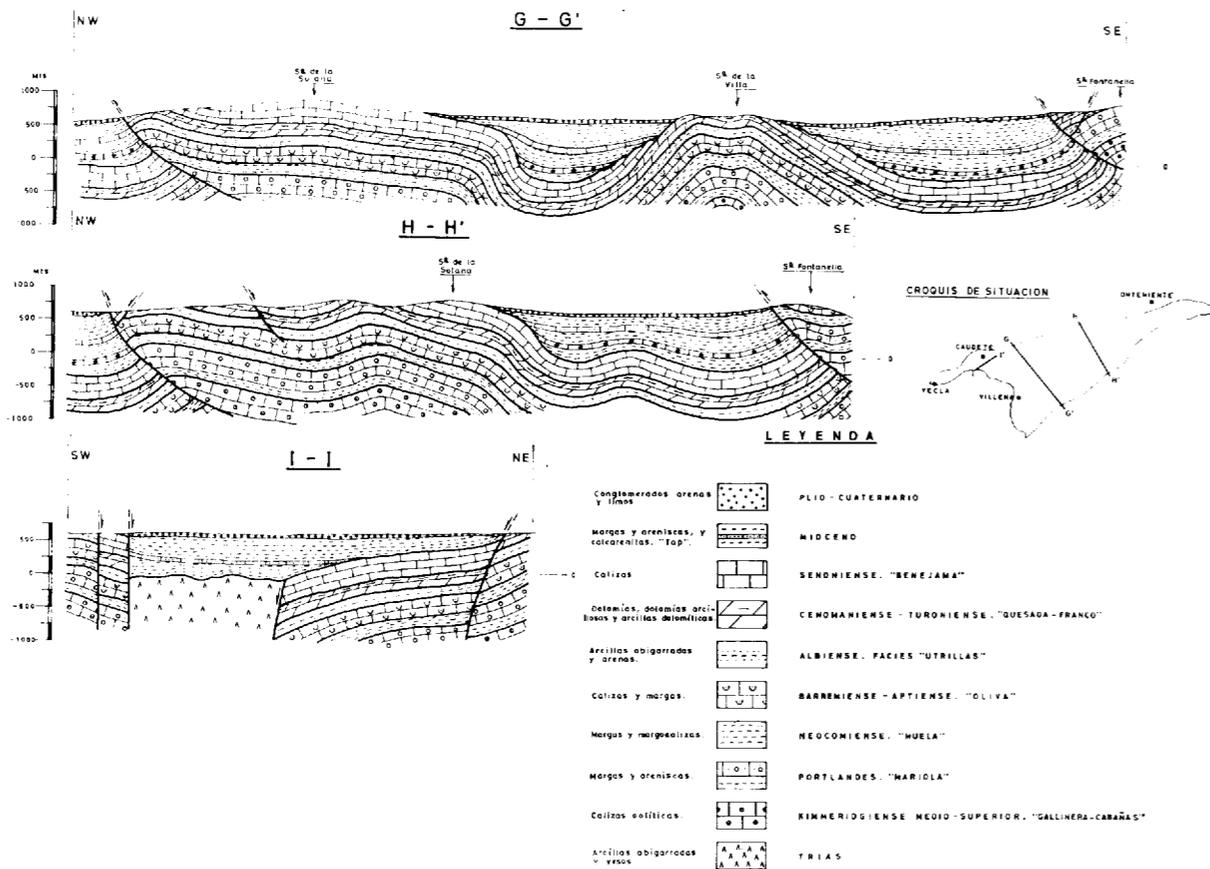


Figura 35
Solana-Villa

da. Esta línea coincide con la ya descrita zona de flexura de la cuenca como consecuencia, probablemente, de una falla de zócalo (fig. 38). El hecho de que exista un cambio de facies precisamente en esta zona de flexura, explica que se trate de una zona

débil por la que el Triás ha aprovechado para ejercer su acción diapírica. Un argumento que apoya la existencia de fallas profundas, es el hecho frecuente de encontrar en estas estructuras fuentes termales. Así por ejemplo, en el Cabezón del Oro, exis-

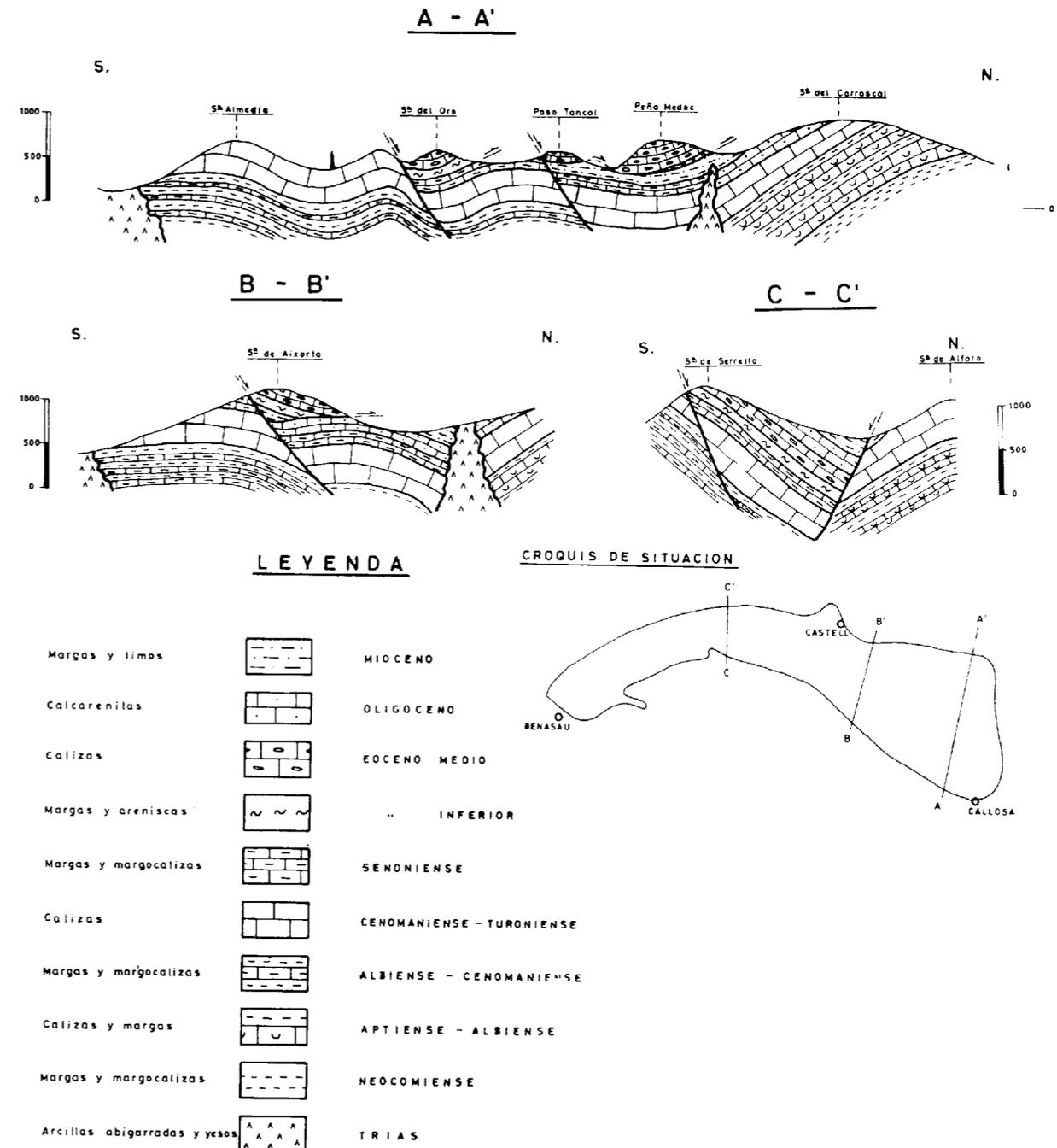


Figura 36
Serrella-Aixorta

tieron unas fuentes termales que dieron origen, durante muchos años, al Balneario de Aguas de Busot, hoy abandonado, por la puesta en explotación de numerosos sondeos y su consiguiente bajada de nivel piezométrico.

Existe actualmente una fuente termal en Font-

calent (de ahí el nombre de la Sierra), que prueba una vez más, la existencia de fallas profundas.

Fuera de esta zona y en la hoja de Yeste, nosotros hemos visto una "extrusión" jurásica de las mismas características que las hasta ahora descritas, en Baños de Tus. También aquí existe una fuente termal.

6.º En cuanto a la edad en que se produjeron estas "extrusiones" no se puede precisar con exactitud, pero en cualquier caso pensamos que no tienen por que ser sincrónicas, aunque tanto en el Cabezón del Oro, como en el Puig Campana, como en el Barranco del Vidrio, los materiales más modernos afectados por estas "extrusiones" coincide que corresponden en general al Cretácico superior; sin embargo pudieron comenzar con anterioridad, incluso proseguir en épocas posteriores al Cretácico superior. Esto último queda comprobado en el Cabezón del Oro, por la existencia de discordancias locales del Senoniense sobre el Albiense, del Eoceno inferior sobre el Cenomaniense-Turonense, y del Luteciense sobre el Senoniense. Por lo tanto, en el caso del Cabezón del Oro, el movimiento ascensional continuó por lo menos hasta el Luteciense. Nosotros pensamos que comenzaron al menos en el Cretácico superior, se acentuaron en la orogenia principal y, es posible, que algunos de ellos aun continúen en la actualidad.

7.º "Extrusiones" análogas a las descritas para el Jurásico, LECLERC (1971) las ha encontrado en la Vega de Agost, al Norte de Pozo Blanco, en el Cretácico superior. Este autor ha observado una "extrusión" de calizas del Cenomaniense entre margas y margocalizas del Senoniense, y la interpreta como una "exageración de los fenómenos disarmónicos", motivada por los esfuerzos tangenciales de plegamiento de la zona. Puesto que pone de manifiesto la ausencia de Trías en esta estructura, pensamos que dadas las características que afluyen a este fenómeno (dirección bética, extensión pequeña y contactos por fallas inversas), la explicación más lógica para este caso es la que da este autor, aunque no descartamos la posibilidad de una acción diapírica que facilitara estos hechos. Este mismo autor es el que ha detectado el afloramiento jurásico del Barranco del Vidrio, aunque su interpretación no coincide con la nuestra.

La extrusión del Cabezón del Oro, ha sido puesta de manifiesto, como tal extrusión, por POLVECHE (1962). Sin embargo su interpretación no coincide con la nuestra. Este autor piensa que la cau-

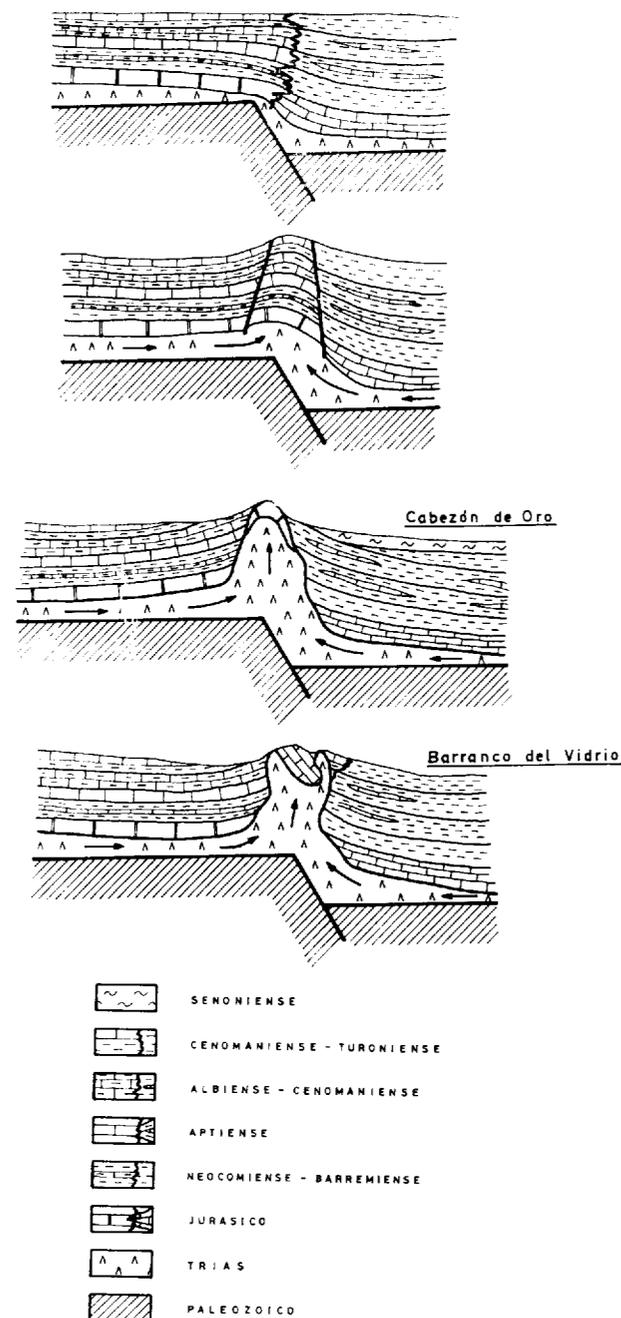


Figura 37
Extrusiones

sa de la extrusión fue debida a los esfuerzos orogénicos de compresión (GOGUEL, 1952) y no a la acción del Trías, y se basa en dos hechos.

1.º No llegar a aflorar el Trías.

2.º Presenta una dirección que coincide con las directrices béticas.

A la primera afirmación hemos de decir que es cierto, pero no nos debe extrañar demasiado si consideramos, a este caso, como de diapirismo inicial o diapirismo abortado. Sabemos que en otros estados más avanzados, como en el Barranco del Vidrio, el Trías llega a aflorar.

En cuanto a su segunda afirmación, no estamos en absoluto de acuerdo, pues precisamente si miramos un mapa geológico regional—como él dice—lo que concretamente se ve es, que el Cabezón del Oro no tiene la misma dirección que las directrices generales de plegamiento de la región; así, mientras que estas directrices generales, típicas de la orogenia principal, son de ENE-WSW, la directriz del Cabezón del Oro es de N-S y su cabalgamiento occidental es también de esta misma dirección.

3.3. LOS GRANDES ACCIDENTES TECTÓNICOS DE LA PROVINCIA DE ALICANTE.

En este capítulo nos vamos a dedicar, por un lado a aquellas fracturas de importancia regional que han condicionado en cierto modo la paleogeografía de la zona y por otro a las grandes fallas de desgarre que han motivado desplazamientos importantes entre los bloques (fig. 38).

Las primeras presentan, por lo general, una dirección típicamente bética, de NE-SW y son las que separan distintos dominios en las Béticas o distintas facies dentro de un mismo dominio.

Las segundas son las que dan lugar a "choques" laterales entre facies y estructuras y pueden apreciarse claramente dos familias bien definidas: unas que presentan dirección "ibérica" de NW-SE, casi N-S, y otras que presentan esta misma dirección de NW-SE, pero casi E-W. Las primeras son levóginas y las segundas (que originan giros importantes en las estructuras y al parecer son posteriores a aquéllas) dextróginas. En cualquier caso las fallas de desgarre, de uno u otro tipo, son posteriores a las fallas de directriz bética, puesto que las afectan.

Todas estas fallas importantes han sido "cazadas" primero por Geología y posteriormente corroboradas unas veces por Geofísica y otras por la existencia, en sus trazas, de diapíros triásicos, rocas volcánicas extrusivas, extrusiones de materiales competentes, epicentros sísmicos y puntos termales.

Estas fallas podemos asegurar, por tanto, que son profundas y que afectan a gran parte de la cobertera y muchas de ellas son la consecuencia de fallas a nivel del zócalo.

Para el estudio detallado de cada una de ellas, vamos a denominarlas de la siguiente manera:

1.º Fallas "paleogeográficas" de directriz NE-SW.

2.º Fallas de desgarre de directriz NW-SE: casi N-S y casi E-W.

1.º Fallas "paleogeográficas" de directriz NE-SW.

Ya hemos dicho que estas fallas han condicionado la sedimentación, por lo tanto son las más antiguas de las descritas. Casi podemos asegurar que todas las de este grupo son la respuesta de una fallas más profundas todavía, a nivel de zócalo y que en la etapa de compresión, muchas de ellas se convirtieron en cabalgamientos (por lo menos a nivel de cobertera), aprovechando las zonas débiles que constituyen las áreas en donde se sitúan los cambios de facies importantes; de ahí que los grandes cabalgamientos del Prebético de la provincia de Alicante marquen, al mismo tiempo, la línea de separación de facies.

Dentro de las fallas que pertenecen a este grupo podemos distinguir:

A) Falla de la alineación diapírica de Hellín-Ontur-Montealegre del Castillo.

B) Falla de la alineación diapírica-volcánica de Cenajo-Jumilla-Játiva.

C) Falla de Venta del Olivo-Villena-Gandía.

D) Falla de Cieza-Pinoso-Alcoy-Denia.

E) Falla de Novelda-Jijona-Altea.

F) Falla de Fortuna.

G) Falla de Crevillente-Elche.

H) Falla de Murcia-Orihuela-Guardamar.

I) Falla de la Costa.

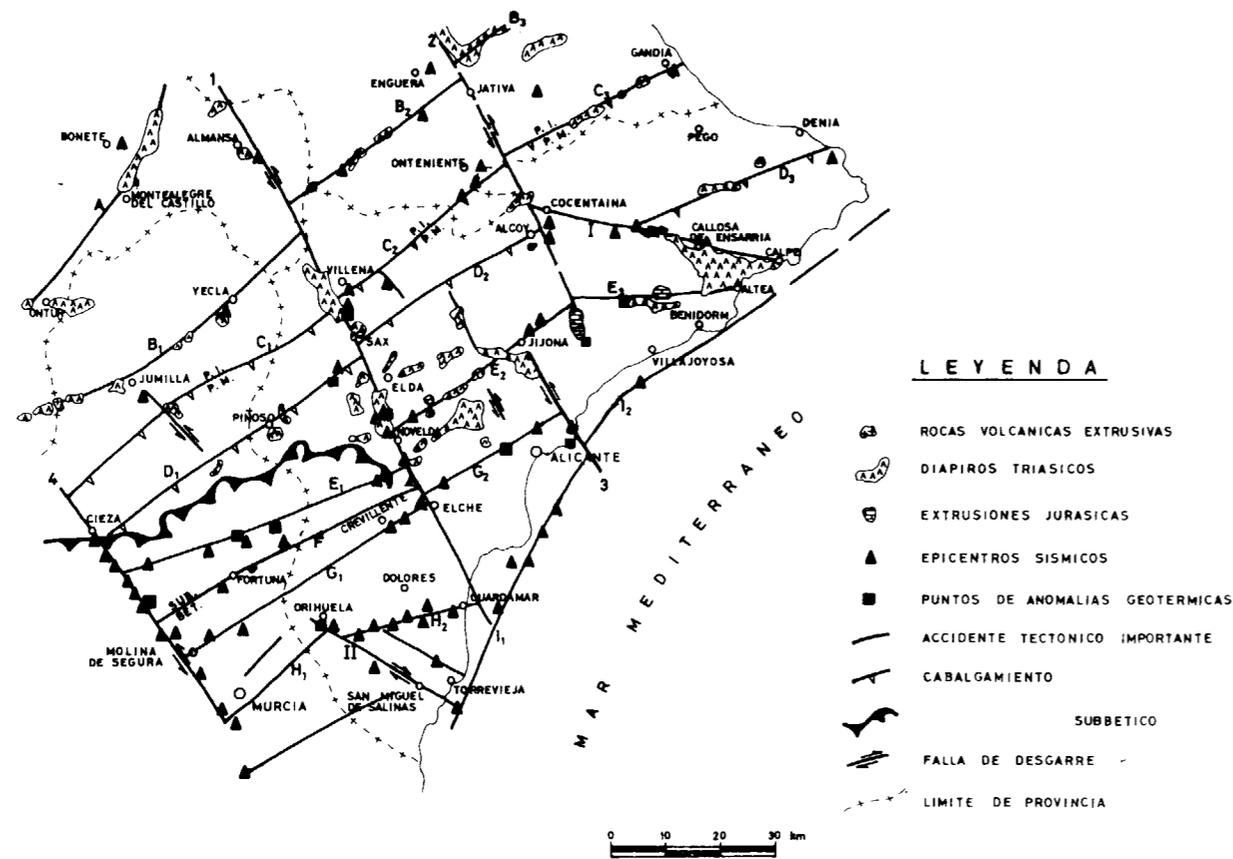


Figura 38

A) *Falla de la alineación diapírica de Hellín-Ontur-Montealegre del Castillo.*

Puesto que esta falla ya cae fuera de la provincia de Alicante, sólo nos limitaremos a hacer unas breves reflexiones de ellas:

— Afecta a materiales fundamentalmente jurásicos del Prebético externo.

— Ha condicionado el depósito del Cretácico superior, en el sentido de que el trazado de la falla coincide, aproximadamente, con el límite occidental del afloramiento del Cretácico superior.

— Viene corroborada por la existencia, en su traza, de afloramientos diapíricos triásicos en Hellín, Ontur y Montealegre del Castillo, así como de un epicentro sísmico, al Este de Bonete.

B) *Falla de la alineación diapírica-volcánica de Cenajo-Jumilla-Yecla-Játiva.*

También cae fuera de la provincia de Alicante.

Se ve interrumpida y desplazada, en dos ocasiones, por las fallas de desgarre del Vinalopó y de Muro de Alcoy, existiendo por tanto tres trazas: B₁, B₂ y B₃.

Esta falla, en su tramo B₁, separa, aunque no de una manera neta, el Prebético Externo del Interno, pues el paso entre estos dos dominios, en esta zona oriental del Prebético, como sabemos, no se efectúa de una manera brusca, como ocurre en la zona más occidental (Orcera, Fábrica de Riopar y Socovos), sino que es gradual. Sin embargo, inmediatamente al Sur de esta falla se observan cambios notables en la litología y potencia, sobre todo a nivel del Cretácico. Así por ejemplo, al Sur de esta línea el Cretácico inferior empieza a hacerse más marino, con la presencia de calizas con Orbitolinas, y el Cretácico superior mucho más potente.

En la traza B₁ de la falla, existen numerosos asomos diapíricos triásicos, desde el embalse del Cenajo hasta Yecla, así como la presencia de rocas vol-

cánicas extrusivas en Cancarix y en Casas de las Minas. Existen además, dos epicentros sísmicos, próximos a Jumilla y Yecla.

En la traza B₂, existen los afloramientos diapíricos triásicos, al Sur de Mogente y Sur de Vallada, además de los focos sísmicos de Fuente Higuera y Vallada.

En la traza B₃, se localiza la corrida triásica de Llosa de Ranos.

Esta falla ya fue detectada, en su traza B₁, por A. REY PASTOR en el año 1951, mediante epicentros sísmicos.

C) *Falla de Venta del Olivo-Villena-Gandía.*

Esta falla constituye el límite Norte del Prebético Meridional.

Existen tres trazas en esta falla: C₁, C₂ y C₃, como consecuencia de los desgarres del Vinalopó y Muro de Alcoy.

Este accidente tectónico, al menos en la cobertera, es de cabalgamiento, aunque como ya dijimos anteriormente, debe corresponder con otra falla más profunda, a nivel del zócalo, que condicionó la sedimentación en una etapa prerogénica. Este cabalgamiento parece cobrar mayor importancia en la zona más occidental, a juzgar por el pequeño espacio aflorante del Prebético Interno en este sector y que, lógicamente, gran parte de éste estaría debajo del Prebético Meridional.

Las razones geológicas que apoyan la existencia de esta falla profunda, son las mismas que dimos en el capítulo de Introducción, para explicar el límite Norte del Prebético de Alicante y que se basan en cambios de facies y de potencia sustanciales observados en el Neocomiense-Barremiense, Albiense, Cenomaniense-Turonense y Senoniense.

Además de los fuertes argumentos geológicos, en los que no vamos a insistir aquí de nuevo, apoyan la existencia de esta falla, los afloramientos diapíricos triásicos de La Rosa (al Sur de Jumilla) y los de Castellón de Rugat y Palma de Gandía, además de la existencia de numerosos epicentros sísmicos en Villena, Sur de Onteniente y Gandía.

D) *Falla de Cieza-Pinoso-Alcoy-Denia.*

Al igual que la falla anteriormente descrita, presenta tres trazas: D₁, D₂ y D₃, desplazadas por los desgarres del Vinalopó, Muro de Alcoy y Cocentaina-

na-Calpe, y afecta a materiales del Prebético Meridional.

Este accidente tectónico, al menos en cobertera, es de cabalgamiento, y probablemente corresponda con otra falla más profunda a nivel de zócalo, que condicionó la sedimentación. Este cabalgamiento parece tomar mayor envergadura en el sector más occidental, a juzgar por los rápidos cambios que se efectúan a nivel del Cretácico. Así por ejemplo y en la parte sur-occidental de la traza D₁, el Cenomaniense dolomítico de las Sierras de Ascoy y Benis, casi se pone en contacto, en superficie, con un Cenomaniense fundamentalmente margoso en la Sierra de la Pila (corte de la Garrapecha, o incluso un sondeo al Norte de la Sierra de la Pila), faltando por completo las facies de calizas oolíticas de la Sierra del Cid y la de margas y margocalizas en la base y calizas en el techo de la Sierra de Almedia. Este mismo fenómeno se pone igualmente de manifiesto entre los afloramientos cretácicos dolomíticos de la Sierra del Carche y los margosos del Norte de Pinoso, si bien aquí la distancia que los separa es algo mayor y probablemente ya esté representado, bajo el Mioceno, las facies de calizas oolíticas, pues poco más al NE, al Sur de la Sierra de Salinas, el I.R.Y.D.A. ha realizado varios sondeos, en los que aparece representado el Cenomaniense bajo estas facies (comunicación verbal de Angel González).

En cuanto al Senoniense se refiere, también se observan cambios de un lado a otro de la falla. Así por ejemplo, y siguiendo con el análisis de la traza D₁, el Senoniense al Norte de esta traza (Sierras de Ascoy, Larga, Carche y Salinas) presenta todavía un predominio de materiales calizos, aunque ya aparece un tramo margoso en el techo, mientras que al Sur, el Senoniense es totalmente margoso y margocalizo con abundantes Globotruncanas, como puede observarse en la Garrapacha o al Norte de Pinoso.

En las trazas D₂ y D₃, los cambios estratigráficos observables son muy similares a los descritos para la traza D₁. Así por ejemplo, el Cenomaniense de las Sierras de Mariola, Almirante y Mustalla, está constituido por un tramo único dolomítico, mientras que al Sur, en las Sierras de Argueña, Carrasqueta y Carrascal, éste está constituido por calizas oolíticas.

En el Senoniense se observan los mismos cambios que apuntamos para la traza D₁.

Por último esta falla, en sus tres trazas, ha condicionado al depósito del Eoceno y Oligoceno, en el sentido de que al Norte de ella casi no existen

afloramientos marinos. Obsérvese que los primeros afloramientos "in situ" eocenos y oligocenos se sitúan en las Sierras de Reclot, La Umbría, Argueña, Barrancones, Carrasqueta, Serrella y Carrascal, mientras que al Norte, en las Sierras del Carche y Mariola, por ejemplo, el Oligoceno es continental. Conviene recordar que los afloramientos de Peñarubia, Onil y Aixorta, presentan una disposición alóctona, procedente del Sur, de ahí que se encuentren situados más al Norte de lo que les deberían corresponder paleogeográficamente.

Otros argumentos que corroboran la existencia de este accidente profundo, son los siguientes:

— Diapíros triásicos en Pinoso, Cañada Roja, Sur de Alcoy, Alcalalí y Ondara.

— Epicentros sísmicos en Salinas, Alcoy, Cocentaina, Confrides y Jávea.

— Zona de anomalías geotérmicas registradas en el sondeo efectuado, recientemente por el IGME, en las inmediaciones del pueblo de Salinas (30° C).

La traza D₃, como puede deducirse del mapa, se vio primeramente desplazada por la falla de Muro de Alcoy, hacia el Norte, y posteriormente hacia el SE, por la falla de Cocentaina-Calpe.

E) *Falla de Novelda-Jijona-Altea.*

Afecta a materiales del Prebético Meridional, fundamentalmente.

También aquí se observan tres trazas en la falla, desplazadas por la del Vinalopó y Muro de Alcoy. La traza E₁, a pesar de que sólo se observa que afecta a materiales subbéticos, al encontrarse éstos (en esta zona) en cierto modo "desenraizados", se puede presumir que también afecta, en profundidad, a los materiales del Prebético Meridional.

Las razones geológicas que apoyan la existencia de esta falla en sus trazas E₂ y E₃, ya se han mencionado en los capítulos de conclusiones paleogeográficas del Cretácico y Terciario, así como en el capítulo de Extrusiones de materiales competentes.

Aquí sólo haremos un resumen de los argumentos citados y añadiremos algunos nuevos:

— La falla, cuyos resultados en la cobertera obedecen claramente a la existencia de una falla de zócalo, marca precisamente el paso de una zona de plataforma a otro de talud, de mayor profundidad. Los cambios de facies y de potencia se hacen notar desde el Jurásico hasta el Oligoceno incluido. Citemos por ejemplo el caso del Cenomaniense-Turonense

que en la Sierra de Maigmó, está constituido por unos 450 metros de calizas oolíticas con Orbitolinas, y que pasa a ser fundamentalmente margoso con Ammonites y con 900 metros de potencia en el Sabinar y todo esto en un espacio no superior a los 5 kilómetros. Otro caso puede ser el del Eoceno, que pasa de ser fundamentalmente calizo, con Nummulites y con 400 metros de potencia en la Sierra Aitana, a tener más de 800 metros de margas y margocalizas con Globorotalias en el flisch de la costa; y todo esto en el espacio de unos 8 kilómetros.

— Existen deslizamientos submarinos ligados al cambio de pendiente que originó esta falla de zócalo. Recuérdese los slumping y olistolitos a nivel del Cretácico inferior, C. superior y Nummulítico, al Sur de esta zona de falla.

— Existencia de afloramientos diapíricos triásicos en la zona de falla como los de la Casa del Ventós, Monnegre, Finestrat y Altea.

— En las trazas E₂ y E₃ de esta falla se alinean las extrusiones jurásicas del Barranco del Vidrio, Cabezón del Oro y Puig Campana.

— Existen epicentros sísmicos al NE de Novelda y Jijona.

— Zona de anomalías geotérmicas registradas en los sondeos del Embalse de Amadorio.

Esta falla ya fue "intuida" por POLVECHE (1961) en la zona de Finestrat y puesta de manifiesto por AZEMA (1975) en la zona de la Sierra del Cid.

Ya hemos dicho que la traza E₁ afecta, en superficie, a materiales del Subbético, pero que sin embargo pensamos que continúa en profundidad. Los hechos que corroboran esta hipótesis, son los siguientes:

— Epicentros sísmicos al Norte de Crevillente (extremo oriental de la Sierra del mismo nombre), Baños de Fortuna y Caserío los Cabañiles.

— Puntos termales en Baños de Fortuna y en el Partidor (Norte de Abanilla).

Es muy probable que la falla que pasa por Ricote, Bullas y Huéscar, sea la continuación de ésta, pero desplazada hacia el Sur por la de desgarre que coincide con la Vega Alta del Segura.

F) *Falla de Fortuna.*

La importancia de esta falla radica en que, en superficie, separa la Zona Subbética de la Bética s. str.

Además de esta razón geológica de peso, esta falla viene apoyada por la existencia, en su traza, de epicentros sísmicos en Fortuna y Abanilla y por el afloramiento de rocas volcánicas extrusivas, existentes entre estas dos localidades.

Esta falla se ve interrumpida, hacia el Este, por la del Vinalopó y hacia el Oeste por la de la Vega Alta del Segura, pero continúa hacia el Oeste, desplazada un poco hacia el Sur, por Barqueros y Vélez Rubio.

Ya en 1951, Rey Pastor detectó esta falla por sísmica, pero la continuaba hacia el Este por Busot y Alfaz del Pí, cosa que ya no estamos de acuerdo, ni de su no desplazamiento por efecto de la falla de la Vega Alta del Segura.

G) *Falla de Crevillente-Elche.*

Ya ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores. Uno de los primeros que, creemos, detectaron esta falla, fue REY PASTOR (1951), apoyándose, fundamentalmente, en los epicentros sísmicos que abundan en este sector.

Afecta a materiales del Bético s. str.

Hemos llamado a este accidente "de Crevillente-Elche" pero en realidad continúa, más hacia el SW, por el Valle del Guadalentín.

Por tanto, esta falla presenta tres trazas; la que coincide con el Valle del Guadalentín, por salirse fuera de los límites de este estudio, no nos vamos a ocupar de ella; sólo diremos que pasa, aproximadamente, por Puerto Lumbreras, Lorca y Alhama de Murcia, y que en su traza se sitúan numerosos epicentros sísmicos y puntos termales como el de Alhama de Murcia.

La traza G₁ une las poblaciones de Molina de Segura y Crevillente. Esta falla, aunque en superficie no se ve claramente, se ha podido comprobar por Geofísica y apoyan su existencia la presencia de epicentros sísmicos próximos a las poblaciones de Molina de Segura y de Crevillente. Además de estos hechos, hay que poner de manifiesto que esta falla, junto con otra, paralela a ésta y que pasa por Murcia y Orihuela, dan lugar al "horst" tectónico de la Sierra de Orihuela y que al Sur y Norte de esta Sierra ha tenido lugar un fuerte relleno de Plio-Cuaternario, que, por los datos obtenidos en los sondeos que ha realizado el Estudio Hidrogeológico del Bajo Segura, supera los 300 metros de espesor.

La traza G₂ parece ser la continuación de la G₁, hacia el Este, y desplazada un poco hacia el Norte,

por la falla del Vinalopó. Geológicamente, y en superficie, coincide con la falla del Norte de Fontcalent, que pone en contacto el Lias inferior con el Albiense. Esta falla pasaría, además, por el Norte de Elche y por San Vicente del Raspeig; existen epicentros próximos a estos dos pueblos y un punto caliente en la Sierra de Fontcalent, además del afloramiento diapírico triásico del Cerro del Reventón.

H) *Falla de Murcia-Orihuela-Guardamar.*

Se observan dos trazas en esta falla, H₁ y H₂, desplazadas por la falla de San Miguel de Salinas.

La traza H₁, geológicamente, corresponde a la falla que delimita, por el Norte, a las Sierras de Columbares y Santo Cristo, y más al Oeste, a la Sierra de Carrascoy; esta falla, junto con otra que se sitúa al Sur de esta última sierra, constituyen el "horst" tectónico de Carrascoy. Esta falla ha sido corroborada por Geofísica y en su traza se sitúan epicentros sísmicos al Sur de Murcia y Orihuela.

La traza H₂ delimita, por el Norte, los afloramientos miocénicos de Benejúzar y Rojales, y coincide exactamente con el curso bajo del Río Segura, habiéndose adaptado éste a la falla y observándose un giro en él, de NE-SW a E-W. Esta falla, además de haberse comprobado por Geofísica, en su traza existen numerosos epicentros sísmicos (hasta 7).

Esta falla de Murcia-Orihuela-Guardamar, ya fue puesta de manifiesto por REY PASTOR en 1951, basándose en los epicentros sísmicos.

I) *Falla de la costa.*

Es la que ha condicionado la forma actual de la costa mediterránea, en este sector, y fue deducida ya en 1951 por REY PASTOR, basándose en los epicentros sísmicos existentes dentro del mar, desde Torreveja hasta Villajoyosa.

Nosotros pensamos que presenta dos trazas: I₁ e I₂, desplazadas sensiblemente por la falla de desgarre de Jijona-San Juan de Alicante.

2.º *Fallas de desgarre de directriz NW-SE.*

Ya hemos dicho que estas fallas originan "choques en la estratigrafía y en la tectónica" y son posteriores a las fallas paleogeográficas anteriormente descritas.

Dentro de ellas vamos a distinguir dos grupos:

a) *Fallas de desgarre de directriz NW-SE, casi N-S.*

b) *Fallas de desgarre de directriz NW-SE, casi E-W.*

a) *Fallas de desgarre de directriz NW-SE, casi N-S.*

Dentro de nuestra zona de estudio se observan las siguientes fallas de desgarre con esta dirección:

1. Falla del Vinalopó.
2. Falla de Muro de Alcoy.
3. Falla de Jijona-San Juan de Alicante.
4. Falla de la Vega Alta del Segura.

Todas estas fallas son del tipo sinestrosom.

1. *Falla del Vinalopó.*

De este accidente, que coincide con el curso del Río Vinalopó, se ha hablado mucho y de diferente manera: desde algunos autores que le han dado una importancia, tal vez desorbitada, a otros que prácticamente niegan su existencia. De un punto de vista extremo al otro, existen numerosas teorías intermedias. Así, algunos sostienen que sólo es una falla, sin movimiento relativo; otros en cambio, opinan, que presenta un movimiento vertical, y por último hay quien le atribuye un desplazamiento horizontal. El último trabajo publicado sobre este tema es, según nuestros conocimientos, el de AZEMA, LERET y SANTOLINO (1974), que defienden la teoría de que tal falla del Vinalopó no existe, puesto que las Sierras de Salinas y Peñarrubia-Mariola presentan las mismas series estratigráficas y están situadas en una misma alineación orográfica. Estos autores hacen un estudio de la serie de Peñarrubia, estudio por otro lado correcto a nuestro juicio, pero al final, sin describir la serie de la Sierra de Salinas, extrapolan diciendo que es la misma que la descrita en Peñarrubia.

Como vemos el tema es polémico y justo es dedicarle una especial atención al mismo.

Vamos a tratar de analizar el problema sin apasionamiento alguno y basándonos siempre en hechos concretos, y a partir de éstos, intentar dar una hipótesis lo más objetiva posible.

Que por el curso del Río Vinalopó existe un accidente mecánico, creo que no debe ofrecer duda alguna, dados los siguientes hechos:

1.º Existe una alineación diapírica triásica, de dirección NW-SE, que coincide con el cauce de este

río y que ha aprovechado, para su inyección, dicho accidente mecánico. La dirección de esta alineación no es por otro lado única, ya que existen, en el Prebético y en la vecina Ibérica, alineaciones diapíricas de este tipo, como pueden ser la del Trías de Ayora, o la de Navarrés-Anna.

La naturaleza diapírica de estos afloramientos triásicos no ofrece duda, ya que ha sido demostrada por Geofísica y por Hidrogeología, al separar los sistemas, a un lado y otro de estos afloramientos. En efecto, el sistema hidrogeológico de Peñarrubia, tiene un nivel piezométrico distinto que la Sierra de Salinas; el de la Sierra Argueña es distinto al de la Sierra de la Umbría; el de la Villa, distinto del de la de Enmedio y más al Norte, aunque el sistema de la Sierra de la Solana es el mismo que el del Peñón Grande, esto es debido a que existe una conexión por el Cuaternario que los separa en superficie, pero en profundidad este Trías continúa hasta unirse con el afloramiento de Caudete, hecho que ha podido ser confirmado por Geofísica. Por tanto los afloramientos triásicos de Almansa, Caudete, Villena, Sax, Elda y Novelda, son diapíricos y pertenecen a una misma corrida trásica, que al ser tan lineal, coincide con una falla en esta misma alineación.

2.º El segundo hecho que apoya la existencia de este accidente, es el de que los afloramientos del Subbético no sobrepasan esta línea del Vinalopó, hacia el Este, viéndose interrumpidos, bruscamente, y cuyo contacto más oriental presenta una sospechosa dirección de NW-SE que es la misma que presenta el accidente del Vinalopó. Vemos pues, que se intuye una relación directa entre el límite del Subbético, hacia el Este, y la falla del Vinalopó.

Si queremos explicar este último hecho, parece lógico pensar que esta falla jugó, en un momento de la historia geológica, como normal o de plano vertical, pero en cualquier caso el bloque hundido fue el occidental y el levantado el oriental; esta falla pudo jugar, en este sentido, antes del corrimiento subbético, con lo cual, al llegar a esta línea, no pudo sobrepasar la topografía que se encontró al Este de esta falla; o bien la falla jugó (en este sentido) después de haberse realizado el corrimiento subbético, con lo cual, en el bloque hundido, se han conservado los afloramientos subbéticos, mientras que en el bloque levantado, estos materiales fueron erosionados. Nosotros nos inclinamos por la hipótesis de que esta falla con hundimiento relativo de bloques, ya estaba originada cuando sobrevino el corri-

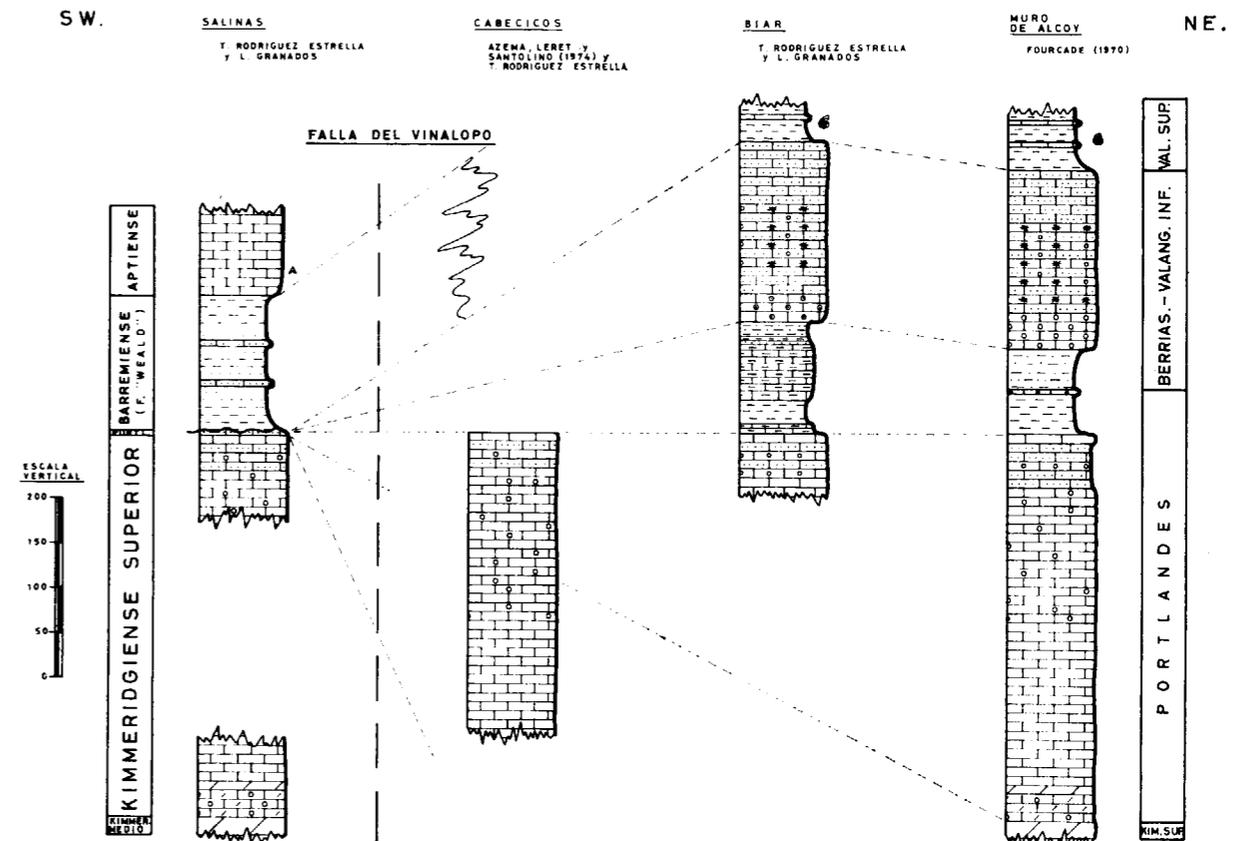


Figura 39

miento subbético, pues resulta muy raro que en el bloque oriental no exista un retazo, ni siquiera resedimentado, de materiales subbéticos.

3.º Existen numerosos epicentros sísmicos, alineados en la traza de esta falla, como por ejemplo los de Almansa, Villena, Monóvar, Novelda, Aspe y Elche.

4.º Se han registrado dos puntos termales, uno en la fuente de la Salineta, en Novelda y otro en los sondeos de Peñarrubia, en uno de los cuales se ha medido una temperatura de 35º C.

Creemos que, con estos argumentos, la existencia de esta falla profunda ha quedado demostrada. Sin embargo nosotros hemos querido ir más lejos, en el análisis de este accidente y hemos llegado a la conclusión de que se trata de una falla de desgarre del tipo levógiro; las razones que, para ello, daremos a continuación, serán exclusivamente geológicas y fundamentalmente paleogeográficas.

En efecto, analizando las series que existen a un

lado y otro de la falla, ya descrita en el capítulo de Estratigrafía, concretamente las de la Sierra de Salinas al Oeste y las de Peñarrubia, Fontanella y Mariola, al Este, vemos que existen diferencias sustanciales (fig. 39):

a) A nivel del Jurásico se observa que, mientras que en la Sierra de Salinas, sobre las calizas oolíticas del Kimmeridgiense superior, existe un Portlandés constituido exclusivamente por un tramo único de 5 metros de areniscas, en las Sierras de Peñarrubia, Fontanella y Mariola, está constituido por un potente tramo de unos 400 metros de calizas oolíticas y sobre él, otro margoso de unos 100 metros de potencia.

b) En la Sierra de Salinas está poco representado el Berriasiense, mientras que en las Sierras de Fontanella y Mariola, está constituido por 200 metros de areniscas y calcarenitas.

c) El Neocomiense-Barremiense, en la Sierra de Salinas, está constituido por unas arenas y margas

abigarradas, cuyo medio de depósito es continental (facies "Weald"), mientras que en las Sierras de Fontanella y Mariola, los depósitos son marinos a base de margas y margocalizas con Ammonites.

Todos estos argumentos nos llevan a la conclusión de que las series de la Sierra de Salinas son más septentrionales que las de las Sierras de Peñarrubia, Fontanella y Mariola, habiéndose desplazado estas últimas hacia el Norte. Esta afirmación viene, además, confirmada en el campo por la existencia de numerosas pequeñas fallas, de componente horizontal, en el Rincón de Huesa, extremo occidental de la sierra de Peñarrubia.

Resumiendo diremos que la falla del Vinalopó actuó como "dicrochement" del tipo levógiro, en una etapa tardía del plegamiento, pero que anteriormente condicionó al corrimiento subbético, al producirse un hundimiento del bloque oriental.

2. Falla de Muro de Alcoy.

De esta fractura ya habló, en 1951, REY PASTOR, basándose fundamentalmente en los epicentros sísmicos.

La existencia de esta falla está claramente puesta de manifiesto en la zona del Muro de Alcoy-Cocentaina, al observar que las Sierras de Mariola y Ondoches se interrumpen bruscamente en su extremo oriental. Por el fuerte relleno miocénico que existe al Este del accidente, se deduce que la falla es fundamentalmente normal, o de plano vertical, pero cuyo bloque hundido es el oriental.

Esta falla continúa claramente hacia el Sur, hasta Sierra Grana por lo menos, aunque posiblemente llegue hasta el Cabezón del Oro. Por el Norte, no está claro que continúe, aunque parece corresponder bastante bien con el Trías de Navarrés-Anna.

Otros argumentos que apoyan la existencia de este accidente importante, son los siguientes:

— Existencia de epicentros sísmicos en Alcoy, Cocentaina, Onteniente y Enguera.

— Afloramientos diapíricos triásicos de Cocentaina y Navarrés-Anna.

— Extrusión jurásica del Cabezón del Oro.

— Zona de anomalías geotérmicas en Aguas de Busot.

Profundizando más aun en este tema, observamos que esta falla ha actuado, hasta cierto punto, como de desgarre, tratándose al parecer del tipo levógiro.

Sin embargo pensamos, que el desplazamiento relativo de bloques, aquí ha sido poco importante, observándose, en el mejor de los casos, arrastres y fallas de desgarre pequeñas próximo a este accidente, que nos hablan siempre de un movimiento hacia el Norte del bloque oriental o hacia el Sur del occidental.

Además de que el frente de cabalgamiento de Sierra Mariola, se vea desplazado (al otro lado de la falla, en la Sierra de Albureca) un poco hacia el Norte, se observan arrastres en la Sierra de Ondoches, Els Plans, Grana, Puerto del Rentonar, y desgarres en las Sierras de Ondoches y Rentonar.

De todo lo expuesto hasta el momento se deduce que la importancia del desgarre es en esta falla escasa y en ningún caso se puede comparar con la del Vinalopó, ya que no existen grandes "choques" ni en facies ni en estructuras y sólo se traduce en pequeños arrastres de estas últimas.

3. Falla de Jijona-San Juan de Alicante.

Coincide aproximadamente con la carretera que une estos dos pueblos.

Es fácilmente deducible en superficie, ya que en toda su traza pone en contacto materiales de distinta edad.

Otros argumentos que apoyan la existencia de este accidente importante son:

— Afloramiento diapírico triásico de Monnegre, así como otros más pequeños alineados en la traza de esta falla.

— Epicentros sísmicos próximos a Jijona y en el Cabo de Huertas.

— Zona de anomalías geotérmicas en Campello, registrada por sondeos.

También esta falla ha jugado un papel de desgarre, tipo levógiro, como lo prueba:

— La existencia de arrastres en las Sierras de Amaens y Boter.

— Desgarres en las Sierras de Bec del Aguila, Alto del Segoño, incluso Sur de la Carrasqueta.

En cualquier caso el desgarre, al igual que en la falla de Muro de Alcoy, ha sido poco importante, comparada con la del Vinalopó.

4. Falla de la Vega Alta del Segura.

Por salirse ya fuera de nuestro estudio, no vamos a dedicarle excesiva atención, si bien su importancia es comparable a la del Vinalopó.

Coincide con la Vega Alta del Segura y es muy significativo que este río, que trae una dirección de casi E-W, en el tramo de Calasparra-Cieza, cambie bruscamente y de manera lineal a NW-SE al entrar en la Vega Alta; es fácil imaginar que el río se adapta a este accidente.

Otros hechos que apoyan la existencia de esta falla profunda son:

— La presencia de numerosos epicentros sísmicos (hasta 10) en su traza.

— Zona de anomalías geotérmicas en los Baños de Archena.

Esta falla, al igual que las demás descritas en este grupo, ha actuado como desgarre en una etapa tardía de plegamiento y es de tipo levógiro, como se puede comprobar por el desplazamiento, hacia el Norte, del contacto Subbético-Bético, en el bloque oriental o por este mismo desplazamiento de la falla de Crevillente-Elche con respecto a la del Guadalentín.

De esta falla se ha hablado mucho, y son numerosos los autores que la han puesto de manifiesto. Uno de los primeros en demostrar su existencia fue REY PASTOR (1951), basándose en los epicentros sísmicos; sin embargo, este autor no habla del efecto de desgarre que, creemos, le caracteriza.

b) *Fallas de desgarre de directriz NW-SE, casi EW.*

Constituyen un grupo bastante bien definido y al contrario de las otras fallas de desgarre que hemos descrito, que eran levógiras, éstas son del tipo dextrógiro, y parecen ser posteriores a aquéllas. Otra característica muy importante es que vienen asociadas frecuentemente, con cambios de dirección de los pliegues, constituyendo verdaderos arcos estructurales. No sabemos si estos cambios se produjeron por los efectos de desgarre o por el contrario actuaron de fallas paleogeográficas en un principio, condicionando la sedimentación y posteriormente actuaron de desgarres en una etapa tardía del plegamiento, acentuando estos cambios en las estructuras. Pensamos que lo más probable es que se diera esta segunda alternativa; al menos en otros puntos de la Zona Prebética, fue así. L. JEREZ MIR (1973) y T. RODRÍGUEZ ESTRELLA (inédito).

A este mismo grupo de fallas de desgarre, pertenecen las fallas del Río Mundo, "Línea Eléctrica", Cazorla, Puebla de D. Fabrique y Cartagena. De todas ellas las más importantes son las dos prime-

ras, que han originado el gran arco estructural de Cazorla-Alcaraz-Hellín. Por salirse fuera de nuestro estudio, no nos vamos a ocupar aquí de ellas.

Dentro de la provincia de Alicante podemos distinguir, dentro de este grupo:

I) Falla de Cocentaina-Calpe.

II) Falla de San Miguel de Salinas.

I) Falla de Cocentaina-Calpe.

Es la que ha motivado el arco estructural de Serrella-Aixorta, convexo hacia el Norte.

Esta falla, como ya apuntamos anteriormente, parece ser que ha actuado como paleogeográfica en una etapa preorogónica y posteriormente en una etapa tardía del plegamiento, como desgarre del tipo dextrógiro.

Que ha actuado como paleogeográfica, en un principio, se comprueba fácilmente al observar, en los mapas de facies y de potencias, cómo las líneas de separación de facies y las isopacas (desde el Jurásico al Oligoceno) describen una inflexión, en esta zona.

La existencia de esta falla profunda viene corroborada por los hechos siguientes:

— Existencia del diapíro triásico de Altea, con su ramal en el Río Guadalest.

— Epicentros sísmicos en Sierra de Serrella y Sur de Cocentaina.

El posterior funcionamiento de desgarre de esta falla, viene apoyado por la frecuente existencia de pequeñas fallas de desgarre, en las Sierras de Serrella, Aixorta, Almedia, incluso en el Norte de Sierra Aitana, que presentan la misma dirección del accidente principal y que todas ellas son del tipo dextrógiro.

II) Falla de San Miguel de Salinas.

Ya fue puesta de manifiesto por REY PASTOR (1951) basándose en los epicentros sísmicos. Posteriormente otros autores han hablado de este accidente tectónico, entre ellos MONTENAT (1970) y CUENCA PAYA (1973).

Hay que hacer notar que aquí también existe un giro brusco en la dirección de las estructuras, pasando de NE-SW en la Sierra de Columbares a NW-SE, próximo a San Miguel de Salinas.

Esta falla corresponde, además, con una fuerte anomalía gravimétrica, orientada NW-SE, desde el Río Seguro (Hurchillo), hasta el mar; MONTENAT (1970).

Otros argumentos que apoyan la existencia de este accidente profundo, son los siguientes:

— Epicentros sísmicos en Orihuela, Caserío de Vista Bella y Sur de Torre Vieja (ya en el mar).

— Zona de anomalías geotérmicas en el pueblo de Orihuela (Baños de San Antón).

Esta falla parece ser de desgarre, del tipo dextrógiro, ya que se observa, incluso en superficie, un "retraso" hacia el Sur de los afloramientos miocénicos del bloque oriental (Loma de Bigastro), con respecto al occidental (Loma de Pino Hermoso). Además existe un desplazamiento hacia el Norte de la traza de la falla de Murcia-Orihuela, con relación a la de Orihuela-Guardamar. En cualquier caso, el desgarre es de poca importancia.

Fallas paralelas a la mencionada se han registrado por Geofísica, al Norte de Torre Vieja y en el Campo de Cartagena.

Dijimos anteriormente que estas fallas de desgarre de dirección NW-SE, casi E-W, eran posteriores a las de desgarre, pero de dirección casi N-S. Esta afirmación sólo ha sido confirmada, fuera de la zona, en la falla del Río Mundo que "corta" a la del meridiano de Liétor-Elche de la Sierra; en la falla de San Miguel de Salinas se puede comprobar que ha actuado muy recientemente, hasta el punto de verse afectados materiales del Plioceno y Cuaternario. En este sentido transcribimos literalmente la afirmación de MONTENAT (1970): "Se trata, pues, de un accidente importante del substrato ante-Mioceno, que ha vuelto a jugar después, en las fases de plegamientos recientes post-Plioceno superior y post-Villafranchense".

Algunas de las fallas "paleogeográficas" ya descritas, se han reactivado en una etapa reciente (incluso juegan en la actualidad); nos referimos a las situadas en la zona costera del Sur de la provincia de Alicante y Norte de la de Murcia. Así por ejemplo, se han registrado desgarres, del tipo dextrógiro, en la falla de Guadalentín, BOUSQUET y MONTENAT (1974) y en la falla del Bajo Segura, CUENCA PAYA (1973). Estos fenómenos de desgarre, junto con cabalgamientos y pliegues que afectan a materiales pliocenos y cuaternarios, nos ponen de manifiesto una tectónica reciente en este sector de las Cordilleras Béticas.

BIBLIOGRAFIA

- ADROVER, R.: *Los microforaminíferos del Plioceno inferior de los lignitos de Alcoy*. "B. S. E. H. N.", t. 67, fasc. 3 (1969).
- AGUIRRE, E., y CUENCA, A.: *El yacimiento de mamíferos de la mina de Alcoy*. "Rev. del Inst. de Est. Alicantinos", núm. 15. II época. Mayo-agosto, pp. 7-17 (1975).
- ALBRICIAS, L.: *Contribución al estudio de las playas levantadas de Alicante*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.", T. XXVII, pp. 281-284, con 2 figuras, Madrid (1927).
- ALMELA, A., y GÓMEZ, E.: *Memoria y hoja geológica*. núm. 821 (Alcoy). IGME, Madrid (1973).
- ALLOITEAU, J.: *Madréporaires du Prilandien de la Querola près d'Alcoy*. "B. S. G. F." (7), 11, pp. 288-299 (1960).
- AZEMA, J.: *Sur l'existence d'une zone intermédiaire entre Prébétique et Subbétique dans les provinces de Murcia et d'Alicante (Espagne)*. "C. R. Ac. Sc.", t. 260, páginas 4.020-4.023 (1965).
- AZEMA, J., y SORNAY, J.: *Sur l'existence de phénomènes de ravinement, de condensation et de remaniement au sein des formations secondaires de la Sierra de Crevillente (province d'Alicante, Espagne)*. "B. S. G. F." (7) T. VIII, pp. 518-510 (1966).
- AZEMA, J.: *Observations sur la microfaune du Crétacé supérieur de la région de Fortuna, Prébétique méridionale (prov. de Murcia, Espagne)*. "C. R. Ac. Sc.", t. 262, pp. 838-840 (1966).
- AZEMA, J.: *Geologie des confins des provinces d'Alicante et de Murcia, Espagne*. "B. S. G. R." (7), VIII, pp. 80-86 (1966).
- AZEMA, J.; DEVRIÉS, A., et MAGNE, J.: *Observations sur les formations Oligocènes supérieures a Echinodermes des Sierras du Horna et du Monteagudo (province d'Alicante, Espagne)*. "Soc. Geol. de Franc", 7^e serie, t. XI, pp. 45 a 48 (1969).
- AZEMA, J.: *Nouvelles données sur le Jurassique des environs d'Alicante, Espagne (Sierra Mediana)*. "Extrait du C. R. Som. des Seanc. de la Soc. Geol. de Franc". Fasc. 8 seance du 7 décembre 1970, p. 296 (1970).
- AZEMA, J.: *Le Prébétique de Cieza a Alicante*. "Cuad. Geol. Iber.". Vol. 2, págs. 111-124 (1971).
- AZEMA, J.; CHAMPETIER, Y.; FOUCAULT, A.; FOURCADE, E., et PAQUET, J.: *Le Jurassique dans la partie orientale des Zones Externes des Cordilleres bétiques*. "Essai de coordination. Cuad. Geol. Iber.", vol. 2, pp. 91-110 (1971).

- AZEMA, J.: *Nouvelles données sur le Crétacé prébétique entre Cieza y Salinas (prov. d'Alicante et Murcia, Espagne)*. "B. S. G. F." (7), t. XIV, pp. 110-120 (1972).
- AZEMA, J.; LERET, G., et SANTOLINO, J. M.: *Présence de Portlandien-Berriasien et de Crétacé inférieur dans la Sierra de la Peñarrubia, entre Sax et Villena (province d'Alicante, Espagne); Signification dans la paléogéographie de l'Est des Cordilleres Bétiques*. "C. R. Somm. S. G. F." (1974).
- AZEMA, J.: *Le Prébétique et le sub-Bétique de Cieza a Alicante*. "Trab. de Cong. y Reun.", Ser. 7, núm. 1, Em. N. Adaro, pp. 219-231 (1975).
- AZEMA, J.; CHAMPETIER, Y.; FOUCAULT, A., y FOURCADE, E.: *Le Crétacé dans la partie orientale des zones externes des Cordilleres Bétiques*. "I. Essai de Coordination". Trabajos de Congresos y Reuniones. Serie 7, núm. 1. E. N. Adaro, pp. 159-217 (1975).
- AZEMA, J.; LECLERC, J., et LERET, G.: *Nouvelles données sur le Eecondaire de la Sierra de Cabezón del Oro (province d'Alicante)*. "Bol. Geol. y Min. de España" (1975).
- BIZON, G.; BIZON, J. J., y MONTENAT, E.: *Le Miocene Terminal dans le levant Espagnol*. Nota en el 5.º Congreso del Neógeno del Mediterráneo de Lyon (1972).
- BOUSQUET, J. C., y MONTENAT, C.: *Présence de décrochements nord-est-sud-ouest, plio-quaternaires, dans les Cordilleres bétiques orientales (Espagne). Extension et signification générales*. "C. R. Acad. París", t. 278, serie D, pp. 2.617-2.620. (1974).
- BREBION, P.; DEMARCO, G.; LAURIAT, A., y MONTENAT, C.: *Le Pliocene de la Region d'Elche (province d'Alicante, Espagne), et su faune de Mollusques*. "Est. Geol. Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C.", vol. 27 pp. 197-211 (1971).
- BRINKMANN, R., y GALLWITZ, H.: *Der betische Aussenrand in Sudost-Spanien*. "Beitr. Geol. West. Med. Gebinete", núm. 10 (1933).
- BUSNARDO, R., et DURAND DELGA.: *Données nouvelles sur le Jurassique et le Crétacé inferieur dans l'Est des Cordilleres bétiques (régions d'Alcoy et d'Alicante)*. "B. S. G. F." (7), II, pp. 278-287 (1960).
- BUSNARDO, R.; CHAMPETIER, Y.; FOURCADE, E.; y MOULLADE, M.: *Etude stratigraphique des facies a Orbitolinidés et a Rudistes de la Sierra de Mariola (province d'Alicante, Epagne)*. "Geobios, Fac. Sc. Lyon", número 1, pp. 165-185 (1968).
- CABAÑAS, I.; URALDE, M. A.; PEDRAZA, J., y VEGAS, R.: *Memoria y hoja geológica, núm. 823 (Jávea)*. IGME. Madrid (1973).
- CASTANY, G.: *Les extrusions jurassiques en Tunisie*. "Ann. des Mines et de la géologie", núm. 14, Tunis (1955).
- CHAMPETIER, Y.: *Sur un type particulier d'extrusion: le relief dolomitique du Montnegre (province d'Alicante, Espagne)*. "C. R. Somm. S. G. F.", fasc. 2, pp. 52-53 (1966).
- CHAMPETIER, Y.: *Le Crétacé terminal et le Tertiaire de la Sierra del Mediodía (province d'Alicante, Espagne); présence de Paléocène a faciés lagunaire*. "C. R. Acad. Sc. Paris", t. 265, pp. 396-399 (1967).
- CHAMPETIER, Y.: *Le Prébétique et l'Ibérique côtiers dans le Sud de la Province de Valence et le Nord de la Province d'Alicante (Espagne)*. "Thèse. Nancy, Sciences de la Terre. Mém.", núm. 24, 170 p. (1972).
- CINCUNEGUI, M.: *Nota sobre el Triásico de Alicante*. "Big. y M. E.", t. II. (1931).
- COLOM, C.: *Estudio de las biozonas con Foraminíferos del Terciario de Alicante*. "Bol. Inst. Geol. y Min. de España", t. 66, pp. 101-451 (1954).
- CRUSAFONT, M., y DE VILLALTA, J. F.: *Sur l'âge des Mammifères d'Alcoy (Espagne)*. "C. R. Somm. S. G. F.", núm. 7-8, p. 148 (1955).
- CUENCA PAYA, A.: *Litofacies de la serie basal Neógena en la Arista de Hundimiento Alicantina*. "Ses. Cient. 1.º Cent. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.", Madrid (1971).
- CUENCA PAYA, A.: *Datos para un estudio de la tectónica reciente al Sur de Alicante*. "Rev. del Inst. de Est. Alicantinos", núm. 8, pp. 21-46 (1973).
- DARDER PERICAS, B.: *Estudio Geológico del Sur de la provincia de Valencia y Norte de la de Alicante*. "Bol. Inst. Geol. y Min. de España", LVII, fasc. 1, pp. 59-366; fac. 2, pp. 367-837 (1945).
- DUMAS, B.: *Un relief érigé au Quaternaire: Le Sud-Est du Levant Espagnol*. "Rev. Geogr. Montr.", volumen XXIII, núm. 2, pp. 165-178 (1969).
- DUPUY DE LOME y SÁNCHEZ LOZANO: *El sistema cretáceo en el Levante español*. "Mem. Inst. Geol. y Min. de España", t. 57, El Cretáceo en España, pp. 201-255 (1950).
- DURAND DELGA, M.; GARCÍA RODRIGO, B.; MAGNE, J., y POLVECHE, J.: *A propos du Miocène de la région d'Alcoy*. Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C., España, t. IV, pp. 213-217 (1964).
- DURAND DELGA, M., y MAGNE, J.: *Données stratigraphiques y micropaléontologiques sur le Nummulitique de l'Est des Cordilleres bétiques (Espagne)*. "Rev. Microp.", t. 1, pp. 155-175 (1958).
- DURAND DELGA, M., y MAGNE, J.: *Une coupe du Tertiaire prébétique de Benitachell (province d'Alicante, Espagne)*. "Bull. Soc. Geol. Fr." (7), t. II, pp. 302-307 (1960).

- E. N. A. D. I. M. S. A.: *Investigación de Recursos Geotérmicos de la España Peninsular* (1974).
- FALLOT, P., y GIGNOUX, M.: *Contribution à la connaissance des terrains neogenes et quaternaires marins sur les côtes Méditerranéennes d'Espagne*. 14.º Congr. Geol. Ins. Madrid, 1926, pp. 413-521 (1927).
- FALLOT, P.: *L'Urgonien de la Sierra Mariola (province d'Alicante)*. "C. R. Acad. Sc. Paris", t. 216, pp. 71-72 (1943).
- FALLOT, P.: *Estudios geológicos en la Zona Subbética, entre Alicante y el Río Guadiana Menor*. "Mem. Inst. Lucas Mallada", C. S. I. C., 810 p. (1945).
- FALLOT, P.: *Les Cordillères bétiques*. "Est. Geol.", IV., pp. 83-172 (1948).
- FOSTIER, J.: *Etude d'une cope de référence dans la zone passage Crétacé Supérieur-Tertiaire*. Sierra de Benitachell. Inédito (1964).
- FOURCADE, E.: *Le Jurassique et le Crétacé aux confins des chaînes bétiques et ibérique (Sud-Est. de l'Espagne)*. Tesis. Facultad de Ciencias de París, 427, p (1970).
- GAIBAR-PUERTAS, C.: *Los movimientos recientes del litoral alicantino, III: el segmento extendido entre Cabo de las Huertas y el Barranco de las Ovejas*. "Rev. del Inst. de Estud. Alicantinos", núms. 15 y 16. II época. Mayo-agosto, pp. 19-109 y sept.-diciembre, pp. 103-151 (1975).
- GAIBAR, C., y CUERDA, J.: *Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante)*. "Bol. Geol. y Min.", t. 80-2, pp. 105-123. (1969).
- GARCÍA RODRIGO, B.: *Sur la tectonique de la chaîne pré-bétique au S. d'Alcoy (Espagne)*. "C. R. Somm. S. G. F.", pp. 63-64. (1959).
- GARCÍA RODRIGO, B.: *Sur la structure du Nord de la province d'Alicante*. "Bull. Soc. Geol. France", t. 2, p. 273 (1960).
- GARCÍA RODRIGO, B.: *Sur la structure du Prébétique au Nord d'Alicante (Espagne)*. "Livre Mém. Prof. P. Fallot. Mem. S. G. F., I., pp. 137-141 (1960-62).
- GARCÍA RODRIGO, B.: *Estudio Geológico de la Zona Prebética al Norte de Alicante*. "Tesis". 456 p. Granada (1965).
- GARCÍA RODRIGO, B.: *Nuevos datos sobre el Paleógeno de la Zona Prebética, al Norte de Alicante*. "Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España", núm. 79, pp. 69-88 (1965).
- GIGOUT, M.; SOLE SABARIS, L., et SOLE, N.: *Sur le Néogène et le Quaternaire de la Sierra del Colmenar près d'Alicante (Espagne)*. "C. R. Somm. des Séances de la Soc. Géol. de France", núm. 12, pp. 235-236. París (1957).
- GOGUEL, J.: *Traité de Tectonique*. Masson ed. París (1952).
- IMPERATORI, L.: *Documentos para el estudio del Cuaternario alicantino*. "Est. Geol.", núm. 34, C. S. I. C., Madrid (1973).
- JEREZ MIR, L.: *Geología de la Zona Prebética, en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (provincias de Albacete y Murcia)*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada (1973).
- JEREZ MIR, L.; JEREZ MIR, F., y GARCÍA MONZÓN, G.: *Memoria y hoja geológica, núm. 891 (Cieza)*. IGME. Madrid (1972).
- JEREZ MIR, L.; JEREZ MIR, F., y GARCÍA MONZÓN, G.: *Explicación de la hoja núm. 892 (Fortuna)*. "Inst. Geol. y Min. de España" (1974).
- JIMÉNEZ DE CISNEROS, D.: *Resumen de algunas excursiones realizadas por la provincia de Alicante y datos relativos a los temblores de tierra ocurridos en febrero de 1909*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.", vol. IX, pp. 249-260 (1909).
- JIMÉNEZ DE CISNEROS, D.: *Geología y Paleontología de Alicante*. "Trab. Mus. Nac. Cien. Nat. Ser. Geol.", número 21, 140 p. (1927).
- KAMSCHUUR, W., y SIMÓN, O.: *Sur la Geologia de l'île de Tabarca (prov. de Alicante, Espagne) et su position tectonique dans la Zone bétique (Cordillères Bétiques)*. "Ext. C. R. Somm. S. G. Fr.", p. 37 (1969).
- LECLERC, J.: *Etude géologique du massif du Maigmo et de ses abords (prov. d'Alicante, Espagne)*. Tesis tercer ciclo Geol. Struc. Univ. París, VI, 128 p. (1971).
- LILLO BEVIA, J.: *Estudio paleontológico y geológico del Jurásico y Cretácico inferior del Sur de la provincia de Alicante (resumen)*. Tesis. Madrid. Dep. de Pal. Univ. Complutense (1973).
- MARTÍNEZ, W., y BENZAQUEN, B.: *Memoria y hoja geológica núm. 820 (Onteniente)*. IGME. Madrid (1975).
- MONTENAT, C.: *Sur l'importance des mouvements orogéniques récents dans le Sud-Est de l'Espagne (provincias d'Alicante et de Murcia)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 270, pp. 3.194-3.197 (1970).
- MONTENAT, C.: *Les formations Neogènes et Quaternaires du Levant Espagnol (provincias d'Alicante et de Murcia)*. Thèse du Doctoral. París-Orsay (1973).
- MONTENAT, C., y CRUSAFONT, M.: *Decouverte de Mammifères dans le Neogene et le Pleistocene du Levant Espagnol (provincias d'Alicante et de Murcia)*. "C. R. Ac. Sc. Paris", t. 270, pp. 3.194-3.197 (1970).
- MONTENAT, C., y ROMÁN, J.: *Equinides neogènes d'Espagne (provincias d'Alicante et de Murcia)*. "Anales de Paléontologie", t. LVI, fasc. 1, pp. 89-148. (1970).

- MONTENAT, C., y TRUC, G.: *Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (provincias de Murcia et d'Alicante)*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII-I, pp. 52-58 (1971).
- MOSLEY, F.: *Diapiric and gravity tectonics in the Pre-Betic (Sierra Bernia) of south-east Spain*. "Bol. Inst. Geol. y Min. de España", 84, 3, pp. 114-126 (1973).
- NAVARRO, A.; VILLALÓN, C., y TRIGUEROS, E.: *El Cuaternario marino de la Sierra Helada (Alicante) y la tectónica reciente* (1959).
- NAVARRO, A.; TRIGUEROS, E.; VILLALÓN, C., y RÍOS, J. M.: *Derniers progrès dans la connaissance de l'extrémité nord-est des chaînes subbétiques (région d'Altea-Benisa, prov. d'Alicante, Espagne)*. "Livre a la Memoire du Professeur P. Fallot". París, t. I, pp. 143-154 (1960-62).
- NICKLES, R.: *Recherches géologiques Sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante et du Sud de la province de Valence (Espagne)*. "Ann. Héber", I, 220 p. (1891).
- NOVO, P.: *Reseña geológica de la provincia de Alicante*. "Bol. Inst. Geol. y Min. de España", t. XXXVI, pp. 57-148 (1915).
- PIGNATELLI, R.; ESPEJO, J., y CRESPO, A.: *Memoria y hoja geológica, núm. 893 (Elche)*. IGME. Madrid (1973).
- PIGNATELLI, R.; ESPEJO, J., y CRESPO, A.: *Memoria y hoja geológica núm. 894 (Cabo de Santa Pola)*. IGME. Madrid (1973).
- POLVECHE, J.: *Tectonique et Trias dans la région d'Alicante*. "Ann. Soc. Geol. Pord", t. 82, pp. 15-160 (1961).
- POLVECHE, J.: *Les extrusions de la région de Busot et le problème de la limite entre Prebétique et Subbétique dans la région d'Alicante*. "Rev. Géogr. Phys. Géol. Yyn" (2), V, 3, pp. 203-210 (1962).
- POLVECHE, J.: *Nouvelles extrusions dans la région d'Alicante*. "B.S.H.N. Afrique du Nord.", 2 53, pp. 185-196 (1965).
- REY PASTOR, A.: *La comarca sísmica del Bajo Segura*. Inst. Geol. y Cat.". Madrid (1943).
- REY PASTOR, A.: *Sismicidad de la comarca costera alicantina*. "Mem. de la Dirección General del Inst. Geogr. y Cat.", 1 fasc. con 24 páginas y 1 mapa isostático, Madrid (1946).
- REY PASTOR, A.: *Las costas mediterráneas de la Península Hispánica*. "Rev. de Geofísica", núm. 26, pp. 125-155, con 4 figuras y 1 mapa, Madrid (1948).
- REY PASTOR, A.: *Estudio sismotectónico de la región Sureste de España*. "Inst. Geogr. y Cat.", Madrid (1951).
- RÍOS, J. M.; VILLALÓN, C.; TRIGUEROS, E., y NAVARRO, A.: *Memoria y hoja geológica núm. 848 (Atea)*. IGME. Madrid (1958).
- RÍOS, J. M.; NAVARRO, A.; TRIGUEROS, E., y VILLALÓN, C.: *Memoria y hoja geológica núm. 848 (Altea)*. IGME. Madrid (1961).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T., y GRANADOS GRANADOS, L.: *El Cretáceo superior de las hojas de Alcaraz, Liétor y Yeste, Zona Prebética*. Primer coloquio de Est. y Paleg. del Cret. de España "ENADIMSA". Serie 7, núm. 1 (1975).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T.: *Estudio geológico e hidrogeológico del Prebético de la provincia de Alicante*. (IGME-IRYDA) "ENADIMSA". Madrid, 2 t. 222 p. 16 figuras, 11 pl. (1976).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T.: (en prensa), *Los grandes accidentes tectónicos de la provincia de Alicante*. "Tecniterrae", Madrid.
- SAMPELAYO, P.: *Observaciones geológicas en la provincia de Alicante; Cuenca del Vinalopó*. "Geol. de la Mediterraña Occid.", V, III, núm. 2, part. IV, pp. 3-8 (1934).
- SOLE, N., y PORTA, J.: *El Cuaternario marino de los alrededores de Alicante*. "INQUA", V Cong. Intern., RES. Comp., p. 176, Barcelona-Madrid (1957).
- THALER, L.; CRUSAFONT, M., y ADROVER, R.: *Les premiers micromammifères du Pliocène d'Espagne. Précisions chronologiques et biogéographiques Sur la faune d'Alcoy*. "C. R. Ac. Sc.", París, 260, 4.024-4.027 (1965).
- VIENNOT, P.: *Premières contributions à la connaissance des extrusions pyrénéennes*. "Bull. Serv. Carte. geol. France", núm. 171, t. XXXI (1928).

NOTA: La primera parte de este trabajo 1) Estratigrafía se publicó en nuestro anterior número de mayo-junio, fascículo III, tomo 88.

Recibido: Febrero 1977.

El paso Devoniano-Carbonífero y las atribuciones erróneas al Carbonífero en los ríos Esera y Baliera, provincia de Huesca

Por L. M. RÍOS (*)

RESUMEN

Se aportan nuevos datos faunísticos y litoestratigráficos para considerar a las calizas marmóreas de La Renclusa, situadas debajo del Carbonífero de Plan d'Estan, como Devoniano superior y quizás Carbonífero basal.

Las pizarras de Cerler, al Este de Benasque, vienen estratigráficamente debajo de calizas datadas igualmente como Devoniano superior. Este hecho sitúa en el Devoniano a las pizarras de Cerler y, por analogía de facies, a otras manchas del Paleozoico del Pirineo Central atribuidas así mismo al Carbonífero anteriormente.

ABSTRACT

New faunal and lithostratigraphic data are given in the marbled limestone of "La Renclusa" placed under the Carboniferous of Plan d'Estan, so that it will be considered as upper Devonian and perhaps as lower Carboniferous.

The slates of Cerler (at the east part of Benasque) are from a stratigraphic view under the limestone date as upper Devonian too. This fact makes the slates of Cerler be located in the Devonian and because of similar facies another fans of the Paleozoic of the Central Pyrenees considered as Carboniferous before.

INTRODUCCION.

En los Campamentos para prácticas de Geología que la Cátedra de Geología de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid ha organizado en los meses de julio de estos últimos años en Benasque (F. BODEGA y L. M. RÍOS, 1974, 1975, 1976, 1977), se ha realizado el estudio de una parte de las hojas de Bielsa y Benasque que comprenden áreas cartografiadas anteriormente como Carbonífero (MEY

1967, MEY 1968, WENNEKERS 1968, ARCHE 1971) y una parte de la hoja de Bosost (zona de Plan d'Estan) con calizas marmóreas que fueron atribuidas al Devoniano medio (KLEINSMIEDE 1960, WATERLOT 1964, WATERLOT 1967, ARCHE 1971). En esta nota nos proponemos revisar dichas atribuciones mediante la descripción de varios cortes estratigráficos.

Agradecemos a D. Indalecio Quintero y D. Hermenegildo Mansilla, de la Cátedra de Estratigrafía y Paleontología de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid, el estudio y determinación de las muestras y diapositivas de macrofauna.

(*) Grupos de trabajo de la Cátedra de Geología de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

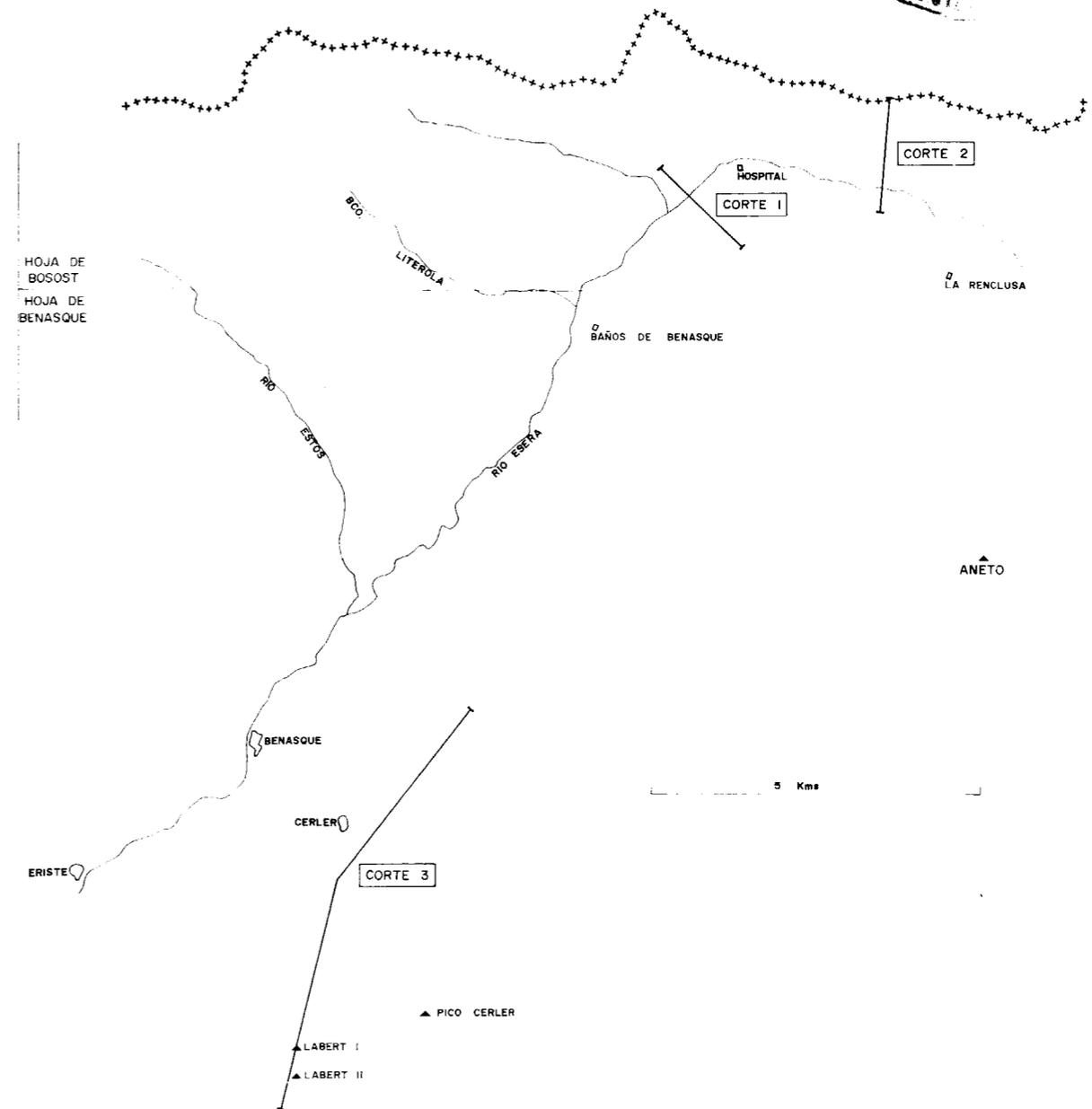


Figura 1

Mapa de situación de los cortes estratigráficos.

CORTES DE PLAN D'ESTAN Y DE BAÑOS DE BENASQUE.

En los cortes de la figura 2 se expresan las relaciones de superposición de las diferentes formaciones consideradas. Hay que subrayar que en el techo de las calizas D₆-H no hemos observado en ningún sitio una discontinuidad sedimentaria sino que se pasa en concordancia al Carbonífero detrítico a ve-

ces mediante recurrencias de la facies caliza. La facies detrítica del Carbonífero alcanza unos 700 metros y en ella se han encontrado restos de plantas. (ZEILLER 1886, ROUSSEL 1904.)

Los elementos de datación que se conocen son: — Unos 30 metros por encima de la base del Carbonífero detrítico WATERLOT (1964) encontró Glypocerátidos probablemente *Proshumardites karpinskyi* RAUSER-TSCHERNOUSSOWA del Namuriense.

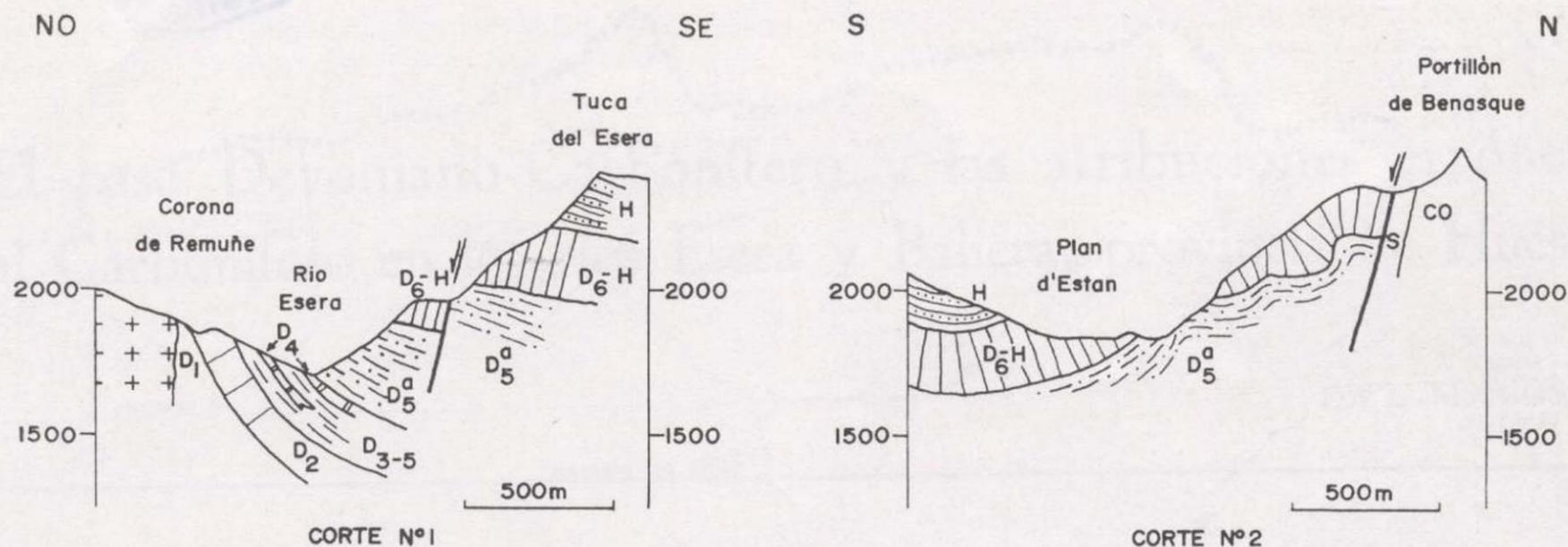


Figura 2

- H.—Areniscas y grauwacas en bancos de 1 a 3 metros alternantes con pizarras negras.
- D₆-H.—Calizas marmorizadas de La Renclusa con manchas irregulares dolomitizadas amarillentas, atribuidas anteriormente al Devoniano medio. Crinoideos, Ammonoideos.
- D₅^a.—Alternancia (mms) de pizarra y arenisca clara. Presencia de estructuras amigdaloides (flaser-bedding). En la parte alta pizarras negras con pasadas (cms) de arenisca oscura de grano fino que afloran en el hojal del Plan d'Estan. En algunos de los anteriores trabajos este hojal se daba como Silúrico.
- D₄.—Caliza gris a veces versicolor en bancos (cm-dm) con sepaciones de pizarra.
- D_{3,5}.—Pizarras negras.
- D₂.—Caliza masiva

— El hallazgo de *Favosites eifeliensis* GOLDFUSS por Waterlot (1967) en las proximidades de Baños de Benasque situaría según él la caliza D₆-H en el Devoniano medio, al menos en la base. Sin embargo dicho autor no da la situación exacta en el terreno del punto donde ha encontrado la fauna por lo que nos inclinamos a creer que dicho punto corresponde a algún afloramiento de calizas D₄ que también hay en el área de Baños de Benasque. Por otra parte sobre la base de muestras de fauna comparables, establece un paralelismo (WATERLOT, 1965) entre la serie devoniana (D₄) del valle del río Estos y la facies del punto del hallazgo de Baños de Benasque. De todos modos el valor estratigráfico del *Favosites* es discutible por tratarse de una fauna de afinidad arrecifal más que propia de un piso (comunicación verbal de I. Quintero).

— Unos 50 metros por encima de la base de la formación D₅^a, A. Arche (1971) encuentra, en el barranco de Literola, *Phacops fecundus*? BARRANDE y *Dalmanites* sp. situando dicho nivel en el Devoniano medio.

— El hallazgo por nosotros de secciones de *Clymenia levigata* MÜNSTER (fotografías 1 y 2) en la cota 2.010 metros del sendero de subida al refugio de La Renclusa, indica que el Fameniense está pre-

sente en la caliza marmórea D₆-H. La presencia de Ammonoideos es frecuente en las calizas del techo del Denoviano en los Pirineos (CLIN y otros, 1970).



Fotografía núm. 1

Clymenia levigata Münster. Fameniense. Cota 2.010 metros, en el sendero de subida al refugio de La Renclusa.

En ese mismo sendero hemos encontrado *Poteriocrinites* sp.? (cota 2.000 metros) y trazas de Orthocerátidos (cota 2.035 metros). Además hemos observado a la cota 2.015 metros varias capas de 4



Fotografía núm. 2

Otra sección de *Clymenia levigata* Münster. Cota 2.010 metros, en el sendero de subida al refugio de La Renclusa.

centímetros de liditas cuya naturaleza se confirma por el estudio petrográfico a pesar de las alteraciones debidas al metamorfismo de contacto. En la literatura se citan frecuentemente niveles de liditas en las capas basales del Carbonífero. Las relaciones

de superposición entre esta serie de estaciones no son fáciles de establecer debido a la presencia de repliegues en el seno de la caliza que no es posible controlar en el terreno.

No obstante por las razones de orden litoestratigráfico y paleontológico expuestas parece lógico atribuir la caliza marmorizada de La Renclusa y Plan d'Estan al Devoniano superior y quizás Carbonífero inferior. Dicha caliza se correlaciona bien con la formación D₆-H del corte que describimos a continuación.

SERIE DE CERLER Y PICOS LABERT.

Como se representa en la figura 3 toda la serie del Devoniano constituye el flanco sur invertido del anticlinorio de La Sierra Negra. El Carbonífero detrítico que aflora en los picos Labert es idéntico en facies al de Plan d'Estan y es bien diferente a las pizarras de Cerler ya que éstas solamente tienen pasadas esporádicas (centímetros) arenosas. Las pizarras de Cerler son en gran parte equivalente lateral por cambio de facies de la formación D₅ de los cortes números 1 y 2.

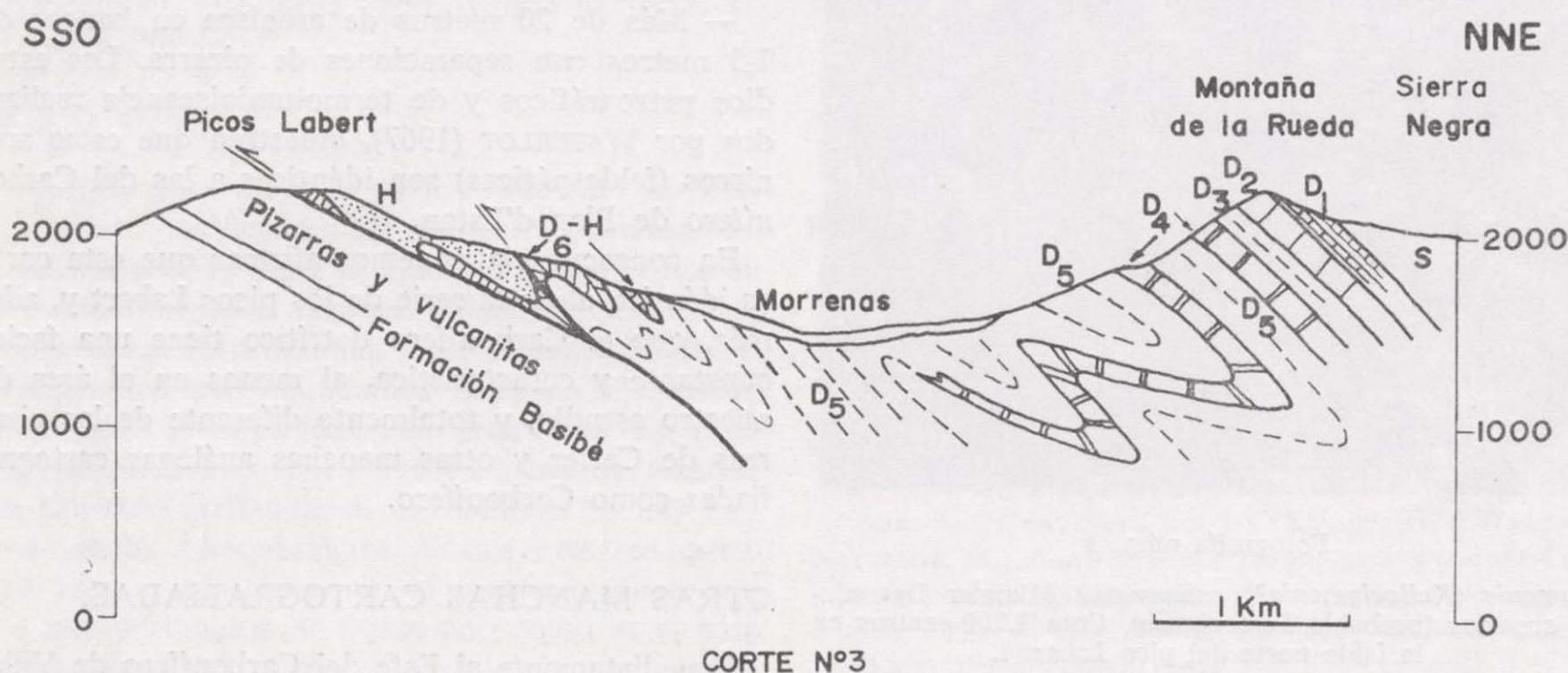


Figura 3

- H.—Areniscas y grauwacas en bancos de 1 a 3 metros alternantes con pizarras negras.
- D₆-H.—Caliza negra en gruesos bancos, beige en la base. Crinoideos, Orthocerátidos, Ammonoideos.
- D₅.—Pizarras negras. Hacia la parte alta pesadas de arenisca (cms) calcárea.
- D₄.—Caliza gris a veces versicolor (cm-dm) con separaciones de pizarra (formación "Mañanet" de Mey) Presencia de recurrencias en esta litología en la base de D₅.
- D₃.—Pizarras negras.
- D₂.—Caliza gris de aspecto masivo.
- D₁.—Alternancia (cm-m) de pizarra y caliza grises.
- S.—Pizarras ampelíticas del Silúrico.

La formación D₆-H subyacente al Carbonífero detrítico se compone de caliza negra que hacia la base se clarea a tonos beige.

Tanto en el tramo beige como en el tramo negro de esta formación hemos encontrado, en el pico Labert II, tallos de Crinoideos que han sido determinados como *Poteriocrinites sp.* del Devoniano superior-Carbonífero inferior.



Fotografía núm. 3

Clymenia (Kalloclymenia?) subarmata? Münster Devoniano superior (probable Fameniense). Cota 1.700 metros en la falda norte del pico Labert I.

En el tramo de caliza negra hemos encontrado (al Norte del pico Laber I) secciones de Ammonoideos (fotografía 3) clasificados como *Clymenia (Kalloclymenia?) subarmata?* MÜNSTER del Fameniense probable.

En esta misma caliza pero en la margen oeste del barranco Puimastre, a media distancia entre los picos Labert I y Cerler hemos encontrado *Pseudorthoceras senecum* FLOWER del Devoniano superior.

No cabe duda que la caliza subyacente al Carbonífero detrítico del corte descrito se correlaciona bien con la de La Renclusa y su edad es Devoniano superior sin poder excluir el Carbonífero basal. Por lo tanto las pizarras de Cerler (D₅) hay que incluirlas en el Devoniano.

CORTE DE VILLANOVA.

Otro corte del paso Devoniano a Carbonífero se observa al Norte de Villanova en la carretera hacia Benasque y a partir del puente sobre el río Esera. La serie que está invertida consta de muro a techo y de Norte a Sur de:

— 4 metros visibles de pizarras gris oscuro con pasadas (centímetros) de caliza arenosa (D₅).

— 15 metros de caliza beige, gris hacia el techo. El pretil del puente sobre el río Esera contiene abundantes Ammonoideos en sillares de caliza gris a beige que probablemente han sido extraídos de la cantera próxima situada en este tramo.

— 100 metros de caliza negra a la que ha pasado gradualmente la formación anterior. Aunque nosotros no los hemos observado WATERLOT (1967) cita la existencia de niveles de liditas en este tramo.

— Más de 20 metros de arenisca en bancos de 1-3 metros con separaciones de pizarra. Los estudios petrográficos y de termoluminiscencia realizados por WATERLOT (1967), muestran que estas areniscas (feldespáticas) son idénticas a las del Carbonífero de Plan d'Estan.

En consecuencia podemos afirmar que este corte es idéntico al de la serie de los picos Labert y, además, que el Carbonífero detrítico tiene una facies constante y característica, al menos en el área de nuestro estudio, y totalmente diferente de las pizarras de Cerler y otras manchas análogas cartografiadas como Carbonífero.

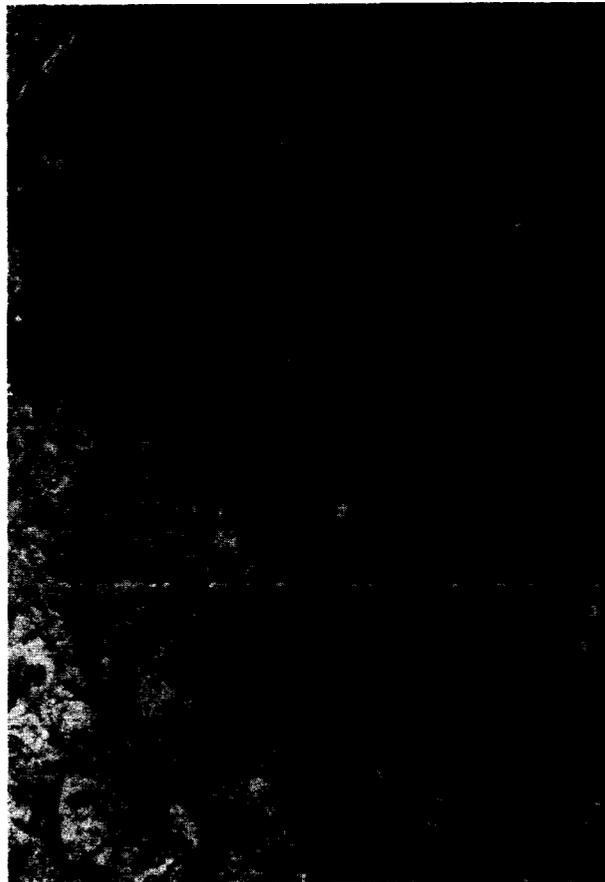
OTRAS MANCHAS CARTOGRAFIADAS.

Inmediatamente al Este del Carbonífero de Villanova hay una falla transversa que lo limita con pizarras oscuras a veces satinadas con esporádicas pasadas (centímetros) arenosas, y que se extienden hasta Ramasué. Esta formación es diferente del Carbonífero, atribución que se le había dado en anteriores trabajos y es perfectamente correlacionable con las pizarras de Cerler pertenecientes al Devoniano.

Las manchas de pizarra cartografiadas como Carbonífero en el circo de Castanesa (alto Baliera) hay

La formación D₆-H subyacente al Carbonífero detrítico se compone de caliza negra que hacia la base se clarea a tonos beige.

Tanto en el tramo beige como en el tramo negro de esta formación hemos encontrado, en el pico Labert II, tallos de Crinoideos que han sido determinados como *Poteriocrinites sp.* del Devoniano superior-Carbonífero inferior.



Fotografía núm. 3

Clymenia (Kalloclymenia?) subarmata? Münster Devoniano superior (probable Famenienense). Cota 1.700 metros en la falda norte del pico Labert I.

En el tramo de caliza negra hemos encontrado (al Norte del pico Laber I) secciones de Ammonoideos (fotografía 3) clasificados como *Clymenia (kalloclymenia?) subarmata?* MÜNSTER del Famenienense probable.

En esta misma caliza pero en la margen oeste del barranco Puimastre, a media distancia entre los picos Labert I y Cerler hemos encontrado *Pseudorthoceras senecum* FLOWER del Devoniano superior.

No cabe duda que la caliza subyacente al Carbonífero detrítico del corte descrito se correlaciona bien con la de La Renclusa y su edad es Devoniano superior sin poder excluir el Carbonífero basal. Por lo tanto las pizarras de Cerler (D₅) hay que incluirlas en el Devoniano.

CORTE DE VILLANOVA.

Otro corte del paso Devoniano a Carbonífero se observa al Norte de Villanova en la carretera hacia Benasque y a partir del puente sobre el río Esera. La serie que está invertida consta de muro a techo y de Norte a Sur de:

— 4 metros visibles de pizarras gris oscuro con pasadas (centímetros) de caliza arenosa (D₅).

— 15 metros de caliza beige, gris hacia el techo. El pretil del puente sobre el río Esera contiene abundantes Ammonoideos en sillares de caliza gris a beige que probablemente han sido extraídos de la cantera próxima situada en este tramo.

— 100 metros de caliza negra a la que ha pasado gradualmente la formación anterior. Aunque nosotros no los hemos observado WATERLOT (1967) cita la existencia de niveles de liditas en este tramo.

— Más de 20 metros de arenisca en bancos de 1-3 metros con separaciones de pizarra. Los estudios petrográficos y de termoluminiscencia realizados por WATERLOT (1967), muestran que estas areniscas (feldespáticas) son idénticas a las del Carbonífero de Plan d'Estan.

En consecuencia podemos afirmar que este corte es idéntico al de la serie de los picos Labert y, además, que el Carbonífero detrítico tiene una facies constante y característica, al menos en el área de nuestro estudio, y totalmente diferente de las pizarras de Cerler y otras manchas análogas cartografiadas como Carbonífero.

OTRAS MANCHAS CARTOGRAFIADAS.

Inmediatamente al Este del Carbonífero de Villanova hay una falla transversa que lo limita con pizarras oscuras a veces satinadas con esporádicas pasadas (centímetros) arenosas, y que se extienden hasta Ramasué. Esta formación es diferente del Carbonífero, atribución que se le había dado en anteriores trabajos y es perfectamente correlacionable con las pizarras de Cerler pertenecientes al Devoniano.

Las manchas de pizarra cartografiadas como Carbonífero en el circo de Castanesa (alto Baliera) hay

que atribuirles, igualmente, por similitud de facies al Devoniano.

Asimismo, el área situada al S del pueblo de Castanesa constituida por pizarras grises o más o menos satinadas, atribuidas anteriormente al Carbonífero ("Carbonífero de Vilaller"), pertenecen al Devoniano puesto que su litología es parecida a la de las pizarras de Cerler y viene en continuidad sobre la formación D₄ ("Mañanet" de MEY, 1967, 1968) con recurrencias de la facies D₄. En estas pizarras MEY (1968) señala la existencia de algunos corales solitarios, pequeños brachiópodos y un *Tribolites* pequeño, lo cual es más afín al Devoniano marino que al Carbonífero con plantas.

Hay que señalar que la formación Mañanet fue considerada erróneamente por los geólogos holandeses como el nivel de caliza "griotta", a causa de la similitud de facies, y por esa razón las pizarras suprayacentes serían atribuidas al Carbonífero.

Hay otras manchas en el Pirineo Central cuya atribución al Carbonífero deba quizás ser revisada, en particular las pizarras del núcleo del sinclinal de Llavorsí ("Carbonífero de Espot-Andorra") en la provincia de Lérida. Estas pizarras han sido atribuidas (ZANDVLIET, 1960) al Carbonífero por el solo argumento de que viene sobre calizas de facies similar a la "griotta".

CONCLUSION.

Nuestras observaciones en los valles del río Esera y Baliera nos llevan a las siguientes conclusiones.

Cuando no hay duda de que nos encontramos en el Carbonífero por razones paleontológicas o de superposición estratigráfica, éste presenta su facies característica con abundantes bancos (1-3 metros) de areniscas feldespáticas o de grauwacas. En cambio, cuando nos encontramos en áreas de pizarras que han sido atribuidas al Carbonífero no hay ninguna prueba paleontológica de que esto sea cierto y en algunas ocasiones, por el contrario, demostramos que pertenecen al Devoniano como es el caso de las pizarras de Cerler.

En el Devoniano medio intercalados en la facies de pizarra hay uno o varios tramos de caliza a veces versicolor en bancos (cm-dm) con separaciones de pizarra, que pueden tener una similitud con la facies "griotta". En cambio, las calizas del paso Devoniano-Carbonífero son en su mayor parte negras (cuando no marmorizadas) y no se parecen a la facies "griotta", aunque es relativamente frecuente encontrar en ellas secciones de Ammonoideos y otra fauna que las datan.

BIBLIOGRAFIA

- ARCHE, A.: *Estudio estratigráfico de las cabeceras de los ríos Esera y Pique, Pirineos Centrales, España, Francia*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Madrid (1971).
- BODEGA, F. y RÍOS, L. M.: *Memoria sobre organización, desarrollo y trabajos realizados en el XIX Campamento para Prácticas de Geología "Benasque 1973"*. "Bol. Geológico y minero", t. LXXXV-IV, pp. 464-570 (1974).
- BODEGA, F. y RÍOS, L. M.: *Memoria sobre organización, desarrollo y trabajos realizados en el XX Campamento para Prácticas de Geología "Benasque 1974"*. "Bol. Geológico y Minero", t. LXXXVI-V, pp. 528-532 (1975).
- BODEGA, F. y RÍOS, L. M.: *Memoria sobre organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXI Campamento para Prácticas de Geología "Benasque 1975"*. "Bol. Geológico y Minero", t. LXXXVII-IV, pp. 418-424 (1976).
- BODEGA, F. y RÍOS, L. M.: *Memoria sobre organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXII Campamento para Prácticas de Geología "Bielsa-Benasque 1976"*. "Bol. Geológico y Minero" (a aparecer) (1977).
- CLIN, M.; HEDDEBAUT, C.; MIROUSE, R.; MULLER, J.; ROGER, P., y WATERLOT, M.: *Le cycle hercynien dans les Pyrénées*. "Ann. Soc. Géol. Nord.", T. XC, f. 4, pp. 253-276 (1970).
- KLEINSMIEDE, W. F.: *Geology of the Valle de Arán, Central Pyrenees*. "Leidse. Geol. Med.", d. 25, pp. 129-245 (1960).
- MEY, P. H. W.: *The geology of the upper Ribagorzana and Baliera valleys, Central Pyrenees, Spain*. "Leidse Geol. Med.", d. 41, pp. 153-220 (1967).
- MEY, P. H. W.: *Geology of the upper Ribagorzana and Tor valleys, Central Pyrenees, Spain*. "Leidse. Geol. Med.", d. 41, pp. 229-292 (1968).
- ROUSSEL, J.: *Tableau stratigraphique des Pyrénées*. "Bull. Carte Geol. France", t. XV, núm. 97, pp. 23-141 (1904).
- WATELOT, M.: *Note préliminaire a l'étude géologique du Synclinorium carbonifere de Plan des Stangs, Pyrénées centrales espagnoles*. "Ann. Soc. Geol. Nord", t. LXXXIV, pp. 137-140 (1964).
- WATERLOT, M.: *Sur quelques caracteres du Devonien de la région de Benasque, Provincia de Huesca, Espagne*. "Ann. Soc. Geol. Nord.", t. LXXXV, pp. 247-250 (1965).
- WATERLOT, M.: *Contribution a l'étude géologique du Carbonifere antestephanien des Pyrénées centrales espagnoles*. "These", Lille, 390 p., publicado en Mem. IGME, t. LXX, 259 p. (1969) (1967).
- WENNEKERS, J. H. W.: *Geology of the Esera Valley and the structural analysis of the Lys-Caillaonas Massif, Shet 7, Central Pyrenees, Spain. France*. "Leidse. Geol. Med", d. 41, pp. 221-267 (1968).
- ZEILLER, R.: *Note sur des empreintes houilleres recueillies par M. Gourdon dans les Pyrénées centrale*. "Bull. Soc. Géol. France", 5^e série, t. XIV, pp. 328-329 (1886).
- ZANDVLIET, J.: *The Geology of Upper salat and Pallaresa Valleys, Central Pyrenees*. "Leidse Geol. Med.", d. 25, pp. 1-127 (1960).

Recibido: Septiembre 1976.

Braquiópodos albienses del Macizo de Montgrí (Gerona)

Por B. PEYBERNES (*) y S. CALZADA (**)

RESUMEN

Se estudia una fauna de Braquiópodos procedentes de las calizas albienses del Macizo de Montgrí (Gerona) (Hoja 297 Estartit). En concreto: "*Terebratula*" *longella*, considerada aquí como *Sellithyris* y *Tamarella oweni* n. sp.

RÉSUMÉ

Les calcaires urgo-albiens du Massif de Montgrí (Prov. Gerona) renferment une faune de Brachiopodes dont l'étude fait l'objet de la présente note: "*Terebratula*" *longella* doit être rapportée au genre *Sellithyris*; une nouvelle espèce, *Tamarella oweni* n. sp. est également décrite et différenciée de l'espèce plus ancienne *T. tamarellus*.

SUMMARY

A fauna of Brachiopods is recorded from the urgonian limestones of Albian age in northern Spain (Massif de Montgrí, Prov. Gerona). "*Terebratula*" *longella* is assigned to the genus *Sellithyris* and a new species *Tamarella oweni* n. sp., is described.

La estratigrafía del Macizo de Montgrí (provincia de Gerona) ha sido estudiada recientemente por uno de nosotros (B. P.), en colaboración con otros geólogos, empleando exclusivamente la microfau-na (PEYBERNÉS & BILOTTE, 1971; MOULLADE & PEYBERNÉS, 1973). La descripción de una faunula de Braquiópodos albienses en la que hay una nueva especie es el motivo de esta nota. Posiblemente esté relacionada con la cita de VIDAL (1886) de *Rynchonella gibbsiana*, *Terebratula sella*, *Epiaster polygonus* y *Epiaster* n. sp. en unos materiales recogidos por el señor Chía en La Escala.

I. SITUACION Y ESTRATIGRAFIA DEL YACIMIENTO

Se han recogido los Braquiópodos en la base de la formación "Calcaires urgo-albiens moyens"

(*) CEARN, Université de Toulouse.

(**) Museo Geológico del Seminario (Sección de Biostratigrafía del C. S. I. C.), C/Diputación, 231, Barcelona-7.

—pertenecientes a la unidad estratigráfica U₁ (PEYBERNÉS, 1976)— en un nivel fácilmente definido por la abundancia de sus sílex ("Calcaires à chailles orangées" in PEYBERNÉS & BILOTTE, 1971). El yacimiento corresponde a una decena de metros de calizas compactas (intraesparitas), dispuestas en estratos métricos y con varias intercalaciones granobiolásticas bien clasificadas. Geográficamente se sitúa a unos 300 metros al Norte de la Cala Montgó, en la cima de un cantil que domina la Cala de la Illa Marina, entre Punta Grossa y Punta Trencalisses.

El conjunto de la formación "Calcaires urgo-albiens moyens" se considera del Albiense inferior alto o del Albiense medio (biozona con *Simplorbitolina conulus* SCHROEDER, sensu MOULLADE & PEYBERNÉS, 1975). Además de la forma-guía, que caracteriza la biozona, estas calizas contienen:

— Una abundante microfau-na constituida principalmente por *Simplorbitolina manasi* CIRY & RAT, *Coskinolinella daguini* DELMAS & DELOFFRE, *Me-*

sorbitolina minuta DOUGLASS, *M. texana* (ROEMER), *Hensonina lenticularis* (HENSON), *Dorothia oxycona* (REUSS), *Sabaudia minuta* (HOFKER) y *Ovalveolina reicheli* DE CASTRO.

— Algas florídeas, abundantes sobre todo en la primera mitad de la formación: *Agardhiellopsis cretacea* LEMOINE y *Paraphyllum primaevum* LEMOINE.

— Una macrofauna subrecifal formada por algunos Políperos, Briozoos, Lamelibranquios (*ras-tellum* sp.), Rudistos y Cidáridos (*Salenia* sp.). En unos niveles margosos que afloran cerca de Montgó (camino al campamento militar). J. REY, a quien agradecemos su atención, ha clasificado *Hemiaster minimus* (AGASSIZ in DESOR, 1843) y *Epiaster* sp.

II. PALEONTOLOGIA

Los Braquiópodos hallados en la capa fosilífera son los siguientes: "*Rynchonella*" *aturica* LEYMERIE, 1869, *Sellithyris longella* (LEYMERIE, 1869), *Tamarella oweni* n. sp., *Tamarella* sp. y *Gemmarcula crassica* (LEYMERIE, 1869). Las únicas especies con abundancia de individuos son: *S. Longella* y *T. oweni*, por lo que se describen por extenso.

Familia: *Terebratulidae* GRAY, 1840.

Género: *Sellithyris* MIDDLEMISS, 1959.

Especie tipo: *T. sella* J. de C. SOWERBY, 1823.

Diagnosis: Conchas de tamaño pequeño a medio. Generalmente, más largas que anchas. La comisura lateral presenta una inflexión ventral y la anterior es sulciplegada o episulcificada. El umbo es corto y subcónico. El saliente cardinal es bajo y bilobulado. La sección de las placas de la charnela adopta la forma de V o U muy ancha.

Especie: *Sellithyris longella* (LEYMERIE, 1869).

1869, *Terebratula longella* LEYMERIE: "Brachiopodes grès vert", p. 328, lám. III, figs. 1 y 2.

Está representada por 4 individuos completos y muchos fragmentos de otros. En total equivalen a unos 12 ejemplares. LEYMERIE, en su descripción original, dice que se trata del fósil más peculiar y característico de su "grès vert". Aun cuando no se haya publicado la revisión de esta especie, la

comparación con los locotipos (Vimport) recogidos por uno de nosotros (B. P.) permite atribuir a esta forma algunos braquiópodos de Montgrí.

Descripción.—Caracteres externos.

Son conchas de tamaño mediano, siendo la máxima dimensión observada de 25,5 mm. Sus dimensiones medias son:

Longitud=22,4 mm. Anchura=16,3 mm. Espesor=11,8 mm.

La relación anchura referida a la longitud vale 0,78. El espesor referido a la longitud vale 0,50.

El contorno en vista ventral es ovalado o subpentagonal con la máxima anchura desplazada hacia el borde frontal. El máximo espesor se encuentra hacia la mitad de la longitud.

Ambas valvas son convexas, aunque la menor lo es mucho menos.

La comisura posterior es casi recta. La lateral está desviada ventralmente, sobre todo en su tercio anterior, enlazando con la comisura anterior, que dibuja una laxa episulcación. La profundidad del pliegue equivale a la mitad de su anchura. Esta episulcación se relaciona con breves pliegues sobre las valvas.

El umbo es agudo, cónico, robusto y subrecto. El foramen —circular y relativamente grande, ya que equivale a 0,07 de la valva dorsal— es mesotiridido y marginado (reforzado con un anillo calcáreo). Las placas deltoidales son muy visibles y adoptan la forma trapezoidal, con la base mayor doble que la menor. Las áreas son algo cóncavas y estrechas, separándose del resto de la concha por crestas poco definidas.

No se han observado estrías de crecimiento.

Caracteres internos.

Son, en general, los del género. Se señalan como más importantes los siguientes:

— Un collar peduncular poco desarrollado.

— Los salientes cardinales bajos y bilobulados.

— La implantación muy oblicua de los dientes y muy cerca del borde posterior. Los dientes poco robustos y su longitud, medida en secciones seriadas, vale 0,05 de la valva dorsal.

— Las fosas dentales están también poco desarrolladas, de tal manera que posteriormente no existe el borde interior, que anteriormente aparece claramente.

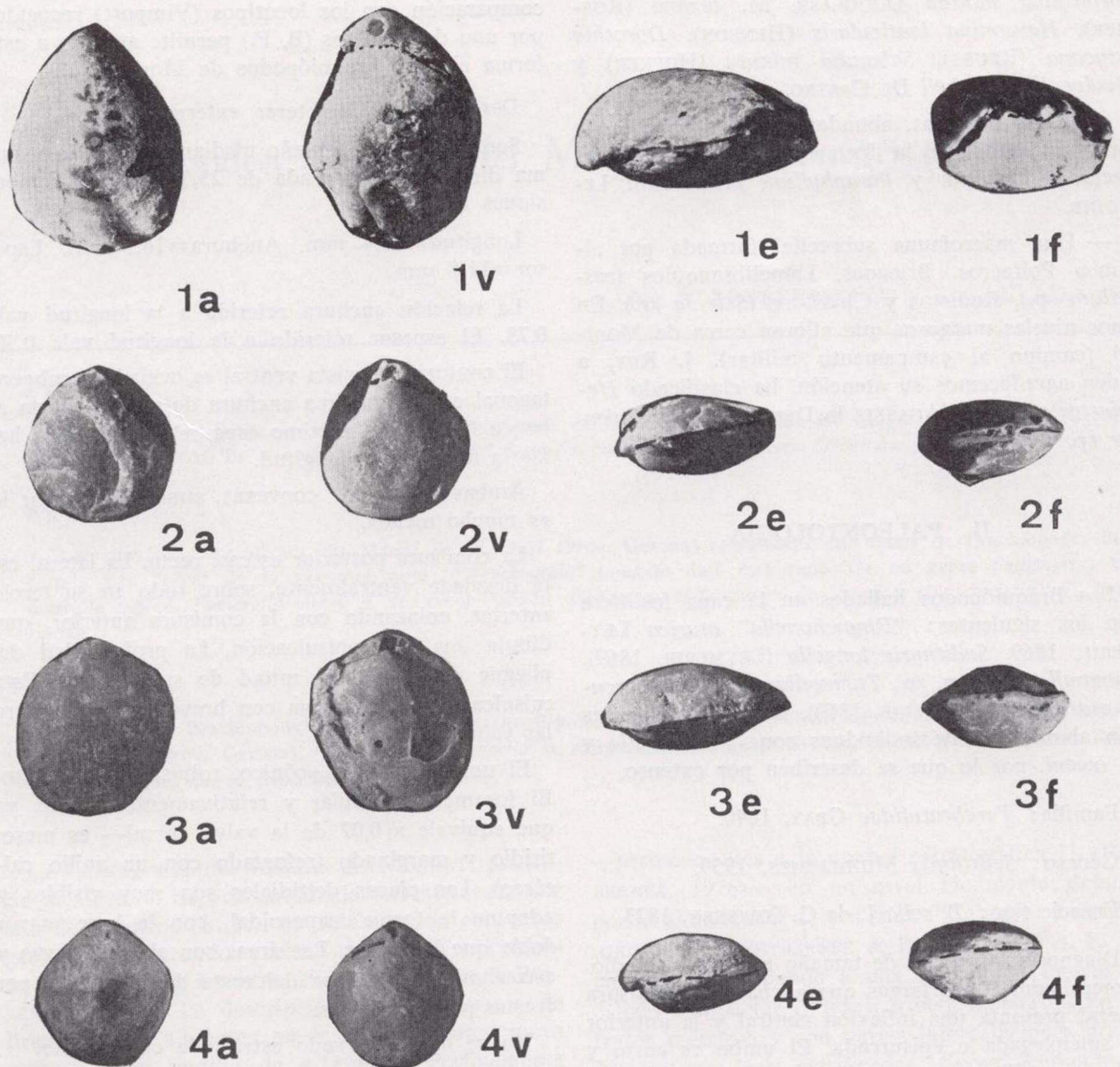


Figura 1

1. *Sellithyris longella* (LEYMERIE, 1869) Albiense. Punta Montgó. $\times 1,5$

2 y 3. *Tamarella oweni* n. sp. Albiense. Punta Montgó. (Holotipo núm. 3.) $\times 1,5$

4. *T. oweni*. Vilanova de Meyá. Clansayesiense. a=vista ventral, v=vista dorsal, e=vista lateral, f=vista anterior).

—Las placas de la charnela, cóncavas ventralmente, pueden ser muy anchas, con la rama vertical poco desarrollada, mostrando algunas secciones subangulosas y otras en forma de anzuelo.

— Los salientes crurales divergen del eje de la concha, tendiendo a convergir ventralmente y están muy cercanos a las placas cardinales.

— Las ramas crurales son divergentes y se elevan algo respecto de la superficie de la concha. Terminan con la banda de unión o arcada, que es redondeada.

— La presencia de un euseptodium relativamente desarrollado (carácter que lo acerca superficialmente a *Terebratellinida*).

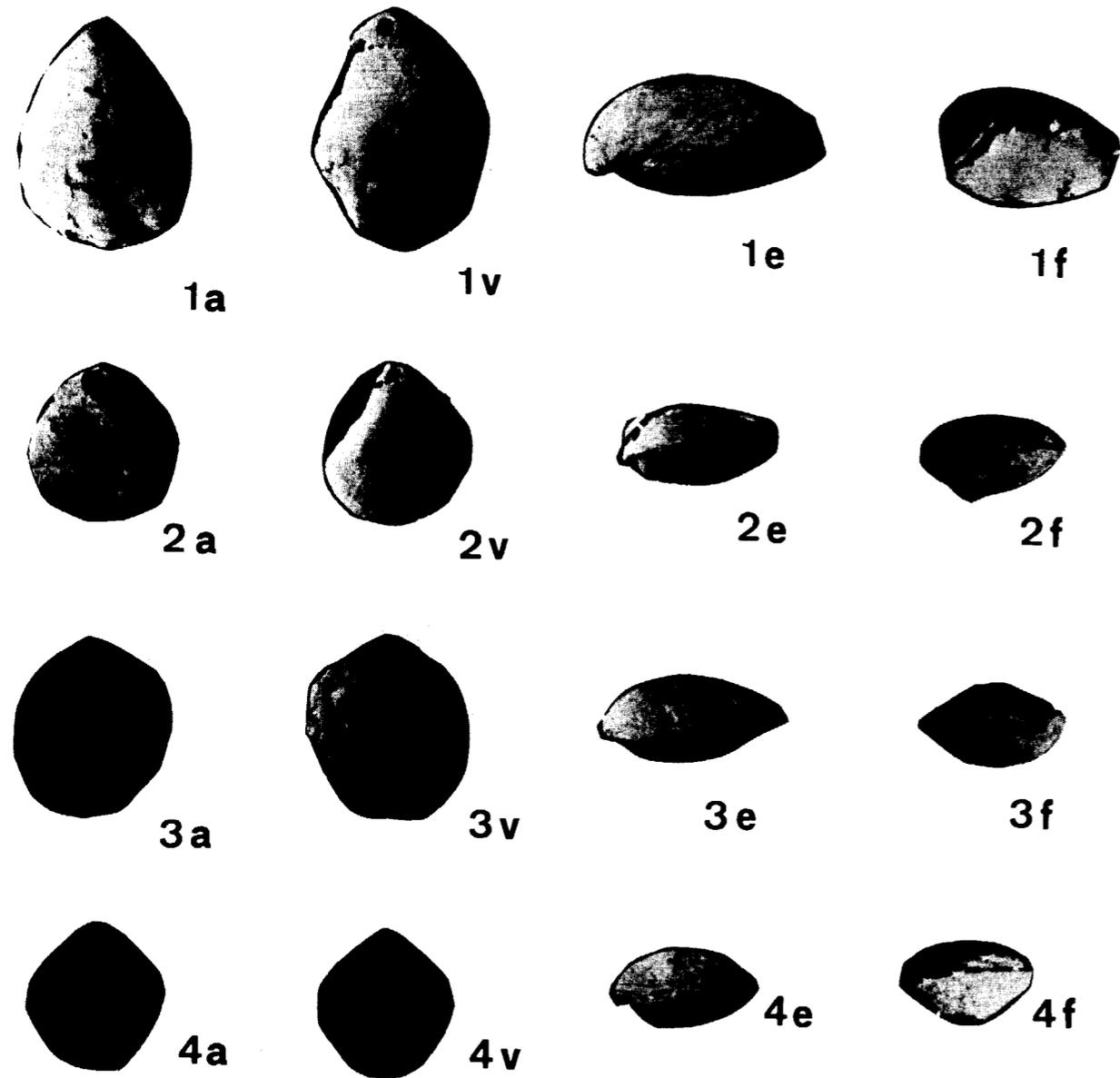


Figura 1

1. *Sellithyris longella* (LEYMERIE, 1869) Albiense. Punta Montgó. $\times 1,5$
 2 y 3. *Tamarella oweni* n. sp. Albiense. Punta Montgó. (Holotipo núm. 3.) $\times 1,5$
 4. *T. oweni*. Vilanova de Meyá. Clansayesiense. a=vista ventral, v=vista dorsal, e=vista lateral, f=vista anterior).

—Las placas de la charnela, cóncavas ventralmente, pueden ser muy anchas, con la rama vertical poco desarrollada, mostrando algunas secciones subangulosas y otras en forma de anzuelo.

— Los salientes crurales divergen del eje de la concha, tendiendo a convergir ventralmente y están muy cercanos a las placas cardinales.

— Las ramas crurales son divergentes y se elevan algo respecto de la superficie de la concha. Terminan con la banda de unión o arcada, que es redondeada.

— La presencia de un euseptodium relativamente desarrollado (carácter que lo acerca superficialmente a *Terebratellinida*).

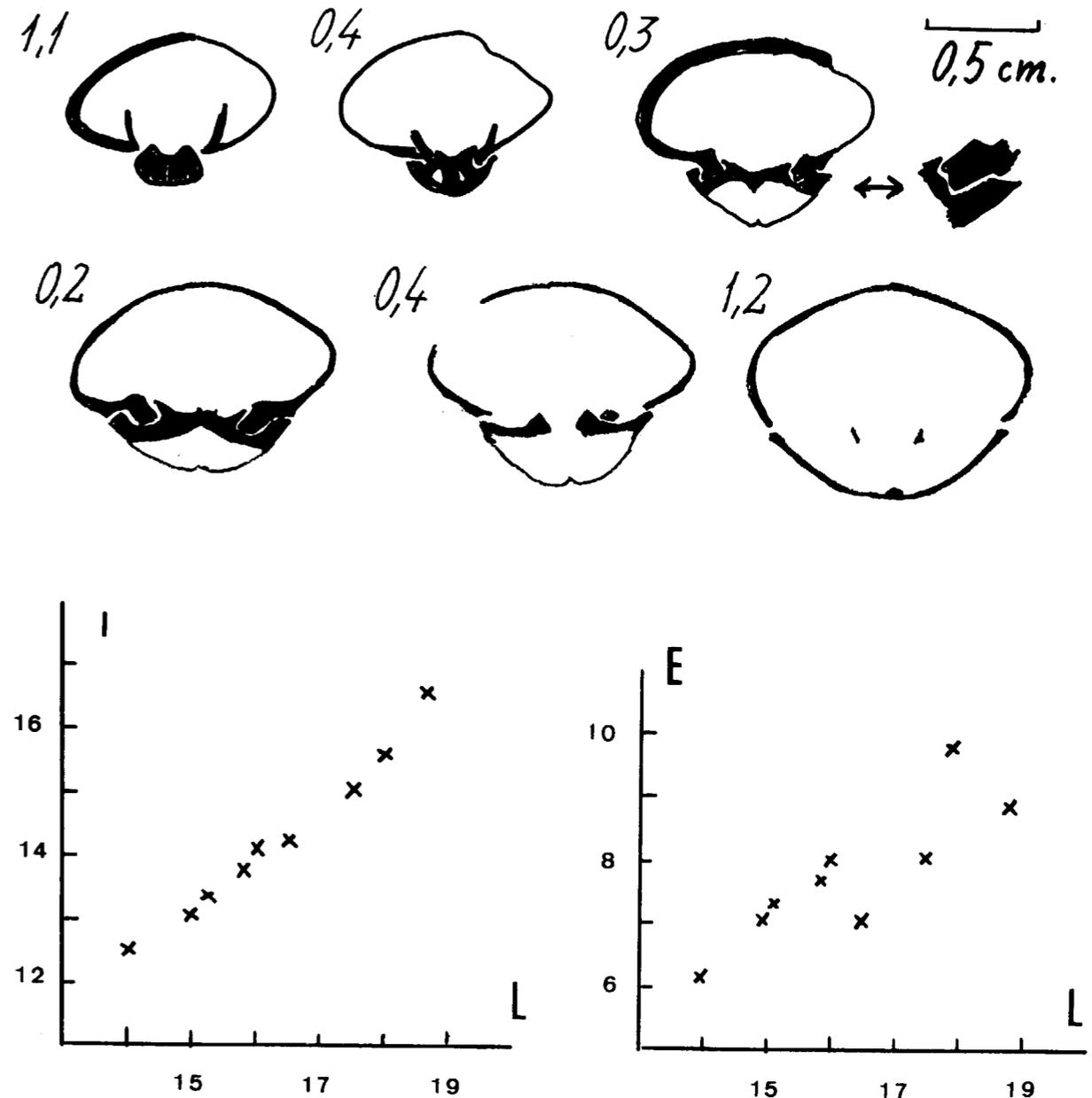


Figura 2

Tamarella oweni n. sp. del Albiense medio de Punta Montgó.

Arriba. Secciones seriadas.

Abajo. Diagramas I/L y E/L (I=anchura, L=longitud, E=espesor). Medidas en mm.

— La longitud del braquidio equivale a unos 0,4 de la valva dorsal e igualmente su anchura.
 Distribución.

Además de las localidades citadas por el propio

LEYMERIE (Vimport, región de Foix), se ha señalado en diversos lugares españoles, que estratigráficamente se sitúan entre el Aptiense y el Albiense superior. (VIDAL, 1875: Orgañá, Montsec de Ares,

MALLADA, 1887: Cabo Prieto, Espés, MENGAUD, 1920: La Florida, Reocín, Isla de Mouro, etc., etc.). Algunas citas en niveles más antiguos son por lo menos discutibles, ya que *S. longella* puede confundirse con otras formas. En el Catálogo de MALLADA (1892) se considera como variedad de *T. prae-longa*.

Familia: *Zeilleriidae* ALLAN, 1940.

Género: *Tamarella* OWEN, 1965.

Especie tipo: *T. tamarindus* J. de C SOWERBY, 1836.

Diagnosis: Conchas biconvexas de contorno circular u oval o pentagonal. La comisura anterior es recta o ligeramente uniplegada. Umbo erecto y con crestas agudas. Foramen grande, mesotiridido. El septo medio tiene una longitud menor que el tercio de la longitud de la valva dorsal. Las placas cardinales se fusionan interpenetrándose.

Especie: *Tamarella oweni* n. sp.

Holotipo.—El ejemplar figurado y que se guarda en el Museo Geológico del Seminario de Barcelona (Sección de Biostratigrafía del C. S. I. C.), con el número de registro A 25725.

Estrato tipo.—Albiense inferior alto a Albiense medio. Formación "Calcaires urgo-albiens moyens", unidad U₆ (in PEYBERNÉS, 1976). Biozona con *Simplorbitolina comulus*.

Localidad tipo.—Punta Montgó (La Escala, provincia de Gerona). Hoja 297 Estartit. Coordenadas: 42° 07' 40" y 06° 51' 35" al Este de Madrid.

Ambiente tipo.—Medio infralitoral medio a externo en un conjunto subarrecifal típico del borde externo de la plataforma urgoniana.

Razón del nombre.—Dedicada al doctor Ellis Owen, quien nos indicó esta forma como nueva.

Diagnosis: *Tamarella* pequeña, poco convexa y de contorno oval-circular.

Descripción.

Conchas de tamaño pequeño, siendo la máxima dimensión observada de 19 mm. Los valores medios de las principales dimensiones, medidas en 10 individuos, son:

Longitud=16,2 mm. (extremos 14-19).

Anchura=14,2 mm. (extremos 12,5-17).

Espesor=7,7 mm. (extremos 6-9,7).

Anchura referida a longitud=0,872 (0,85-0,90).

Espesor referido a la longitud=0,453 (0,40-0,50).

El contorno en vista ventral es subovalado, tendiendo a subcircular. La máxima anchura se sitúa hacia la mitad de la longitud máxima. En vista lateral, el contorno es lenticular, estando el máximo espesor desplazado hacia el borde posterior (entre 1/3 y 1/2 de la longitud máxima).

Ambas valvas son poco convexas, siendo la mayor dos veces más que la menor, que es casi plana anteriormente.

Todas las comisuras son rectas, sólo en algunos ejemplares se insinúa una ligerísima uniplicación.

El umbo es ancho y corto, suberecto a erecto. El foramen circular y relativamente grande (0,08 de la longitud de la valva dorsal). Permesotiridido. Generalmente aparece separando completamente las placas deltoidales, pequeñas y triangulares. Este pormenor puede deberse al estado de conservación de los materiales. Las interáreas son alargadas, cóncavas y muy bien delimitadas por crestas agudas, que convergen, incurvándose, sobre la parte posterior del foramen. El ángulo apical oscila entre 110 y 130°.

La concha es lisa. En algún caso se observa las estrías de crecimiento: 1 ó 2 a un tercio del borde frontal.

Los caracteres internos son los propios del género, aunque presenta la particularidad de que las placas cardinales se fusionan sin yuxtaponerse.

Comparación con otras especies.

La forma más semejante es *T. tamarindus*, de tal manera que en algunos casos cabe la posibilidad de no poder distinguirlos. Sin embargo, las siguientes características la separan fácilmente de la especie inglesa:

— La tendencia a tener el umbo suberecto.

— Su menor espesor. En la n. sp. la relación E/L vale 0,45, mientras que en *tamarindus* los valores medios de esta relación, medidos en varias poblaciones, oscilan entre 0,62 y 0,72.

La posición del máximo espesor desplazado pos-

teriormente. En *tamarindus* está en la mitad de la longitud.

— La poca convexidad de la valva menor

—El umbo algo más ancho.

De otras formas, se separa fácilmente por sus caracteres genéricos.

Justificación de la nueva especie.

En el estudio de esta forma se creyó primeramente que pertenecía a *T. tamarindus*, explicándose sus diferencias como efecto de influjos ambientales. Pero el hecho de que apareciera en el Albiense inferior y medio y *T. tamarindus* fuera del Aptiense superior nos hizo consultarlo con el doctor Owen, quien amablemente nos indicó que se trataba de una especie nueva, aunque de carácter local.

Material. Distribución estratigráfica.

Las conchas de la n. sp. están silicificadas e incluidas en bancos calizos. A pesar de esta diferencia de materiales su extracción es difícil, y como su conservación no es muy buena, se consiguen muchos fragmentos y ningún ejemplar completamente perfecto. El material utilizado equivale a unos 20 individuos, procedentes de la localidad tipo.

Además se han utilizado 3 individuos de Vilanova de Meyá (Lérida), recolectados en el seno de la formación "Marnes et marnocalcaires ligniteux à Pseudochoffatelles" (Episodio U_{4b} in PEYBERNÉS, 1976). Dos ejemplares procedentes de Can Casano-

vas (Este de Canyelles, macizo de Garraf, Barcelona) del Clansayensiense. Así, pues, el rango estratigráfico de la n. sp. se extiende desde el Clansayensiense hasta el Albiense medio.

BIBLIOGRAFIA

- LEYMERIE, A.: *Mémoire pour servir à la connaissance de la division inférieure du Terrain Crétacé Pyrénéen*. Bull. Soc. Géol. Fr. 2.^a sér., 26, pp. 277-335, 2 láms. París (1869).
- MOULLADE, M., y PEYBERNÉS, B.: *Etude microbiostratigraphique de l'Albien du massif de Montgri (Prov. Gerona) et description de Hensonina nov. gen. (génératype Trocholina lenticularis HENSON, 1947)*. Arch. Sciences Genève, 26, pp. 173-181, 3 láms. (1973).
- MOULLADE, M., y PEYBERNÉS, B.: *Biozonation par Orbitolinidés du Clansayésien de l'Albien calcaires des Pyrénées franco-espagnoles*. Compt. ren. Acad. Sc. Paris, t. 280, pp. 2524-2532 (1975).
- PEYBERNÉS, B.: *Le Jurassique moyen supérieur et le Crétacé inférieur des Pyrénées centrales et orientales franco-espagnoles*. "Thèse Doctorat Sc. Nat. Univers. Paul Sabatier", Toulouse 459 pp., 42 láms. (1976).
- PEYBERNÉS, B. y BILOTTE, M.: *Données stratigraphiques et tectoniques nouvelles sur le massif de Montgri (prov. Gérone, Espagne)*. "Bull. Soc. Hist. Nat." Toulouse, 107, pp. 475-482 (1971).
- VIDAL, L. M.: *Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona*. "Bol. Com. Mapa Geol. España", t. XIII, pp. 209-380 (1886).

Recibido: Septiembre 1976.

Estudio geoestadístico del yacimiento de Cerro Colorado

M. ALFARO (*) F. MIGUEZ (*) y M. VILLALON (**)

RESUMEN

Este artículo presenta una aplicación de la teoría de la Geoestadística a los problemas de evaluación de reservas en el yacimiento de Cerro Colorado, localizado en Río Tinto, España.

RESUME

Cet article présente une application de la théorie de la Géostatistique aux problèmes des réserves dans le gisement de Cerro Colorado, localisé à Río Tinto, Espagne.

I. INTRODUCCION.

Se encontrará en las referencias bibliográficas (1) o (2) exposición completa de la teoría de la Geoestadística con sus aplicaciones a la evaluación de yacimientos; en este artículo nos limitaremos a un breve resumen de algunos conceptos.

I.1. RESUMEN DE ALGUNOS CONCEPTOS.

I.1.1. *Semivariograma.*—Sea $Z(x)$ la ley en mineral en un punto $x=(x_1, x_2, x_3)$ del espacio de tres dimensiones. Se define el semivariograma como $1/2$ veces el promedio del cuadrado de las diferencias $Z(x+h)-Z(x)$:

$$\gamma(h) = 1/2 E[Z(x+h) - Z(x)]^2$$

En un espacio de tres dimensiones el argumento h es un vector, $h=(h_1, h_2, h_3)$, y la notación $\gamma(h)$ representa la función $\gamma(h_1, h_2, h_3)$. Los datos disponibles permiten el cálculo de esta función para diferentes direcciones del espacio.

Esta función $\gamma(h)$ proporciona información sobre las características estructurales del fenómeno mine-

ralizado: continuidad, anisotropías, zona de influencia...

En general, el semivariograma es una función creciente de h : los valores tomados por la variable en dos puntos distantes en h son más diferentes cuando estos puntos están más alejados. El aspecto de este crecimiento da una significación precisa de la noción tradicional de zona de influencia de una muestra. A menudo, este crecimiento comienza a atenuarse, y más allá de una cierta distancia, que se llama alcance, $\gamma(h)$, se hace constante (figura 1): las leyes de los puntos x y $x+h$ pueden considerarse como independientes.

I.1.2. *El Krigeage.*—El problema de krigeage consiste en encontrar la mejor estimación lineal posible de la ley media de un bloque a partir de los datos disponibles, y una información sobre la estructura de la mineralización, representada por el semivariograma.

Por ejemplo, deseamos estimar la ley media Z del bloque de la figura 2. Se dispone de 8 trozos de testigo de leyes Z_1, Z_2, \dots, Z_8 . ¿Cuál es el peso que hay que dar a cada uno de éstos datos para obtener el mejor estimador de la ley media del bloque?

El krigeage proporciona un estimador Z^* , que es una combinación lineal de los datos disponibles, es decir:

$$Z^* = \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2 + \dots + \lambda_8 Z_8$$

Este estimador presenta las dos características siguientes:

a) Es insesgado, es decir, que en promedio el error es nulo:

$$E(Z - Z^*) = 0$$

b) Es óptimo, es decir, que los ponderadores λ_i se determinan de manera que la varianza de estimación $E(Z - Z^*)^2$ sea mínima. Se obtiene así un sistema lineal de ecuaciones que proporcionan los pesos λ_i y la varianza de estimación óptima, cantidad que cuantifica la precisión de la estimación.

En el ejemplo de la figura 2, suponiendo isotropía estructural, el krigeage encontrará:

— las simetrías evidentes, tales como $\lambda_3 = \lambda_2$, $\lambda_7 = \lambda_8$.

— las desigualdades $\lambda_i \gg \lambda_1$ ($i=2, 3, \dots, 8$).

$\lambda_6 \ll \lambda_5$: el sondeo 5 hace "pantalla" al sondeo 6.

$\lambda_4 \gg \lambda_5$: el sondeo 5 ha transferido parte de su influencia a los sondeos próximos 6, 7, 8.

II. APLICACION AL YACIMIENTO DE CERRO COLORADO.

El yacimiento de Cerro Colorado se encuentra en Río Tinto, provincia de Huelva, España. Se trata de una mina de cobre de baja ley explotado a cielo abierto (ver (3)).

II.1. PLAN DE RECONOCIMIENTO.

El yacimiento está reconocido por dos tipos de información:

— Sondeos con recuperación de testigos en direcciones diferentes, analizados sobre tramos de 2 metros. Los sondeos verticales forman una malla aproximadamente regular de 50 m. x 50 m. (figura 3).

— Barrenos aproximadamente verticales, analizados sobre la altura de los bancos: 10 m. Las muestras corresponden a la recuperación de polvo en la base de la perforación (fig. 4). La malla de los barrenos es regular, de 20 m. x 25 m. (fig. 5).

II.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del estudio fue la evaluación de todos los bloques de 50 m. x 50 m. x 10 m., que constituyen el yacimiento.

Los datos disponibles permitieron el cálculo de los semivariogramas en diferentes secciones del espacio. La figura 7 muestra el semivariograma en la dirección vertical. Observamos que $\gamma(h)$ no tiende a cero cuando h tiende a cero, esto caracteriza lo que en Geoestadística se conoce como "efecto de pepita", que puede ser debido a la existencia de una microestructura o a errores de medida. Vemos también un alcance del orden de 26 m., que nos indica que dos muestras cuya distancia sea superior a 26 m. son prácticamente independientes.

II.3. EVALUACIÓN DE LOS BLOQUES.

El problema de la estimación de la ley media de los bloques de 50 m. x 50 m. x 10 m. es diferente del evocado en el párrafo I.1.2, referente al krigeage, debido a que tenemos dos tipos de informaciones heterogéneas:

- ley de testigos,
- ley de barrenos (ver figura 6).

Es claro que $Z_i(x)$, ley en cobre de un testigo, es precisa mientras que $Y(x)$, ley en cobre de un barrenos, es imprecisa, debido a problemas de recuperación, cuarteo, viento, agua, etc. Sin embargo, la malla de los barrenos es más densa que la de sondeos (figs. 3 y 5).

El semivariograma de la variable $Y(x)$, ley de testigos, caracteriza la irregularidad de esta variable, presentando un fuerte efecto de pepita.

Seguidamente, para estimar la ley medio de los bloques de 50 m. x 50 m. x 10 m., hemos utilizado el formalismo de cokrigeage, que consiste en definir un estimador Z^* de la ley verdadera Z , combinación lineal de N datos de testigos y M datos de barrenos vecinos al bloque en estudio (fig. 6). El estimador Z^* es:

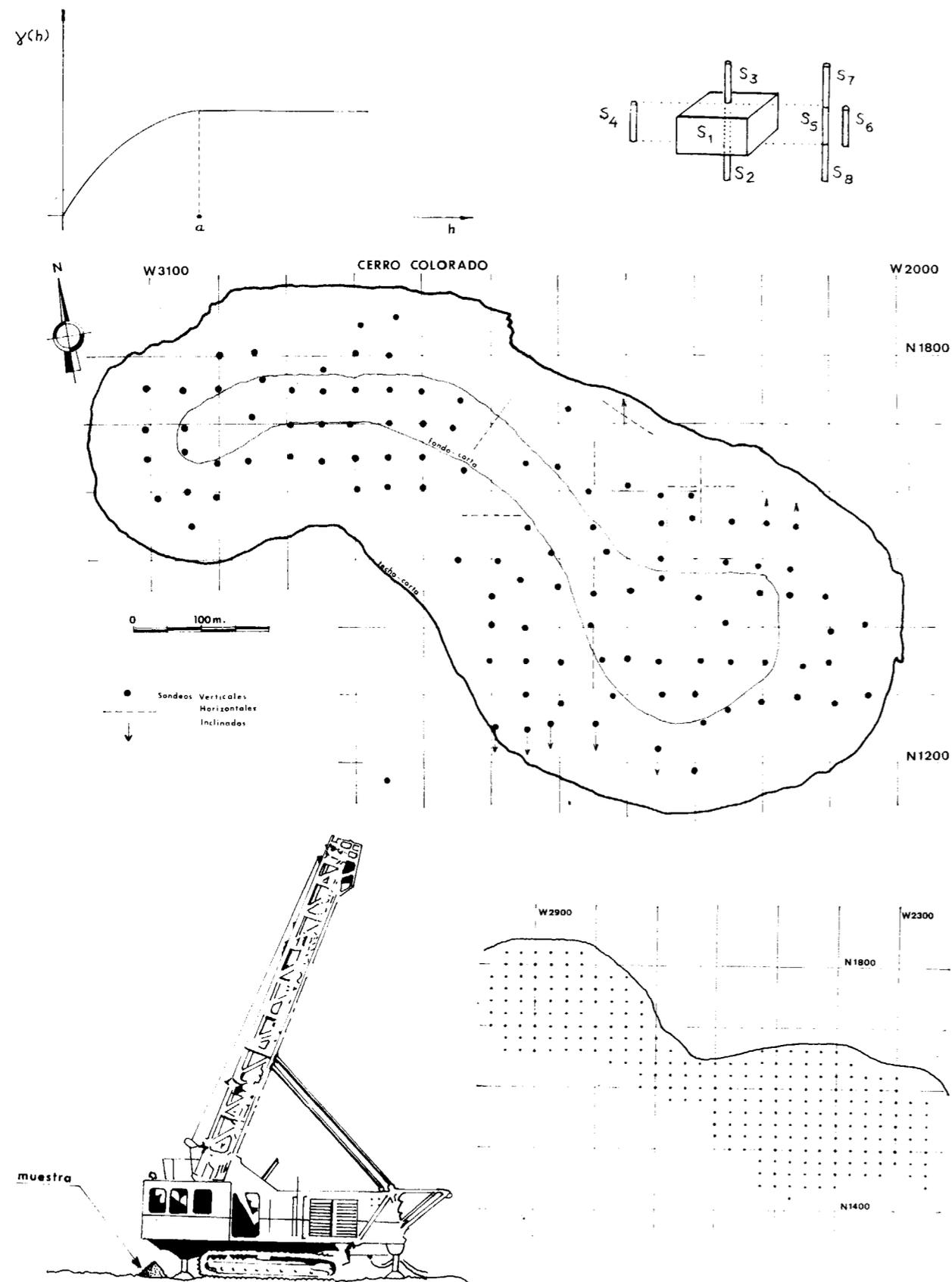
$$Z^* = \lambda_1 Z(x_1) + \lambda_2 Z(x_2) + \dots \\ \dots + \lambda_N Z(x_N) + \rho_1 Y(y_1) + \rho_2 Y(y_2) + \dots \\ \dots + \rho_M Y(y_M)$$

Los x_i y los y_j definen la localización de los testigos y los barrenos, respectivamente. Los pesos $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ y $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_M$ se calculan de manera que minimice el error cuadrático medio $E(Z - Z^*)^2$. Se obtiene así un sistema de ecuaciones que proporciona a estos ponderadores.

Como es natural, el cokrigeage atribuye pesos fuerte a las leyes de sondeos y pesos débiles a las leyes de barrenos. Aplicando este método, estamos

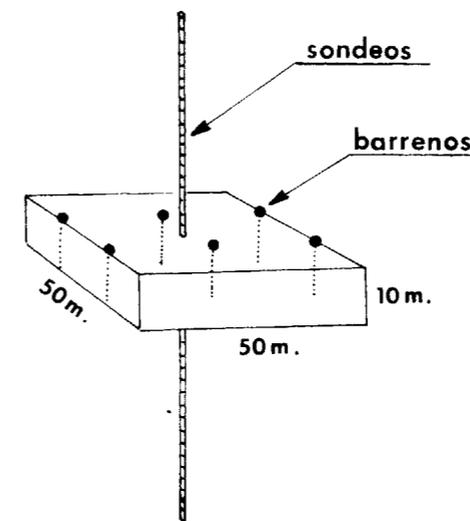
(*) Centro de Cálculo E. T. S. de Minas, Madrid.

(**) Empresa Río Tinto Patiño.

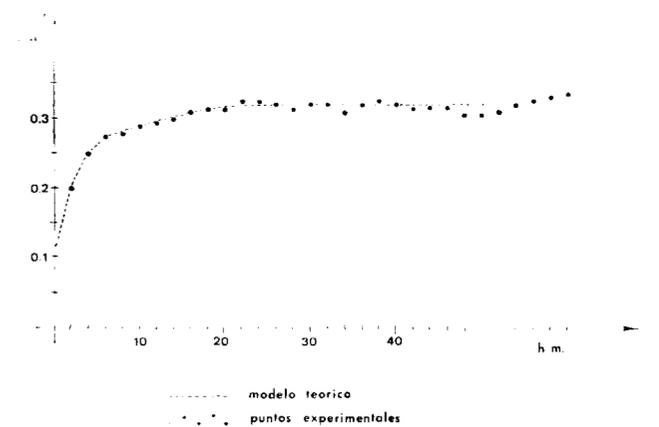


seguros de haber obtenido la estimación más precisa de los bloques que constituyen el yacimiento, o, si se prefiere, de haber sacado el máximo provecho posible de los dos tipos de información disponibles.

La consecuencia práctica en el yacimiento de Cerro Colorado fue que en los bloques bien informados por sondeos, la influencia de los barrenos era despreciable ($\rho_i \approx 0$, para todo i), debido a la irregularidad en la variación espacial de la variable $Y(x)$.



de la Geoestadística: las simulaciones condicionales que proporcionan una herramienta muy potente en el estudio de las fluctuaciones de leyes a la entrada de la planta de tratamiento y el krigeage disyuntivo que permite una estimación óptima no lineal, que aporta una solución satisfactoria al problema de encontrar el histograma de los bloques a partir del histograma de las leyes de las muestras (4).



REFERENCIAS

- (1) G. MATHERON: *Cours de Geostatistique*. Escuela de Minas de París, 1970.
- (2) M. ALFARO: *Introducción práctica a la Geoestadística*. E. T. S. de Minas, Madrid, 1974.
- (3) R. PRYOR, H. RHODEN y M. VILLALÓN: *Sampling of Cerro Colorado, Rio Tinto, Spain*, julio 1972.
- (4) M. GUARASCIO y otros: *Advanced Geostatistics in the Mining Industry*. D. Reidel Pu. Co. Holanda, 1976.

Recibido: Enero 1977.

III. CONCLUSION.

El método que hemos presentado proporciona una herramienta poderosa y coherente para aprovechar al máximo todos los tipos de información disponibles. Mencionaremos también los últimos adelantos

Incidencia de las características tecnológicas de los pozos en la explotación de los acuíferos del terciario detrítico de Madrid

Por M. R. LLAMAS MADURGA (*) y F. LOPEZ VERA (**)

RESUMEN

El aprovechamiento de las aguas subterráneas del Terciario detrítico de la Fosa del Tajo parece tener un notable interés económico, para atender la demanda futura de numerosos núcleos urbanos de esta zona, y muy especialmente, de los alrededores de la capital e incluso de algunas zonas del casco urbano.

Es bien conocido que no pocos pozos han dado caudales muy reducidos, haciendo incluso inviable su explotación. Frecuentemente se han achacado estos "fallos" a la variabilidad de las características litológicas del Terciario. Sin negar que ésta sea la causa en algunos casos, es lógico pensar en la gran importancia práctica que tiene la tecnología utilizada en la construcción de los pozos de captación. El método de perforación, el tipo de rejilla y el sistema de desarrollo parecen ser los factores que debían influir más en los caudales específicos de los pozos.

En este trabajo, tras resumir las principales características geológicas e hidrógenas que pudieran influir más en la construcción y en el rendimiento de los pozos, se hace un breve análisis teórico de los diversos métodos y operaciones de la construcción de pozos; en dicho análisis se resumen las teóricas ventajas de la perforación a rotación inversa. Sin embargo, en un análisis estadístico de datos de 189 pozos, no se ha conseguido establecer una relación clara entre ninguna de las características consideradas y el rendimiento de los pozos; aparentemente cualquiera de los métodos y operaciones consideradas tiene análoga probabilidad de conseguir el mismo caudal específico. Se confirman, sin embargo, las ventajas de un mayor coeficiente de perforación, en el procedimiento de rotación inversa. No obstante, en la zona próxima el Sistema Central, debido a la presencia de bloques de gneis y granitos, se hace aconsejable la perforación y percusión.

Finalmente, también se hacen algunos comentarios sobre los problemas que plantea la conservación y estimulación de los pozos en esta región.

ABSTRACT

The development of the ground water in detrital Tertiary materials of Tajo basin seems to have an economical notable interest to satisfy the futures request of a great number of population in this area, and especially in the neighborhood of Madrid, and also in the some sector of this city.

It is very well known that no many wells have given reduced flow of water even making imposible their exploitations. Usually these "faults" have been tributed to the variability of litologies in the Tertiary materials.

Although that can be the reason in some cases it is logical to think in the great practical importance that aquired the tecnology employed in the construction of wells. The drilling method, the kind of screen and the developing system, seem to be the main influencing factor, on the specific flow of water of the wells.

In this paper after summarizing the main geological and hidrogeological characteristics that can be more influential in the drilling, and profit of the well, a short theoretical analysis is made on the several methods and operations of the well constructions. In these analyses the theoretical advantages of the inverse rotay drilling are exposed. Nevertheless from a statistical analysis of data from 189 wells, it has not been posible to arrive at the establishment of a clear relation between someone of the mencioned characteristic and well specific capacity.

It seems that every method and operation considered has the same probability to reach the same specific capacity. However, the advantages of the inverse rotary, consisting of a higer drilling coefficient has been confirmed.

Nevertheless, in the neighborhood of Central system, owing to the presence of granitic and gnisis blocks the cable-tool percusion method is preferable.

Finally, some considerations about the problems possed by the maintaining of the wells in this country are discussed.

(*) Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos del C. S. I. C.

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

INTRODUCCION

Las aguas subterráneas del Terciario detrítico de la Fosa del Tajo, como han puesto de manifiesto los últimos estudios realizados (LLAMAS y LÓPEZ VERA, 1975; LÓPEZ CAMACHO, 1975; LÓPEZ VERA, 1975), presentan un notable interés económico para atender la demanda de agua presente y futura de numerosos núcleos urbanos de esta zona y, muy en especial, de los alrededores de Madrid e incluso de algunas zonas del casco urbano.

Es bien conocido que no pocos pozos han dado caudales específicos muy reducidos, haciendo incluso inviable su explotación (LÓPEZ CAMACHO, 1975, pp. 121 y LÓPEZ VERA, F. LLAMAS, M. R., 1976). Con frecuencia se han achacado estos "fallos" a la variabilidad de las características geológicas del Terciario detrítico. Sin negar la existencia de dicha variabilidad (LÓPEZ VERA, F., 1975, cap. 2), parece muy conveniente analizar la influencia que tiene la tecnología utilizada en la construcción de los pozos —principalmente el método de perforación, el tipo de filtro y la eficacia del desarrollo— en los caudales específicos obtenidos. Esto justifica el interés que presenta el estudio científico de la tecnología más adecuada para la construcción de pozos en este terrenos.

FACTORES GEOLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS QUE CONDICIONAN LA CONSTRUCCION DE POZOS

Los materiales que nos ocupan, están formados por lutitas, areniscas y conglomerados débilmente cementados pero con una abundante matriz limo-arcillosa. Genéticamente, corresponden a los depósitos detríticos procedentes de la denudación de la sierra de Guadarrama, acumulados al pie de ésta, durante el Terciario medio y superior, en un ambiente continental árido.

Atendiendo al tamaño de las partículas de estos sedimentos, y dejando aparte los cantos y bloques de granitos, gneis y cuarcitas que suelen aparecer en el techo de estos depósitos, se pueden reconocer: a) "capas irregulares de "microconglomerados" y arenas arcósicas que los constructores y canteros locales llaman "arena de miga"; b) arenas mejor graduadas con predominio de los tamaños finos que denominan "arenas tosquizas"; c) limos arcillo-arenosos que denominan "tosco", y d) niveles más arcillosos.

La figura 1 muestra las envolventes de 330 curvas granulométricas procedentes de muestras de sondeos para cimentaciones en los alrededores de Madrid; en dicha figura observamos la variación de tamaños que se muestra en la tabla I.

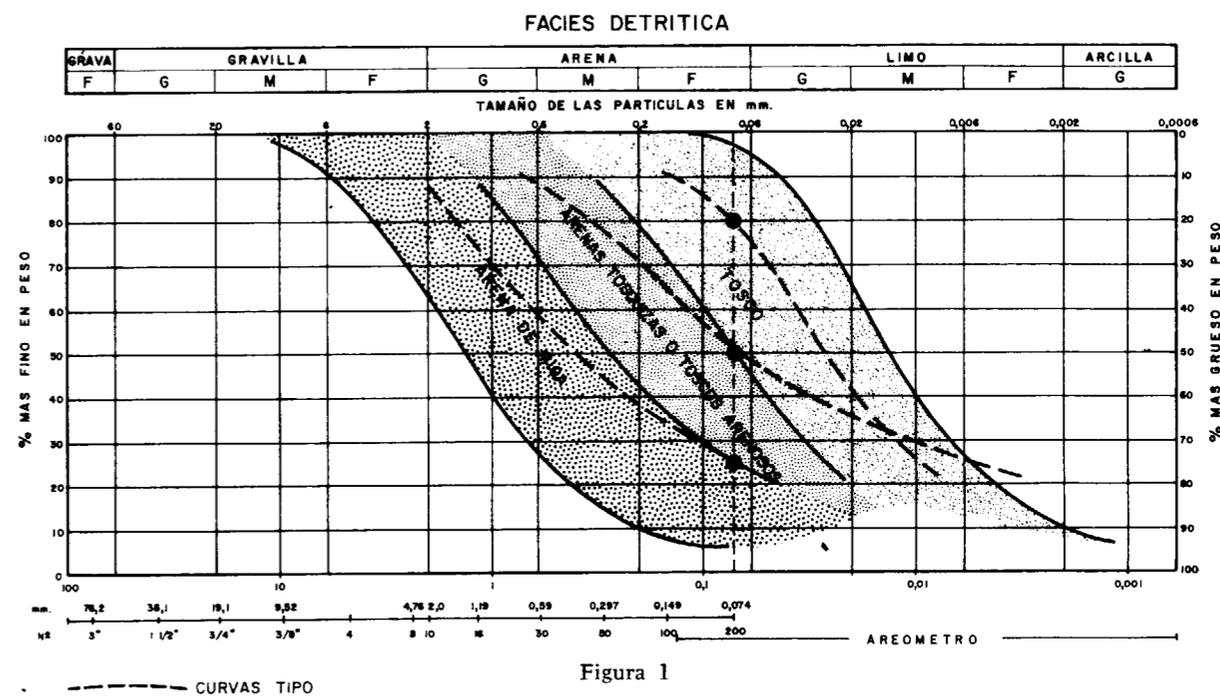


TABLA I

Tamaños de cantos, granos y partículas de terciario detrítico de Madrid

Término litológico	Tamaño máximo en mm.	Tamaño mediano en mm.	% aprox. de limos y arcilla	Coef. $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ valor medio
"Arena de miga" (conglomerado).	10	0,6	5 a 20	13
"Arena tosquiza". . .	2	0,15	20 a 40	13
"Tosco" . . .	0,6	0,04	40 a 95	6

Estos datos nos parecen bastante representativos para la zona estudiada.

Mineralógicamente, según datos de diversos autores recogidos por LÓPEZ VERA (1975)), se destaca como mineral ligero dominante el cuarzo, seguido del feldespato y de la biotita; y en último lugar y en mucha menor proporción la moscovita. Dentro del grupo de minerales pesados aparecen turmalina, zircón y rutilo, junto con estauroлита, andalucita, sillimanita y granate.

El cuarzo se presenta frecuentemente con crecimiento secundario, variando su porcentaje en peso de muestra entre 35 y 83 por 100. Los feldespatos suelen aparecer en granos gruesos con aspectos fresco, de ortosa y plagioclasa, los tamaños menores suelen aparecer sericitados. Las micas se presentan en forma laminar.

La fracción fina limo-arcillosa, estudiada mediante difracción de R-X, muestra que los limos son principalmente de cuarzo y feldespatos. Mientras que las arcillas presentes son illitas hinchables, procedentes de la degradación de las micas y caolinitas (ésta última escasa), en las zonas más alejadas de la sierra se presentan montmorillonita, sepiolita y calcita.

Estratigráficamente, es de destacar la gran heterogeneidad de estos depósitos de abanico aluvial. Debido al mecanismo de sedimentación, se produce una zonalidad ocasionada, en primer lugar, por la disminución del tamaño de las partículas, con el alejamiento al área fuente —la sierra de Guadarrama— y, en segundo término, por los materiales de dicha área, ya que en unas zonas predominan grani-

tos o gneises y en otras pizarras, esquistos y cuarcitas.

Debido a esta zonalidad, es posible distinguir diversas unidades lito-estratigráficas —formaciones— en estos depósitos, con distintas características hidrogeológicas (LÓPEZ VERA, 1975).

Es de destacar que, debido a la evolución de la historia geológica de esta región, dentro de las Facies detríticas es posible encontrar digitaciones de la Facies de transición, Formación "Peñuela" según LÓPEZ VERA (1975), integradas por margas, sepiolita, sílex y yesos en algunas ocasiones.

El comportamiento hidrogeológico de estos sedimentos se puede considerar como una serie de acuíferos de forma alargada, que corresponden a los canales anastomosados rellenos de materiales más gruesos, gravas y arenas, englobados en una masa arenolimo-arcillosa que se comporta como acuitardo (LLAMAS y LÓPEZ VERA, 1975). Un orden de magnitud de los acuíferos o canales, puede ser una anchura de 5 a 100 m., una longitud entre 25 y 2.000 m. y el espesor entre unos centímetros y 16 m., si bien es posible encontrar canales de mayor espesor o anchura debidos a un relleno policíclico. Estos canales parecen ser más frecuentes en la parte superior de los depósitos que en la inferior (LÓPEZ VERA, 1975).

En cuanto a los parámetros hidrogeológicos de los materiales de la Facies Detrítica, la transmisividad oscila entre 1 y 230 m.²/día y el coeficiente de almacenamiento entre 10⁻³ y 10⁻⁴ (LÓPEZ VERA, 1975). La variación de estos parámetros son un reflejo de la heterogeneidad litológica. La figura 2 muestra una distribución de zonas hidrogeológicas de acuerdo con el modelo de sedimentación y el caudal específico de 189 pozos.

La permeabilidad de las arenas de los acuíferos parece ser independiente de la profundidad (LÓPEZ VERA, 1975), por lo menos hasta de donde se disponen datos —600 m.— si bien es posible que a mayores profundidades —el espesor máximo puede ser de 2.000 m.— los fenómenos de diagénesis reduzcan sustancialmente su permeabilidad.

En el funcionamiento hidráulico de este sistema acuífero la alimentación se produce esencialmente mediante la infiltración de las lluvias y la descarga se efectúa en los fondos de los valles (LLAMAS y LÓPEZ VERA, 1975). De acuerdo con este esquema de flujo, los niveles piezométricos no suelen ser constantes a lo largo de una vertical, sino que aumentan con la profundidad en los valles y disminuyen en los interfluvios.

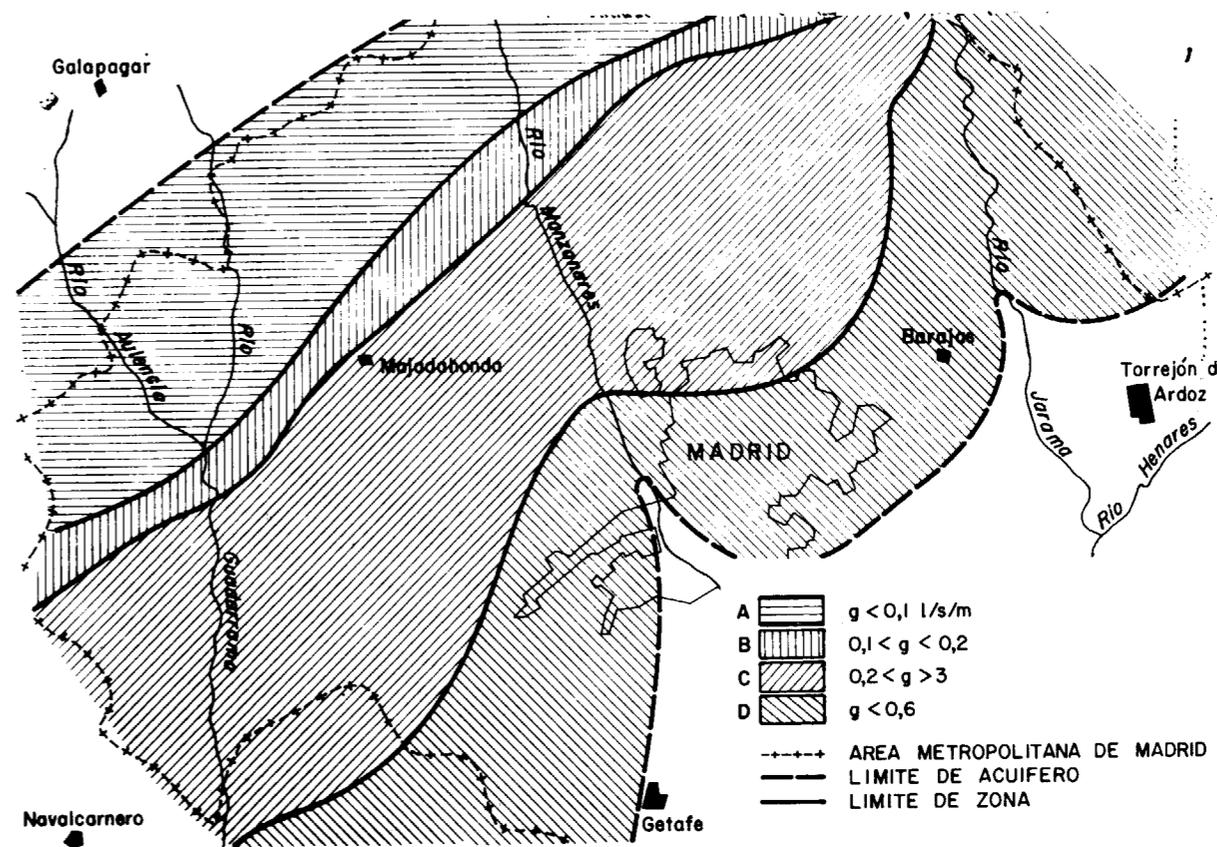


Figura 2

Distribución de zonas hidrogeológicas

En la figura 3 se muestra un perfil hidrogeológico esquemático con las principales unidades litológicas y con algunas líneas de flujo y equipotenciales.

En cuanto a la calidad química de las aguas de este sistema acuífero, se sintetiza en los siguientes valores medios (LÓPEZ VERA, 1975):

- Cl⁻ de 10 a 102 ppm.
- SO₄⁼ de 0 a 80 ppm.
- Ca⁺⁺ de 0 a 55 ppm.
- Mg⁺⁺ de 0 a 10 ppm.
- Dureza total de 50 a 450 ppm.

Las aguas de la Formación Peñuela están, con frecuencia, fuertemente salinizadas; los valores del residuo seco oscilan entre 800 y 35.000 ppm. y la dureza total, entre 400 y 19.000 ppm.

SINTESIS DE LOS DISTINTOS METODOS DE CONSTRUCCION DE POZOS

Entre las diversas operaciones y materiales necesarios para la construcción de un pozo, la elección del método de perforación es la que suele tener mayor incidencia en el coste total del pozo. Las operaciones del acabado y estimulación de las captaciones están más fuertemente ligadas a las características hidráulicas del acuífero.

Según CAMPBELL y LEHR (1973, pág. 403), más de cuarenta variables influyen en la perforación, siendo difíciles de establecer muchas de las relaciones entre éstas.

En el más amplio sentido, el coeficiente de perforación de una roca (penetración/tiempo) es directamente proporcional a la perforabilidad de la roca, pero el conocimiento sobre este extremo es principalmente cualitativo.

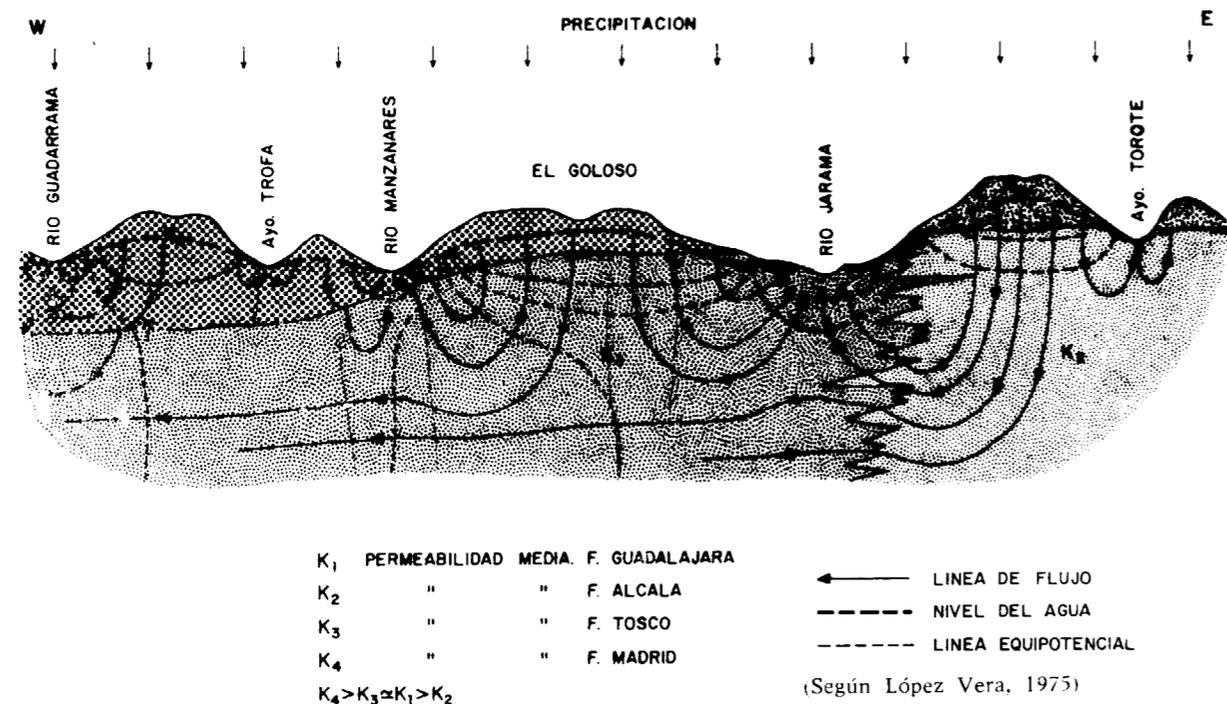


Figura 3

Esquema de flujo en facies detrítica

De los diversos métodos de perforación para la construcción de pozos en la zona que nos ocupa, el de *percusión con cable* es el más simple y fue también el más utilizado, hasta hace pocos años (figura 4). Este procedimiento, como es bien conocido, perfora mediante el puzonamiento y trituración de las rocas, producido por el golpeo alternativo de una masa con una frecuencia de 40 a 80 golpes por minuto, simultáneo a una débil rotación alterna de la masa producida por la torsión del cable. SFRRET, A., cap. 17-2 en Custodio y LLAMAS (1976, pág. 1.685). El avance de perforación media por este procedimiento en materiales de las Facies Detrítica, según comunicación personal del señor Braña, de Vergarada, S. A., suele ser de 10 a 15 m/día.

Frente a las ventajas que presenta este procedimiento de perforación de simplicidad y economía (aparente) se pueden oponer los inconvenientes que presenta al penetrar la perforación en la zona saturada —ésta se produce antes, cuanto más próximo esté a los fondos de valle— pues las paredes son inestables, siendo necesario que la entubación siga de cerca a la perforación con la consiguiente limitación que esta maniobra impone a la penetración.

En el método de perforación a *rotación* se necesitan mayores conocimientos técnicos pero en la actualidad tiene un indiscutible liderazgo económico (CAMPBELL y LEHR, 1973, pág. 404). De los dos procedimientos usuales, con circulación directa e inversa, el segundo parece ser claramente el más adecuado para la construcción de pozos de agua en terrenos del tipo del Terciario detrítico de Madrid. De hecho, el método de circulación inversa parece ser el más utilizado actualmente en esta zona, como puede verse en la figura 4.

Las velocidades de perforación medias por este último procedimiento, según comunicación personal del señor Braña de Vegarada, S. A., para diámetros de 17 1/2 pulgadas es de 35 a 40 m/día. Asimismo, el señor Santiago de Agua y Suelo, S. A., para una máquina Wirth L 3T y diámetros de 750 a 600 mm. consiguen también una media de 40 m/día, si bien son frecuentes los avances de 90 m/día en los primeros 200 metros. El alto coeficiente de perforación de este procedimiento, según CAMPBELL y LEHR (1973), compensa económicamente con creces la necesidad de un personal especializado y un mantenimiento más costoso y un fuerte consumo de agua.

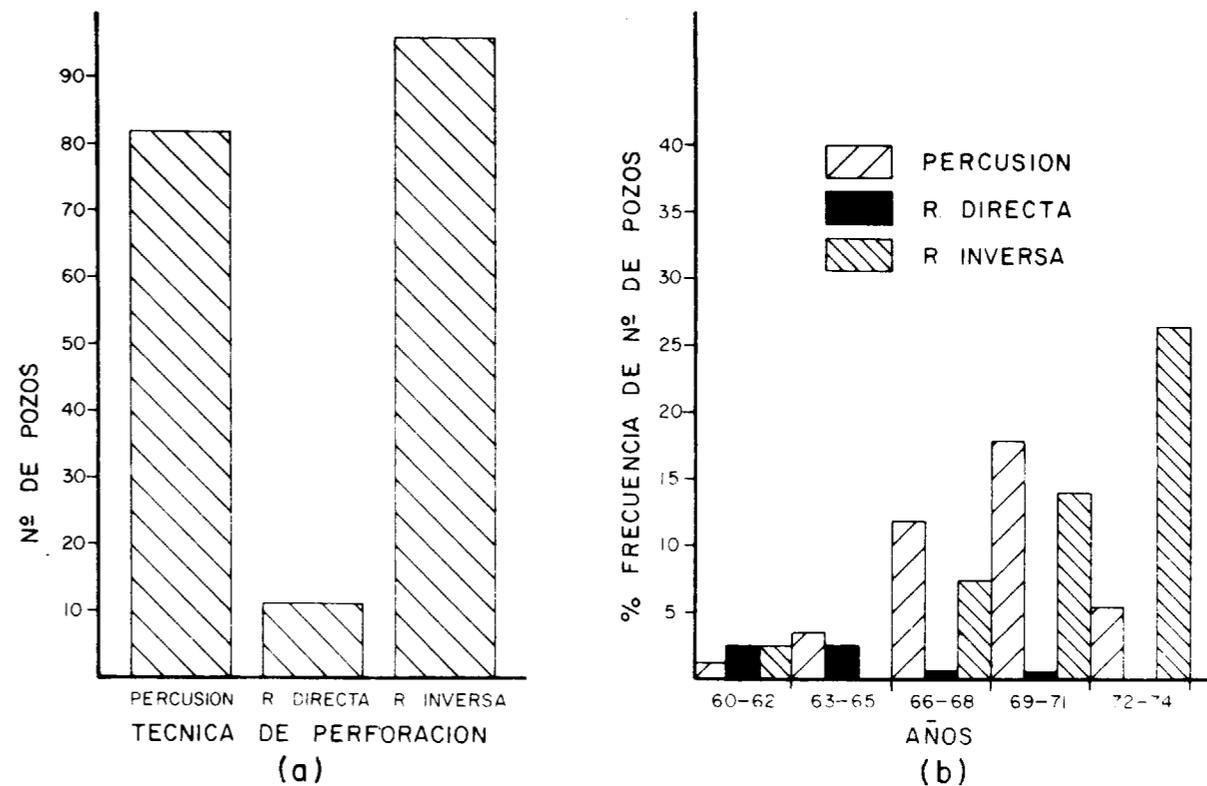


Figura 4

Técnica de perforación de pozos y evolución con el tiempo. a) y b)

Los *fluidos de perforación*, en el método rotatorio, juegan un papel importantísimo, pero la utilización de los mismos presenta también consecuencias secundarias contraproducentes, como puede ser la colmatación de poros por las partículas finas que arrastre, o bien costra, en el caso de la utilización de lodos, esto debido a la dificultad de su limpieza posterior, en formaciones tan poco permeables como la nuestra, puede provocar resultados indeseables.

En el caso —más frecuente en rotación inversa— de utilizarse agua como fluido de perforación, la agitación producida en el útil de perforación origina una suspensión de partículas, lo que da lugar a un lodo de baja densidad —dada el tamaño granulométrico de las partículas (fig. 1)—; esto produce un gran cantidad de agua libre y, por adsorción de éstas en las paredes del sondeo, un filtrado de colmatación que se puede comportar como una contra gruesa. Sin embargo, en el procedimiento de rotación inversa este problema se minimiza al evacuarse el agua con los detritos por el interior del varillaje, no poniéndose en contacto con las paredes del sondeo hasta

después de haber pasado por la balsa de decantación.

Como contrapartida de la utilización de agua, puede ser el descenso en la eficiencia de limpieza de la perforación al disminuirse la densidad del fluido, como pone de manifiesto CAMBEFORT (íbid) pág. 52.

Aparte de esto, la estabilización de las paredes del sondeo no queda íntegramente resuelta con la columna de agua —especialmente en los fondos de valle— siendo posiblemente el procedimiento idóneo para abordarlo la utilización de lodos controlados. Tema cuya influencia en las propiedades hidráulicas en las proximidades del pozo, posible contaminación de los acuíferos por los detritos (sobre todo las arcillas de la formación como la caolinita o la sepiolita), etc., es poco conocida.

Las restantes operaciones para la terminación de pozos, entubado, filtros y empaque de grava, desarrollo, etc., son operaciones perfectamente establecidas y tipificadas en los manuales de construcción de pozos de agua, para terrenos detríticos, si bien

trataremos de nuevo este tema al pasar revista a los datos de los pozos.

De acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas del apartado primero y de esta breve síntesis de métodos de perforación, parece que el pozo "ideal" debería ser "el perforado a rotación in-

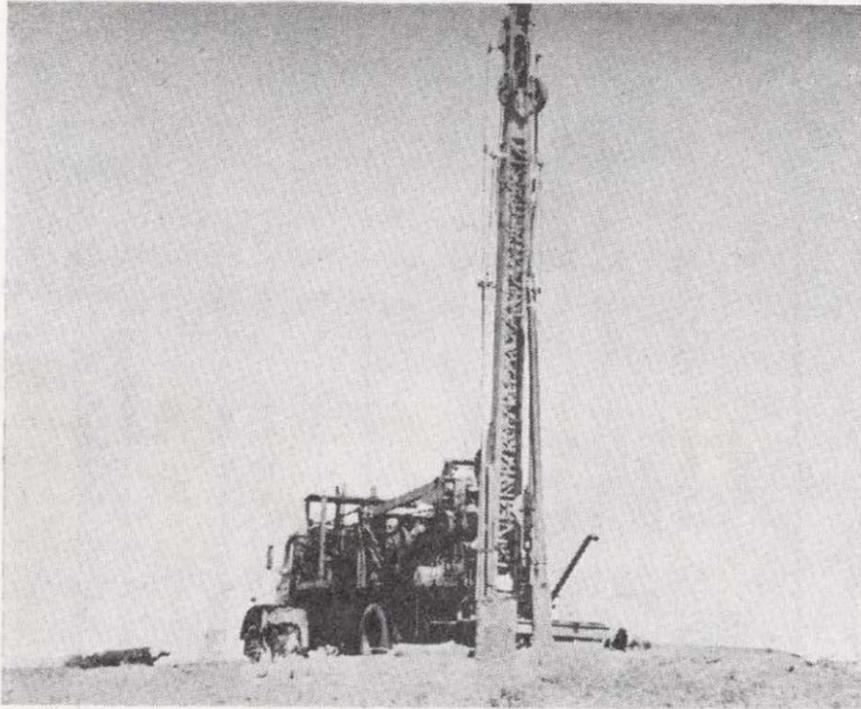


Figura 5

Perforación de pozos en el Terciario detrítico por el procedimiento de percusión

versa", con agua limpia como fluido de perforación, empaque de grava y filtros bien dimensionados, y un enérgico desarrollo mediante aire comprimido, obteniéndose, en el caso de ubicación más favorable, caudales específicos de 3 l/s/m.

Una mención especial merece el tema de la conservación de captaciones en el Terciario detrítico de Madrid. Al revisar datos históricos, es fácil observar cómo, en muchos casos, los caudales específicos descienden paulatinamente. Esto puede atribuirse a descensos del nivel piezométrico localmente. El Sr. Santiago, de Agua y Suelo, S. A., en alteración de las condiciones hidráulicas en las proximidades de la captación por la cesión irreversible del agua almacenada en el acuícludo (efecto "squeeze").

No obstante, hay casos de pozos en que no se puede recurrir a esta explicación o sólo parcialmente. El Sr. Santiago, de Agua y Suelo, S. A., en una comunicación personal nos hacía referencia de un pozo construido por su empresa junto al río Guadarrama, que, una vez terminado, se aforó y cerró, dejándose en reserva. Dos años después, al

ponerse en explotación, se obtuvo sólo la mitad del caudal aforado con el mismo descenso, sin haberse observado descensos del nivel piezométrico natural.

Evidentemente, un descenso tan importante en la eficiencia del pozo hace pensar como posible causa, bien la colmatación del empaque de grava y rejillas por los limos arrastrados por el flujo natural o bien una pérdida de eficiencia por corrosión o incrustación de las rejillas. La existencia de estos fenómenos no se han detectado por ahora



Figura 6

Preparando los filtros de doble puentecillo con grava graduada. Para compactarla se utiliza un mazo de madera

en los pozos construidos en el Terciario detrítico, debido, quizás, a ser un acuífero con una historia de explotación muy corta y mal conocido. Un primer paso de control de corrosión es la elección de los materiales, de acuerdo con las normas para la previsión de corrosión anódica; pero indepen-

trataremos de nuevo este tema al pasar revista a los datos de los pozos.

De acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas del apartado primero y de esta breve síntesis de métodos de perforación, parece que el pozo "ideal" debería ser "el perforado a rotación in-

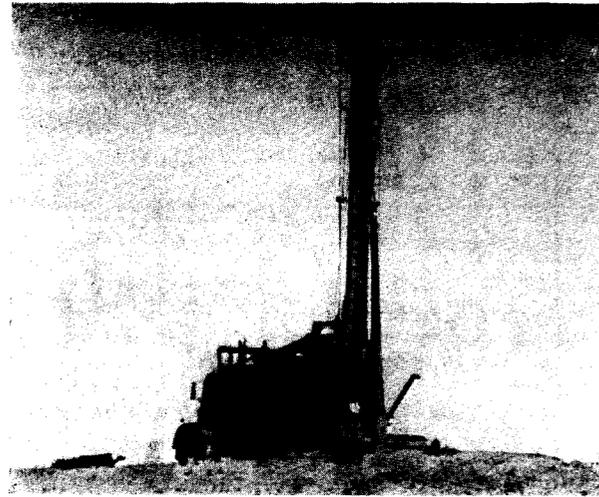


Figura 5

Perforación de pozos en el Terciario detrítico por el procedimiento de percusión

versa", con agua limpia como fluido de perforación, empaque de grava y filtros bien dimensionados, y un enérgico desarrollo mediante aire comprimido, obteniéndose, en el caso de ubicación más favorable, caudales específicos de 3 l/s/m.

Una mención especial merece el tema de la conservación de captaciones en el Terciario detrítico de Madrid. Al revisar datos históricos, es fácil observar cómo, en muchos casos, los caudales específicos descienden paulatinamente. Esto puede atribuirse a descensos del nivel piezométrico localmente. El Sr. Santiago, de Agua y Suelo, S. A., en alteración de las condiciones hidráulicas en las proximidades de la captación por la cesión irreversible del agua almacenada en el acuícludo (efecto "squeeze").

No obstante, hay casos de pozos en que no se puede recurrir a esta explicación o sólo parcialmente. El Sr. Santiago, de Agua y Suelo, S. A., en una comunicación personal nos hacía referencia de un pozo construido por su empresa junto al río Guadarrama, que, una vez terminado, se aforó y cerró, dejándose en reserva. Dos años después, al

ponerse en explotación, se obtuvo sólo la mitad del caudal aforado con el mismo descenso, sin haberse observado descensos del nivel piezométrico natural.

Evidentemente, un descenso tan importante en la eficiencia del pozo hace pensar como posible causa, bien la colmatación del empaque de grava y rejillas por los limos arrastrados por el flujo natural o bien una pérdida de eficiencia por corrosión o incrustación de las rejillas. La existencia de estos fenómenos no se han detectado por ahora

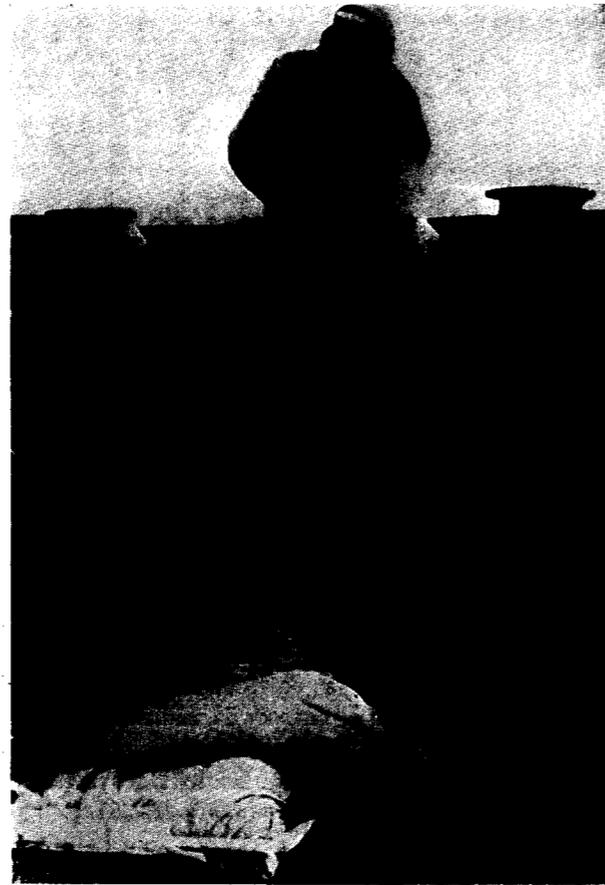


Figura 6

Preparando los filtros de doble puentecillo con grava graduada. Para compactarla se utiliza un mazo de madera

en los pozos construidos en el Terciario detrítico, debido, quizás, a ser un acuífero con una historia de explotación muy corta y mal conocido. Un primer paso de control de corrosión es la elección de los materiales, de acuerdo con las normas para la previsión de corrosión anódica; pero indepen-

dientemente de esto, es necesario un estudio detallado sobre la existencia o no de estos fenómenos.

De la calidad química del agua de los acuíferos del Terciario detrítico se deduce que son improbables las incrustaciones por carbonatos, excepto en el caso de atravesarse alguna digitación de la Formación Peñuela; sin embargo, el bajo pH y la insaturación en hierro es una posible causa de corrosión. Para el estudio de estas eventualidades existen modelos hidroquímicos como el preparado por BARNES and CLARKE (1969).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PREVIO DE LOS DATOS DISPONIBLES

Los datos de partida —189 pozos— proceden del inventario de puntos de agua de la Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

El objeto de este análisis estadístico es estudiar la incidencia que tienen las diversas operaciones de perforación y acabado de pozos sobre su rendimiento. No puede olvidarse, sin embargo, que este método puede ser excesivamente simplista. En efecto, además de la dificultad que entraña el manejo de datos tan heterogéneos por su origen como los aquí tratados, basta recordar que sólo la perforación del pozo, de acuerdo con CAMPBELL y LEHR (1973), depende de más de cuarenta variables, la mayoría de ellas no numéricas. Los datos que nosotros hemos utilizado son 189, de los cuales figura, en la Tabla II, una muestra aleatoria de 38.

La variable aleatoria elegida es el caudal específico (Q E), expresada en l/s/m., y el tiempo de bombeo utilizado para evaluarlo como un método de estimar la fiabilidad del dato.

Las variables cualitativas elegidas son todas atributos de las captaciones, y se piensa que controlan en mayor o menor proporción el caudal específico; concretamente se han elegido:

- Método de perforación del pozo. Estos suelen ser a percusión, rotación directa y rotación inversa.
- Fluido de perforación, agua o lodo.
- Tipo de filtro, rajado, puentecillo, doble puentecillo, alambre enrollado.
- Empaque de grava. Puede estar ausente o ser un empaque simple o doble.

— Tipo de desarrollo, bombeo, aire, polifosfatos, o desconocerse.

— Índice geológico, situación referida a la figura 2, zona A, B, C y D. En líneas generales de acuerdo con la proximidad a la Sierra de Guadarrama.

En nuestro análisis, hemos partido de la hipótesis de que no se pueden comparar pozos situados en distintas zonas geológicas de la región estudiada, por lo que el intento de correlación lo haremos entre los pozos comprendidos dentro de cada una de las zonas distinguidas (fig. 2). Tabla III.

Los pozos de la zona A, más próxima a la sierra, tienen un caudal específico medio de 0,071 l/s/m., con una desviación típica de 0,139, siendo el número de pozos 18, de los cuales 8 se perforaron a percusión y 10 a rotación inversa; en 13 de ellos se utilizó agua como fluido y lodos en 5. En cuanto a los filtros, 3 tienen tubería rajada, 11 de puentecillo y 4 de doble puentecillo. El desarrollo de 5 de ellos fue por bombeo, 10 por aire y 3 por polifosfatos.

Utilizando el coeficiente de contingencia (LÓPEZ VERA y LLAMAS, 1976).

$$C = \sqrt{\frac{x^2}{x^2 + N}}$$

se obtiene que con un nivel de significación del 0,05 no existe relación entre las variables estudiadas y el caudal específico.

Este coeficiente está obtenido a partir de tablas de contingencia de entradas 5x3 (para las variables que presentan dos atributos), en la que se toma el caudal específico en cinco intervalos. Siendo

$$x^2 = \sum_i \left[\sum_j \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \right]$$

O_{ij} = frecuencias observadas

y la E_{ij} = frecuencias esperadas (SPIEGEL, M., 1969, pág. 202). Los grados de libertad de X^2 viene dada por $(h-1)(K-1)$, siendo h filas y K columnas. La hipótesis de no relación implica que los números esperados están en la proporción de (3, 3, 3) o (2,2).

En la zona B (fig. 2) se han estudiado 17 pozos. El caudal específico medio es de 0,149 y la desviación típica 0,06; las variables cualitativas se distribuyen de la siguiente forma:

TABLA II

Muestra aleatoria de 38 datos de los 189 utilizados

Identificación	Caudal específico l/s/m	Tiempo T (h)	Método Perfor.	Fluido de perfor.	Filtro	Empaque	Desarrollo	Indice Geológico
509-8-26	0,01	24	P	A	Pu	SP	Ps	A
509-8-39	0,01	24	P	A	Pu	SP	B	A
510-5-20	0,01	24	P	A	Pu	SP	Ar	A
533-7-2	0,01	72	RI	I	DP	DE	Ar	A
534-3-1	0,06	72	RI	L	DP	DE	Ar	A
558-3-5	0,20	2	P	A	R	S	B	A
510-6-9	0,20	4	RI	A	DP	DE	Ar	B
534-4-45	0,02	24	Rd	A	P	S	B	B
534-4-46	0,25	24	Rd	L	P	SP	B	B
534-4-54	0,12	72	RI	L	DP	DE	Ar	B
534-4-86	0,10	24	RI	A	Pu	SP	Ps	B
558-3-4	0,12	--	RI	L	Pu	SP	B	B
558-6-22	0,29	24	P	A	Pu	S	B	B
558-8-23	0,27	24	RI	A	Pu	SP	Ar	C
559-1-1	0,43	8	P	A	Pu	SP	B	C
559-1-13	0,34	10	RI	A	Pu	SP	Ar	C
559-2-1	0,80	72	P	A	Pu	SP	Ar	C
559-3-4	0,60	72	P	A	Pu	SP	B	C
559-5-2	0,44	72	RI	L	DP	DE	Ar	C
559-5-5	1,46	72	RI	A	DP	DE	Ar	C
559-5-9	2,40	72	RI	L	DP	DE	Ar	C
581-3-26	0,66	24	RI	A	Pu	SP	Ar	C
581-4-128	0,95	24	RI	A	Pu	SP	Ar	C
581-4-130	1,10	24	RI	A	Pu	SP	Ar	C
581-4-134	1,66	56	RI	A	Pu	SP	Ar	C
534-3-2	0,86	72	RI	A	DP	DE	Ar	C
534-6-2	1,90	72	RI	L	DP	DE	Ar	C
534-7-3	0,14	24	P	A	Pu	SP	B	C
534-7-10	0,47	72	RI	A	Pu	SP	Ar	C
534-8-37	0,37	24	P	A	Pu	SP	B	D
535-1-24	0,24	24	P	A	Pu	SP	B	D
535-1-50	0,37	24	RI	A	Pu	SP	B	D
535-6-3	0,15	72	P	A	Pu	SP	B	D
559-4-40	0,27	72	RI	A	Pu	SP	Ar	D
560-2-70	0,11	24	RI	A	Pu	SP	B	D
581-3-90	0,20	24	P	A	Pu	SP	B	D

Clave.

Identificación:
435-8-37

534=número toja mapa topográfico 1/50.000.
8=número de octante.
37=número de orden en el octante.

P=Perforado a percusión.
Rd=Perforado a rotación directa.
RI=Perforado a rotación inversa.
A=Fluido de perforación agua.

L=Fluido de perforación lodo.
R=Filtro rajado.
Pu=Filtro puentecillo.
DP=Filtro doble puentecillo.
SP=Empaque simple.
DE=Doble empaque.
S=Sin empaque.
B=Desarrollo por bombeo.
Ar=Desarrollo por aire.
Ps=Desarrollo por polifosfatos.
Indice geológico A, B, C y D, referencia a las zonas de la figura 2.

TABLA III

Resumen de datos utilizados

Características	Estadíst. de datos			Téc. de perforación			Fluido			Filtro				Empaque				Desarrollo					
	Zona	N.º	q̄	γ	P	Rd	R	A	L	N	R	Pu	DP	N	S	D	SE	N	B	Ar	Pl	N	
A	18	0,071	0,139	8	0	10	13	5	0	3	11	4	0	6	4	5	3	5	10	1	0		
B	17	0,149	0,060	5	3	9	6	11	0	2	7	7	1	6	7	1	3	4	10	3	0		
C	116	0,730	0,700	42	7	67	74	42	0	20	68	28	0	69	28	3	16	4	61	3(?)	0		
D	37	0,330	0,370	22	0	15	37	0	0	5	27	0	5	30	0	0	7	29	5	3	0		

N.º=Número de pozos.
g=Caudal específico medio l/s./m.
γ=Desviación típica del caudal.
P=Perforado a percusión.
Dd=Perforado a rotación directa.
RI=Perforado a rotación inversa.
A=Fluido de perforación agua.
L=Fluido perforación lodo.
N=Fluido de perforación desconocido.

R=Tubería rajada.
Pu=Filtro de puentecillo.
DP=Filtro de doble puentecillo.
S=Empaque simple.
D=Empaque doble.
SE=Sin empaque.
B=Sobre bombeo.
Ar=Aire.
Pl=Polifosfatos.

- Método de perforación: 5 pozos a percusión, 3 a rotación directa y 9 a rotación inversa.
- Fluido de perforación: en 6 pozos se utilizó agua y en 11 lodos.
- Los filtros: 2 son tubería rajada, 7 con puentecillo y 7 con doble puentecillo, desconociendo el tipo de filtro en uno.
- El empaque: 1 no tiene, 6 tienen empaque simple y 7 doble empaque, desconociéndose si lo tienen o no 3 pozos.
- El desarrollo: en 4 pozos fue por sobrebombeo, 10 por aire y 3 por polifosfatos, siendo este último dato dudoso.

- El fluido de perforación: en 74 fue agua y en 42 lodos.
- El filtro: en 20 es tubería rajada, en 68 de puentecillo y en 28 de doble puentecillo.
- El empaque: 3 pozos carecen de empaque, en 69 es simple y en 28 doble, desconociéndose en 16 el tipo de empaque que tienen o la existencia del mismo.
- El desarrollo: en 54 pozos fue por bombeo, en 61 por aire y en 1 por polifosfatos.

El caudal específico medio es de 0,73 l/s./m. y la desviación típica es de 0,70, no existiendo tampoco correlación estadística entre variable aleatoria y las cualitativas.

Por último, en la zona D o más distante a la sierra, de los 37 pozos estudiados con un caudal específico medio de 0,33 l/s./m/ y una desviación típica de 0,37, se distribuyen de la siguiente forma:

- Técnica de perforación: 22 pozos a percusión y 15 a rotación inversa.
- Fluido de perforación: todos con agua.

Los coeficientes de correlación entre la variable aleatoria y las variables cualitativas es de 0,02, aproximadamente, por lo que estadísticamente se estima no existe correlación.

La zona C o central (fig. 2), con un total de 116 pozos, de los cuales 42 son a percusión, 7 a rotación directa y 67 a rotación inversa, presenta la siguiente distribución de variables cualitativas:

- Tipo de filtro: 5 con tubería rajada, 27 con puente sencillo y ninguno con doble puente-cillo, desconociéndose el tipo de filtro en 5.
- El empaque: 30 pozos tienen empaque simple y en 7 se desconoce el tipo de empaque o si lo tienen.
- El desarrollo: en 29 se realizó mediante bombeo, en 5 por aire y en 3 por polifosfatos.

Tampoco en esta zona se observa correlación entre la variable elatoria y las cualitativas.

DISCUSION

La existencia de una zonalidad en el rendimiento de las captaciones —expresada por su caudal específico— en el sistema acuífero del Terciario detrítico fue propuesta por LLAMAS y LÓPEZ VERA (1974). Posteriormente, LÓPEZ VERA (1975) estableció la relación entre esta zonalidad y el modelo del medio sedimentario de estos depósitos. La existencia de esta zonalidad fue verificada por métodos estadísticos por LÓPEZ-CAMACHO, B. (1975) y por REBOLLO y VILLARROYA (1976) en la cuenca del río Guadarrama. Por lo que aquí hemos visto parece ser que este factor es el que presenta mayor incidencia en el rendimiento de las captaciones (tabla III).

Teniendo en cuenta las características del acuífero, la incertidumbre ante el fracaso de la captación es muy reducida. Un pozo con suficiente profundidad, que penetre en la zona saturada siempre tiene probabilidad de cortar uno o varios acuíferos (canales rellenos de arena y grava). Los únicos pozos "negativos" que conocemos lo son por estar fuera del acuífero en el borde impermeable que constituyen las formaciones inferiores de la Facies de Transición o bien por colapsamiento o colmatación debido a un cierre insuficiente de la tubería de revestimiento o de los filtros.

No obstante, dentro de las zonas que hemos distinguido en la figura 2, se observa una gran dispersión en el valor de los caudales específicos, como indica el alto valor de su desviación típica (tabla III). Es, pues, lógico el achacar esta gran variabilidad no sólo a las características geológicas, sino también, a la tecnología utilizada en la construcción de los pozos. Así, LÓPEZ-CAMACHO (1975), analiza el método de construcción, tomando datos de caudales específicos de pozos perforados a rotación inversa y a percusión. Concluyendo que los caudales específicos del primer procedimiento son

ligeramente mayores que los obtenidos por el segundo. Respecto al tipo de rejilla utilizada, encuentra también pocas diferencias, entre puentecillo o tubería rajada (no se conocen datos de pozos equipados con filtro de alambre enrollado). En cuanto al empaque de grava tampoco encuentra diferencias significativas, si bien parece ser que los pozos con doble empaque (todos perforados a rotación inversa) presentan caudales específicos mayores (pág. 118). REBOLLO y VILLARROYA (1976) en la cuenca del río Guadarrama, observan que los mejores caudales específicos se obtienen con pozos construidos por circulación inversa, lodos de bentonita y doble empaque de grava. Sin embargo, VILLARROYA y REBOLLO (1976) en la cuenca del río Henares, no encuentran ningún tipo de correlación entre el caudal específico de los pozos y sus características tecnológicas.

En el análisis teórico de los distintos métodos de perforación que hemos visto aquí, parecía deducirse que el pozo "ideal" debería ser el perforado a rotación inversa, con agua, empaque de grava, un filtro bien dimensionado y desarrollado por aire. Sin embargo, en el análisis estadístico no se ha podido establecer ningún tipo de correlación entre las variables cualitativas consideradas y el caudal específico. Hay que tener en cuenta, no obstante, la excesiva simplificación de las variables tecnológicas, reducidas a cinco, mientras que, como ya se ha dicho, según CAMPBELL and LEHR (1973) sólo la perforación depende de más de cuarenta variables. Por otra parte existe la dificultad de un análisis multivariante entre variables cualitativas (atributos de la captación) y la variable alteatoria (numérica).

La incidencia favorable que encuentran LÓPEZ-CAMACHO, B. (1975) y REBOLLO, L. y VILLARROYA, F. (1976) de los pozos perforados a rotación inversa y con doble filtro quizá no sea suficientemente significativa al tratarse de un muestreo insesgado.

No obstante, de las características litológicas e hidrogeológicas aquí expuestas, el procedimiento de rotación por circulación inversa, debe ser el más eficiente, en cuanto a conseguir una mayor penetración en la zona saturada, con mayores diámetros, que faciliten las maniobras posteriores, y por producir una menor perturbación en el acuífero. Quizá la ventaja de este procedimiento resida en los condicionamientos económicos al permitir un alto coeficiente de perforación (penetración/tiempo). Sin embargo, en las zonas próximas a la sierra —zona A— debido a la presencia de bloques de gneis y

granito, este procedimiento es inviable, presentan mayores ventajas el de percusión.

En los métodos rotatorios, la utilización del fluido de perforación adecuado, aún a nivel teórico, es un tema aún no resuelto por las ventajas y desventajas que presentan simultáneamente la utilización de lodos controlados o agua limpia, aunque esta última es la de mayor uso en la práctica. Tampoco se conoce la influencia que pueda tener la "contaminación" del fluido de perforación por ciertos minerales arcillosos como la sepiolita.

Con vistas a la conservación de las captaciones, se desconocen si existen problemas de corrosión o incrustación en las rejillas. De las características químicas del agua de la Facies detrítica parece que existen pocas posibilidades de corrosión o incrustación aunque una estimación teórica en este sentido es muy difícil de determinar. En los pozos que perforan digitaciones o lenguas de materiales de la Formación Peñuela (Facies de Transición) presentan mayores posibilidades de sufrir incrustaciones carbonatadas. No obstante, es un hecho observado que, algunos pozos disminuyen rápidamente su "eficiencia" sin poderse afirmar las causas. Por lo que se plantea un problema de conservación y estimulación de pozos aún no resuelto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, dentro del convenio de cooperación suscrito por dicha Empresa y por el C.S.I.C.

Deseamos también agradecer al licenciado en Ciencias Exactas, Carlos Lunar la ayuda que nos ha prestado en la elaboración de los datos de estadística.

BIBLIOGRAFIA

BARNES, I. and CLARKE, E.: *Chemical properties of Ground Water and Their Corrosion and Encrustation effects on wells*. Geological Survey Professional paper. 498-D. (1969).

CAMPBELL, M. D. and LEHR, J. H.: *Water well Technology*. Ed. McGraw-Hill Book Company. New York, página 681 (1973).

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R.: *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona (1976).

GIBSON, U. P. and SINGER, R. D.: *Manual de los pozos pequeños*. Ed. Limusa. México, pág. 181 (1974).

JOHNSON, Div. U.O.P.: *Ground Water and wells*. Published by Johnson División, Universal Oil Products. Co. Saint Paul, Minnesota. 55165, pág. 440 (1972).

LÓPEZ-CAMACHO y CAMACHO, B.: *Utilización de métodos estadísticos en la planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos subterráneos*. Tesis doctoral E. T. S. I. C. C. y P., octubre (1975).

LÓPEZ VERA, F.: *Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid*. Tesis doctoral. Fac. Ciencias Geológicas (1975). Public. Memorias del IGME, núm. 91 (1977).

LÓPEZ VERA, F. y LLAMAS, M. R.: *Tecnología de construcción de pozos de agua en el Terciario detrítico de Madrid*. Simposio Nacional sobre Rocas Blandas. Madrid, noviembre 1976, segundo tomo (1976).

LLAMAS, M. R. y LÓPEZ VERA, C. F.: *Estudio sobre los recursos hidráulicos subterráneos del área metropolitana de Madrid y su zona de influencia: avance de las características hidrogeológicas del Terciario detrítico de la Cuenca del Jarama*. Rev. Agua, mayo (1975).

PETTIJOHN, F. J.: *Rocas sedimentarias*. Ed. E. U. D. B. A. Buenos Aires, pág. 731 (1970).

REBOLLO, L. y VILLARROYA, F.: *Capacidades específicas del Terciario detrítico de la cuenca del río Guadarrama*. Simposio Nacional de Hidrogeología. Valencia, 1976. Public. Grupo de Trabajo de Hidrogeología, tomo II (1976).

SPIEGEL, M. R.: *Estadística*. Ed. McGraw-Hill, México (1969).

VILLARROYA, F. y REBOLLO, L.: *Contribución al conocimiento hidrogeológico del Mioceno detrítico de la cuenca del río Henares*. Simposio Nacional de Hidrogeología. Valencia, 1976. Public. Grupo de Trabajo de Hidrogeología, tomo I (1976).

Recibido: Diciembre 1976.

Nota sobre la mineralogía de los granates de la Sierra de Capelada (La Coruña)

Por M. A. CABALLERO (*) y A. LA IGLESIA (**)

RESUMEN

Se estudian los granates de la Sierra de Capelada (La Coruña) mediante análisis químico, difracción de rayos X, espectroscopia de infrarrojo y microscopia. Los resultados obtenidos demuestran que los granates poseen la siguiente composición mineralógica: 43 almandino-33 piro-po-16 grosularia-andradita. Se discute la composición obtenida por los distintos métodos.

ABSTRACT

Garnets from Sierra de Capelada (La Coruña) has been characterized by means of the X ray diffraction, infrared spectroscopy, optical microscopy and chemical analysis. The mineralogical composition obtained from experimental results correspond for these garnets to: 43 Alm-33 Pyr-16 Grs-8 And. The data obtained from the different methods are been compared.

INTRODUCCION

En la región de Cabo Ortegal (La Coruña) existen numerosos afloramientos de rocas catazonales, entre las que abundan las de facies granulítica. El mayor afloramiento de este tipo de rocas se encuentra situado en la Sierra de Capelada, posee forma de cuña con una longitud máxima de unos 12 kilómetros y su eje tiene dirección N 9° E. Este tipo de roca junto a las anfibolitas foliadas, a las que suelen ir asociadas, constituyen el denominado conjunto de la Capelada (VOGEL, 1966), en la figura 1 se expone un esquema geológico del afloramiento.

En estas rocas el granate es el mineral más abundante entre todos los existentes. En el presente trabajo se realiza un estudio cristalográfico y mineralógico mediante análisis químico, fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, espectroscopia de infrarrojo y microscopia óptica con objeto de determinar sus diferentes constantes físicas.

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

(**) Sección de Génesis y Síntesis Mineral. Instituto Lucas Mallada, del C. S. I. C. Madrid.

MATERIAL Y METODOS EXPERIMENTALES

Las rocas en las que se encuentran los granates objeto de nuestro estudio son rocas granudas y compactas, de típica facies granulítica, con un bandeo muy marcado constituido por una alternancia de lechos leucocratos y melanocratos. Los granates se concentran en los lechos leucocratos dándonos un característico color rosáceo.

Mineralógicamente la roca está constituida por granate, plagioclasa y clinopiroxeno. La acción de un retrometamorfismo ha determinado que el clinopiroxeno se haya transformado en hornblenda e incluso en aquellas zonas donde el retrometamorfismo ha sido más intenso el granate es sustituido por el anfíbol.

Preparación de las muestras.—Las rocas en las que estaban contenidos los granates se trituraron y molieron hasta reducir toda la fracción elegida a un tamaño menor de 0,5 mm.

La separación de los granates se realizó primero usando líquidos densos, bromoformo e yoduro de metileno sucesivamente. La fracción así enriqueci-

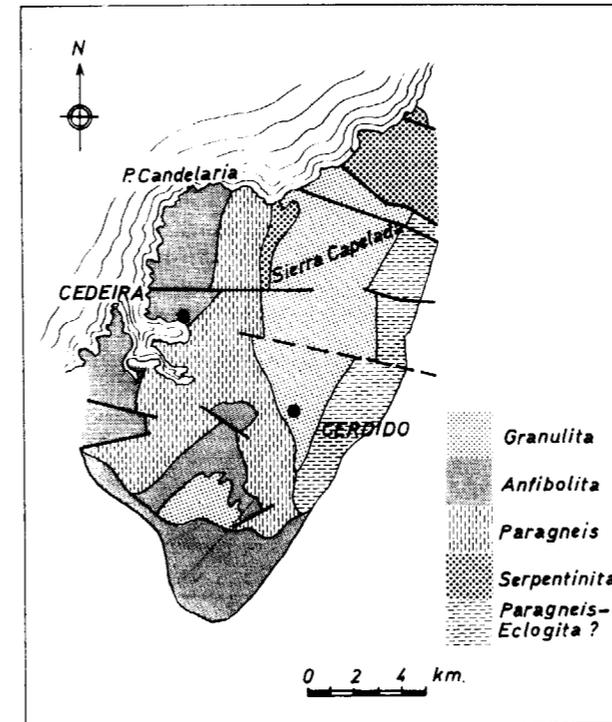


Figura 1

Esquema geológico de la zona de afloramiento de los granates estudiados.

da fue purificada haciéndola pasar por un separador isodinámico y por último se realizó una revisión con lupa binocular para comprobar la perfecta separación de los granates.

Determinación del índice de refracción.—El índice de refracción fue determinado por comparación frente a líquidos standard de la casa Cargille. Se evitaron errores sistemáticos debidos a posibles variaciones de la temperatura, determinando el índice mediante un refractómetro Zeiss, operando con luz monocromática de 589 mμ.

Determinación de la densidad.—Se determinó en picnómetro. El tamaño de grano empleado fue de 0,5 mm. y se mantuvo el picnómetro con la muestra durante sesenta minutos en vacío, con objeto de extraer el aire adherido a las partículas sólidas.

Estudio óptico.—Se realizó en lámina delgada, utilizando un microscopio Zeiss con cámara fotográfica incorporada.

Análisis químico.—Previamente a la realización del análisis químico cuantitativo se ha realizado un

análisis cualitativo por fluorescencia de rayo X, con objeto de obtener una información previa sobre los elementos presentes. El espectrómetro usado ha sido modelo PW-1410, de la casa Philips, usando radiación de W.

El análisis cuantitativo se realizó por fusión de la muestra con carbonato sódico y disolución posterior con agua y ácido clorhídrico en crisol de platino (JACKOB, 1944). La determinación de Si se realizó por gravimetría y las de Al, Fe³⁺, Ca, Mg y Ni por absorción atómica, la de Mn por colorimetría. En muestra aparte se determinó el Fe²⁺ por permanganimetría y el Na y K por fotometría de llama.

Espectroscopia de infrarrojo.—El análisis espectroscópico se ha realizado en un espectrofotómetro modelo IR-20A de la casa Beckman, usando como soporte bromuro potásico. El margen de exploración fue el comprendido entre 250 y 4.000 cm⁻¹.

Difracción de rayos X.—Para el estudio por difracción de rayos X se empleó un difractómetro Philips modelo PW-1130, usando radiación de Cu K_α.

La muestra se pulverizó en mortero de ágata y fue pasada posteriormente a través de un tamiz núm. 270 de la serie A. S. T. M.

Se realizó una primera exploración desde 2° a 90° a una velocidad de goniómetro de 2°/m., con objeto de estimar la posición de los picos. Posteriormente se realizó una exploración de la misma zona a una velocidad de 1/8 de grado por minuto. Una vez fijada con exactitud la posición de los picos se realizó un cálculo y un refinamiento, por mínimos cuadrados, del parámetro de la celdilla.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

Los resultados de las determinaciones del índice de refracción y densidad han sido:

$$n=1,79 \quad d=3,990 \text{ gr/cm}^3$$

Usando la gráfica dada por WINCHELL y WINCHELL (1967) en la que se expresan las composiciones de los diferentes granates en función de los valores de d y n , se puede sugerir que los granates estudiados poseen como fases mayoritarias piro-po y almandino.

La observación en lámina delgada, muestra que los granates se suelen presentar en granos redondea-

dos, de color rosado por transparencia, y con diferentes tamaños que oscilan entre 736 μ de diámetro medio para los mayores, 281 μ para los de tamaño medio y 160 μ para los más pequeños. Es frecuente encontrar formas idiomorfas que presentan caras (101) de rombododecaedro tal como se muestra en la figura 2. En los granos de mayor tamaño se observan fracturas en las que existe epidota como producto de alteración.

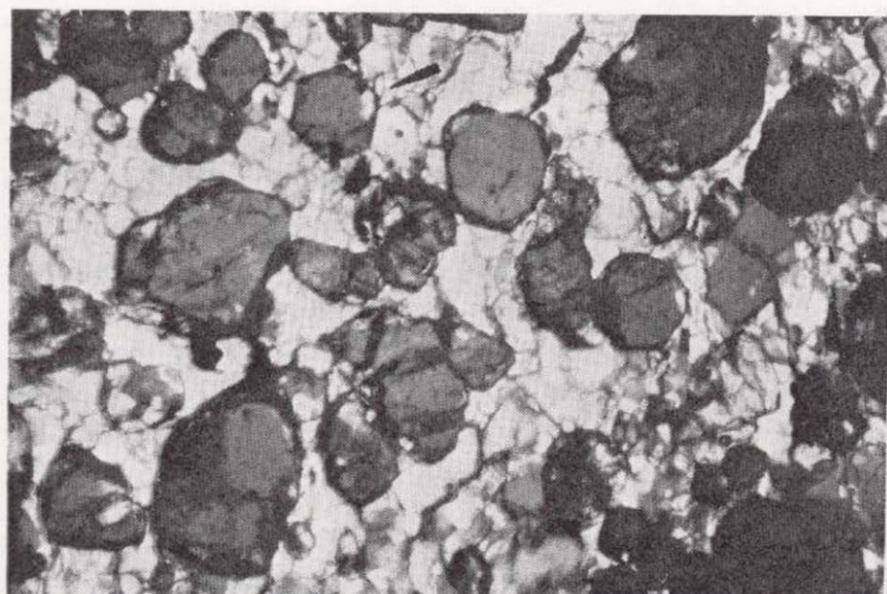


Figura 2

Cristales idiomorfos de granate ($\times 80$)

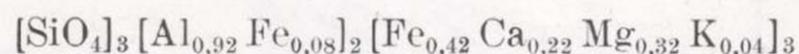
El estudio por fluorescencia de rayos X ha puesto de manifiesto la existencia de los elementos característicos de este tipo de silicatos y trazas de otros tales como: Zr, Y, U, Ni, Mn, Cr y Ti.

En la tabla I se exponen los resultados del análisis cuantitativo. A partir de ello se ha calculado

TABLA I
Análisis químico

SiO ₂	36,86
Al ₂ O ₃	23,16
FeO	19,23
Fe ₂ O ₃	2,96
CaO	7,64
MgO	8,23
K ₂ O	1,47
Na ₂ O	0,20
NiO	tr.
MnO	tr.

la siguiente fórmula mineralógica, sobre la base de 12 átomos de oxígeno.



A partir de los cationes Fe²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺ y Ca²⁺ se han calculado los siguientes porcentajes de las diversas fases presentes:

Almandino	43 %
Piropo	33 %
Grosularia	16 %
Andradita	8 %

En la tabla II, columna 1, se muestran las frecuencias de vibración en cm⁻¹ de la muestra estudiada en este trabajo, en las restantes columnas se exponen las frecuencias de vibración de diferentes términos extremos de las series isomorfas de los granates según MOENKE (1962). Como puede deducirse

TABLA II

Frecuencias de vibración en cm⁻¹ de diferentes granates

1	2	3	4	5	6	7
308	—	—	—	—	—	—
360	—	—	—	—	—	—
375	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	425
450	460	455	450	438	452	455
470	482	480	470	482	472	—
520	530	527	540	512	525	540
555	—	—	—	—	562	—
630	575	638	618	592	632	609
—	820	—	—	820	—	825
—	—	—	840	840	—	840
860	—	872	860	—	870	—
890	900	902	915	895	892	—
950	—	—	—	—	—	900
975	—	970	960	930	995	945
—	1.000	1.000	—	—	980	—
1.070	1.080	1.090	1.085	1.085	1.070	1.080

1.—Muestra estudiada en este trabajo; 2.—Piropo (Triplitz); 3.—Almandino (Bodo); 4.—Grosularia (Orivocza); 5.—Andradita (Ehrenfriedersdorf); 6.—Espesartita (Brooken Hill); 7.—Uvarovita (Tungatarowsk).

de la tabla citada, todos los espectros presentan una gran similitud en cuanto a la posición de las vibraciones, por lo que es difícil, basándose solamente en

dos, de color rosado por transparencia, y con diferentes tamaños que oscilan entre 736 μ de diámetro medio para los mayores, 281 μ para los de tamaño medio y 160 μ para los más pequeños. Es frecuente encontrar formas idiomorfas que presentan caras (101) de rombododecaedro tal como se muestra en la figura 2. En los granos de mayor tamaño se observan fracturas en las que existe epidota como producto de alteración.

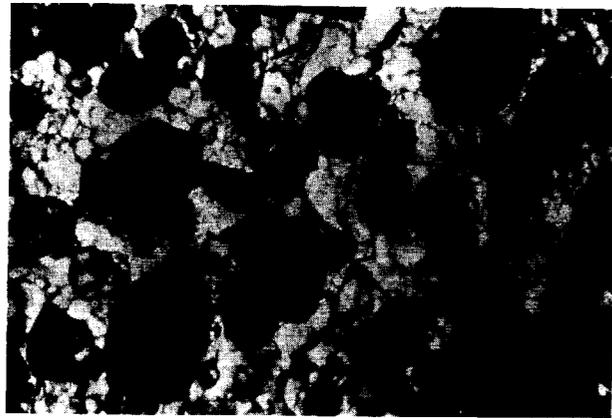


Figura 2

Cristales idiomorfos de granate ($\times 80$)

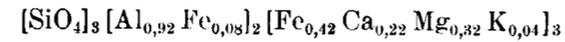
El estudio por fluorescencia de rayos X ha puesto de manifiesto la existencia de los elementos característicos de este tipo de silicatos y trazas de otros tales como: Zr, Y, U, Ni, Mn, Cr y Ti.

En la tabla I se exponen los resultados del análisis cuantitativo. A partir de ello se ha calculado

TABLA I
Análisis químico

SiO ₂	36,86
Al ₂ O ₃	23,16
FeO	19,23
Fe ₂ O ₃	2,96
CaO	7,64
MgO	8,23
K ₂ O	1,47
Na ₂ O	0,20
NiO	tr.
MnO	tr.

la siguiente fórmula mineralógica, sobre la base de 12 átomos de oxígeno.



A partir de los cationes Fe²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺ y Ca²⁺ se han calculado los siguientes porcentajes de las diversas fases presentes:

Almandino	43 %
Piropo	33 %
Grosularia	16 %
Andradita	8 %

En la tabla II, columna 1, se muestran las frecuencias de vibración en cm⁻¹ de la muestra estudiada en este trabajo, en las restantes columnas se exponen las frecuencias de vibración de diferentes términos extremos de las series isomorfas de los granates según MOENKE (1962). Como puede deducirse

TABLA II

Frecuencias de vibración en cm⁻¹ de diferentes granates

1	2	3	4	5	6	7
308	—	—	—	—	—	—
360	—	—	—	—	—	—
375	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	425
450	460	455	450	438	452	455
470	482	480	470	482	472	—
520	530	527	540	512	525	540
555	—	—	—	—	562	—
630	575	638	618	592	632	609
—	820	—	—	820	—	825
—	—	—	840	840	—	840
860	—	872	860	—	870	—
890	900	902	915	895	892	—
950	—	—	—	—	—	900
975	—	970	960	930	995	945
—	1.000	1.000	—	—	980	—
1.070	1.080	1.090	1.085	1.085	1.070	1.080

1.—Muestra estudiada en este trabajo; 2.—Piropo (Triplitz); 3.—Almandino (Bodo); 4.—Grosularia (Orivocza); 5.—Andradita (Ehrenfriedersdorf); 6.—Espesartita (Brooken Hill); 7.—Uvarovita (Tungatarowsk).

de la tabla citada, todos los espectros presentan una gran similitud en cuanto a la posición de las vibraciones, por lo que es difícil, basándose solamente en

los valores de las frecuencias, determinar el término de la serie. No obstante, el análisis de la forma de los espectros puede suministrar una mayor información. En la figura 3 se exponen los espectros de las muestras que aparecen en la tabla II. Se puede deducir fácilmente, pese a que las escalas son diferentes, que la muestra objeto de nuestro estudio presenta gran analogía con los espectros 2 y 3 correspondientes a piropo y almandino, podemos estimar que el espectro estudiado se encuentra entre ambos, ya que, por ejemplo, la vibración a 527 cm⁻¹ de la figura 3-3 queda reducida en la 3-1 y en la 3-2 en un hombro. Más claramente puede observarse en la vibración a 638 cm⁻¹ en el espec-

tro 3-3, que queda reducida a un hombro en 3-1 (630 cm⁻¹) y ha desaparecido en 3-2. Similar comportamiento presenta la vibración que se produce en torno a los 1.070 cm⁻¹ en las tres muestras comentadas.

Lo anteriormente expuesto confirma que el granate estudiado por nosotros posee como fases mayoritarias almandino y piropo.

En la tabla III se muestran los espaciados obtenidos por difracción de rayos X, junto a las intensidades relativas observadas para las diferentes reflexiones. A partir de estos datos y por un refinamiento por mínimos cuadrados se ha calculado un valor para el parámetro a_0 de 11.600 \pm 0,001 Å.

TABLA III

Espaciados e intensidades relativas de la muestra estudiada

<i>d</i>	<i>I_r</i>	<i>hkl</i>
4.101	5	220
2.902	70	400
2.596	100	420
2.477	5	332
2.368	45	422
2.276	30	510
2.119	30	521
2.050	5	440
1.884	30	611
1.676	25	444
1.609	25	640
1.549	50	642
1.451	5	800
1.298	5	840
1.265	25	842
1.237	5	664
1.078	30	1.040
1.060	25	1.042

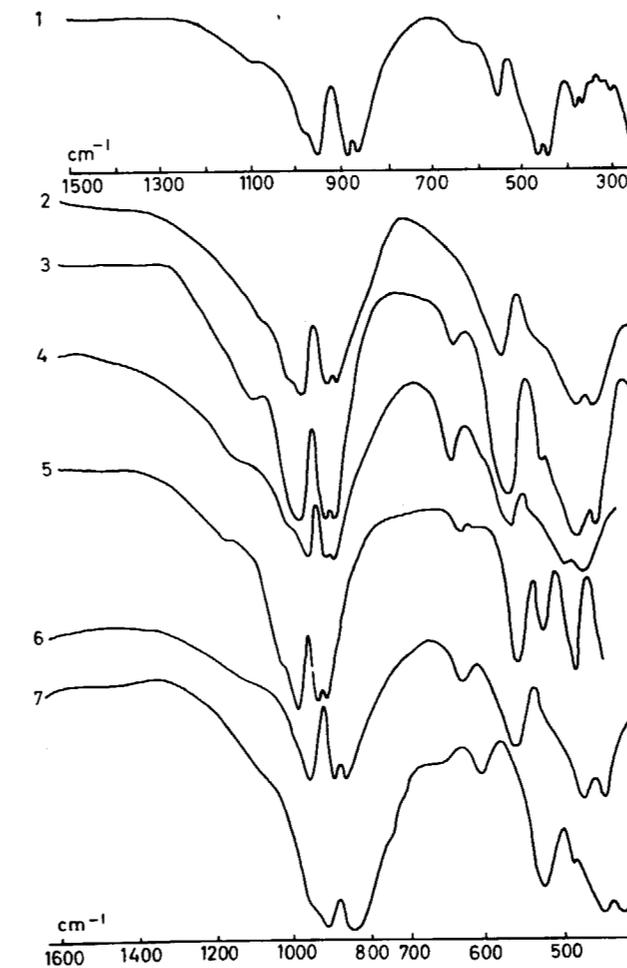


Figura 3

Espectros de absorción en el infrarrojo del granate estudiado (1) y de piropo (2); almandino (3); grosularia (4); andradita (5); espesartita (6); uvarovita (7), según tabla II.

Aplicando los valores de las medidas físicas obtenidas por nosotros a los diagramas de WINCHELL (1958) y SRIRAMANDAS (1957), se obtienen diferentes composiciones para el granate estudiado que se resumen en la tabla IV. Siendo los diagramas de Sriramandas triangulares, para calcular una composición de cuatro términos se han usado dos diagramas ajustando el resultado de acuerdo con el valor de la densidad teórica de cada miembro.

TABLA IV

Composición deducida para el Granate de Capelada por diferentes métodos

Fases	Deducidas del análisis químico	Deducidas aplicando los gráficos de Winchell	Deducidas aplicando los gráficos de Sriramandas
Almandino ...	43	46	56
Piropo ...	33	33	17
Grosularia ...	16	8	22
Andradita ...	8	12	5

Como puede observarse la concordancia entre los porcentajes calculados por análisis químico y los obtenidos usando las gráficas de Winchell es bastante aceptable incluso buena para las fases mayoritarias. Usando los diagramas de Sriramandas los valores obtenidos son más discordantes. El hecho de la no concordancia entre los porcentajes calculados a partir de los datos físicos y los calculados a partir de los datos químicos no es nuevo, IGLESIAS y MARTÍN VIVALDI (1970) también obtienen discordancias en granates almandínicos. La explicación de estas diferencias posiblemente radique en aplicar estrictamente la ley de Vegard, es decir, suponer una variación lineal de las constantes físicas con la composición química, y como estima ZEN (1956) la citada ley sólo es aplicable en condiciones muy restringidas, concretamente cuando los términos extremos de la serie son muy semejantes.

BIBLIOGRAFIA

- IGLESIAS, J. E. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: *Estudio cristalo-gráfico de los granates de "El Hoyazo"*. Bol. Geol. Min. 81, IV, 394-399 (1970).
- JACKOB, J.: *Guía para el análisis químico de las rocas*. Trad. por E. Ranrich y M. Castillo. C. S. I. C. Madrid (1944).
- MOENKE, H.: *Mineralspeñtren. Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin. "Akademie-Verlag". Berlín (1962).*
- SRIRAMADAS, A.: *Diagrams for correlation of unit cell edge and refractive indices with chemical composition of garnets*. Amer. Min., 42, p. 294-299 (1957).
- VOGEL, D. E.: *Las rocas catazonales de la región de Cabo Ortegal. Contribuciones a la primera reunión sobre Geología de Galicia y N de Portugal*. Leid. Geol. Meded. Ded. 36, 243-254 (1966).
- WINCHELL, H.: *The composition and physical properties of garnet*. Amer. Min., 43, 595-602 (1958).
- WINCHELL, A. y WINCHELL, H.: *Elements of optical mineralogy*. Part. II. J. Wiley and Sons. New York (1967).
- ZEN, E.: *Validity of Vegard's law*. Amer. Min., 41, páginas 523-528 (1956).

Recibido: Enero 1975.

Estudio del granito mineralizado del Jálama, Salamanca-Cáceres, España

Por J. SAAVEDRA (*), E. PELLITERO (**), A. GARCIA SANCHEZ (*) y F. MADRUGA (**)

RESUMEN

Se ha estudiado el batolito del Jálama en sus aspectos metalogénico, geoquímico, mineralógico y petrográfico, diferenciándose siete facies principales. El comienzo de la cristalización de los minerales esenciales se inició a unos 700° C y una presión no inferior a 4-5 kb; esta cristalización continuó durante el ascenso, produciéndose el emplazamiento a niveles relativamente superficiales, y desarrollándose la primera microclinización a una presión máxima de 2 kb.

Se han caracterizado geoquímicamente dos tendencias básicas. La primera, sílico-potásica, afecta a los términos más ricos en calcio y ferromagnesianos. La segunda sílico-sódica, se evidencia en sus términos más evolucionados por una albitización de feldespatos y coscovitización de biotita y feldespatos, que se inicia al final de la microclinización. En las fases finales de esta tendencia, aparecen ya granitos especializados, con mineralizaciones.

ABSTRACT

The Jálama batholith has been studied in its mineralogical, petrological, geochemical and metallogenetic aspect. During the sampling, seven major facies, that show gradual changes in its petrography and its chemical composition have been differentiated. The main mineral's crystallization started at 700° C and at a pressure not inferior to 4-5 kb, continuing during the ascension. The emplacement has been relatively superficial, and the first microclinization process started at about 2 kb of pressure, as maximum.

Geochemically, there appear two tendencies. One is silicopotassic, affecting the most calcic and ferromagnesian terms, and the other silicosodic, which is chiefly interpreted, in its evolved terms, above all, albitization and muscovitization of anterior biotite and chlorite. In the final phases of this tendency, which never arrives at the greisen stage, appear the more specialized granites with mineralizations.

INTRODUCCION

Hay pocas publicaciones sobre el área correspondiente a este granito, a pesar de su interés especial, dadas sus mineralizaciones de Sn, W, y, menos frecuentemente, de Zn. Las publicaciones más antiguas relacionadas con dicho granito son estudios geológicos generales sobre las provincias de Salamanca y Cáceres. Más recientemente están los de GARCÍA DE FIGUEROA (1966, 1972) y SAAVEDRA y PELLITERO (1973, 1975). Según el primer autor men-

cionado, la zona central del batolito está constituido por un granito de grano medio que es anterior a la zona circundante (porfiroide, de grano grueso); numerosos enclaves con dimensiones muy variables (desde alrededor de 10 Km² hasta unos pocos m² de superficie) y constituidos por esquistos más o menos metamorfizados ocupan la zona central.

SAAVEDRA y PELLITERO (1973, 1975) distinguen geoquímicamente dos unidades petrográficas, estableciendo también sus respectivas secuencias mineralógicas de cristalización que comenzaron a presiones de alrededor de 4 kb y temperatura de 660° C y también deducen una mayor viscosidad para el granito central.

(*) Sección de Mineralogía y Petrografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Salamanca.

(**) Departamento de Geología y Mineralogía, Universidad de Salamanca.

GEOLOGIA GENERAL

El plutón del Jálama es un granito hercínico intruido en el complejo esquisto-grauváquico (Pre-cámbrico Superior-Cámbrico Inferior) con un contacto claramente discordante. Su orientación alargada es esencialmente NW-SE, según la dirección hercínica regional más importante. En su parte central hay gran número de xenolitos, tanto del encajante como de granitos de tendencia leucocrática. El metamorfismo de contacto es de grado medio y, ocasionalmente, de alto grado. El metamorfismo regional es de grado bajo, sin poderse precisar mucho, debido a la monotonía de la serie sedimentaria, que no presenta niveles carbonatados en las proximidades del batolito.

La mayor parte del granito se localiza en la provincia de Cáceres y, dentro de la provincia de Salamanca, las facies leucocráticas típicas de borde o cúpula son predominantes. La separación de las dos provincias la determina una falla, relativamente reciente, con una diferencia de altura entre la penillanura salmantina (que está más elevada) y la región de Cáceres de 600-700 m. En el centro del batolito aparecen restos de rocas encajantes y de leucogranitos muy semejantes a aquellos del borde norte. Por consiguiente es lógico pensar que la superficie actual del plutón es aproximadamente la misma que existía antes de la aparición de la falla y que la fuerte erosión ha comenzado en tiempos relativamente recientes.

Durante el muestreo se diferenciaron siete facies principales (fig. 1). Muy frecuentemente se observan en los granitos de grano grueso xenolitos de granitoides de grado medio, ricos en biotita como puede apreciarse muy bien en los alrededores de Villamiel y Eljas. Estas rocas tienen un carácter claramente precoz en relación con el resto de las facies. Dado su carácter más básico y, consecuentemente, su mayor punto de fusión, es lógico que sus enclaves presenten el mayor grado del metamorfismo de contacto observado en la zona.

Las mineralizaciones están siempre situadas fuera de estas intrusiones más básicas y se relacionan principalmente a los granitos de grano grueso y a las variedades más leucocráticas.

El estudio geoquímico se ha realizado sobre un total de 33 muestras, carentes de cualquier signo de meteorización, y el microscópico sobre una centena de preparaciones.

TECNICAS EXPERIMENTALES

Los análisis químicos de los elementos mayoritarios y las trazas Ba, Sr, Ni, Co, V y Gr, se han realizado en el Centro de Recherches Pétrographiques et Géochimiques de Nancy (Francia), por cuantimetría, y en el Departamento de Mineralogía de la Universidad de Salamanca por Espectro-

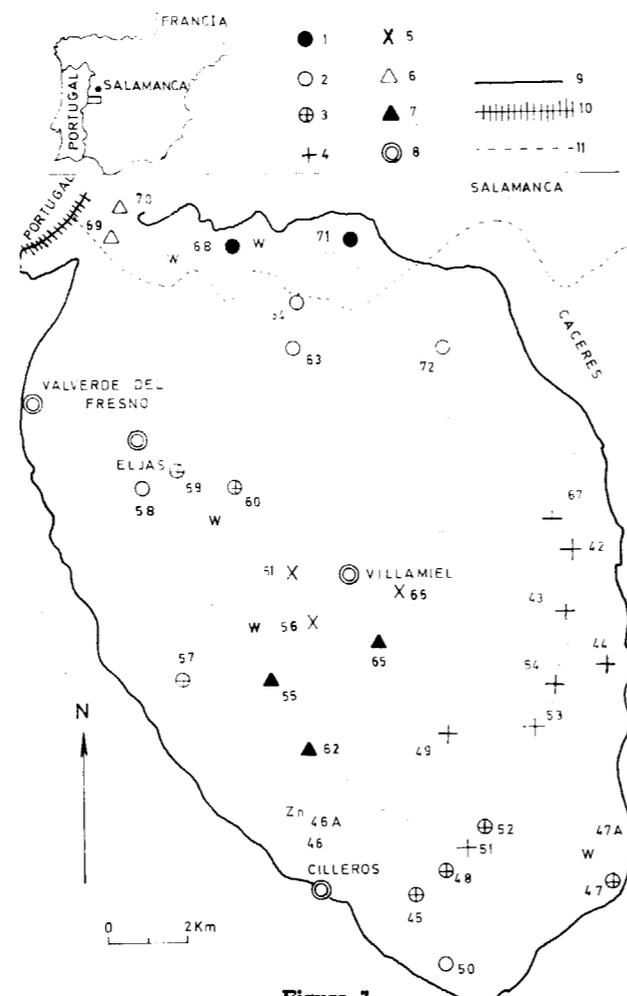


Figura 1

Esquema de situación. Los puntos de desmuestro se indican con un símbolo y con su número correspondiente junto a él; las rocas con alguna peculiaridad están indicadas únicamente por un número. Los símbolos referidos a mineralizaciones (explotadas o que han sido explotadas) son: Zn, Pb o Zn; W, Sn o W

1. Facies moscovítica de grano grueso.—Facies biotítica de dos micas, porfiroide y de grano grueso.—3. Facies biotítica o de dos micas, porfiroide, de grano medio a grueso.—4. Facies porfiroide biotítica de grano medio. 5. Facies biotítica de grano medio, ligeramente porfiroide.—6. Facies moscovítica con biotita subordinada, de grano medio a fino.—7. Facies leucocrática de grano fino. 8. Núcleos de población.—9. Borde aproximado del batolito.—10. Límite de nación.—11. Límite de provincia

metría de Fluorescencia de Rayos X y de Absorción Atómica (SAAVEDRA et al. 1974, 1975) los restantes.

PETROGRAFIA

Como se indicó anteriormente, han sido observadas siete facies principales. La mineralogía es muy similar en todas. Los componentes esenciales son cuarzo, plagioclasas (desde albita a oligoclasa cálcica, raramente andesina), feldespato potásico (triclinicidad variable), moscovita y biotita. Turmalina y clorita son frecuentes, incluso abundante en ocasiones. Rutilo, circón, apatito y algunos opacos son los accesorios más comunes. En casos excepcionales aparecen cordierita, anfíboles y, más raramente aún, andalucita. Es un hecho común a todas las facies la deformación de algunos cristales, claramente observables en glaglioclasas y micas.

Las plagioclasas están normalmente corroídas por feldespato potásico, todos los tránsitos entre plagioclasas normales y pertitas pueden ser observados. El rutilo es siempre un producto de la transformación de biotita en clorita.

Facies moscovítica de grado grueso (Facies 1).—Hay dos tipos de plagioclasas: una, oligoclasa, con 20-29 por 100 An (poco zonada y raramente sericitizada), y otra, de albita a oligoclasa sódica, que se presenta como cristales tardíos o en forma de pertitas (esto último más raramente) y a veces están deformadas.

También hay dos tipos de feldespato potásico. Uno es microclina, con el enrejado típico, y el otro, que no presenta esta característica, es ocasionalmente anterior a dicha microclina. La corrosión de plagioclasas es muy acusada, y a veces se observan zonas de éstas invadidas por feldespato potásico, produciendo cristales morfológicamente semejantes a las plagioclasas primitivas, pero constituidos por los dos feldespatos alternativamente.

El cuarzo se presenta raramente como mineral precoz, anterior a plagioclasas, en las cuales está incluido como cristales de sección hexagonal. Normalmente aparece con carácter tardío, bien en forma masiva o en granos redondeados, producto de reacciones mineralógicas.

La moscovita primaria es relativamente rara, y su cristalización es, a veces, evidentemente anterior a plagioclasas. La moscovita secundaria es mucho más frecuente, su origen a partir de biotita es

bastante claro, pues presenta algunos restos e inclusiones de ella; sin embargo, su origen a partir de feldespato es menos claramente evidenciable.

Un mineral accesorio interesante es la allanita, generalmente alterada y presentándose en pequeñas cantidades.

Facies biotítica o de dos micas, de grano grueso y porfiroide (Facies 2).—En relación a la anterior, puede observarse un incremento del feldespato potásico y la aparición de abundante biotita, mientras que la moscovita decrece notablemente.

La cristalización de biotita es más o menos simultánea a la de plagioclasa cálcica y, ocasionalmente, cristalizan juntas. Este mineral contiene numerosas inclusiones de apatito, circón y minerales opacos. A veces puede observarse su alteración a clorita, con liberación de óxidos de elementos ferromagnesianos y formación de otros minerales; esta clorita más tarde cambia a moscovita, y el paso directo aparente de biotita a moscovita también es observable.

Las plagioclasas zonadas y con núcleo alterado y los feldespatos potásicos pertíticos aumentan bastante en relación a la facies 1. La albita fisural, por el contrario, es menos abundante. Se presentan algunas mirmequitas y el feldespato potásico contiene a veces inclusiones concéntricas, esencialmente moscovíticas.

El rutilo se presenta en pequeños huecos, en el cuarzo y en las moscovitas secundarias más tardías, ocasionalmente es un producto de la cloritización de biotitas. La clorita desaparece en ocasiones sin dar lugar a moscovita; en este caso, el rutilo se dispersa en los fluidos tardíos.

En cuanto a los accesorios, apatito y circón son comunes, mientras que andalucita, con carácter precoz, aparece raramente y allanita no ha sido observada en ningún caso.

Facies de grano medio a grueso, biotítica de dos micas y porfiroide (Facies 3).—Comparándola con la facies 2, las diferencias consisten en un incremento de la biotita y en el carácter cálcico de las plagioclasas (25-29 por 100 An, sin llegar a andesina). El feldespato potásico es más frecuente y presenta inclusiones, principalmente de plagioclasas y también de cuarzo y biotita.

Facies de grano medio, biotítica y porfiroide (Facies 4).—La moscovita está a veces subordinada,

pero en general únicamente es un poco más escasa que la biotita; es de carácter secundario, principalmente formada a partir de ésta.

La diferencia más clara con respecto a la facies 3 es su tamaño de grano más pequeño. También se observa un ligero incremento del feldespato potásico (generalmente zonado), un carácter más cálcico de las plagioclasas y un aumento de apatito, circon y rutilo.

Facies de grano medio, biotítica y ligeramente porfiroide (Facies 5).—En comparación con la facies anterior se observa un aumento de plagioclasas y ferromagnesianos a expensas del feldespato potásico. Sin embargo, el carácter cálcico de las plagioclasas no varía demasiado (alrededor de 25 por 100 An). Están generalmente muy zonadas y tienen el núcleo alterado; aparecen anfíboles frecuentes.

Facies de grano medio a fino, moscovítica (con biotita subordinada) (Facies 6).—Muy similar a la facies 1, aunque contiene algo de biotita que está más o menos cloritizada o moscovitizada.

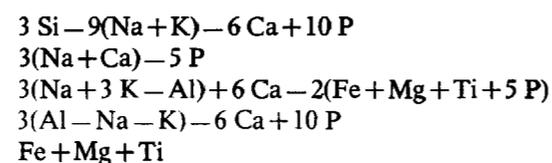
Facies de grano fino, leucocrática (Facies 7).—Con características muy semejantes a la facies 6, pero con una moscovitización acusada que ha eliminado toda la biotita y clorita. Hay que hacer notar que las facies varían gradualmente sin cambios bruscos de una a otra. Las diferencias son cuantitativas más que cualitativas.

GEOQUIMICA Y PETROLOGIA

Los resultados analíticos se expresan en la tabla I. Los parámetros se han calculado en base a la composición química y los minerales presentes.

El uso de los datos de análisis químico parece ser menos adecuado que los parámetros químico-mineralógicos en muchos casos. Aquí se han introducido algunos que figuran en la tabla I. Se ha supuesto que la roca está constituida por minerales con fórmulas ideales: cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico, moscovita, biotita y apatito. Se hacen las siguientes distribuciones de elementos: el calcio para plagioclasas y apatito, fósforo para apatito, sodio para plagioclasas, potasio para micas y feldespato potásico, ferromagnesianos para biotita, aluminio para micas y feldespatos y el silicio

para los cinco minerales principales. Pasando el tanto por ciento en peso de óxidos a milimoles de elementos, se obtiene:



Los cuales son proporcionales a los porcentajes en peso de cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico, moscovita y biotita, respectivamente. El primero y el último fueron propuestos por LA ROCHE (1964) y se han modificado algunos detalles por parte del Ca presente en el apatito.

Según KARAYEVA (1968), la diferencia Na-Ca es una medida del sodio que no entra en plagioclasas y que forma albita. Dada la importancia de cuantificar esta albita, la relación entre un múltiplo de esta diferencia (sin el Ca es combinado con el fósforo) y la cantidad de feldespato potásico se presenta como un índice de albitización:

$$\text{A.I.} = \frac{3(\text{Na} - \text{Ca}) + 5 \text{ P}}{3(\text{Na} + 3 \text{ K} + \text{Al}) + 6 \text{ Ca} - 2(\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti} + 5 \text{ P})}$$

Con este índice, albitización y microlinización se miden relativamente, como se verá más tarde.

Los diagramas de LA ROCHE (1964, 1966) se han adoptado para el estudio de los problemas graníticos. En el diagrama Q-F se mide el contenido de cuarzo en relación a la diferencia entre minerales potásicos y plagioclasas. El diagrama B-F es complementario, en el que el cuarzo se ha sustituido por minerales ferromagnesianos. La evolución diorita-granodiorita-adamellita-granito queda así bien definida. En este caso especial, las tendencias sódica (albitica) y potásica se reflejan; la influencia del calcio es pequeña, dado su bajo contenido en relación a sodio y potasio.

Se ha estudiado la evolución químico-mineralógica para todas las muestras analizadas, excepto para aquellas que presentaban características muy peculiares. La muestra núm. 46 corresponde a una zona granítica mineralizada en esfalerita y galena: su composición muestra alto contenido en Zn a la vez de un carácter potásico acusado. La 46A se encuentra en el mismo depósito mineral, dentro del área más alterada: clara silicificación y sodificación, mientras que los ferromagnesianos, semejantes al Zn, decrecen marcadamente. La muestra 47A

Tabla I

Composición química-mineralógica a parámetros de las rocas estudiadas. Componentes principales en tanto por ciento en peso. Elementos trazas en ppm. Los números en el encabezamiento de la tabla se refiere a las facies de la figura 1

	1		2				3				
	68	71	50	58	63	64	72	45	47	48	52
SiO ₂	73,51	74,96	74,46	71,83	73,73	74,44	73,80	71,80	73,15	71,92	71,33
Al ₂ O ₃	15,04	14,26	13,45	14,50	14,13	14,01	14,42	14,50	13,77	14,00	14,70
Fe ₂ O ₃	1,09	0,94	2,16	1,89	1,07	1,49	1,15	2,47	2,80	2,42	2,92
TiO ₂	0,08	0,05	0,28	0,25	—	0,20	0,08	0,36	0,29	0,31	0,43
MnO	0,04	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
P ₂ O ₅	0,28	0,20	0,18	0,19	0,18	0,16	0,21	0,22	0,20	0,21	0,24
MgO	0,15	0,15	0,45	0,29	0,33	0,22	0,13	0,55	0,42	0,43	0,64
CaO	0,41	0,32	0,57	0,60	0,39	0,48	0,34	0,72	0,69	0,51	0,65
Na ₂ O	3,66	3,60	3,25	3,45	3,42	3,58	3,48	3,27	3,26	3,18	3,21
K ₂ O	4,33	3,87	4,20	5,03	4,76	4,23	4,25	4,84	4,51	4,69	4,56
P. F.	1,34	1,33	1,09	0,93	0,99	0,90	1,18	1,25	1,35	1,43	1,40
<i>Elementos trazas ppm:</i>											
Rb	500	550	240	330	375	338	405	300	270	290	322
Cs	55	47	25	40	47	25	25	40	47	55	47
Ba	125	100	290	260	190	190	190	380	340	305	425
Sr	65	31	58	50	15	20	22	60	52	52	68
Pb	30	65	<10	12	<10	<10	33	30	20	10	10
Zn	114	154	74	88	66	66	86	90	76	90	104
Cu	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15	<10	<10	<10
Co	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
V	<10	<10	<10	<10	12	<10	<10	27	19	<10	20
Cr	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10
Mo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	7	5	< 5	< 5
Ga	40	40	20	20	20	40	20	20	20	20	20
Th	10	14	14	10	10	<10	10	10	14	18	10
Zr	55	65	140	100	70	80	70	150	140	150	185
Y	25	38	18	16	10	11	10	20	10	20	13
Sn	36	85	10	15	22	31	30	12	60	60	30
Nb	14	20	16	12	10	10	14	11	11	11	18
<i>Parámetros:</i>											
Mn	253	228	170	152	163	176	327	180	165	192	229
A. I.	1,35	1,57	0,80	0,74	0,79	1,07	1,23	0,84	0,95	0,93	1,25
Q	198	217	214	176	194	205	207	185	200	194	191
B	19	17	42	34	21	28	18	50	50	45	58
F	-33	-40	-26	-15	-17	-34	-28	-15	-21	-12	-29

Tabla I (continuación)

	4										
	57	59	60	42	43	44	49	51	53	54	67
SiO ₂	71,60	70,77	71,78	71,17	70,51	71,04	71,97	70,91	70,97	71,43	72,20
Al ₂ O ₃	14,73	14,53	14,37	14,50	14,77	14,88	14,56	14,83	14,48	14,74	14,47
Fe ₂ O ₃	2,24	2,27	2,07	2,53	2,20	2,25	2,24	3,06	2,25	2,44	2,21
TiO ₂	0,34	0,42	0,17	0,50	0,47	0,43	0,41	0,50	0,45	0,47	0,46
MnO	0,03	0,04	—	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02
P ₂ O ₅	0,21	0,18	0,23	0,20	0,17	0,18	0,27	0,19	0,20	0,26	0,29
MgO	0,54	0,71	0,38	0,61	0,57	0,66	0,61	1,04	0,74	0,66	0,65
CaO	0,56	0,74	0,69	0,65	0,66	0,62	0,61	0,81	0,66	0,72	0,88
Na ₂ O	3,22	3,12	3,22	2,91	3,07	2,99	2,94	2,87	2,96	2,80	2,64
K ₂ O	5,53	4,97	5,20	5,34	5,27	5,44	5,13	5,08	5,37	5,42	5,82
P. F.	1,06	1,49	1,03	1,21	1,18	1,20	1,56	1,27	1,29	1,20	1,18
<i>Elementos trazas ppm:</i>											
Rb	290	360	340	375	365	365	340	270	350	350	338
Cs	28	40	47	40	40	40	47	47	25	40	40
Ba	305	305	340	318	500	560	425	500	360	460	380
Sr	65	92	92	106	90	92	82	92	90	90	60
Pb	10	<10	<10	<10	22	10	18	10	35	<10	100
Zn	86	98	74	88	90	88	86	86	106	90	142
Cu	10	<10	<10	13	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	13	<10	<10
Co	10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10
V	18	19	20	17	<10	<10	18	36	34	14	26
Cr	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mo	5	< 5	5	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ga	20	20	20	40	45	25	20	20	20	20	25
Th	20	20	10	30	20	20	30	30	14	14	30
Zr	145	140	125	175	160	175	180	180	160	185	190
Y	13	13	16	13	16	20	16	18	16	10	12
Sn	70	90	65	<10	30	17	45	45	10	10	80
Nb	12	12	14	14	10	12	16	13	10	24	8
<i>Parámetros:</i>											
Mn	155	176	159	186	195	214	220	146	193	214	178
A. I.	0,63	0,77	0,68	0,66	0,60	0,72	0,81	0,69	0,70	0,76	0,56
Q	172	179	179	182	176	178	193	186	180	187	187
B	46	51	38	53	48	50	48	70	53	54	50
F	4	—8	—5	8	1	9	3	1	7	12	25

Tabla I (continuación)

	7											
	56	61	66	69	70	55	62	65	46	46A	47A	53A
SiO ₂	65,40	68,30	67,47	74,07	73,85	73,20	74,05	72,53	68,98	75,34	75,04	71,87
Al ₂ O ₃	15,68	15,36	15,16	14,53	15,11	14,50	14,66	14,72	15,26	13,77	12,96	14,72
Fe ₂ O ₃	4,55	3,78	3,88	0,91	1,07	1,05	1,54	1,35	4,76	1,55	1,51	2,10
TiO ₂	0,84	0,77	0,74	0,08	0,23	0,10	—	0,03	0,31	0,10	0,13	0,41
MnO	0,08	0,06	0,07	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,08	0,04	0,03	0,02
P ₂ O ₅	0,19	0,18	0,21	0,10	0,16	0,22	0,03	0,01	0,26	0,21	0,18	0,12
MgO	1,91	1,44	1,52	0,18	0,32	0,12	0,03	0,11	0,88	0,33	0,27	0,57
CaO	2,00	1,94	2,00	0,19	0,24	0,48	0,06	0,02	0,41	0,35	0,31	0,21
Na ₂ O	2,81	2,93	2,96	3,89	3,39	3,77	3,68	3,35	2,20	3,64	3,15	2,48
K ₂ O	4,29	4,70	4,59	4,21	4,60	4,55	4,57	4,70	6,27	4,07	4,60	5,71
P. F.	1,67	1,03	1,23	1,26	1,66	1,11	1,32	1,67	1,31	1,07	1,01	1,63
<i>Elementos trazas ppm:</i>												
Rb... ..	190	230	240	500	450	500	530	500	430	265	300	365
Cs... ..	47	25	25	68	47	75	68	25	68	47	47	47
Ba... ..	870	720	700	120	225	100	100	190	125	260	225	460
Sr... ..	225	218	35	40	40	40	36	50	15	18	20	93
Pb... ..	18	10	33	15	30	18	<10	10	<10	18	<10	<10
Zn... ..	86	88	86	50	66	59	90	88	166	82	69	88
Cu... ..	20	18	12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni... ..	<10	<10	17	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Co... ..	10	15	15	<10	<10	<15	<10	<10	<10	15	<10	<10
V	79	48	55	<10	<10	<10	14	14	<10	<10	<10	13
Cr... ..	20	10	10	<10	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10
Mo... ..	5	< 5	5	< 5	15	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ga... ..	40	20	20	20	25	45	25	20	20	20	50	20
Th... ..	14	30	10	10	10	10	10	10	14	14	14	18
Zr... ..	265	205	200	60	70	70	60	70	50	80	100	160
Y	22	16	16	22	11	22	45	50	10	10	16	10
Sn... ..	<10	<10	<10	105	110	70	100	20	45	<10	80	15
Nb... ..	8	12	8	18	14	16	22	23	22	17	17	12
<i>Parámetros:</i>												
Mn... ..	175	118	126	202	249	231	207	243	283	192	143	250
A. I.	1,10	0,62	0,71	1,23	1,12	0,94	1,06	1,02	0,42	1,27	0,79	0,59
Q	160	162	161	195	201	185	194	195	178	214	216	196
B	116	93	96	17	24	17	20	20	86	28	28	45
F	—36	—30	—33	—38	—15	—34	—23	—8	56	—36	—11	37

es muy próxima a la mineralización de Sn y W. La 53A corresponde a la 53, pero afectada por el más alto grado de meteorización de la zona; esto permite establecer la influencia de dicha meteorización, la cual ha sido proyectada en los diagramas como un vector "meteorización".

En los diagramas de LA ROCHE (fig. 2) se puede observar un contraste considerable entre las evoluciones de las diversas facies. Mientras que las facies 4 y 5 están situadas según el eje sílico-potásico,

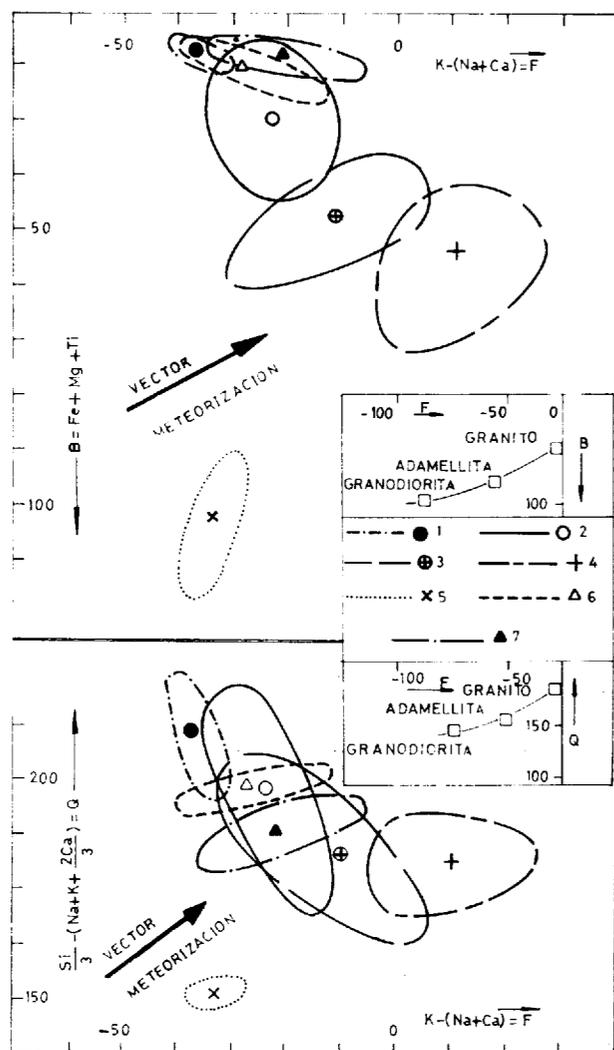


Figura 2

Representación de las diferentes facies en los diagramas químico-mineralógicos de LA ROCHE. Las diferentes facies están encerradas en superficie, en el centro de las cuales se ha indicado el punto medio representativo del conjunto. Para las facies los símbolos son los mismos que los de la figura 1

sico, las demás se disponen transversalmente, según una tendencia sílico-sódica y según secuencias graduales que corresponden a cambios petrográficos progresivos. De acuerdo con la evolución normal granodiorita-granito, esto hace pensar que la tendencia sílico-potásica de las facies precoces (fragmentos de estas rocas se concentran incluidos en los granitos de grano grueso) cambia posteriormente. Esta evolución ha sido establecida para otros granitos hercínicos europeos (RANCHIN, 1971; CHAROY, 1970; RENARD, 1974; SAAVEDRA, en prensa). Este cambio se interpreta mineralógicamente como la desaparición del feldespato potásico con inclusiones concéntricas y por una progresiva pérdida de ferromagnesianos. Las áreas de las facies se solapan unas con otras, lo cual hace pensar que una evolución de un mismo material primitivo ha tenido lugar excepto la facies 5, la cual se aparta en todos los diagramas y su carácter precoz está de acuerdo con todo lo expuesto la única esencialmente anfibólica.

La figura 3 confirma la evolución gradual. Pero a diferencia del caso precedente, una tendencia

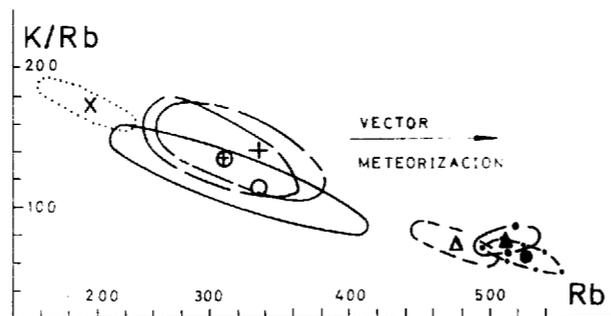


Figura 3

Variación de la relación K/Rb (en peso) en relación con Rb (en ppm). Mismos símbolos que en la figura 1

magmática normal única se aprecia en este diagrama (STAVROV, 1970). Los dos extremos corresponden a las facies ferromagnesiana y leucocrática, respectivamente. Las dos tendencias, sílico-sódica y sílico-potásica, no se distinguen aquí.

Las distribuciones de Rb, Cs, Ba, Sr y Zr se adaptan a las reglas clásicas y son una clara imagen de la mencionada gradación de las facies. Así Ba, Sr y Zr se concentran en los granitos más ferromagnesianos; mientras que Rb y Cs se acumulan en el extremo de la evolución sílico-sódica, es decir, en la fase más leucocrática. En este sentido, el comportamiento del Sn es paralelo al del Rb y Cs,

un hecho bien conocido en granitos especializados. En cuanto a las concentraciones de Zn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Pb, Ga y Nb están bajo el límite de detección o son muy homogéneas para permitir conclusiones rigurosas.

El Y muestra ciertas peculiaridades geoquímicas. Clásicamente se le asocia, desde un punto de vista cristalológico, al Fe²⁺ y, sobre todo, al Ca²⁺. Pero tal asociación no se observa en este caso. Con respecto a los ferromagnesianos (fig. 4), muestra un inesperado comportamiento; en los términos más leucocráticos se observa un enriquecimiento de di-

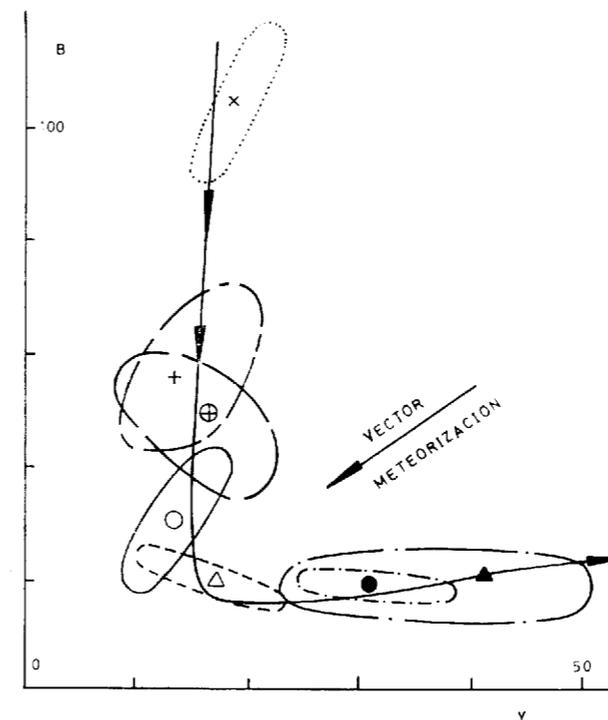


Figura 4

Variación del contenido en ferromagnesianos (parámetro B de LA ROCHE) en relación con Y (en ppm). Mismos símbolos que en la figura 1

cho elemento. El mismo resultado se obtiene si se sustituyen ferromagnesianos con Ca. LAMBERT y HOLLAND (1974) establecen que apatito, esfena, circon y feldespatos alcalinos acumulan más Y que el resto; el contenido en albita es pequeño, sin embargo, lo cual no justifica los resultados obtenidos aquí. Pero es significativo que haya sido identificada precisamente en estas facies la allanita, lo cual sugiere que es este mineral el portador del Y. Este elemento puede haberse concentrado en la fase volátil y

cristalizar en las facies leucocráticas. Su comportamiento, en este caso, sería similar al de Rb, Cs y Sn. Una tendencia análoga, menos acentuada, sin embargo, presenta el Zn.

El rasgo de composición de estas rocas se encuentra entre los indicados en la figura 5 (datos de PIWINSKII, 1968, 1973 a y b). Para términos más ricos en plagioclasas y ferromagnesianos (los más precoces), cuarzo y moscovita primaria, ambos anterior a plagioclasas, no habrían cristalizado hasta alrededor de 5 kb de presión y 700° C de temperatura (ver cuarzo-monzonita en figura 5). Plagioclasa y biotita podrían haber cristalizado juntas a presiones más bajas, debido a que estas rocas han comenzado probablemente a cristalizar a altas presiones y el proceso ha continuado durante la as-

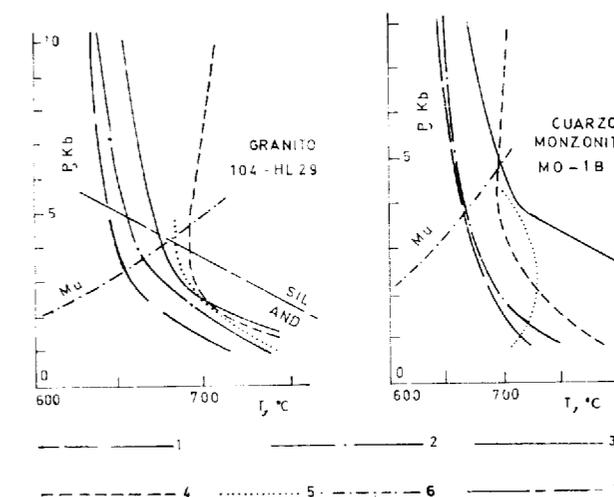


Figura 5

Relación de fases minerales en granitos y cuarzo-monzonita, con exceso de agua (PIWINSKII, 1968, 1973 a, b). Las coordenadas del punto triple y del límite andalucita-sillimanita son de RICHARDSON "et al" (1968). El límite de estabilidad del área con la asociación moscovita más cuarzo es de ALTHAUS (1970)

1. Curva de fusión.—2. Límite de cristalización del feldespato potásico.—3. Idem de plagioclasas.—4. Idem de cuarzo.—5. Idem de biotita.—6. Línea de coexistencia de andalucita y sillimanita.—7. Límite de coexistencia del par cuarzo más moscovita

censión del magma. Aunque no se ha observado feldespato potásico anterior a biotita ni cuarzo anterior a biotita y posterior a plagioclasa, la temperatura no puede haber excedido de 730° C; de acuerdo con estas consideraciones, no hay evidencia de sobrecalentamiento notable durante la mencionada ascensión.

Se observa, en todos los casos, una deformación de los minerales de cristalización relativamente temprana, desde los muy precoces (citrón, etc.) hasta cuarzos más tardíos, a través de micas y plagioclasas. Sin embargo, ciertos minerales no han sido deformados; la explicación más satisfactoria para esto es que la ascensión del magma ha continuado cuando ya gran cantidad de minerales habían cristalizado. Teniendo en cuenta los que han sufrido deformación, se puede establecer (fig. 5) que el emplazamiento se realizó a 2 kb de presión como máximo, y que el decrecimiento de temperatura entre el comienzo de la cristalización y este momento no es muy importante, ya que el metamorfismo de contacto está bien delimitado generalmente.

FASES DE CRISTALIZACION FINAL

La primera transformación importante después de la cristalización de biotita y plagioclasa, incluso dentro del estadio magmático principal, se produce por la actividad del potasio, que se manifiesta mineralógicamente por una microclinización. Este es un proceso precoz relativamente, lo cual concuerda con los resultados de BURHAM (1967), según los cuales la relación cuarzo feldespatos alcalinos en un magma acuoso es inversamente proporcional a la presión; esto tendría lugar a presión más alta que aquella posterior a la silicificación, etc., asociada a la tendencia sílico-sódica.

Hay también microclina asociada a otros procesos. La transformación de biotita en clorita y microclina (proceso anterior a la moscovitización, reacción de CHAYES (1955), está bien representada en las facies biotíticas, debido a la influencia tectónica favorable. La existencia de feldespatos con inclusiones concéntricas de plagioclasas es la prueba de su cristalización magmática (SHERMERHORN, 1956; HIBBARD, 1965), y no son el resultado de un crecimiento porfidoblástico; esto ha sido confirmado por el contenido en Al de las biotitas (criterio de alcalinidad o de actividad del potasio) de granitos que presentan estos feldespatos y de granitos en los que no ocurre así (IVANOV y cols., 1970), lo cual da lugar a gran diferencia. Estos diversos feldespatos potásicos no tienen, obviamente, el mismo significado.

Dada la existencia de todo un rango de corrosión de plagioclasas, la presencia de algunas de ellas, con pequeñas manchas de microlina, no es adecuada interpretarla como exolución, sino como

el resultado de un reemplazamiento potásico (GRIFIN, 1969), de acuerdo con el proceso metasomático de HOFMANN (1967, 1972), de infiltración alcalina; los gradientes necesarios pueden presentarse en este caso.

Como se mencionó antes, la moscovitización, sobre todo, afectó a la biotita. Este proceso no es fácil, se requiere una gran acidez para arrancar tres átomos (además de Mg y Ti) por cada molécula de biotita. Es probable que, durante la microclinización precoz citada anteriormente, el nivel de acidez necesario para un importante desarrollo de la moscovitización no se alcanzara. Al disminuir la presión la actividad del potasio baja y, por tanto, la alcalinidad; entonces un fenómeno más ácido puede tener lugar (albitización y silicificación) y es en estas últimas condiciones cuando se puede confirmar el máximo desarrollo de moscovita, sea la procedente de biotita o de cualquier otro origen. Estas condiciones energéticas implican que todos los elementos lixiviados se incorporan a la fase fluida; es decir, que aquellos elementos con basicidad más grande o semejante, al menos, a la de los ferromagnesianos permanecen en los términos más ácidos.

La intensidad de la microclinización se ha medido a partir de la composición química de la biotita (MARAKUSHEV y TARARIN, 1965). Las gráficas de la figura 5 no difieren, en sus resultados, de la hipótesis de KORZHINSKII (1955): el incremento del potencial químico del potasio ensancha el campo de cristalización del feldespato potásico (siempre a presiones de alrededor de 2 kb, como máximo), y, por consiguiente, esta cristalización puede presentarse contemporánea o incluso anterior a la biotita, como se observa en este caso en aquellas zonas donde el fenómeno se manifiesta (a presión alta, dentro de un proceso relativamente tardío).

Así este criterio conocido es un buen índice de las variaciones relativas de alcalinidad. Sin embargo, un proceso bien desarrollado de moscovitización durante este estadio no se ha observado; éste se presenta más tarde.

En los granitos biotíticos o de dos micas se han apreciado dos tendencias. A la evolución normal granodiorita-granito corresponde un aumento del cuarzo y feldespato potásico a expensas de los minerales ferromagnesianos, como se observa a través de la tendencia sílico-potásica. Más tarde aparece la tendencia sílico-sódica, a la que se prestará especial atención por presentar una evolución muy distinta.

El índice propuesto de albitización, I. A., es la relación entre el exceso de sodio de las plagioclasas y el potasio en el feldespato potásico. No todo el sodio entra en las plagioclasas, pero el contenido de Na₂O en ortosas y microclinas de granitos hercínicos del Centro-Oeste de España es siempre pequeño, inferior al 3 por 100 en tales minerales (GARCÍA SÁNCHEZ, datos no publicados). Esta relación indica un valor de albitización potencial: los valores más altos corresponden a muestras con albita tardía, mientras que los feldespatos presentan albita en bordes y fisuras. Dado que este proceso es marcadamente una acidificación (con respecto a la

del diagrama; es decir, a valores más altos de I. A. y Mu, donde sodificación (albitización aquí se ha confirmado) y moscovitización están, obviamente más acentuadas, lo cual se corrobora petrográficamente. La preconcentración de estos elementos ocurre a través de las diversas transformaciones geoquímicas. La última tendencia sílico-sódica termina con acusadas albitaciones y moscovitizaciones que marcan los extremos más ácidos, tendentes a greisem y que están asociados con depósitos de interés metalogénico.

CONCLUSION

El batolito de Jálama es un plutón complejo en el que se han diferenciado siete facies principales. El conjunto de datos petrográficos y geoquímicos da cuenta de una evolución gradual y sistemática.

Las facies más ferromagnesianas presentan una tendencia sílico-potásica, que esencialmente coincide con el paso de granodiorita a granito. Hay un cambio evolutivo sílico-sódico a medida que el carácter leucocrático se acentúa. Desde un punto de vista mineralógico, se interpreta como una microclinización precoz y cloritización de biotita; más tarde se desarrolla la moscovitización y aparece albita de neoformación, al mismo tiempo que el feldespato potásico con inclusiones concéntricas desaparece.

La cristalización comenzó a presiones altas y a una temperatura de alrededor de 700 a 740° C, continuando durante la ascensión del magma. El emplazamiento debió ocurrir a presiones de alrededor de 2 kg, desarrollándose una microclinización precoz.

Las variaciones de acidez en la tendencia sílico-sódica se han medido relativamente de acuerdo a la albita potencial y a la moscovita secundaria, con crecimiento paralelo a dicha tendencia. Las áreas mineralizadas corresponden a los valores más altos de I. A. y Mu.

BIBLIOGRAFIA

- ALTHAUS, E.; KAROTHE, E.; NITSCH, K. H., and WINKLER, H. G. F.: *An experimental re-examination of the upper stability limit of muscovite plus quartz*. "N. Jb. Miner. Mh.", Stuttgart, 7, 325-336 (1970).
- BURHAM, C. W.: *Hydrothermal fluids at the magmatic stage*. In Baner, H. L. (ed.) *Geochemistry of hydrothermal ores deposits*. Holt Rinehart and Winston, New York, 34076 (1967).

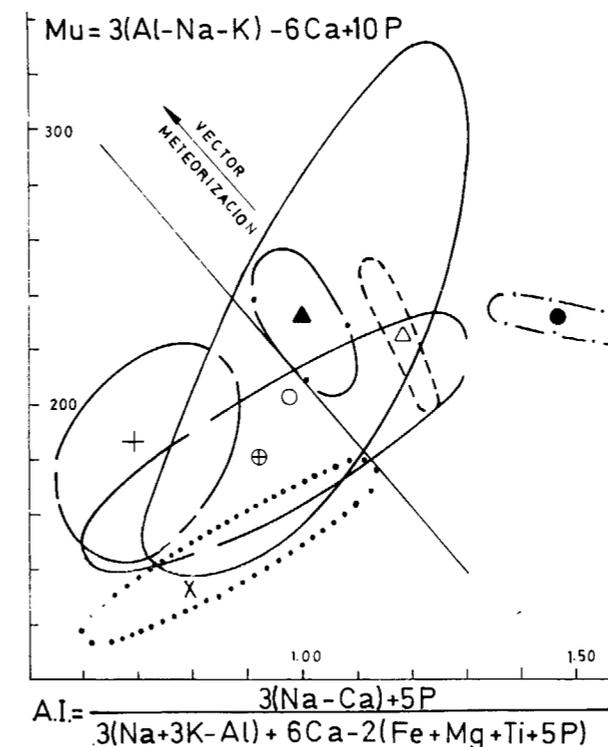


Figura 6

Variación del contenido en moscovita (Mu, calculado por el parámetro proporcional a su porcentaje) en relación con el índice de albitización (razón entre el exceso de sodio en la fase plagioclasa y el feldespato potásico normativo)

microclinización), se ha interpretado generalmente como la transformación de biotita en moscovita y se podría esperar una correlación positiva entre I. A. y Mu (moscovita). Esta correlación se presenta en la figura 6, que se ha dividido en dos zonas por una línea transversal; pues bien, todas las mineralizaciones de Sn y W intragraníticas están en la cerámica de rocas correspondientes a la parte superior

- CHAROY, B.: *Différenciations pétrographiques et géochimiques dans les granites à deux micas du massif de Questembert (Morbihan)*. "Sciences de la Terre", Nancy, 16; 5-55 (1971).
- CHAYES, F.: *Potash feldspar as a by-product of biotite-chlorite transformation*. "J. Geol.", 63, 75-82 (1955).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Datos petrológicos de la Sierra de Gata (Cáceres)*, "Rev. Fac. Cien", Oviedo, 7, 53-83 (1966).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Memoria explicativa de la Hoja Geológica núm. 451 (Sierra de Gata, Cáceres)*, escala 1:50.000 (Hoja Topográfica Nacional núm. 573). Inst. Geol. y Min. de España, Madrid (1972).
- GAUTHIER, J. C.: *Evolution granitique, développement des granites à deux micas et géochimie des alcalins dans la Marche Orientale (Massif Central français)*, "Sciences de la Terre", 18, 315-352 (1973).
- GOVINDARAJU, K.: *L'analyse rapide des roches et des minéraux par spectrographie et par spectrométrie photoélectrique*, Thesis, Nancy, 272 p. (1964).
- GRIFFIN, W. L.: *Replacement antiperthites in gneisses of the Babbit-Embarrass area, Minnesota, U. R. A., Lithos*, 2, 171-186 (1969).
- HIBBARD, M. J.: *Origin of some alkali feldspar phenocrysts and their bearing on petrogenesis*. "Am. Jour. Sci.", 263, 345-261 (1965).
- HOFFMAN, A.: *Alkali infiltration metasomatism in feldspar solid solutions*, "Trans. Amer. Geoph.", Union, 48, 230, Abst. (1967).
- HOFFMAN, A.: *Chromatographic theory of infiltration metasomatism and its application to feldspars*, "Am. Jour. Sci.", 272; 69-90 (1972).
- IVANOV, V. S.; KHUDOLOZHKIN, V. O., and NIKITINA, N. M.: *Crystallization of alkalic feldspar phenocrysts and origin of perthites in granitoids (as in certain intrusives in Northeast USSR)*, "Internat. Geology Rev.", 13, 1076-1086 (1970).
- KARAYEVA, Z. G.: *Geochemistry of mineralized granitoids*, "Doklady Akad. Nauk SSSR", 179, 164-166 (1968).
- KORZHINSKII, D. S.: *Problems of the petrography of magmatic rocks related to continuous magmatic solutions and granitization*. In "Magmatism and its related ore mineralization" (Russ), Izd-vo AN SSSR (1955).
- LA ROCHE, H. DE: *Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines*, "Sciences de la Terre", Nancy, 9, 337-371 (1964).
- LA ROCHE, H. DE: *Sur l'usage du concept d'association minérale dans l'étude chimique des roches: modèles chimiques, statistiques, représentations graphiques, classification chimico-minéralogique*, C. R. Acad. Sci., Paris, 262, sér D., 1665-1668 (1966).
- LAMBERT, R. St J., and HOLLAND, J. G.: *Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks*. "Geochim. Cosmochim. Acta", 38, 1393-1414 (1974).
- MARAKUSHEV, A. A., and TARARIN, I. A.: *On the mineralogical criteria of the alkalinity of granitoids (Russ)*. AN SSSR, Izv., ser. geol., 3 (1965).
- PIWINSKII, A. J.: *Experimental studies of igneous rocks series central Sierra Nevada batholith, California*: J. Geol., 76, 548-570 (1968).
- PIWINSKII, A. J.: *Experimental studies of igneous rocks series central Sierra Nevada batholith, California*: Part. II. N. Jb. Miner., Mh., Stuttgart, 5, 193-215 (1973 a).
- PIWINSKII, A. J.: *Experimental studies of granitoids from the central and southern Coast Ranges, California*, "Tschermarks Min. Petr. Mitt.", 20, 107-130 (1973 b).
- RANCHIN, G.: *La géochimie de l'uranium et la différenciation granitique dans la province uranifère du Nord-Limousin*. Rapport CEA-R-4034, 394 p. (1971).
- RENARD, J. P.: *Etude pétrographique et géochimique des granites du district uranifère du Vendée. Liaisons entre l'évolution minéralogique et le comportement de l'uranium. Conséquences pour la prospection*. Rapport CEA-R-4407, 216 pp. (1974).
- RICHARDSON, S. W.; GILBERT, M. C., and BELL, P. M.: *Experimental determination of kyanite-andalusite and andalusite-sillimanite equilibria; the aluminium silicate triple point*. "Am. Jour. Sci.", 267, 259-272 (1969).
- SAAVEDRA, J.: *Geochemical and petrological characteristics of mineralized granites of the West Centre of Spain*. Symp. Metall. Ass. Ac. Mag., Karlovy Vary (1974).
- SAAVEDRA, J.: *Etudes pétrologiques et géochimiques du granite minéralisé d'Albalá (Cáceres, Espagne)*. "Bull. Soc. Geol. Fr." (in press).
- SAAVEDRA, J., y PELLITERO, E.: *Estudio geoquímico de rocas ígneas del norte de la provincia de Cáceres*. "Stv. Geol", Salamanca, 6, 49-63 (1973).
- SAAVEDRA, J., y PELLITERO, E.: *Factores geoquímicos en la génesis de yacimientos de Sn y W asociados a rocas plutónicas ácidas. Aplicación al granito del Jálama*, "Tecniterrae", Madrid, 8-15 (1975).
- SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., and RODRÍGUEZ PÉREZ, S.: *Decomposition and analysis by atomic absorption photospectrometry of silicate rocks*, "Chem. Geol.", 13, 135-139 (1974).
- SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A.; MADRUGA, F.; SÁNCHEZ MENÉNDEZ, A., y FERNÁNDEZ AGUILAR, M. C.: *La composición química como factor genético en el estudio de rocas y minerales. Aplicación al granito de Albalá (Cáceres)*, "Tecniterrae", Madrid, 4, 8-17 (1975).
- SCHERMERHORN, L. J. G.: *The granites of Trancoso (Portugal), a study in microclinization*, "Am. Jour. Sci.", 254, 329-348 (1956).
- STAVROV, O. D.: *Ore content in granite and the geochemistry of rubidium*, "Geochem. Internat", 8, 739-754 (1971).

Recibido: Mayo 1976.

INFORMACION

XI Curso de Hidrogeología "Noel Llopis"

El discurso de clausura estuvo a cargo de D. Juan Antonio Gómez Angulo

En la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, con el salón de actos totalmente abarrotado, tuvo lugar el pasado 22 de junio la Conferencia de clausura del XI Curso de Hidrogeología Aplicada "Noel Llopis", a cargo de don Juan Antonio Gómez Angulo, Presidente de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A., sobre el tema "La Administración de las aguas en una España democrática".

El acto estuvo presidido por el ilustrísimo señor Director General de Universidades, don Juan A. Arias Bonet; el excelentísimo y Mgnc. señor Rector de la Universidad Complutense de Madrid, don Angel Vian Ortuño; el excelentísimo señor don Justiniano Casas Peláez, Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas: el ilustrísimo señor Director General de Minas e Industrias de la Construcción, don José Sierra López; el ilustrísimo señor Comisario Central de Aguas, don José María Gil Egea; el ilustrísimo señor Director del Instituto de Hidrología del C.S.I.C., don Florentino Briones, y la ilustrísima señora Decana de la Facultad de Ciencias Geológicas, doña Carmina Virgili.

Se inició la sesión con unas palabras de la Decana, a modo de presentación de dicho acto más que del conferenciante, ya que era ésta su tercera intervención a lo largo de los XI Cursos celebrados (recordamos los títulos de sus anteriores conferencias: "La hidrogeología: Investigación de desarrollo" y "Contaminación de acuíferos subterráneos"), a continuación el señor Gómez Angulo pronunció la lección de clausura, en la que analizó el papel que ha venido jugando la Administración española en la gestión de las aguas y expuso sus criterios sobre el que, a partir de ahora, debe realizar. La diferencia fundamental es que la Administración, salvo honrosas excepciones, no ha estado al servicio de los administrados, como puso de manifiesto en una serie de casos concretos, sino que al administrar se ha creído propietaria de unos bienes que son patrimonio del pueblo. En el momento en que este pueblo ha escogido a sus representantes para que marquen los límites de actuación del Gobier-

no dentro de la Constitución, el Gobierno estará fiscalizado por las Cámaras Legislativas y cualquier decisión que suponga la corrección de los desequilibrios hidráulicos deberá ser discutida por los representantes de las regiones afectadas.

Considera que una de las primeras acciones de las nuevas Cortes no podrá ser la confección de una Ley de Aguas, pero sí se encontrará entre las prioritarias, una vez superados los temas constitucionales. El agua es cada vez un bien más escaso y su pureza está deteriorada. Algunas provincias están amenazadas de desaparición y el 60 por 100 de sus habitantes no saben lo que es tener un grifo en sus casas, y, cuando lo tienen, en pleno invierno no sale agua por el grifo en más de doce horas al día.

Es un problema de justicia que avala la prioridad con que el conferenciante lo califica.

Analizó someramente los doce aspectos que deben tenerse en cuenta para sustituir la secular Ley de Aguas, desde defender una sola Ley para las aguas continentales y marítimas, en función del ciclo único de las aguas, hasta la reorganización de la Administración para que supere trasnochadas competencias ministeriales que impiden una ágil política hidráulica. Expuso sus criterios sobre la propiedad del agua, que considera que ha de ser pública en la mayoría de los casos; sobre el uso y sobre el precio, en tarifas escalonadas que hay que aplicar.

Tras la brillante disertación del señor Gómez Angulo, se procedió por el Secretario de la Comisión Docente a la lectura de la Memoria de Actividades del XI Curso de Hidrogeología "Noel Llopis" para graduados y a continuación se hizo la entrega de Diplomas a los veintiséis participantes de esta edición del Curso.

Por último, el ilustrísimo señor Director General de Universidades don Juan A. Arias Bonet pronunció unas palabras destacando la importancia de la colaboración de los diferentes organismos con la Universidad, agradeciendo esta colaboración en la realización del Curso que finalizaba, y procedió a clausurar el mismo.

Clausura del I Curso "Roso de Luna" de investigación y economía de los recursos geológico-mineros

El pasado día 23 de junio tuvo lugar la clausura del I Curso Roso de Luna, sobre investigación y economía de los recursos geológico-mineros que se celebró en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Presidió don José Sierra López, Director General de Minas e Industrias de la Construcción.

Se comenzó con la intervención del Subdirector del Instituto Geológico y Minero de España, don Mariano Echevarría, que como Secretario del Curso hizo un amplio balance del mismo señalando la amplia acogida que ha tenido ya que han sido 259 los alumnos matriculados, habiendo intervenido 59 técnicos a lo largo de las siete áreas en que se había dividido el curso.

A continuación el señor Miró Chavarría, Consejero Director General de Río Tinto, desarrolló la conferencia de clausura que versó sobre el tema "El desarrollo de la investigación tecnológica en las empresas españolas".

Comenzó el señor Miró haciendo una síntesis histórica del desarrollo de la tecnología en España, que no tuvo interés para las empresas hasta mediados de la década de los 60.

Se refirió después a la importancia de la innovación dentro del desarrollo tecnológico, definiéndola como la introducción de nuevos elementos que modifican de alguna manera un proceso productivo, de lo que resulta una aportación tecnológica. Este es el caso de países como Italia y Japón que han introducido ligeras modificaciones en procedimientos tecnológicos importados, que después de transformados han desarrollado como propios.

Más adelante indicó que había dos tipos de desarrollo para la empresa: uno cuantitativo y otro cualitativo. El desarrollo cuantitativo de nuestras empresas; es decir, la creación de grandes plantas de producción, no era posible en los años 50 por falta de mercado. En los años 60 la situación cambió: había mercado, pero el desarrollo cuantitativo fracasó por falta de tecnología. Hoy, España ha formado una estructura tecnológica que le permite abordar ese desarrollo cuantitativo.

Respecto al desarrollo cualitativo es el que se presenta como modelo para los años 80. Más que a las grandes producciones cuantitativas de un solo producto, las empresas deben diversificarse en una rama de producción.

Otro problema que deberán afrontar las empresas a partir de ahora es el de la calidad de vida. El punto de localización de las empresas va a ser decisión fundamental, ya que deberá estar subordinado a la lucha contra la contaminación.

El señor Miró se preguntó después qué resulta más interesante para el país, si decidirse por el desarrollo de la tecnología propia o adquirirla en el exterior. "La decisión —dijo— parece que se ha dirigido en esta última dirección. De esta manera hemos pasado de pagar 7.000 millones de pesetas en 1965 a 18.000 millones diez años después. Pero lo más preocupante y todavía difícil de explicar por falta suficiente de elementos de juicio es que en 1976, con 36.000 millones de pagos por regalías (palabra que antepuso a la de "royalties"), hemos duplicado esa cifra."

Afirmó más adelante que el mercado tecnológico era muy poco transparente, ya que en el mismo se interfieren muchos intereses. Por ello, es fundamental para las empresas estudiar el verdadero coste de la tecnología que, en todo caso, debe crecer lentamente. Cada empresa debe tener una oficina de investigación adecuada; es decir, aquel a partir del cual se obtienen beneficios a largo plazo.

El señor Miró dijo también que era preciso realizar investigación tecnológica en España porque nuestro país tenía una serie de recursos naturales con unas características peculiares que hacían que si no los investigáramos nosotros no los investigaría nadie. Citó el ejemplo de la empresa A. I. P. S. A., que lleva ya invertidos unos 700 millones de pesetas para hacer viable el aprovechamiento de las cenizas de piritas de Huelva.

España tiene también un campo abierto para su tecnología en América del Sur, Oriente Medio y algunos países de África.

Por último, puso de relieve que los problemas tecnológicos que habrán de afrontar las empresas en la próxima década abarcan cuatro campos: el técnico, el económico, el legal y el político. Ello va a implicar y condicionar la estructura de las empresas. Los problemas técnicos casi siempre pueden resolverse, aunque nunca se sabe a qué coste. Así, por ejemplo, el problema de la lucha contra la contaminación en la industria química puede suponer un incremento de los costes de un 25 por 100, lo que lleva implícito una renuncia del crecimiento cuantitativo en favor del cualitativo.

Noticias

GEOLOGIA

ESTUDIO POR EL IGME DE LA RELACION DE LA TECTONICA DE PLACAS Y ALGUNOS TIPOS DE MINERALIZACIONES EN EL AMBITO PENINSULAR

Por el IGME se está realizando en base a la interpretación de las imágenes del satélite Landsat-1, en banda 6, de la totalidad del territorio nacional.

Los trabajos comprenden una investigación a través de la correlación de los aspectos siguientes: Unidades geológicas superficiales, tectónica de placas, topografía, sismicidad, geotermismo, anomalías de Bouguer y cuencas de deposición. El estudio integral de dichos parámetros y su relación con ciertos tipos de mineralizaciones es el objetivo principal del programa.

DATAACION DE FOSILES

El Dr. Jeffrey Bada, de la "Scripps Institution of Oceanography" (La Jolla, Calif.) ha desarrollado un nuevo método de datación de fósiles, basado en el hecho de que los aminoácidos son levógiros cuando forman parte de un organismo vivo, y se convierten gradualmente en dextrógiros, a una velocidad característica, aunque desgraciadamente muy influida por la temperatura del medio, cuando el organismo muere. Aplicando este método, denominado racemización de aminoácidos, a los restos humanos encontrados en 1926 en la costa californiana, cerca de la Jolla, que estaban conservados en el Departamento de Geografía de la "Texas A & M University", obtuvo unos resultados que indicaban una antigüedad de cuarenta y ocho mil años. Esta cifra modifica la de veinte mil aceptada hasta ahora.

MINERIA

INVESTIGACION MINERA DE MACIZOS BASICOS Y ULTRABASICOS EN EL N.O. DE ESPAÑA

Por la División de Minería del IGME se está llevando a cabo el estudio de estos macizos con vistas a conocer su potencialidad minera en los minerales prioritarios siguientes: Níquel, cromo, cobre y asbestos.

La investigación actual se extiende a las áreas de Sobrado y Carballo-Monte Castelo en la provincia de La Coruña.

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y LA INVESTIGACION MINERA PARA SN. Y W.

Se realizan investigaciones de áreas del N.O. y del Oeste Peninsular (Lugo, Orense, Zamora, Cáceres, Salamanca).

El trabajo primordial lo constituye la prospección de formaciones graníticas tipo Laza para la puesta en evidencia de otros posibles yacimientos de diseminación mineral.

SE INICIARON LOS TRABAJOS EN CUAJONE (PERU)

El 25 de noviembre de 1976 se inauguraron los trabajos de explotación de cobre del yacimiento de Cuajone. El acto es de gran importancia, puesto que con la marcha del proyecto, el Perú habrá alcanzado, en los próximos años, una producción aproximada de 400 toneladas anuales de cobre fino.

HULLA: DESCIENDEN PRODUCCION Y CONSUMO

La producción nacional de hulla vendible durante octubre de 1976 fue de 656.146 toneladas, lo que supone un descenso del 12,06 por 100, frente a las 746.087 toneladas obtenidas en el mismo mes del año anterior, según datos del boletín "Hunosa".

Los días de trabajo han tenido una media ponderada de 23,70, que supone, igualmente, un descenso del 7,42 por 100 respecto a la media de 25,6 conseguida en octubre de 1975.

La producción de toneladas por día de trabajo ha descendido también en un 5,01 por 100, al pasar de 29.144 en 1975, a 27.685 en octubre de 1976.

Finalmente, el mayor descenso lo acusa el capítulo del consumo interior bruto, que bajó de 1.151.159 toneladas en octubre del 75, a 904.156 en el mismo mes de 1976, es decir, un 21,46 por 100.

Respecto al período enero-octubre de 1976, se llevaban producidas 5.602.620 toneladas, frente a los 6.343.759 de octubre del 75, con un descenso, por tanto, del 11,68 por 100.

La media ponderada de los días de trabajo se mantenía prácticamente igual en ambos períodos —242,40—, con un ligerísimo aumento positivo del 0,09 por 100.

La producción de toneladas por día de trabajo disminuyó en un 11,76 por 100, al pasar de 26.194 en enero-octubre del 75, a 23.113 en el mismo plazo del 76.

El consumo interior bruto arrojaba igualmente una variación negativa del 14,85 por 100, al ser de 8.352.457 toneladas en enero-octubre de 1976, frente a 9.809.014 en el mismo período de 1975.

Las compras exteriores de hulla coquizable durante el pasado mes de noviembre aumentaron un 78,3 por 100, y su valor monetario lo hizo en un 88,1 por 100, según datos de Hunosa.

Estados Unidos exportó a España durante el mismo período 230.765 toneladas, incrementándose la cifra en relación con la misma época de 1975 en 131.000 toneladas. El desembolso en divisas que supusieron estas importaciones fue de 992 millones de pesetas, 580 millones más que en noviembre de 1975.

Por su parte, las adquisiciones a Polonia se elevaron a 159.073 toneladas, que se cotizaron a 3.862 pesetas la tonelada.

FUSION DE LAS SOCIEDADES EXPLOSIVOS RIO TINTO Y RIO TINTO PATIÑO

Por fin, se ha llevado a cabo la esperada unión de las compañías Unión Explosivos Río Tinto y Río Tinto Patiño. Esta unión se espera que pueda producir indudables beneficios, tanto para la economía de la nueva empresa como por la repercusión lógica que ha de redundar en la particular economía del pueblo minero.

MINERAL DE ALTO VALOR PARA LA INDUSTRIA ESPACIAL

El Instituto Geológico y Minero de España, que realiza actualmente estudios de las posibilidades mineras de la zona limítrofe de las provincias de Lugo y León, ha hallado indicios de la existencia de europio, elemento de gran interés para la moderna industria espacial. El europio, integrante de una de las tres clases de monacitas encontradas en la zona de los Ancares y Caurel, alcanza precios del orden de las 500.000 pesetas el kilo, y entre sus aplicaciones destaca la utilización en los tubos de televisión en color, en las varillas para control de la desintegración nuclear en cadena de los reactores y en la mejora de la luminosidad y calidad de la luz de las lámparas fluorescentes.

El descubrimiento de estos indicios de europio, y su alto precio, ha movido a que se siga investigando, pese a que cada nuevo paso en este camino supone mayores inversiones. Además hay que advertir que en España se carece de una tecnología y experiencia en este tipo de criaderos. Sin embargo, y volviendo sobre la zona de investigación, en la prospección se ha determinado la existencia de monacitas procedentes de la demudación de las pizarras de la región.

Cabe señalar que el interés de la zona aumenta al saber que en la Bretaña francesa hay pizarras del mismo tipo y se está explotando y obteniendo europio. La similitud del contexto geológico es dato optimista para los investigadores.

En el Instituto Geológico y Minero afirman que, de momento, no hay nada sobre yacimientos, sino indicios de existencia de europio. De existir yacimientos, todavía por demostrar, luego habría que estudiar las posibilidades de rentabilidad de los mismos. De momento, se tardarán dos o tres años para el desarrollo aceptable de los primeros pasos.

MINERIA SUBMARINA A 2.200 METROS DE PROFUNDIDAD

El proyecto minero más insólito que se conoce en la historia de la minería, en el caso de que los cálculos de rentabilidad sean acertados, será puesto a punto a principios de la década de los 80, con una explotación minera que producirá anualmente 100.000 toneladas de cinc y 20.000 de cobre del fondo del Mar Rojo y a una profundidad aproximada de 2.200 metros.

El Mar Rojo es una "fosa", consecuencia de los desplazamientos entre Africa y Arabia. En el fondo de esa grieta, y como consecuencia de una fase de desplazamiento más reciente, se ha formado una segunda grieta más estrecha, situada a unos dos kilómetros de profundidad por debajo del nivel del mar. En su base se desarrolla actualmente un intenso vulcanismo submarino, por el que cada milenio más o menos se producen erupciones de lava que surgen del subsuelo marino. En las pausas de estos fenómenos volcánicos salen de las profundidades del subsuelo marino aguas termales con temperatura elevada, las cuales arrastran metales en suspensión. En la grieta central es a veces tan abundante el transporte de metales que las aguas termales producen cuando salen del subsuelo marino y entran en contacto con el agua salada un cieno metálico con formación de una precipitación flocosa muy fina que se deposita en el fondo del mar en forma de sedimento de sales de hierro y manganeso, un cieno pardo e inconsistente que, con el tiempo, se endurece.

Este lodo contiene metales no férricos en cantidades tales equivalentes a la ley de un buen yacimiento en tierra firme (de un cinco a un seis por ciento de cinc y más de un por ciento de cobre). Los problemas técnicos de la extracción (bombeo mediante un sistema de tubos) y del beneficio los han resuelto tras varios años de trabajos previos. Para el beneficio del cobre y cinc han desarrollado ex profeso un sistema de "flotación de grano finísimo".

La mayor dificultad en esta primera explotación minera submarina la plantean los elevadísimos costos que requerirá la defensa del medio ambiente, los cuales deci-

dirán probablemente acerca de la rentabilidad de todo el proyecto, dado que los hidróxidos de hierro y manganeso, que son los que constituyen la gran masa, carecen de utilidad. No pueden ser arrojados al agua, ya que el cieno no descendería al fondo a causa de su finura e inconsistencia, se mantendría en suspensión durante largo tiempo y sería arrastrado por las corrientes marinas y daría al traste con toda la ecología marina.

La concepción fundamental de esta explotación está ya decidida. Desde un barco especial se bombeará el cieno, se procederá a la extracción de las partículas metálicas por flotación y a través de una segunda conducción se trasladará inmediatamente el cieno estéril al fondo del mar.

REVISTA DE MINERIA SUBMARINA

Bajo el título de "Marine Mining: The Journal of Sea Floor Minerals", se ha iniciado a primeros de 1977 la publicación de una revista especializada en minería submarina.

Versará sobre la exploración de los minerales del fondo del mar, su evaluación, extracción y métodos de tratamiento del mineral para la recuperación de los metales.

HIDROGEOLOGIA

EL I. G. M. E. ESTUDIARA LA HIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL DUERO

El Instituto Geológico y Minero de España, con base en estudios de años anteriores, ha procedido a elaborar un proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero. La ejecución de este proyecto ha comenzado durante el presente año, según se ha informado en fuentes del citado Instituto a Europa Press.

Por lo que se refiere a la investigación de aguas subterráneas, el Instituto realiza una importante tarea, que en el año pasado se concretó en el establecimiento de Delegaciones regionales permanentes en los centros de gravedad de las áreas estudiadas hasta la fecha, concretamente en las localidades de Ciudad Real (estudio de la cuenca del Guadiana), Albacete y Valencia (cuenca del Júcar), Murcia (cuenca del Segura), Sevilla (cuenca del Guadalquivir), Granada, Almería y Málaga (cuenca del Sur) y Palma de Mallorca, para la provincia de Baleares.

La misión fundamental de estas investigaciones ha sido, durante 1976, actualizar el inventario de puntos de agua; efectuar medidas piezométricas para seguir la evolución de los niveles; actualizar los balances de los distintos sistemas acuíferos; controlar la evolución de la calidad química del agua, para prevenir situaciones irreparables, y prestar asesoramiento técnico a entidades oficiales y particulares.

Dentro del apartado correspondiente a la calidad química del agua, la actuación del Instituto Geológico se centró, el pasado año, entre las cuencas hidrográficas estudiadas, en las zonas de más intensa explotación y de mayor riesgo de contaminación de aguas subterráneas; es decir, en las áreas costeras de Levante.

Toda la información sobre puntos de agua, recopilada en los diversos proyectos, ha quedado registrada en el Archivo Nacional de Puntos Acuíferos que lleva el citado Instituto. Durante 1976 se tomaron datos de unos 12.000 puntos de agua.

MINERALURGIA

PLAN CONTRA LA CRISIS DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA EUROPEA

Tras las pertinentes consultas con la CECA y los países miembros de la Comunidad, la Comisión Europea ha puesto en funcionamiento un plan cuyo propósito es organizar el mercado comunitario del acero.

El plan —elaborado por Henri Simonet, miembro de la Comisión encargada de los problemas siderúrgicos— prevé la implantación, con carácter indicativo, de programaciones de perspectivas en función de países y empresas, lo que en la práctica equivale a un compromiso voluntario de establecer contingentes de producción y de entrega. En caso de que esta política de compromisos voluntarios no produjera resultados positivos, la Comisión puede llegar a determinar precios mínimos de referencia para las empresas siderúrgicas radicadas en la CEE, como paso previo a la eventual fijación de precios mínimos obligatorios.

En el ámbito exterior, después de la reciente firma del compromiso encaminado a la autolimitación de las exportaciones japonesas hacia la Comunidad, la Comisión viene manteniendo negociaciones con otros países terceros —España, Brasil y Suecia—, con el fin de suscribir con ellos acuerdos de naturaleza semejante.

HIDROCARBUROS

OLEODUCTO NORPERUANO

El primer semestre de 1977 se bombearán entre 40 y 50.000 barriles diarios de petróleo a través del oleoducto. El segundo objetivo consistirá en la conexión del ramal de la zona occidental, financiado con fuente externa y que pronto debe comenzar, con lo que se llegará a unos 100.000 barriles diarios, para completar así las necesidades internas.

RESERVAS PETROLIFERAS EN LA PLATAFORMA NORUEGA

Según estimaciones oficiales procedentes del informe anual que publica la Dirección General del Petróleo de Noruega, las reservas de crudos existentes en la plataforma continental y que constituyen yacimientos explotables, ascienden a 1.250 millones de toneladas, cantidad suficiente para cubrir las necesidades de consumo de este país durante ciento cuarenta años. En esta cifra se incluyen tanto yacimientos de crudo petrolífero, como de gas natural, y se refiere a los diez yacimientos cuya explotación ha sido autorizada y que son: Ekofisk, Vest-Ekofisk, Tor, Edda, Cod, Eldfisk, øst-Eldfisk, Albuskjell, Frigg y Stratfjord.

La producción prevista oficialmente para 1985 es de 75 millones toneladas de crudos (petróleo y gas natural), cifra que está muy por debajo del máximo de 90 millones toneladas año, señalado por el gobierno noruego.

RESERVAS MUNDIALES DE PETROLEO Y GAS NATURAL. INVESTIGACION PETROLIFERA Y GASIFERA (*)

Las reservas de petróleo recuperables estimadas para el 1 de enero de 1977 nos dan la cifra de 599.000 millones de barriles (**), inferior a la correspondiente a la misma fecha de 1976. Pero cabe dudar de esta cifra por cuanto hay bastantes países que, por razones estratégicas y comerciales, consideran secreta la información y no aportan datos fiables.

Hecha esta salvedad, reseñamos los datos publicados según los cuales cerca del 60 por 100 de las reservas mundiales están situadas en el Oriente Medio, mientras los países comunistas tienen, solamente, un 16,9 por 100 del total, que supera Arabia Saudita sola con cerca del 20 por 100.

Las reservas de Europa, con el 4,17 por 100 de las mundiales, suponen mayor participación que en la producción, cosa lógica si se tiene en cuenta que esta última se está desarrollando todavía.

De las reservas recuperables de gas natural, las estadísticas disponibles dan, para el 1 de enero de 1977, la cifra de unos 65,4 billones (10¹²) de metros cúbicos, cifra que también es inferior a la anterior por las mismas causas, posiblemente, que para el petróleo. De este total más del 41 por 100 pertenece a los países comunistas, correspondiendo a Rusia sola el 39,8.

Frente a esta gran participación, los Estados Unidos obtienen el 50 por 100 de la producción total, en reservas no llegan al 10 por 100 del valor mundial.

Europa, en mejor situación, posee el 6,1 por 100 de las reservas mundiales de gas.

(*) De la memoria de CEPISA, 26 de marzo 1977.

(**) Un barril equivale a 159 litros.

Para el futuro, se espera una gran aportación de Arabia Saudita —país verdaderamente privilegiado— tanto en reservas como en producción de gas.

Las reservas petrolíferas descubiertas y esperadas de Alaska, Méjico, Brasil, Mar del Norte etc., anticipan una menor dependencia para el mundo occidental.

Con respecto a investigación petrolífera y gasífera se está efectuando un esfuerzo colosal tanto en tierra como en mar para descubrir nuevos yacimientos, esfuerzo que será estimulado y apoyado más aún por los Gobiernos de los países deficitarios, con el de investigación y desarrollo de otras fuentes de energía y de toda clase de materias primas.

INVESTIGACION

INVESTIGACION MARINA 1976-1979 DE LA REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

El Ministro Federal de Investigación indicó las metas del programa para el que el Gobierno Federal pone a disposición la cantidad de 706 millones de marcos. Se trata de progresar en la investigación y técnica relativa al mantenimiento de la pureza biológica del mar; conseguir una explotación de fuentes marinas de alimentación así como de descubrir nuevos yacimientos de hidrocarburos y de materias primas minerales en el mar. La explicación y dominio de los procesos naturales en las costas y terrenos costeros, y también a la predicción de fenómenos físicos tanto en la atmósfera marítima como en el mar mismo. Importancia especial se concederá al fomento de los procesos de desarrollo de la técnica "offshore" para la extracción de petróleo, gas natural y materias primas minerales.

URANIO DE MENAS DE CONCENTRACION

Tres importantes firmas, una norteamericana, otra alemana y una tercera francesa, van a colaborar en un proyecto de investigación, subvencionado con 1,8 millones de dólares para la extracción de uranio de menas de concentración baja. La técnica a utilizar es por lixiviación, inyectando el disolvente en los depósitos de mineral y bombeando seguidamente la solución a través de resinas de intercambio iónico.

REUNIONES CIENTIFICAS

COMIENZA EN OVIEDO EL CONGRESO NACIONAL DE SEDIMENTOLOGIA

En la capital asturiana ha comenzado el VIII Congreso Nacional de Sedimentología que desarrollará sus actividades en esta provincia y, en la de León, donde tendrá lugar la clausura.

CONTAMINACION

IRRESPONSABILIDAD INTERNACIONAL EN LA CONTAMINACION DEL MEDITERRANEO

La mayoría de los puertos de carga de petróleo no tienen instalaciones para la descarga de lastre, a pesar de estar obligados por acuerdos internacionales, y los buques no tienen tiempo ni posibilidad de separar los lastres y descargarlos de acuerdo con las más elementales reglas de anticontaminación, según informa el boletín "Iber-tanques".

Aparte la contaminación causada por los ríos y desagües costeros, la que proviene de los desastres de los buques adquiere progresivamente caracteres más alarmantes, y de modo especial en el Mediterráneo, mar cerrado, con un denso tráfico marítimo y gran cantidad de puertos de carga y descarga de petróleo.

Para evitar el envenenamiento progresivo, sería urgente que todas las naciones ribereñas se pusieran de acuerdo para imponer una estricta legislación y control en este sentido.

Sin embargo, y por incomprensible que parezca, sólo Grecia, Israel, Kuwait, Egipto, Nigeria, Rusia, Túnez, España, Chipre, la Liga de Estados Arabes, Suecia y Noruega se han pronunciado definitivamente en favor de la adopción de medidas pertinentes.

Italia, Japón y Estados Unidos no se han pronunciado en ningún sentido, mientras que Holanda, Inglaterra, Liberia, Canadá, Chile, Brasil, la India y Australia se han declarado en contra.

Pero la postura más incalificable en este sentido es la adoptada por Francia, una de las naciones mediterráneas que más contaminación produce potencialmente, y que se ha mostrado opuesta a una legislación de control en este campo.

En la Conferencia Internacional de I. M. C. O. 1973 se aprobó la obligación de que todos los petroleros superiores a 70.000 toneladas de peso muerto de nueva construcción llevaran lastre segregado. La próxima reunión del Comité para la Protección del Medio Ambiente Marítimo se reunirá el próximo mes de junio. Es de vital importancia que las naciones citadas reconsideren su postura antes de que el Mediterráneo se convierta en un vertedero de los pueblos ribereños y de todos los petroleros que a través de él despachan los crudos a todo el mundo.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

AGUA CALDEADA CON ENERGIA SOLAR

Con destino a la planta de uranio de la firma "Sohio Petroleum Co.", situada cerca de Grants (Nuevo Méjico), esta empresa, en cooperación con el organismo "Energy Research & Development Administration", está ensayan-

do un nuevo tipo de sistema de calentamiento de agua por energía solar, consistente en una serie de estanques poco profundos, cubiertos con una película de plástico, a modo de invernadero, de 60 metros de longitud por 3,6 metros de anchura, que han sido diseñados por el "Livermore Laboratory", de la Universidad de California. La planta de uranio necesita unos 3 m³ diarios de agua a unos 60° C y los diseñadores del sistema estiman que una instalación de estos estanques con una superficie de unas 2,5 hectáreas, podría proporcionar aproximadamente la mitad de esta demanda de agua, a un coste inferior al del agua calentada por quemadores de fuel convencionales. Por otra parte, el uso de este nuevo sistema como auxiliar supondría una economía de 20.000 barriles de petróleo por año.

LA TECNICA DE LECHO FLUIDIZADO PARA EL APROVECHAMIENTO DE CARBONES

Cuando se prepara carbón pulverizado, las materias minerales inútiles son trituradas simultáneamente con el carbón, con reducción de su rendimiento energético y aumento del coste de fabricación, al tiempo que se produce una elevada cantidad de cenizas.

Por estas causas, los carbones con un contenido elevado de impurezas no son utilizados, acumulándose en forma de escoriales en las zonas contiguas a las mismas.

Una solución a dichos problemas puede constituir la técnica del "lecho fluidizado", propuesta por los ingleses en 1968 y cuyo estudio experimental se realiza actualmente en Estados Unidos, en el reactor experimental de Argonne, así como en el reactor situado en Gran Bretaña mediante un programa de investigación de alcance internacional y en el que participan Estados Unidos, Gran Bretaña y la República Federal Alemana.

Con la técnica de lecho fluidizado no es preciso reducir a polvo el carbón que se va a utilizar. Es suficiente triturarlo en trozos de dimensiones inferior a un centímetro. A continuación, se coloca el carbón sobre una rejilla fina, a través de la cual se insufla aire a presión. Al paso de éste, el sólido es empujado ligeramente hacia arriba, formándose como un "lecho" de sólido y gas que se comporta como si fuera un líquido y de aquí su nombre de "lecho fluidizado". Es en este "lecho" en el que tiene lugar la combustión.

Esta técnica ofrece las ventajas siguientes. Para una determinada potencia, el reactor de lecho fluidizado es mucho más pequeño que los reactores clásicos. La temperatura de combustión es bastante inferior, del orden de los 1.000° C, con lo cual no se forman escorias. Después de cierto tiempo de operación el lecho fluidizado está constituido exclusivamente por materias minerales incombustibles, es decir, por cenizas. Como el carbón nuevo que se va introduciendo en el lecho fluidizado se quema casi instantáneamente, los gases de combustión se encuentran en contacto con una gran cantidad de

mineral. A esta materia se le puede agregar un carbonato de calcio, para fijar el gas sulfuroso, que se forma durante el proceso de combustión, en forma de sulfato.

En la técnica de lecho fluidizado el calor producido por combustión del carbón puede recogerse de dos formas: según los métodos clásicos, directamente de los gases de combustión mediante el establecimiento de ciclones, o bien, introduciendo en el lecho fluidizado una tubería refractaria por la que se hace circular agua. La expulsión de las cenizas se verifica de forma espontánea por un orificio situado en la parte superior del lecho, por el que salen cuando el nivel del lecho supera la altura a la cual se encuentra situado aquel.

De momento, los lechos fluidizados en experimentación son del orden de algunos metros cuadrados, debido a que los lechos de mayores dimensiones resultan inestables. Esta técnica, todavía en sus primeros pasos, presenta posibilidades muy prometedoras, ya que con ella se podrán explotar carbones muy pobres, e incluso pizarras bituminosas.

PURIFICACION DEL AGUA POR MEDIO DE ENZIMAS

Enzimas, tales como las que utiliza la naturaleza para mantener limpia el agua, serán aprovechadas en el futuro para elevar considerablemente la capacidad de rendimiento de los depósitos clarificadores de aguas residuales. La utilización de enzimas tendría la ventaja de que no se formaría ningún tipo de lodo, siendo solamente fomentados los procesos naturales de purificación.

En las aguas naturales existe un ciclo de sustancias que es objeto desde hace años de la investigación de Overbeck y colaboradores, habiéndolo simulado experimentalmente en el laboratorio. Encontraron enzimas disueltas en el agua, y que al parecer proceden de microorganismos que viven en ella y son eliminadas activamente por estos, o bien quedan libres al autodiluirse las células. Se puso de manifiesto que estas enzimas son activas también en esta forma libre disueltas, y que juegan un papel activo en la eliminación de impurezas biológicas del agua.

Tuvo la idea de reforzar los efectos de las etapas de purificación biológica de los depósitos clarificadores, por medio de la adición de preparados de enzimas, es decir, de enzimas conseguidas artificialmente.

El empleo del granulado de fermento en un depósito clarificador se podría limitar primeramente a las horas punta de producción de aguas residuales, por la mañana, mediodía y tarde, respectivamente. Una instalación clarificadora ya existente se podría utilizar así mucho más intensamente, y los planes para su ampliación podrían retrasarse algunos años. Esta técnica se base en principios plenamente naturales. Se trata simplemente de reforzar los procesos de eliminación, tal como los utiliza la naturaleza desde siempre.

ECONOMIA

CANON PETROLERO PARA DESARROLLO DEL ORIENTE PERUANO

En 2.500 millones de soles anuales se estima el ingreso que dejará el canon petrolero para impulsar el desarrollo de la región oriental. El Presidente de la Cámara de Comercio e Industria de Loreto destacó que nunca antes la región había tenido estos recursos para su desarrollo.

INVERSIONES PARA LA INDUSTRIA PERUANA

El Ministerio de Industria y Turismo autorizó en octubre último inversiones privadas por un total de 2.493 millones de soles, sólo para el sector de industria. La cifra es más o menos parecida a la de septiembre, cuando se invirtieron 2.851 millones.

EL CEMENTO, EN CIFRAS

(Miles de Tm.)

Años	Producción	Consumo	Exportación	Disponible para exportación
1970	16.536	16.595	—	—
1971	16.993	16.603	—	—
1972	19.442	18.914	—	—
1973	22.239	21.521	—	—
1974	23.660	22.152	1.511	—
1975	23.969	20.800	3.226	—
1976	25.786	21.340 (1)	4.446	—
1977	32.314 (*)	22.407 (*)	—	9.901 (*)
1978	32.314 (*)	23.527 (*)	—	8.787 (*)
1979	32.314 (*)	24.703 (*)	—	7.611 (*)
1980	32.314 (*)	25.938 (*)	—	6.376 (*)

(*) Estimado, suponiendo una utilización de la capacidad de producción de clínquer (producto base del cemento) del 85 por 100, y un crecimiento anual del consumo del 5 por 100.

VARIOS

AGUAS MINEROMEDICINALES

Ha sido designado Presidente de la Comisión para el estudio de los manantiales de aguas mineromedicinales, el Académico de Farmacia e Ingeniero de Minas Juan Manuel López de Azcona, quien desempeñaba la Secretaría de dicha Comisión.

(1) Estimado, según datos provisionales.



Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
132	12399	3-VI-77	Ind.	CONCESIONES DE EXPLOTACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
132	12398	3-VI-77	Ind.	PERMISOS DE INVESTIGACION.—Resoluciones por las que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
132	12398	3-VI-77	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Oviedo.
133	12540	4-VI-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Oviedo.
133	12540	4-VI-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Teruel.
140	13243	13-VI-77	Ind.	CONCESIONES DE EXPLOTACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
140	13243	13-VI-77	Ind.	PERMISOS DE INVESTIGACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de las segregaciones de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
143	13627	16-VI-77	Ind.	CONCESIONES DE EXPLOTACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita.
148	14003	22-VI-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
HIDROCARBUROS				
131	12318	2-VI-77	Ind.	HIDROCARBUROS, PERMISOS DE INVESTIGACION.—Real Decreto de resolución del expediente de solicitud de dos permisos de Investigación de hidrocarburos de la zona C), subzona a).
131	12318	2-VI-77	Ind.	CORRECCION DE ERRORES del Real Decreto 898/1977, de 4 de marzo, de otorgamiento de los permisos de investigación de hidrocarburos "Vizcaya-A" y "Santander-C".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
131	12318	2-VI-77	Ind.	CORRECCION DE ERRATAS del Real Decreto 901/1977, de 4 de marzo, por el que el Estado encomienda al Instituto Nacional de Industria la investigación del Permiso "Jaca".
132	12362	3-VI-77	Ind.	HIDROCARBUROS.—Real Decreto por el que se dictan normas complementarias sobre el régimen jurídico de la exploración, investigación y explotación de hidrocarburos encomendados al Instituto Nacional de Industria.
144	13711	17-VI-77	Ind.	HIDROCARBUROS. PERMISOS DE INVESTIGACION.—Orden por la que se declaran extinguidos los permisos de investigación de hidrocarburos "Cati" y "Santa Magdalena", por renuncia de sus titulares.
145	13815	18-VI-77	Ind.	ORDEN por la que se declara franca y registrable determinada área investigada por el Estado.
RESERVAS				
145	13815	18-VI-77	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para explotación e investigación de yacimientos minerales de carbón, en un área de las provincias de Lérida y Gerona.
148	14047	22-VI-77	Ind.	RESOLUCION por la que se reduce y modifica la delimitación que comprende el área a que afecta la inscripción número 33, "Zona Noroeste", comprendida en las provincias de La Coruña, Lugo, Orense, Oviedo, León y Zamora.
VARIOS				
144	13711	17-VI-77	Ind.	INSTALACIONES ELECTRICAS.—Resolución por la que se autoriza a "Hidroeléctrica Ibérica Iberduero, S. A.", el establecimiento de la línea eléctrica que se cita.
145	13808	18-VI-77	Ind.	AGUAS POTABLES DE MANANTIAL.—Resolución por la que se autoriza como agua potable de manantial el agua "Gonal", del término municipal de Vélez-Málaga (Málaga).
148	14042	22-VI-77	O. P.	APROVECHAMIENTOS DE AGUAS.—Resolución por la que se hace pública la concesión otorgada al Ayuntamiento de Llagostera de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas de la riera Bañacola, en término municipal de Llagostera (Gerona) con destino a abastecimiento.
151	14247	25-VI-77	O. P.	AGUAS RESIDUALES. VERTIDOS AL MAR.—Orden por la que se aprueba la "Instrucción para el vertido al mar, desde tierra, de aguas residuales a través de emisarios submarinos".
153	14368	28-VI-77	Ind.	FOMENTO DE LA MINERIA. SUBVENCIONES.—Orden por la que se fijan las normas para solicitar subvenciones de capital y transporte previstas en la Ley de Fomento de la Minería.
153	14441	28-VI-77	E. C.	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. ESPECIALIDADES.—Resolución por la que se publica la relación total de campos de especialización científicos y tecnológicos en que desarrollan su actividad los Centros dependientes de dicho Organismo.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

BERNARD DONVILLE: *Geologie néogène de la Catalogne orientale*. B.º Bur. Rech. Geolo. et Min., n. 3, pp. 177 a 210, 1976, París Cedex.

Ha efectuado el autor un estudio estructural de la zona nor-oriental de Cataluña, por medio de las imágenes transmitidas por el satélite ERTS-1. Aparece un número elevado de fracturas ordenadas según las direcciones preferenciales NE-SW y NW-SE. Estas configuran un mosaico de bloques, que actuaron verticalmente durante el neógeno, fenómenos tectónicos acompañados corrientemente por emisiones volcánicas. La geocronometría de los basaltos pone en evidencia tres fases principales:

Una fase portuense iniciada hace 10 m. de a. en el Ampurdán y terminada en la Selva, hace 7 m. de a.

Una fase plio-villafranquiense, extendida desde hace 5,12 m. de a., en Massanet, hasta hace unos 2,2 m. de a. en la fosa de Tordera.

Una fase cuaternario afectando al volcanismo del sistema transversal catalán con una época particularmente evidente hace 0,11 m. de a.

Estas dataciones sirven como jalón en la estratigrafía neógena de la región considerada, con lo que manifiesta el autor haber reconstituido la historia geológica de Cataluña oriental durante los diez últimos millones de años.

GASTON BEAUDET, DIETRICH HERM, RAYMOND LAHARIE y ROLAND PASKOFFH *Sur l'existence du Pliocène marin le long de la côte du Sud du Pérou*. Bull. Soc. Geol. de France, 1976, C. R. Fasc. 1, págs. 12 y 13.

A lo largo de la costa Sur de Perú afloran depósitos de arenas marinas compactas consideradas como pertenecientes al Cuaternario. Los autores dicen haber descubierto una macrofauna característica del Plioceno Superior y que por ello debe revisarse la datación de estas areniscas.—L. DE A.

HENRI PAUC y MICHELLE THUIBAULT: *L'hydrodynamique et la dynamique des sédiments en baie de Portman (province de Murcie, Espagne)*. B.º Bur. Rech. Geolo. et Min., n. 1976, París Cedex, pp. 211 a 221.

En ausencia de corrientes notables, las condiciones hidrodinámicas de la Bahía de Portman son gobernadas

por las olas bajo la dependencia de los regímenes meteorológicos de verano o de invierno.

El doble esquema hidrodinámico resultante es jalado por las distribución de masas materiales en suspensión y espumas.

El conjunto de los estudios realizados permitió a los autores definir la zona de sedimentación preferencial de finos, constantemente manipulada por las olas por su reducida profundidad, reemplazados con aportes nuevos. L. DE A.

CHRISTIAN MONTENAT y GERMAINE BIZON: *A propos de l'évolution géodynamique mio-pliocène en Méditerranée occidentale. L'exemple du bassin de Vera (Cordillères bétiques, Espagne méridionale)*. Soc. Geol. de France, C. R., fasc. 1, 1976, pp. 15 y 16.

La cuenca de Vera, al N-E de Almería, la presentan como un caso ejemplar de evolución geodinámica mio-pliocena de esta zona del Mediterráneo occidental. La mayor parte de sus fenómenos tectónicos y paleogeográficos se han desarrollado desde el mioceno superior al plioceno y los representan en una tabla adjunta al trabajo.

La continuidad de la sedimentación marina miopliocena y la carencia de evaporitas les permitió, según manifiestan, establecer por primera vez en el Mediterráneo occidental una sucesión micropaleontológica continua entre el Mioceno y el Plioceno.—L. DE A.

MICHELLE CARALP y MICHEL VIGNEAUX: *Donnees actuelles sur la sedimentation recente dans le Golfe de Gascogne*. Bull. Inst. Geol. Basin Aquitaine, 1976, 19, pág. 87-147.

Exponen un reducido balance de los conocimientos adquiridos en el Golfo de Gascuña en cuanto se refiere a la sedimentación reciente. Después de considerar el encuadramiento geológico del golfo, los datos tomados sobre el terreno, de edad antecuatnaria, son reagrupados en cuanto concierne al dominio de la plataforma continental y a la parte abisal.

Lo esencial del balance concierne a la sedimentación reciente. Menciona los tipos ambientes en el Golfo de Gascuña. Acentúan principalmente el aspecto climatológico, estratigráfico y paleontológico del Cuaternario marino, los problemas de tránsito sedimentario consecuencia de los materiales procedentes del continente o del aporte puramente oceánico.—L.

PALEONTOLOGIA

JEAN-LOUIS HENRY: *KERFORNELLA*, *Nov. Gen. trilobite HOMALONOTIDAE de l'ordovicien armoricain et ibérique*, *Geobios*, n. 9, fasc. 5, pp. 665-671 y 1 lám., octubre 1976.

En el macizo armoricano, *Kerfornella* nov. gen. re-agrupa a varios trilobites de Elanvirn y de Landeilo; "K. brevicaudata Deslongchamps" y "K. cf. brevicaudata" en Normandía, "K. miloni nov. sp" y "K. nov. sp. aff. miloni" en el sinclino medio. Estas especies, todas asignadas hasta el presente al "Plaesiacomia brevicaudata Deslongchamps", representarán dos líneas filéticas distintas. La existencia del "K. breviculata" en la arenisca de May inferior de la Normandía, y en las cuarcitas "Botella" de Sierra Morena oriental, confirman el interés estratigráfico de esta especie.—L.

YVES COPPENS y MIREILLE GAUDANT: *Découverte d'Elephas Iolensis Pomel dans le Tyrrhénien de Tunisie*.

El descubrimiento de un diente de "Elephas iolensis" en el "Tirrenense 11" de Túnez, incrementa el área de distribución de esta especie, y plantea un problema nuevo en relación con los enlaces existentes entre esta especie y la "E. recki".—L.

MINERALOGIA

BERTRAND FRITZ y YVES TARDY: *Séquences des minéraux secondaires dans l'altération des granites et roches basiques; modèles thermodynamiques*. *Bull. Soc. Geol. France*, 1976 (7), XVIII, n. 1, pp. 7-12.

Utilizan un programa de cálculo con ordenador, análogo al puesto en práctica por Helgeson, basado en los equilibrios termodinámicos, por simular las alteraciones de los granitos y de las rocas básicas a presiones parciales de gas carbónico y de oxígeno constantes. Coinciden con las observaciones naturales, la secuencia de los minerales secundarios obtenidos: goetita, gibsita, caolinita, calcita y varias montmorillonitas. Discuten los mecanismos geoquímicos de alteración de las rocas cristalinas.—L. DE A.

GEOQUIMICA

JEAN-CLAUDE DUMOND: *Action d'acides organiques divers sur des minéraux titanés (ilménite et rutile). Comparaison de leur pouvoir d'extraction du titane avec celui d'acides minéraux*. *Bull. Soc. Geol. France*, 1976 (7), XVIII, n. 1, pp. 75-79.

En edafología se considera generalmente al titanio como un elemento estable. En varios suelos se ha observado una movilidad de estratificación, la cual induce a suponer que, en determinadas circunstancias, puede hacerse móvil, a causa de compuestos orgánicos. Consecuencia de las observaciones del autor, dice haber puesto en evidencia el papel activo del ácido oxálico sobre la ilmenita.

La acción de este ácido sobre el rutilo, compuesto insoluble del titanio, incluso en el ácido fluorhídrico, fue tético positivo.—L.

MICHEL STEINBERG y CHANTAL COURTOIS: *Le comportement des terres rares au cours de l'altération et ses conséquences*. *Bull. Soc. Geol. France*, 1976 (7), XVIII, n. 1, pp. 13-20.

Es admitido que la alteración no produce fraccionamiento notable de las tierras raras, en unas con relación a las otras. En cierto número de los perfiles estudiados por los autores, han observado efectivamente una correspondencia con los espectrogramas de las rocas madres. No obstante, se asiste, en todos los casos, a un fraccionamiento importante del cerio, concentrado en los productos de alteración. Proponen, a título de hipótesis, añadir la alteración continental a los otros procesos susceptibles de explicar la anomalía negativa del cerio en el agua del mar.—L. DE A.

ANALISIS MINERAL

F. LA VILLA y Y. PEAN: *Dosage du Mercure dans le Gaz Naturel par absorption atomique sans flamme*. *Revista del Instituto Francés del Petróleo*, vol. XXXII, núm. 1, enero-febrero 1977, pp. 89-102.

Presentan el método puesto a punto por el IFP para determinar por absorción atómica sin llama, las trazas de mercurio metálico contenido en el gas natural.

El método de análisis necesita una extracción de mercurio sea bajo la forma de ión mercurio haciendo pasar el gas en una solución oxidante, sea bajo la forma de amalgama con el oro o la plata.

El primer método operatorio se aplica a las muestras cuya concentración en mercurio es superior a $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, el segundo para concentraciones inferiores a $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Los umbrales de detección son respectivamente $10 \mu\text{g}$ (en solución) y $0,3 \mu\text{g}$ (en amalgama). La reproductibilidad para $100 \mu\text{g}$ de mercurio (en amalgama) es de $\pm 7\%$ para una probabilidad de 95 %.

Como conclusión afirman que, en una muestra de gas natural, teniendo en cuenta el volumen de la toma de muestra efectuada, es posible detectar concentraciones del orden del nanogramo de mercurio por metro cúbico de gas.—L.

Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000
Realizado por la División Geotécnica del IGME
Mapas y Memorias publicados:

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

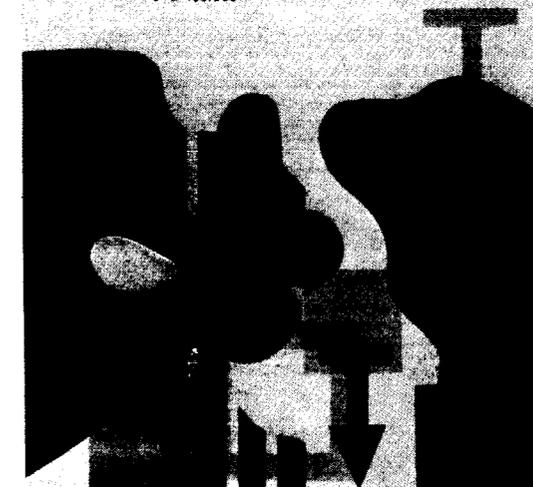
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4

MINISTERIO DE INDUSTRIA
DIRECCION GENERAL DE MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

HOJA 10-11

MAPA GEOTÉCNICO DE ORDENACION TERRITORIAL Y URBANA DE LA SUBREGION DE MADRID
MADRID
E: 1/100.000



Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4

Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División Geotécnica del IGME
Mapas y Memorias publicados:

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

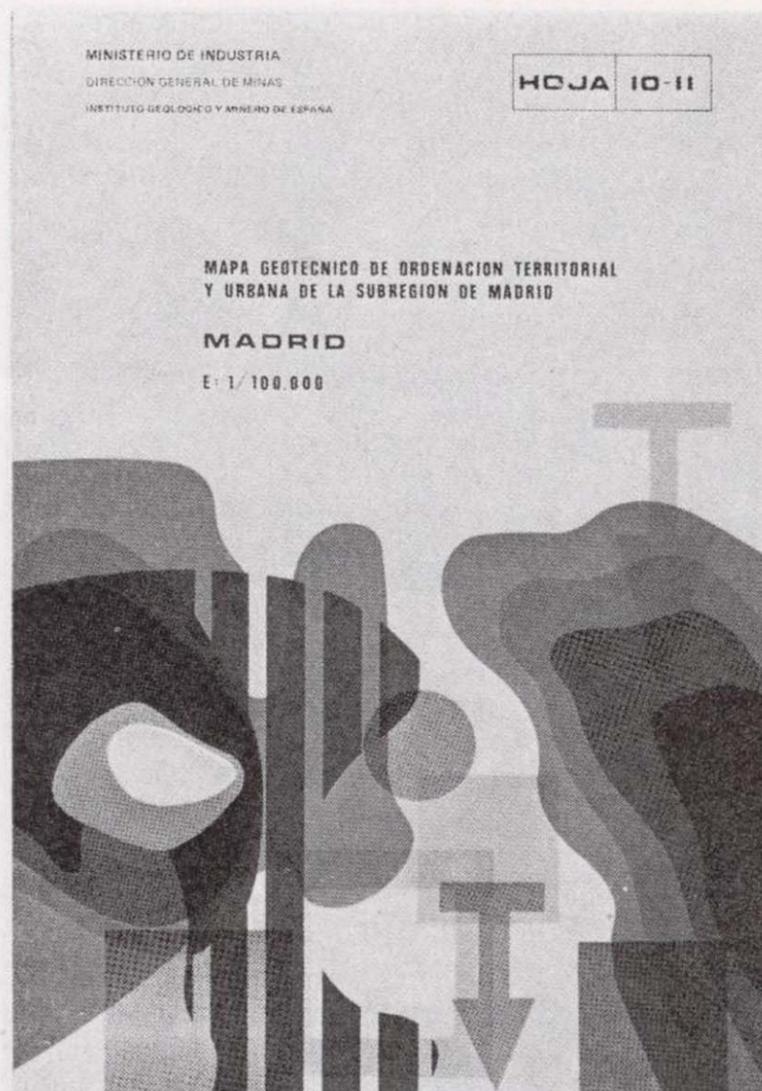
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

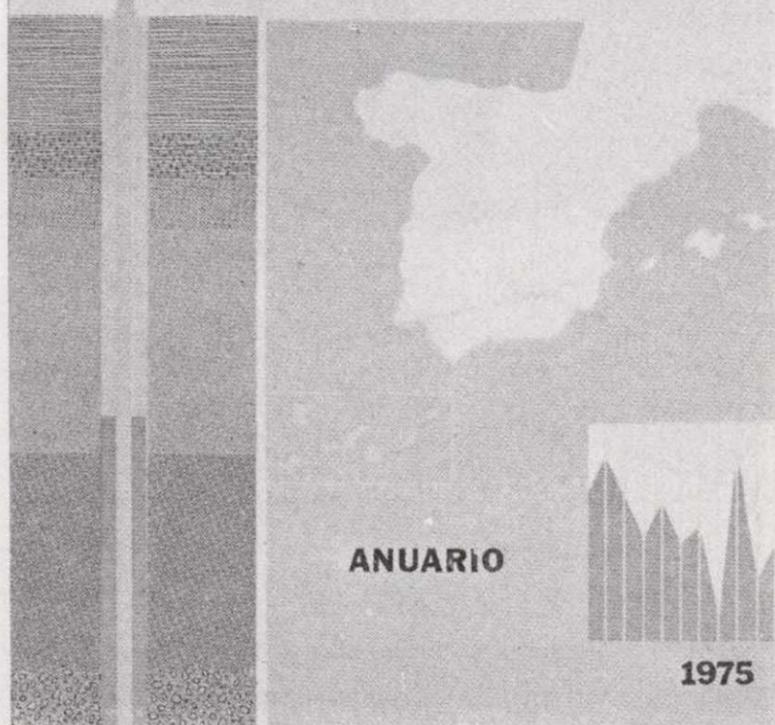
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS

CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR



Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

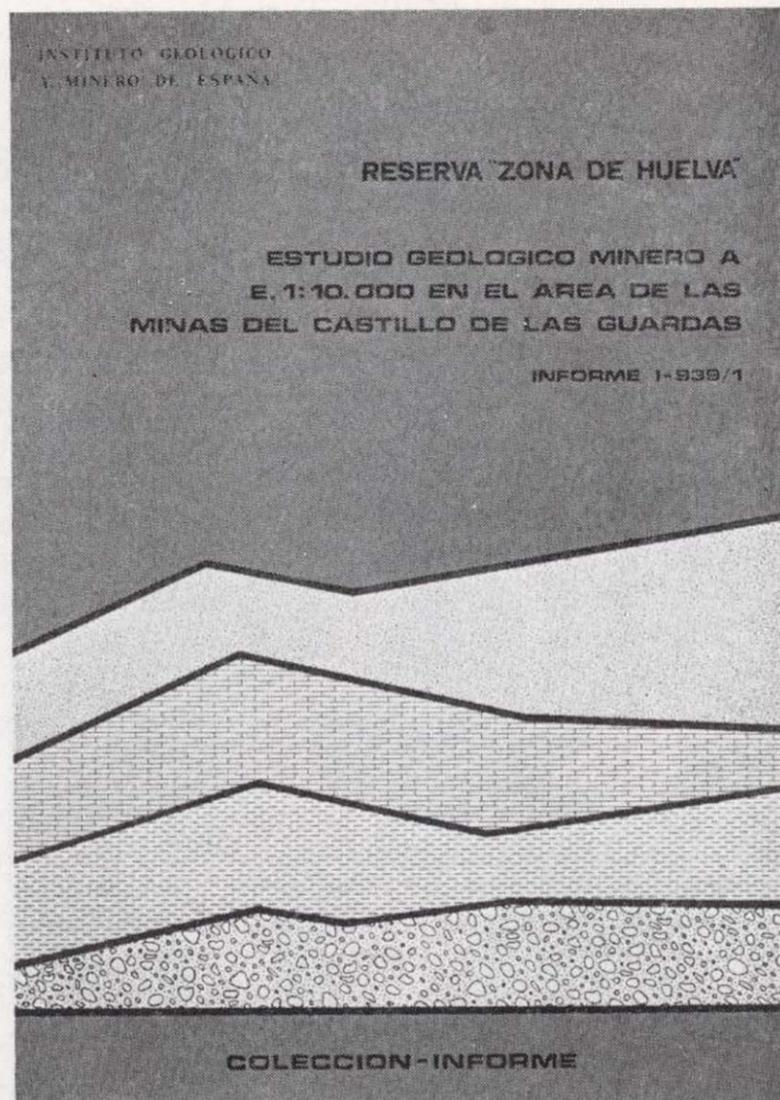
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4



— 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 y Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
- 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
- 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
- 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
- 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
- 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
- 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
- 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
- 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
- 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precii, 300 pts. ejemplar.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 300 pts.

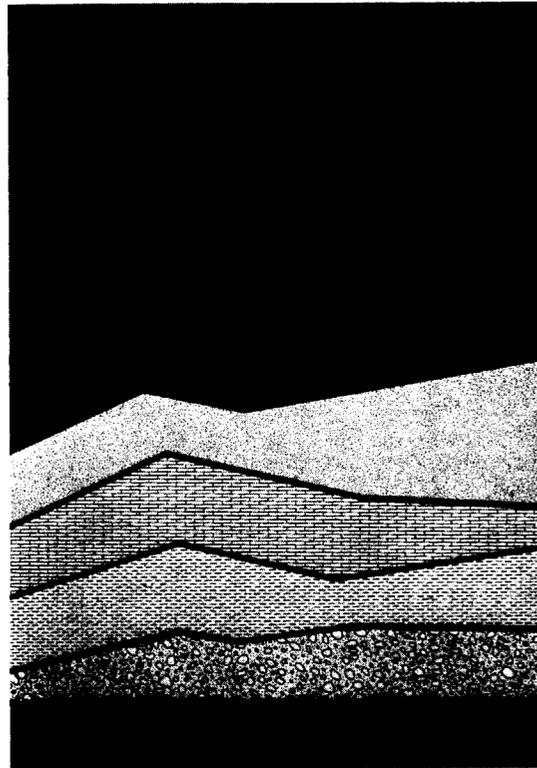
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4





— 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 y Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán
- 3- Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4- Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
- 5- Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
- 6- Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
- 7- Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
- 8- Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
- 9- Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
- 10- Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
- 11- Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
- 12- Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
- 13- Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precio, 300 pts. ejemplar.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

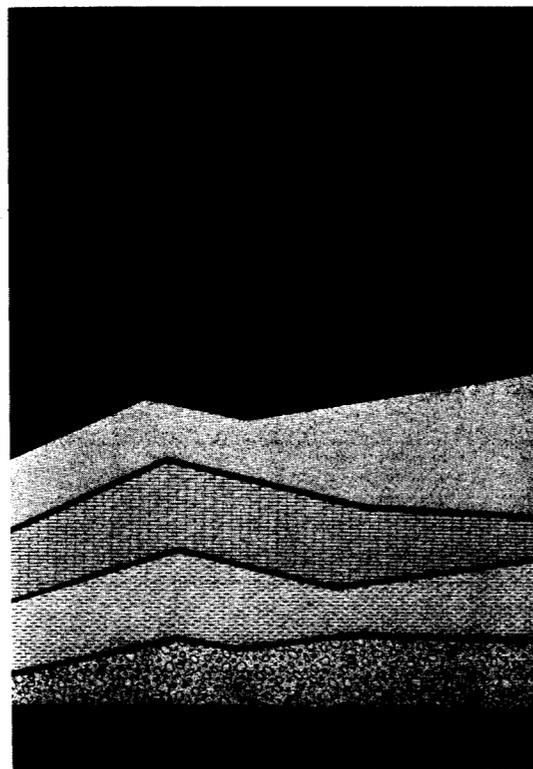
El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4



MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000.)

Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

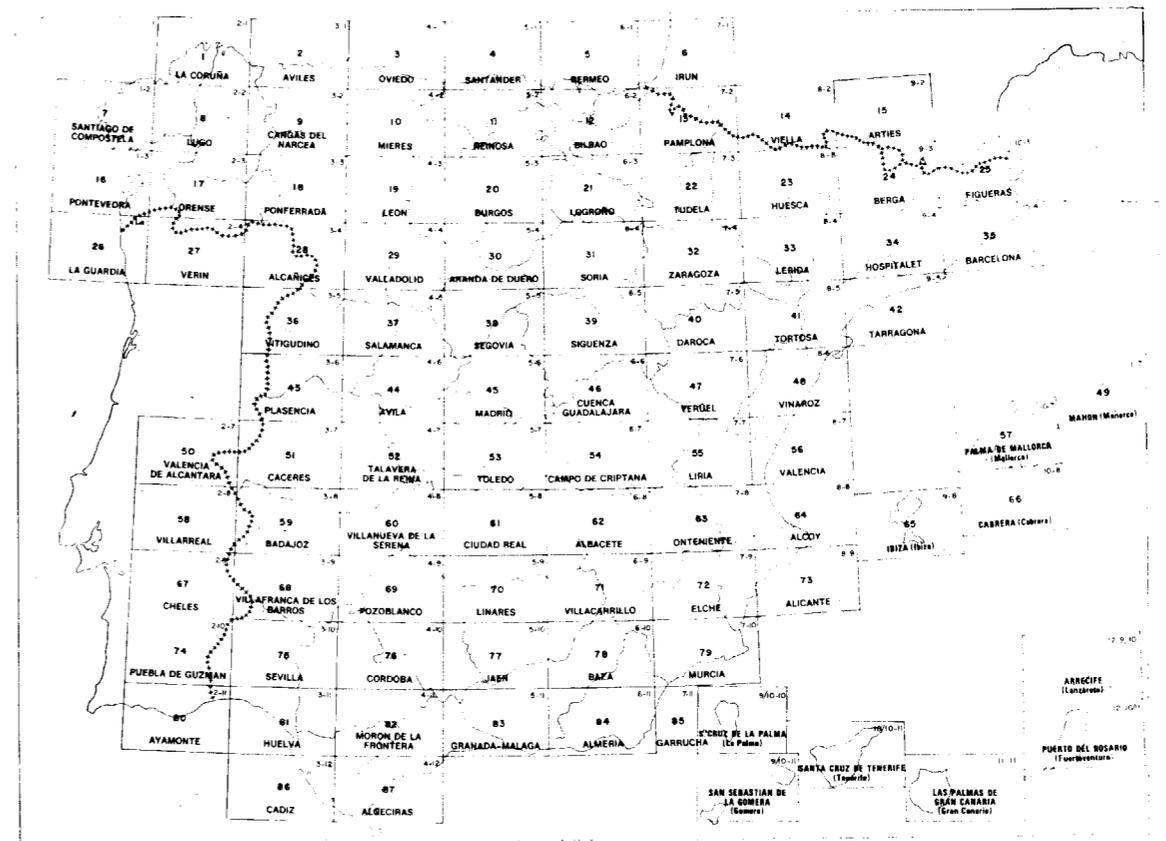
Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 ptas. Hoja y Memoria.

De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 ptas. Hoja y Memoria.

División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES. MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

2.ª Serie (proyecto MAGNA)

Relación de Hojas y Memorias publicadas. Precio de cada ejemplar, 400 ptas.

1. Carlifo.	363. Manresa.	821. Alcoy.
6. San Salvador de Serantes.	364. La Garriga.	823. Jávea.
7. Cedeira.	391. Igualada.	826. Cheles.
8. Vivero.	392. Sabadell.	827. Alconchel.
12. Busto.	393. Mataró.	831. Zalamea de la Serena.
13. Avilés.	417. Espluga de Francolí.	851. Rabito.
14. Gijón.	418. Montblanch.	852. Villanueva del Fresno.
15. Lastres.	419. Villafranca del Panadés.	884. La Carolina.
21. La Coruña.	420. Hospitalet de Llobregat.	885. Santisteban del Puerto.
22. Puente deume.	446. Valls.	890. Calasparra.
23. Puentes de García Rodríguez.	447. Villanueva y Geltrú.	891. Cleza.
28. Grado.	448. Prat de Llobregat.	893. Elche.
29. Oviedo.	473. Tarragona.	894. Cabo de Santa Pola.
30. Villaviciosa.	510. Marchamalo.	903. Montoro.
34. Torrelavega.	545. Morella.	907. Villacarrillo.
35. Santander.	546. Uldecona.	908. Santiago de la Espada.
37. Algorta.	547. Alcanar.	910. Caravaca.
38. Bermeo.	570. Albocácer.	911. Cehegín.
39. Lequeitio.	571. Vinaroz.	912. Mula.
40. Jaizquíbel.	571 bis. Con la 571.	913. Orihuela.
41. Irún.	582. Getafe.	919. Almadén de la Plata.
47. Villalba.	583. Arganda.	920. Constantina.
52. Proaza.	584. Mondéjar.	921. Navas de la Concepción.
53. Mieres.	593. Cuevas de Vinromá.	922. Santa María de Trassierra.
61. Bilbao.	594. Alcalá de Chisvert.	923. Córdoba.
62. Durango.	607. Tarancón.	924. Bujalance.
63. Elbar.	614. Manzanera.	931. Zarcilla de Ramos.
64. San Sebastián.	615. Alcora.	932. Coy.
65. Vera de Bidasoa.	616. Villafamés.	933. Alcantarilla.
66. Maya del Baztán.	617. Faro de Oropesa.	934. Murcia.
72. Lugo.	631. Oropesa.	940. Castilblanco de los Arroyos.
78. Pola de Lena.	632. Horcajo de Santiago.	941. Ventas Quemadas.
88. Vergara.	635. Fuentes.	942. Palma del Río.
91. Valcarlos.	636. Villar del Humo.	943. Posadas.
91 bis. Mendizázar.	637. Landete.	944. Espejo.
97. Guntín.	638. Alpuente.	953. Lorca.
98. Baralla.	640. Segorbe.	954. Totana.
154. Lalín.	641. Castellón de la Plana.	962. Alcalá del Río.
155. Chantada.	642. Islas Columbretes.	963. Lora del Río.
159. Bembibre.	659. Lillo.	964. La Campana.
175. Singüés.	663. Valera de Abajo.	965. Ecija.
187. Orense.	664. Enguidanos.	975. Puerto Lumbreras.
188. Nogueira de Ramuín.	665. Mira.	976. Mazarrón.
204. Logroño.	666. Chelva.	977. Cartagena.
207. Sos del Rey Católico.	668. Sagunto.	978. Llano del Beaf.
225. Ribadavia.	669. Moncofar.	983. Sanlúcar la Mayor.
226. Allariz.	690. Santa María del Campo Rus.	984. Sevilla.
236. Estudillo.	691. Mottilla del Palancar.	997. Aguilas.
237. Castrogeriz.	693. Utiel.	997 bis. Cope.
245. Sádaba.	694. Chullilla.	999. Huelva.
263. Celanova.	696. Burjasot.	1.000. Moguer.
264. Ginzó de Limia.	719. Venta del Moro.	1.013. Macael.
274. Torquemada.	720. Requena.	1.014. Vera.
301. Loviós.	722. Valencia.	1.015. Garrucha.
302. Baitar.	761. Llanos del Caudillo.	1.016. Los Caños.
329. Pons.	763. Sotuelamos.	1.017. El Abalarío.
330. Cardona.	788. El Bonillo.	1.018. El Rocío.
331. Puigregil.	789. Lezusa.	1.030. Tabernas.
336. Portela d'Home.	794. Canals.	1.031. Sorbas.
351. Olvega.	796. Gandía.	1.032. Mojácar.
362. Calaf.	820. Onteniente.	1.033. Palacio de Doñana.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 300 ptas.; extraordinario (*), 500 ptas.

- Tomo 26-1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 28-1911. **D. de Orueta**. Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda.
- Tomo 36-1929. **F. Azpeltia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38-1933. **F. Azpeltia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39-1933. **F. Azpeltia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40-1933. **J. García Sínériz**. 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 Sínériz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56-1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60-1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61-1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62-1961. **Febrei Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64-1963. **T. Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65-1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66-1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 67-1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69-1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70-1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyreneés. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71-1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72-1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73-1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74-1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75-1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 76-1970. **J. Pérez Regodón**. Guía Geológico-Minero de la Provincia de Madrid.
- Tomo 77-1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia pirítica del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78(*)-1971. **J. Remírez 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. Álvarez Fernández, J. E. Coma Guillán, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83(*)-1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84(*)-1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85(*)-1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86-1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87-1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88-1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª Caraballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89-1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90-1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91-1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del Río Jarama en los alrededores de Madrid.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 234 13 28

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid-1. Telf. 276 20 01

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Colubios-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Área del Valle del Tiétar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Área de Mazarambrós (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Área 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I», Golfo de Cádiz.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Área I, MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Melrama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos, Talco y Pirofillita.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo 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.

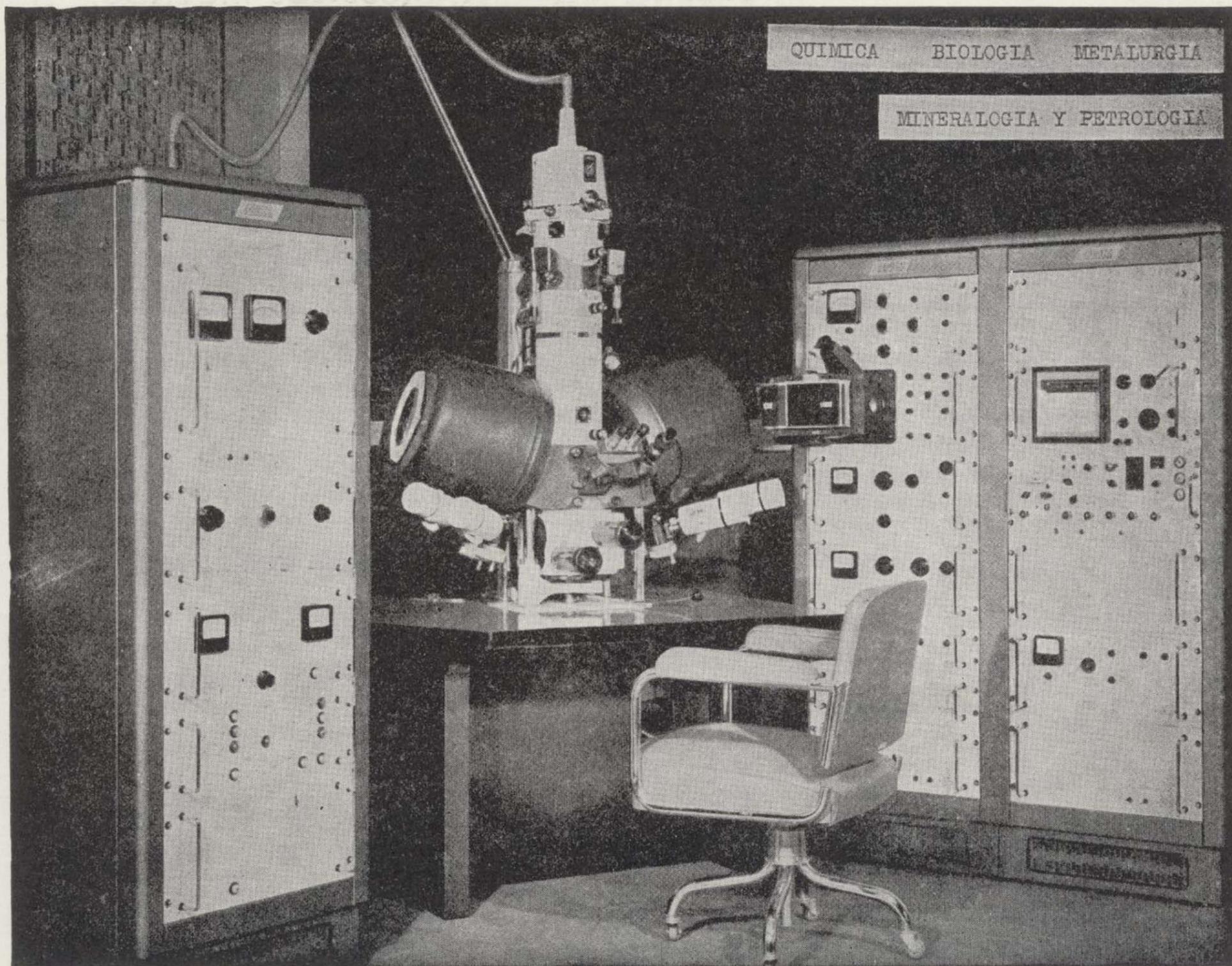
La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

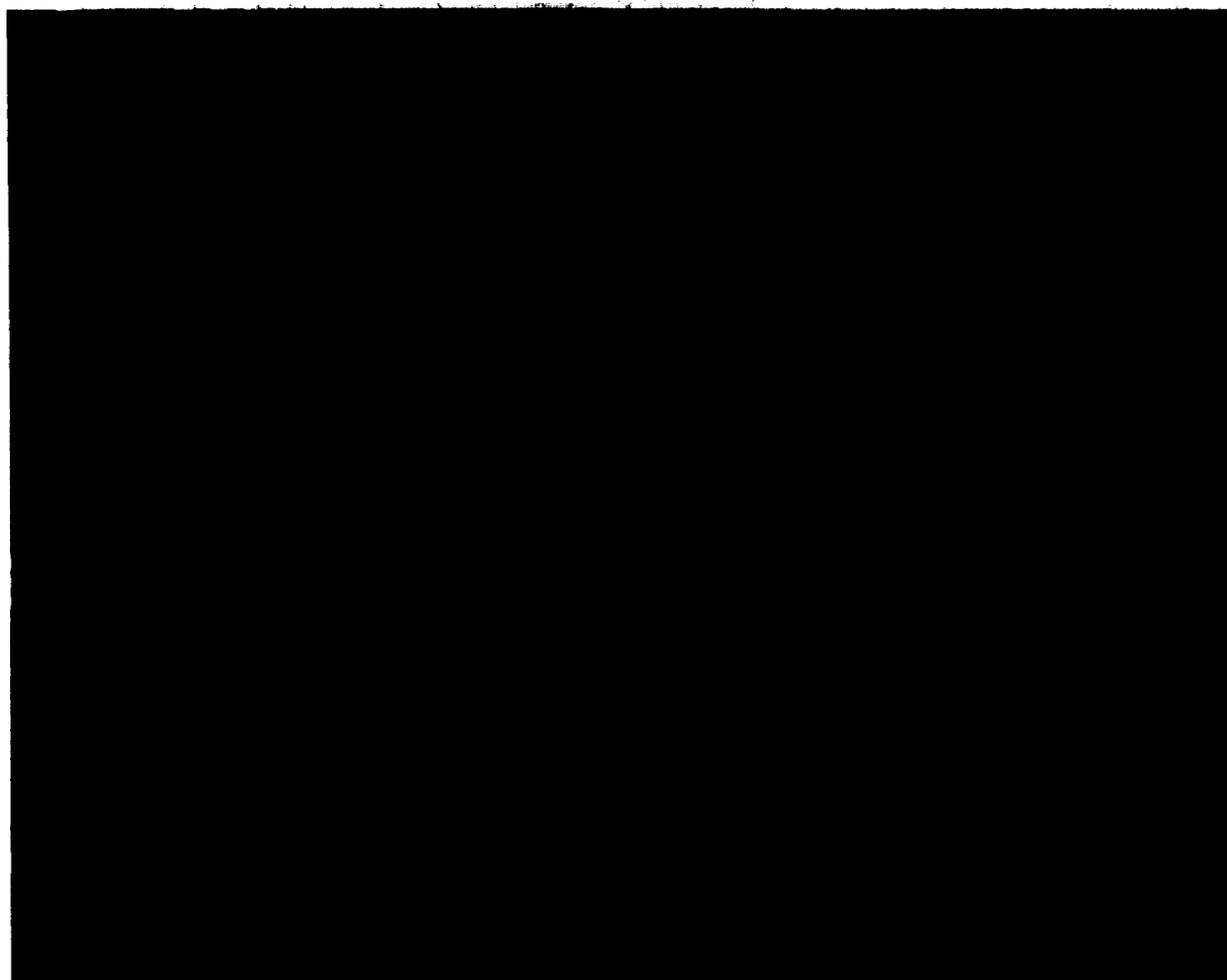
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

LABORATORIO
DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

IBERICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.

SONDEOS:

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

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

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



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.**