

11/2-4-1

12 JUL. 1977

En este número:

- Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante. I) Estratigrafía.
- Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Anticlinal del Olo de Sapo y Sincinal del Sil en las proximidades del Barco de Valdeorras.
- Las manifestaciones asbestíferas de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Utilización de aguas residuales urbanas para riego y recarga artificial.
- Propagación de trazadores radiactivos naturales (Rn, ThB y Tn) en la atmósfera.
- Sustancias húmicas y mineralógicas de los lignitos. (Yacimiento de S. Andrés de Meirama.)

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVIII, Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1977

boletín

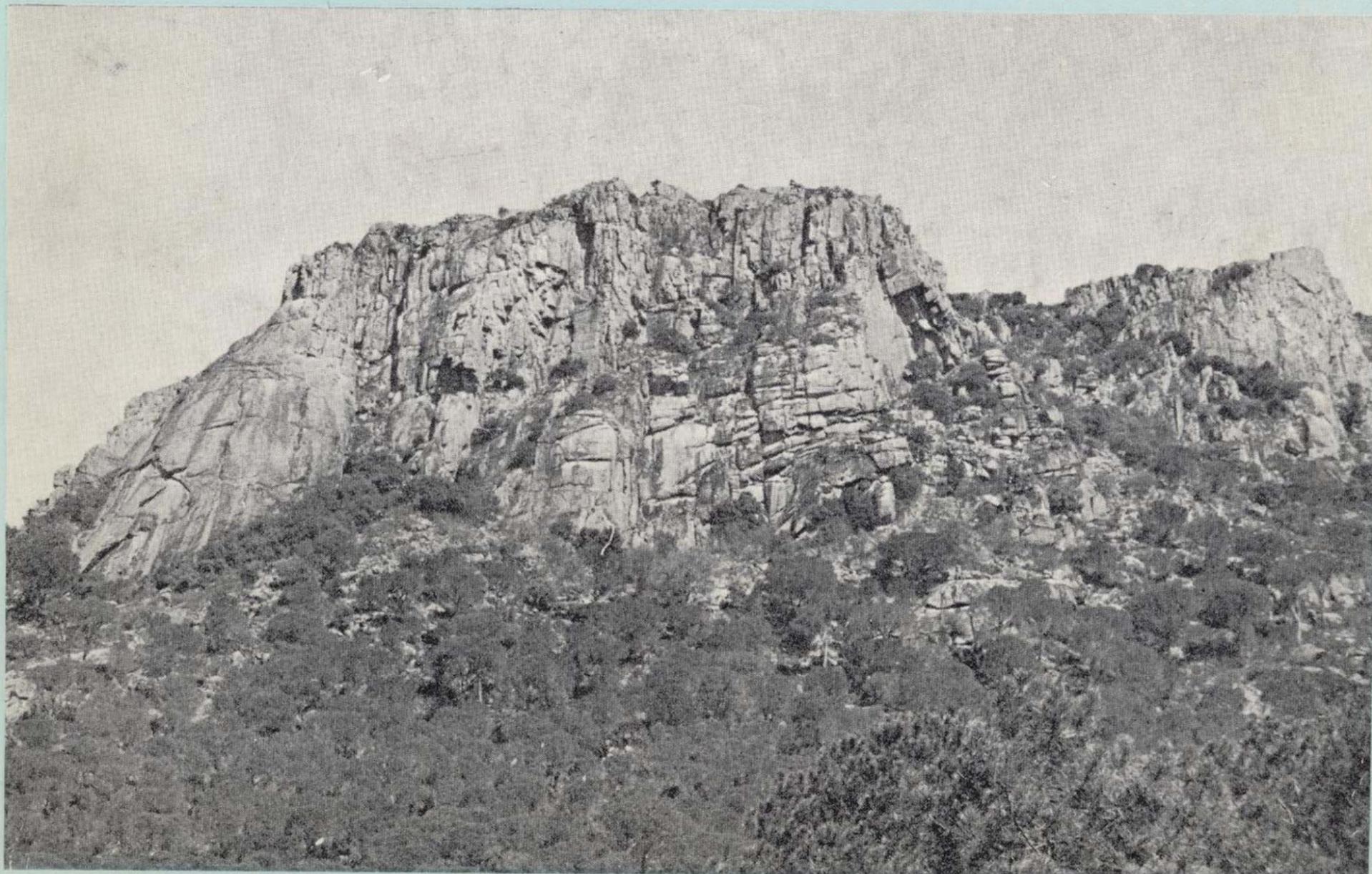


geológico

y minero

7801726
 7801727
 7801728
 7801729
 7801730
 7801731
 7801732
 7801733
 7801734
 7801735

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





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



**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

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

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

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

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



**ALUMBRAMIENTO
DE AGUAS
SUBTERRANEAS**

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

AGUA Y SUELO, S. A.

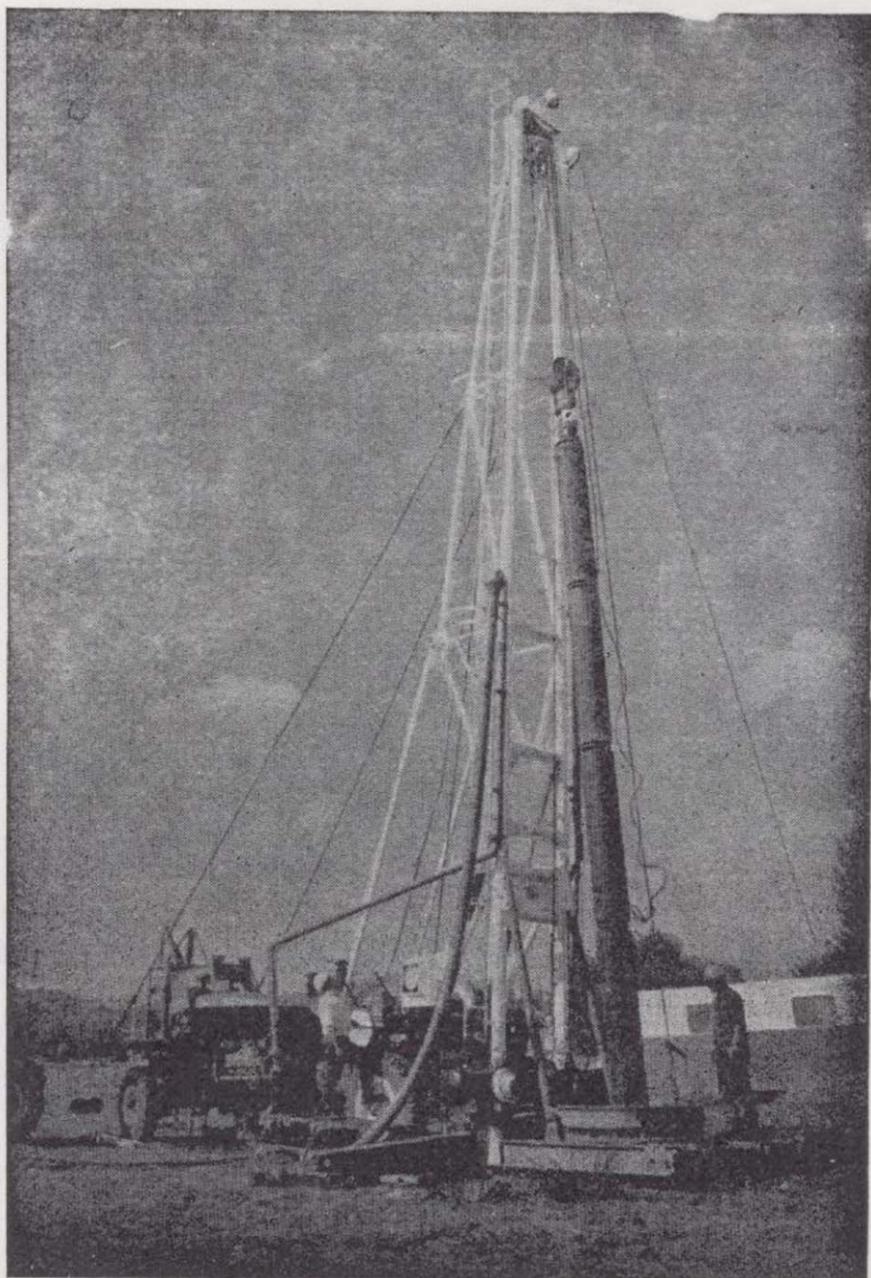
Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

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

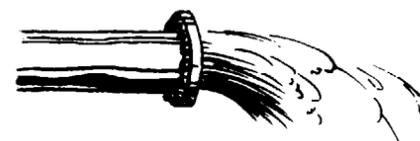
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

Tno. 2 59 78 04



Investigacion
Geologica



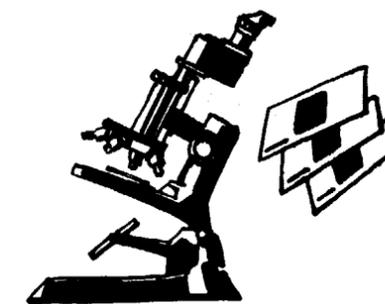
Hidrogeologia



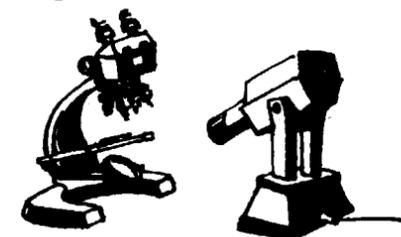
Perforacion



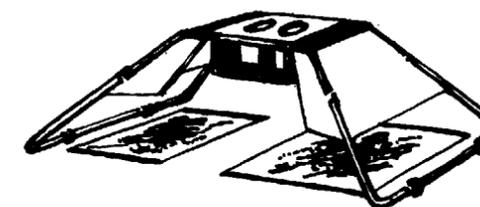
Mineria



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

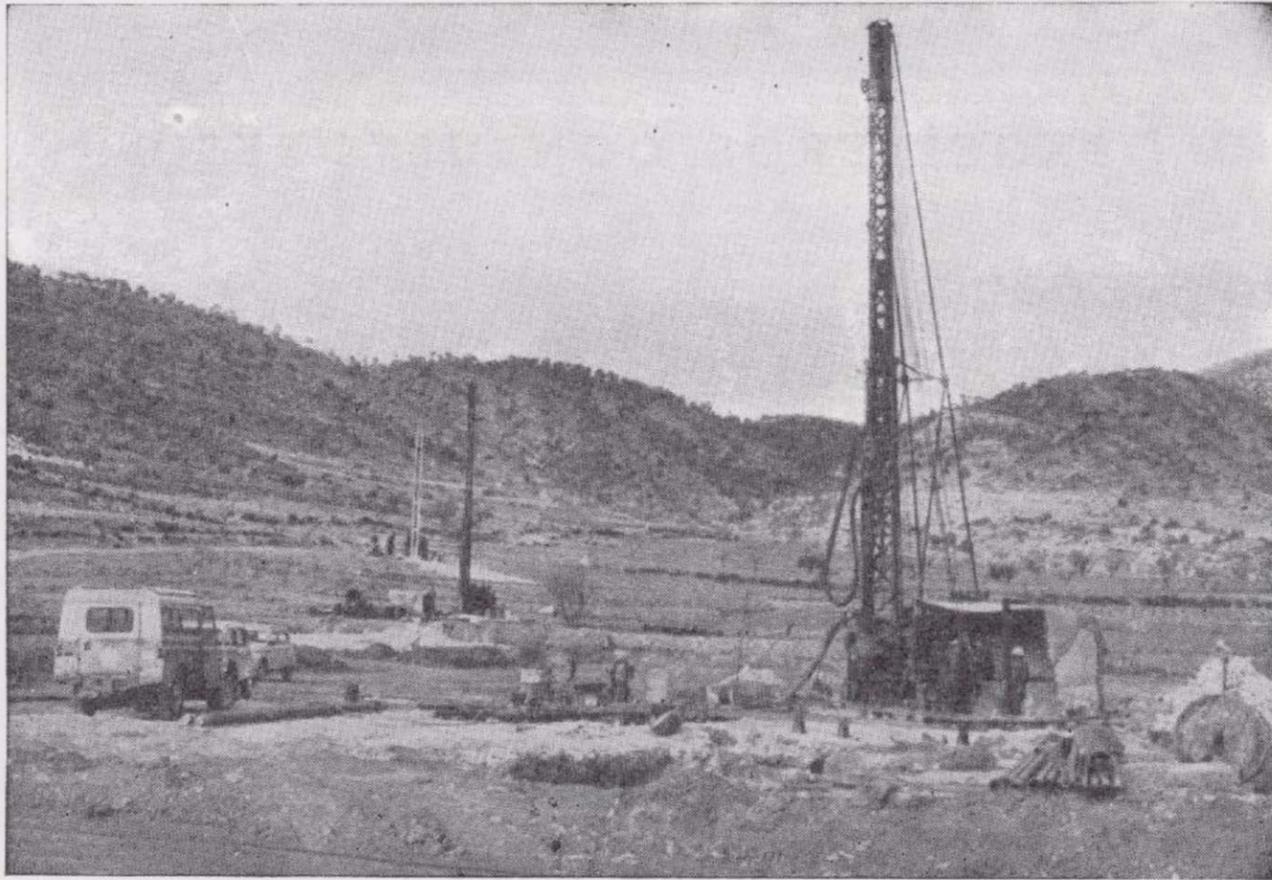
Claudio Coello, 44 - Teléfono 276 20 01 - Madrid-1

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 III

Mayo - Junio 1977

Boletín Geológico y Minero



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

SUMARIO

Geología	T. RODRÍGUEZ ESTRELLA: Síntesis geológica del Próbético de la provincia de Alicante. I) Estratigrafía 1
	O. APALATEGUI: Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Anticlinal del Olo de Sapo y Sinclinal del Sil en las proximidades del Barco de Valdeorras 33
Minería	A. V. CRESPO LARA y J. A. GÁLVEZ GARCÍA: Las manifestaciones asbestíferas de los macizos ultrabásicos de Málaga 38
Aguas subterráneas	J. PORRAS MARTÍN: Utilización de las aguas residuales urbanas para riego y recarga artificial 43
Energía	L. GARZÓN RUIPÉREZ: Propagación de trazadores radiactivos naturales (Rn, ThB y Tn) en la atmósfera 59
Estudio de Minerales y Rocas	E. DORADO, A. POLO, P. ARÉVALO y L. VILLALBA: Sustancias húmicas y mineralógicas de los lignitos (Yacimiento de S. Andrés de Meirama) 62
Información	Visita del Comisario de la Energía al Instituto Geológico y Minero de España.—Reorganización del Instituto Geológico y Minero de España.—Clausura del área VI: Minería y medio ambiente del curso Roso de Luna.—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas 72

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

Erosión diferencial en distintos tipos de granito. Fuerte diaclasado vertical desarrollado en el granito leucocrático de grano fino que origina zonas resistentes a la erosión. El «lanchar» de la izquierda se produce sobre granito biotítico de grano grueso.

«Las Cabreras» (San Martín de Valdeiglesias). MADRID

Foto: J. PEDRAZA y A. G. UBANELL.

Depósito legal: M. 3.279.-1958

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



Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante

I) Estratigrafía

Por T. RODRIGUEZ ESTRELLA (*)

RESUMEN

En la provincia de Alicante están representados los materiales más internos de la Zona Prebética, presentando éstos unas características litoestratigráficas intermedias entre las que definen al Prebético Interno (al Norte) y al Subbético Externo (al Sur); pensamos que estos materiales son equivalentes a los alóctonos definidos, por algunos autores, en otras transversales de las Cordilleras Béticas, como "Prebético Meridional" o como "Unidades Intermedias", pero que en la provincia de Alicante presentan una franca paraautoctonía.

El Triás ha jugado un papel primordial en la estructuración de la región, dando lugar a pliegues en champiñón, direcciones aberrantes en los pliegues, deslizamientos gravitacionales y extrusiones de materiales competentes.

Ciertos accidentes tectónicos profundos han condicionado la sedimentación (fallas paleogeográficas) y otros han motivado desplazamientos importantes de bloques (fallas de desgarre).

RESUME

Dans la province d'Alicante existent les matériaux les plus internes de la Zone Prébétique, qui présentent des caractéristiques lithostratigraphiques intermédiaires entre celles qui définissent le Prébétique interne (au Nord) et le Subbétique externe (au Sud); nous pensons que ces matériaux sont équivalents aux séries allochtones définies par certains auteurs, dans d'autres transversales des Cordillères Bétiques, comme "Prébétique Meridional" ou comme "Unités Intermediaires", mais qui présentent un net caractère paraautochtone dans la province d'Alicante.

Le Trias a joué un rôle primordial dans la structuration de la région, donnant lieu à des plis coffrés, des directions aberrantes dans les plis, des glissements gravitationnels, et des extrusions de matériaux compétents.

Certains accidents tectoniques profonds ont conditionné la sédimentation (failles paléogéographiques) et d'autres ont provoqué d'importants déplacements de blocs (failles de cisaillement).

ABSTRACT

The most internal materials of the Prebetic Zone are represented in the province of Alicante; these materials shown an intermediate lithostratigraphic characteristics among the Internal Prebetic (Northern) and the External Subbetic (Southern) characteristics; we think that these materials are equivalent to the allochthonous ones that some authors have defined as "Meridional Prebetic" or as "Intermediate Unities" in other transversals of the Betic Range, but that in the province of Alicante show a complete paraautochthony.

The Trias has played an important part in what to the structuration of the region concerns, and has given rise to folds in mushroom, aberrant directions in the folds, gravitational landslides and extrusions of competent materials.

Some deep tectonic accidents have conditioned the sedimentation (paleogeographic faults) and others have caused important landslip of blocks (faults of laceration).

(*) Ldo. Ciencias Geológicas. Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.

(Conferencia-coloquio celebrada en Alicante en el C.E.U. y organizada por el Instituto de Estudios Alicantinos, el 19 de junio de 1976.)

1. INTRODUCCION.

La presente síntesis del Prebético de Alicante, es el resultado de la recopilación exhaustiva de los trabajos geológicos realizados en la provincia, por los distintos autores, hasta la fecha, así como de las investigaciones personales llevadas a cabo en el marco del "Estudio Hidrogeológico del Bajo Segura" que se realiza dentro del Plan Nacional de Aguas Subterráneas y que desarrolla el Instituto Geológico y Minero de España, siendo la empresa colaboradora la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A., a la cual pertenezco.

Los materiales representados en la mayor parte de la provincia de Alicante presentan unas características muy peculiares e intermedias entre las que definen a las Zonas Prebética y Subbética, de ahí que algunos autores los hayan incluido en una u otra Zona. Entre los que los han incluido en el Subbético destacan NICKLES (1904), DARDER, (1945), BUSNARDO y DURAND DELGA (1960), DURAND DELGA y MAGNE (1960) y Ríos y alt. (1960-62).

Para nosotros, y en ello estamos de acuerdo con las últimas investigaciones realizadas por AZEMA, GARCÍA-RODRIGO, POLVECHE, LECLERC y LERET en la provincia, los materiales representados pertenecen a la Zona Prebética.

Dentro de la Zona Prebética, clásicamente se ha venido diferenciando dos dominios: al Norte un Prebético Externo, cuyas series son poco potentes, detríticas, dolomíticas y propias de un ambiente costero-nerítico, y al Sur un Prebético Interno cuyas series se hacen mucho más potentes, más calizas y margosas, aunque todavía siguen siendo propias de un ambiente nerítico.

En una transversal de Alcaraz-Nerpio, por ejemplo, al Sur del Prebético Interno vienen ya representados, y con carácter alóctomo, los materiales de la Zona Subbética, así como las Unidades Intermedias, pero sin que aparezcan dentro del Prebético dominios más meridionales o internos.

Si realizamos las transversales de Jumilla-Fortuna, Yecla-Crevillente, Onteniente-Alicante y Gándia-Benidorm, observamos que al Sur del Prebético Interno existe una franja de unos 40 kilómetros de anchura y que viene delimitada, por el Norte, por

una línea que pasa al Norte de las sierras Larga, Carche, Salinas, Peñarrubia, Mariola, Cantalar, Alfara, Tierra Nueva y Almirante (de estas tres últimas sierras me ha facilitado los datos Pulido, al que le quedo muy agradecido). Esta línea coincide, por otro lado, con un cabalgamiento de todas estas sierras hacia el Norte. Por el Sur, esta franja viene delimitada por el Mar Mediterráneo y, más al Suroeste, por la línea que separa las sierras de la Pila, Crevillente, Abanilla y Borbuño con las zonas llanas del Campo de Elche-Crevillente.

Esta franja, aunque en su extremo Suroeste (transversales de Jumilla-Fortuna y Yecla-Crevillente) presenta elementos alóctomos pertenecientes al Subbético, dado que se tratan de elementos "desenraizados", debajo de los mismos podemos apreciar materiales paraautóctonos del Prebético, como sucede en la Garrapacha, Coto, etc.

Las características litoestratigráficas de esta franja, están a caballo, como hemos dicho, entre las del Prebético Interno y las del Subbético Externo. Según nos encontremos más cerca de uno u otro dominio, presentarán características más afines con el dominio más próximo, de aquí que dentro de este "Prebético de Alicante" (como ha denominado Azema) existan cambios de facies y de potencia sustanciales.

Algunos autores, han denominado a la serie de la Sierra de la Puerta (L. JEREZ, 1973) y a la de Garrapacha (L. JEREZ, F. JEREZ y G. GARCÍA MONZÓN, 1974) como Prebético Meridional. Dada la similitud entre estas series y las encontradas en el Prebético de Alicante, pensamos que se trata de un mismo dominio dentro del Prebético. Para demostrar esta afirmación, exponemos, en un mismo cuadro, los materiales cretácicos que definen a las series de la Puerta, Garrapacha y Sierra del Cid (figura 1).

En este cuadro puede observarse, que salvo algunas diferencias de potencia, la fauna y materiales encontrados en cada una de estas tres series son idénticos y a su vez presentan características intermedias entre las que definen al Prebético Interno y al Subbético Externo. Tenemos, por ejemplo, que ante características típicas del Prebético Interno como son los niveles de arenisca o calizas oolíticas con Orbitolinas del Aptiense y Albiense, contrastan otras características propias del Subbético Externo, como son, la existencia importante de materiales margosos, así como la fauna de Ammonites en el Albiense y Cenomaniense o de Globotruncanas en el Senoniense.

		LA GARRAPACHA FALLOT (1945); AZEMA (1973); L. JEREZ, F. JEREZ y G. GARCIA (1974)	SIERRA DE LA PUERTA PAQUET (1969); L. JEREZ (1973)	SIERRA DEL CID LECLERC (1971); AZEMA (1973)			
CRETACICO SUPERIOR	SENONIENSE	MAESTRIC	20 m.? Margas y margocalizas gris-verdosa o rosa salmón con Globotruncanas.	25 m. Calizas areniscosas y margas. Globotruncana contusa. 40 m. Margas ferruginosas.	↑ Globotruncana contusa. Margas y margocalizas «capas rojas» con Globotruncanas. Globotruncana coronata. Praeglobotruncana stephani. Algunas decenas de metros de calizas y calizas margosas con Rotolíporas.		
		CAMPANI	20-25 m. de calizas margosas y margas «capas rojas» con Globotruncanas.	20-25 m. Margas y calizas margosas grises con Inoceramus y Globotruncanas.			
		SANTONI	Algunos metros de un conglomerado monogénico de Globotruncanas.	10 m. Margas y calizas margosas «capas rojas» con Globotruncanas.			
		CONIACIE		5 m. Conglomerado monogénico. 1 m. Margas blancas. Globotruncana sigall.			
	TURONIE		↑ ? ↓	5 m. Conglomerado monogénico intraformacional. 20 m. Margas blancas y amarillas. Globotruncana helvética. Unos metros de calizas compactas. Rotolípora. Globotruncana helvética.			
		CENOMANI	50 m. de calizas margosas en pequeños bancos con Pithonellas.	18 m. Margas y margocalizas con Ammonites. 15 m. Margas y margocalizas amarillentas. Rotolíporas.			
	CRETACICO INFERIOR	ALBIENSE		10 m. Margocalizas con Ammonites. 65 m. Arenas y margas con Hedbergella washitensis. 120 m. Calizas, a veces oolíticas, con Orbitolinas, Ruditas y Algas. 300 m. Calizas y margas con Helmiaster.		Margocalizas con Ammonites. Margas arenosas con Hedbergella washitensis. Calizas compactas con Orbitolinas. Margas areniscosas con Hedbergella washitensis.	200 m. Calizas masivas con Orbitolinas. 150-180 m. Areniscas y calizas areniscosas con Ammonites en el techo.
			APTIENSE	Más de 100 m. de margas arenosas y margocalizas con Trocholinas y Ostrácodo.		Areniscas azoicas.	Unos 200 m. de margas detríticas, margocalizas y calizas con Orbitolinas.
		BARREMIE					
		HAUTERIV					
VALANGIN							
BERRIASI							

Figura 1

Dado que este "tipo" de Prebético se encuentra en otros lugares además de en Alicante (si bien su mayor desarrollo lo encontramos en esta provincia), creemos más acertado denominarlo Prebético Meridional y no de Alicante, como lo llama Azema, siendo aquel un nombre más amplio cuyo significado, por sí mismo, refleja una situación geográfica que coincide a su vez, con la más meridional de la cuenca del Prebético.

Ya dimos, anteriormente, los límites que definían a esta "franja" del Prebético Meridional; conviene explicar el por qué se han tomado estos límites y no otros, ya que la definición es totalmente personal.

El límite meridional, creemos que debe ser admitido por todos, ya que inmediatamente al Sur de la línea que separa las alineaciones montañosas de la Pila-Crevillente-Abanilla-Borbuño con el campo de Elche-Crevillente, está representado el Bético. Por otro lado, y más al SE se puede considerar como límite, el Mar Mediterráneo, ya que la forma de la cota mediterránea que está comprendida entre Alicante y el Cabo de La Nao parece adaptarse en cierto modo, a una fractura de decrochement de dirección NE-SW y que es continuación de la falla septentrional de la fosa del Segura BOUSQUET y MONTENAT (1974).

El límite Norte es más arbitrario ya que, como dijimos en un principio, las series más septentrionales son muy parecidas a las del Prebético Interno, resultando muy difícil su separación. No obstante hemos incluido, como pertenecientes al Prebético Meridional las Sierras de Larga, Carche, Salinas, Peñarrubia, Mariola, Cantalar, Alfarada, Tierra Nueva y Almirante, por observarse ya algunos cambios estratigráficos y pensando que el Prebético Interno se caracteriza por poseer una estratigrafía muy monótona y constante a lo largo de todo el Prebético y desde luego nunca aparecen materiales pelágicos en él. Por otro lado, ya hemos dicho que estas sierras se encuentran cabalgadas hacia el Norte, hecho que podría venir explicado por las consecuencias estructurales que tienen los condicionamientos estratigráficos en el sentido que ambos cambios suelen coincidir en una misma línea, por lo general bastante neta.

Estos cambios en el límite septentrional se pueden resumir en los siguientes:

1.º El Neocomiense-Barremiense del Prebético Interno (Sierra Oliva, por ejemplo) viene representado por las facies "Weald" de arenas y margas de tipo continental; en cambio en las sierras del Pre-

bético Meridional, por nosotros delimitado, está ya representado por materiales marinos de margas y margocalizas con Ammonites (Sierra de Fontanella, por ejemplo).

2.º El Albiense del Prebético Interno, está representado, en su mayor parte, por las facies "Utrillas" mientras que en las sierras más septentrionales del Prebético Meridional, estas facies se encuentran ya escasamente representadas (15 a 20 metros en Sierra Fontanella), e inmediatamente hacia el Sur ya no existen y el Albiense está constituido por margas y margocalizas con Ammonites y a veces, lentejones de calizas con Orbitolinas.

3.º El Cenomaniense-Turonense que en el Prebético Interno viene siempre representado por tres tramos (dolomítico basal, arcilloso intermedio y otra vez dolomítico en el techo), en las sierras mencionadas de tránsito, pertenecientes ya al Prebético Meridional, presenta un tramo dolomítico único sin intercalación arcillosa intermedia.

4.º El Senoniense del Prebético Interno siempre está representado por unas calizas blancas, de medio marino-lagunal, con abundantes Charáceas y a veces, con pasadas más marinas de calizas con Rudistas, Lacazinas, etc.; en cualquier caso no pasan de la zona nerítica. En cambio en las sierras más septentrionales del Prebético Meridional, aparecen ya unas margocalizas y margas con Globotruncanas e Inoceramus, propias de un ambiente pelágico.

Creemos que con los argumentos que hemos mencionado queda suficientemente justificado el límite Norte que hemos establecido para el Prebético Meridional, si bien si desplazamos este límite más al Sur, hasta el paralelo de la Sierra Argueña, por ejemplo, los cambios serán más sustanciales, por supuesto, pero creemos que el límite ha de establecerse entre una zona con estratigrafía constante y otra en que ya se empiecen a observar cambios, aunque éstos, al principio, no sean demasiados espectaculares.

Este Prebético Meridional, hacia el SW, continúa por debajo del Subbético y prueba de ello es que aparecen algunas ventanas tectónicas como en la Sierra de la Puerta.

Resumiendo, diremos que esta franja de 40 kilómetros de anchura, representaría al dominio más interno, dentro de la Zona Prebética, y que nos parece más acertada denominar Prebético Meridional que Prebético de Alicante.

A título de hipótesis, y en ello se encuentra el autor, en la actualidad investigando, diremos que, a nuestro juicio, las "Unidades Intermedias" que distintos autores (Paquet, Foucault, Jerez, etc.) han definido en el frente de corrimiento subbético y que presentan una posición alóctona, no son más que retazos de ese Prebético Meridional que decíamos se internaba debajo del Subbético y que en el desplazamiento de este último hacia el Norte, ha arrancado y arrastrado, presentando por eso una disposición mecanizada e irregular.

La Sierra de la Puerta se encontraría en un paso intermedio (tectónicamente hablando), entre las series paraautoctonas de Alicante y las alóctonas (Unidades Intermedias) ligadas al corrimiento Subbético. La paraautoctonía de esta sierra ha sido puesta de manifiesto por L. JEREZ (1973).

Para comprobar esta similitud de facies entre Unidades Intermedias y Prebético Meridional vamos a describir, por ejemplo, la serie de la Unidad Intermedia en las inmediaciones de Moratalla, definida por L. JEREZ (1973) y comparémosla con la de la Sierra del Cid, la Garrapacha o Sierra de la Puerta.

La Unidad Intermedia descrita por L. Jerez en las inmediaciones de Moratalla es la siguiente:

Aptiense.—Caliza arenosa, y margas areniscosas con escasa fauna, pero que al N y S de la Serreta de la Torre presenta abundantes Orbitolinas.

Albiense.—Margas y calizas margosas que hacia la parte alta se hacen más detríticas, con abundante fauna de Pithonellas y Hedbergellas.

Cenomaniense.—Margocalizas (micritas arcillosas) y margas con Pithonellas, Hedbergellas y Rotaliporas.

Santoniense.—Margas con abundante fauna de Globotruncanas.

Aunque en este trabajo nos vamos a referir, fundamentalmente, al Prebético Meridional de la provincia de Alicante, haremos alusión, cuando sea necesario, a otros lugares del Prebético Meridional, aunque estén situados ya fuera de la provincia, para que de esta manera podamos sacar una idea más completa de este tipo de Prebético, en general poco conocido, y que es pieza indispensable para el mejor conocimiento de otras transversales y en definitiva para una visión más perfecta de las Cordilleras Béticas.

2. ESTRATIGRAFIA.

Afloran materiales triásicos, jurásicos, cretácicos y terciarios, siendo estos dos últimos los que tienen un mayor desarrollo y representatividad.

2.1. TRIÁSICO.

Los materiales triásicos afloran siempre en posición anormal, y generalmente a modo de diapíros, aunque en algunos casos ejerzan la acción de "suela" de bloques competentes deslizados o en otros casos se encuentren interestratificados entre materiales margosos del Cretácico y Terciario, como consecuencia del diapíro que se "derrama" y posteriormente continúa la sedimentación.

Entre los diapíros más importantes hemos de mencionar, además de los de la alineación Villena-Sax-Novelda, los de Altea, Finestrat, Monnegre, Castalla, Llanos de los Lobos y Alcalalí. Normalmente están alineados según direcciones de fracturas como es el caso de los afloramientos del Vina-lopó y Castalla-Monnegre que se alinean según unas fracturas de dirección aproximada de NE-SW y NW-SE. Por último el Trías de Altea presenta una forma dedondeada, con fallas radiales, por las que se ha inyectado los afloramientos triásicos de Guadalest, Bolulla y Mushara. Los diapíros de Monnegre y Llanos de los Lobos, se encuentran "derramados" en algunos de sus bordes y es frecuente encontrar intercalaciones margosas del Cretácico entre sus materiales.

Entre los afloramientos triásicos que han servido de "suela" a los bloques competentes deslizados, hay que señalar los de las sierras de Salinas (Sur de ésta), Peñarrubia, Onil, Menechaor, Serrella, Aixorta y Bernia, además de pequeños isleos tectónicos, entre ellos el de la Sierra de Olta.

Litológicamente está constituido por un predominio de arcillas versicolores, areniscas, yesos y cuarzós hematoides, siendo muy frecuente la presencia de rocas volcánicas (ofitas), especialmente en los afloramientos triásicos de Altea y Finestrat.

Lógicamente, y dado el carácter mecánico de los afloramientos, resulta muy difícil encontrar una zona tranquila en la que se pueda establecer una serie tipo.

Sin embargo, en el Trías del Llano de los Lobos

Sierra Mariola
Corte en muro de Alcoy

(FOURCADE, 1970)

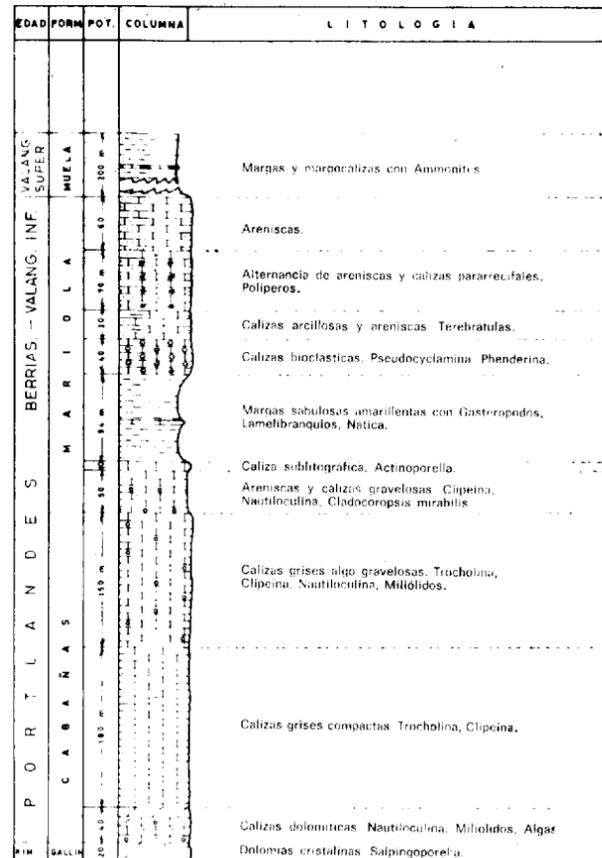


Figura 4

6.º 10 metros de calizas sublitográficas con Actinoporella podólica (Alth), Trocholina alpina (Leupold), Lituólidos, Radiolarios y Equinodermos.

7.º 40 metros de margas amarillentas con fauna de Lamelibranquios, Gasterópodos y Terebrátulas.

8.º Barra de 4 metros de calizas gravelosas con Salpingoporella.

9.º 50 metros de margas sabulosas con Natica laeviatha.

10.º 40 metros de calizas blancas cristalinas bioclasticas con numerosas Thocholina alpina (Leupold), Pseudocyclamina lituus (Yokohama), Pfenderina neocomiensis (Pfender), Trocholínidos y Algas en bolas (oncolitos).

11.º 30 metros de calizas margosas arenosas con Terebrátula valdensis (Sowerby).

12. 70 metros de alternancia de areniscas caláreas y de calizas zoógenas, con muchos políperos que según J. Alleuteau, caracterizan al Portlandés.

13. 60 metros de areniscas, en cuyo techo existe una superficie de erosión. Encima de estas areniscas vienen unas margas y margocalizas con Ammonites del Valanginiense superior.

La edad de estos tramos, es por tanto, la siguiente:

Tramo 1: Kimmeridgiense superior.

Tramos 2, 3, 4, 5, 6 y 7: Portlandés.

Tramos 8, 9, 10, 11, 12 y 13: Berriasiense-Valanginiense inferior.

En los Cabecicos, situados en la estribación suroccidental de la Sierra de Peñarubia, afloran materiales jurásicos, que han sido estudiados por AZEMA, LERET y SANTOLINO (1974); independientemente de este trabajo, el autor también ha estudiado estos afloramientos. Están constituidos por calizas criptocrystalinas, de aspecto arrecifal, incluso a veces parcialmente dolomitizadas. Se ha encontrado Conocospirillina basiliensis (Mohler), Pseudocyclamina lituus (Yokohama) Trocholina alpina (Leupold), Thaumapoporella, Bacinella, Miliólidos, Lituólidos, Favreina, Clipeyna jurásica (Faure), Salpingoporella c. f. annulata (Carozzi), Nautiloculina oolítica (Monler). Además de esta fauna nosotros hemos encontrado Cayéuxia, Trocholina elongata (Leupold) y Macroporella. Esta asociación ha sido datada por AZEMA y alt. (1974) como del Portlandés-Berriasiense. Para L. Granados, esta asociación sólo le data al Jurásico superior, sin más precisiones. Nosotros no nos queremos meter en disquisiciones que sólo a los micropaleontólogos atañe; lo único que queremos poner de manifiesto es que estas calizas corresponden, por facies y por potencia, a las descritas en la parte baja de la serie de Sierra Mariola y que allí FOURCADE (1970) las ha datado como del Portlandés.

Hemos dicho que presentan las mismas facies que aquellas; eso es evidente. La potencia también es parecida y esto ha quedado demostrado por los sondeos que Aguas Municipalizadas de Alicante, S. A. tiene realizados en estos Cabecicos, puesto que en uno de ellos se ha cortado 330 metros de estas calizas, sin llegar al muro de las mismas y sabemos que los estratos están subhorizontales.

Estos afloramientos de los Cabecicos, corresponden por tanto, a los tramos 2, 3, 4, 5 y 6 de Sierra

Sierra de Salinas

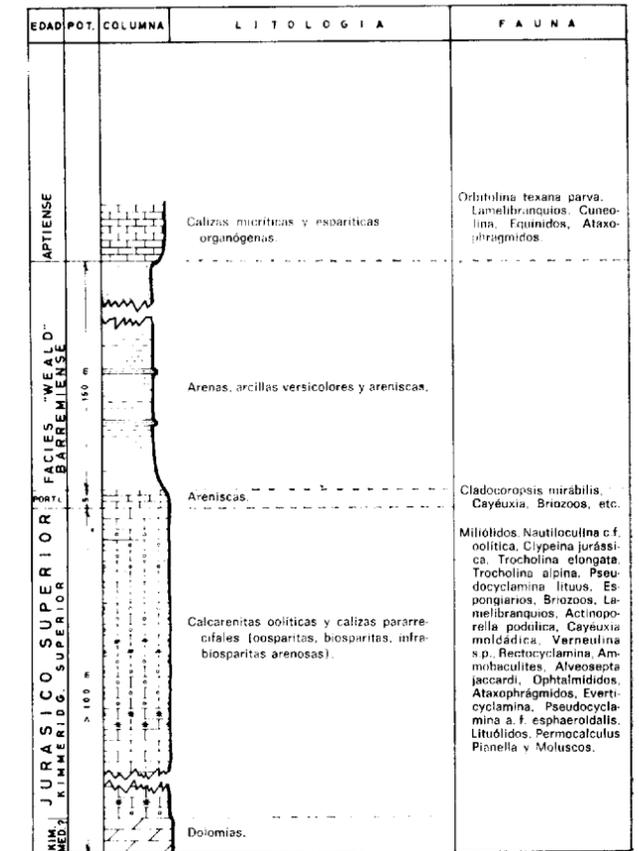


Figura 6

Mariola y no a los tramos 10, 11, 12 y 13, pues estos últimos no superan nunca los 200 metros de potencia, como se ve en Sierra Mariola y como veremos que presentan en Biar.

Próximo a Biar (a unos 4 kilómetros de este pueblo, en dirección a Bañeres) hemos levantado una serie (fig. 5) en la que se observan 200 metros de areniscas, calcarenitas oolíticas y calizas pararecificales, que corresponden, al microscopio, a oosparitas arenosas, biosparitas arenosas e intrabiosparitas arenosas. Se ha encontrado abundante fauna de Gasterópodos, Equinodermos, Valvulínidos, Textuláridos, Miliólidos, Nautiloculina cf. oolítica (Mohler), Glomospira, Braquiópodos, Trocholina elongata (Leupold), Clipeyna, Pseudocyclamina c. f. sphaeroidalis (Hottinger), P. c. f. lituus (Yokohama), Espongiarios, Briozos, Lituólidos, Ophthalmididos. Lenticulina, Cayéuxia, Banquia, etc. Este tramo que para L. Gra-

Biar

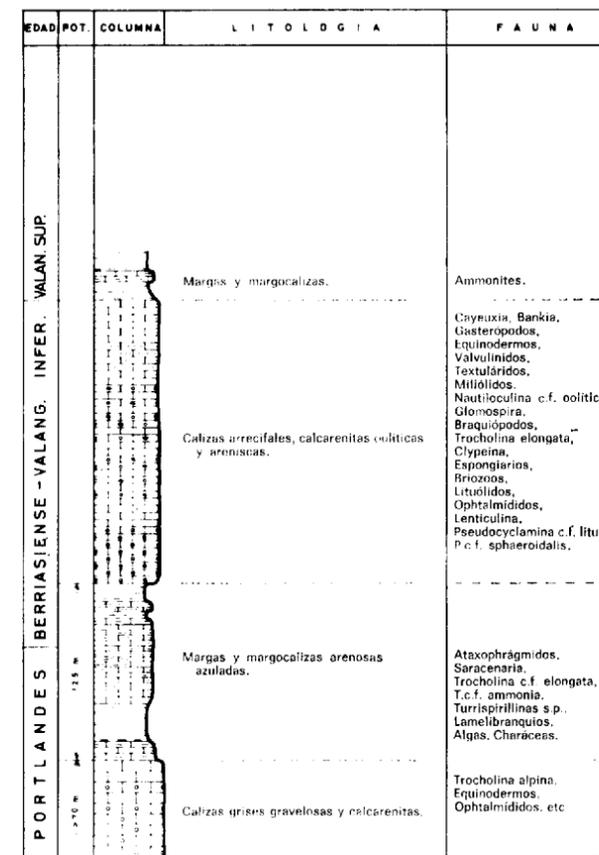


Figura 5

nados data al Portlandés-Berriasiense, corresponde al tramo superior, de igual facies y potencia, de la Sierra Mariola que FOURCADE (1970) data como del Berriasiense-Valanginiense, pues sobre él reposa concordantemente, el Neocomiense margoso. Tampoco aquí vamos a entrar en disquisiciones paleontológicas; lo que queremos dejar bien en claro es que los materiales que aparecen en los Cabecicos y en Biar, corresponden a los tramos inferior y superior, respectivamente, de la serie de la Sierra Mariola y que ambos están separados por un tramo margoso de unos 100 metros de potencia; esto ha quedado perfectamente demostrado en el sondeo de Biar (próximo al pueblo) que ha realizado el IRYDA y que después de haber atravesado el tramo detrítico del techo (200 metros) y el tramo intermedio margoso (125 metros de potencia real) se metieron en el tramo inferior calizo.

En el tramo intermedio margoso, se ha encontrado fauna de Ataxophrágmidos, Saracenaria, Trocholina c. f. elongata (Leupold), T. c. f. ammonia, Turrispirillina s. p., Lamelibranquios, Algas y Charáceas.

En el tramo inferior, dado que en el sondeo se registraron pérdidas totales en este tramo, como consecuencia de una fuerte circulación de agua, resultó casi imposible tomar muestras y las pocas que se pudieron coger eran "cutting" muy triturado; de ahí que solamente se haya podido identificar algunos Equinodermos, Ophthalmídeos y restos de Trocholina alpina (Leupold).

Resumiendo diremos que las series de los Cabeicos y Biar son cortes parciales de la serie de la Sierra Mariola y que, como consecuencia de una falla de dirección NW-SE que separa las Sierras de Peñarrubia y Fontanella, en aquella se han erosionado los tramos intermedio y superior. Estos hechos

Serie de Sierra Oliva
Corte en Ermita de Santa Bárbara

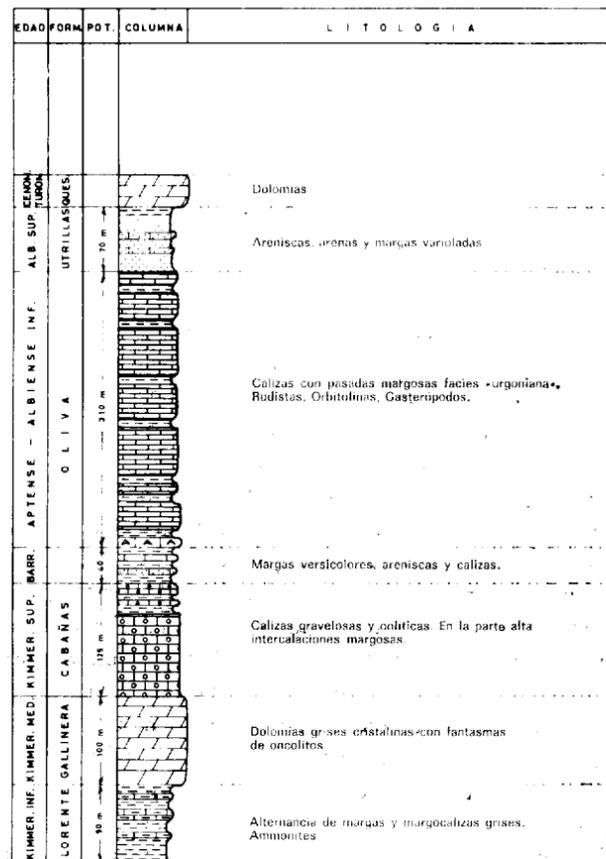


Figura 7

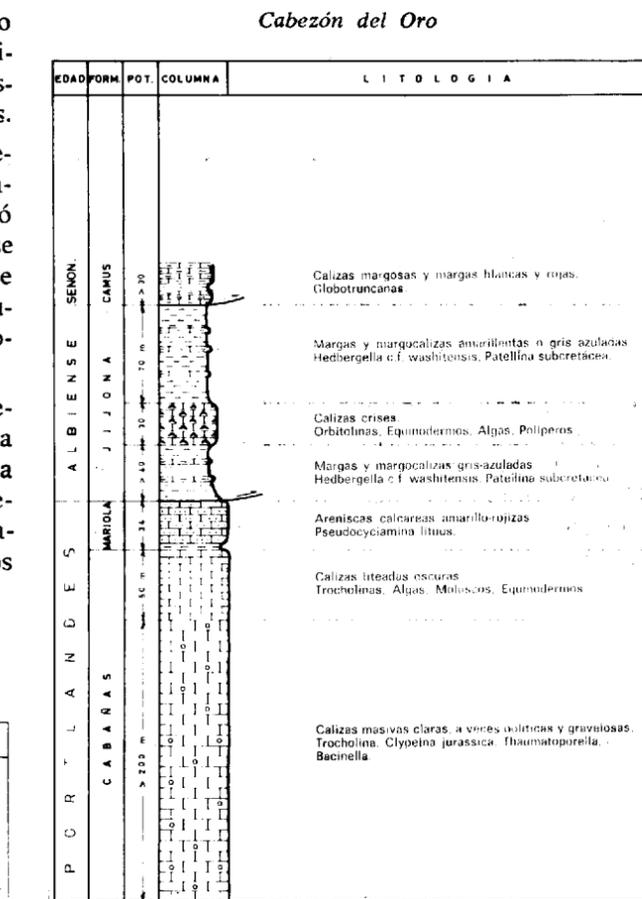


Figura 8

ya hemos dicho que han quedado suficientemente demostrados por sondeos, y además presentan niveles piezométricos distintos en ambos lados de la falla, e incluso existe un epicentro en la traza de esta falla.

A continuación se adjunta una columna de Biar, que resulta de la fusión del corte en superficie y el del sondeo.

Series de las Sierras de Salinas y Carche.

Por presentar, en ambos lugares, características muy similares, vamos a describir la serie de la Sierra de Salinas que hemos levantado, al Norte de esta Sierra (en su extremo oriental) próximo a la Casa de la Peña (fig. 6).

El afloramiento jurásico, en donde se ha realizado el corte, constituye un anticlinal muy apretado y volcado hacia el Norte, por lo que impide muestrear

gran potencia de la serie. Sin embargo, se ha podido observar, de muro a techo, los siguientes materiales:

Un mínimo de 75 metros de calcarenitas oolíticas y calizas pararecificales, que al microscopio corresponden a oosparitas, biosparitas e intrabiosparitas arenosas. Han librado abundante fauna de Actinoporella podólica (Alth), Clypeyna jurásica (Faure), Cayéuxia moldávica (Frollo), Verneulina s. p., Rectocyclamina, Ammobaculites, Alveosepta jaccardii, (Schrodt) Nautiloculina oolítica (Mohler) Trocholina alpina (Leupold), T. elongata (Leupold), Pseudocyclamina lituus (Yokohama), Lamelibranquios, Ophthalmídeos, Ataxophrágmidos, Everticyclimina, Pseudocyclamina, a. f. sphaeroidalis (Hottinger), Lituólidos, Espongiarios y Briozoos. Esta asociación es típica del Kimmeridgiense superior. En

la base de este tramo y en el afloramiento del Pescado, próximo al que hemos definido, aparecen unas dolomías que podrían corresponder ya al Kimmeridgiense medio. Este tramo es idéntico al encontrado por FOURCADE (1970) en Sierra Oliva (fig. 7).

5 metros de areniscas e intrabiosparitas arenosas con Cladocropsis mirábilis (Félix), Equínidos, Briozoos, Cayéuxia y Ataxophrágmidos del Portlandés. Este tramo no se ha encontrado en Sierra Oliva, pero parece corresponder al tramo número 5 de la Sierra de Mariola, estudiado por FOURCADE (1970)

150 metros de arenas, arcillas versicolores, areniscas y abundante óxido de hierro, que representan a las facies "Weald", de edad Barremiense, fundamentalmente, por analogía con la serie de Sierra Oliva. Sobre este tramo reposa un potente paquete

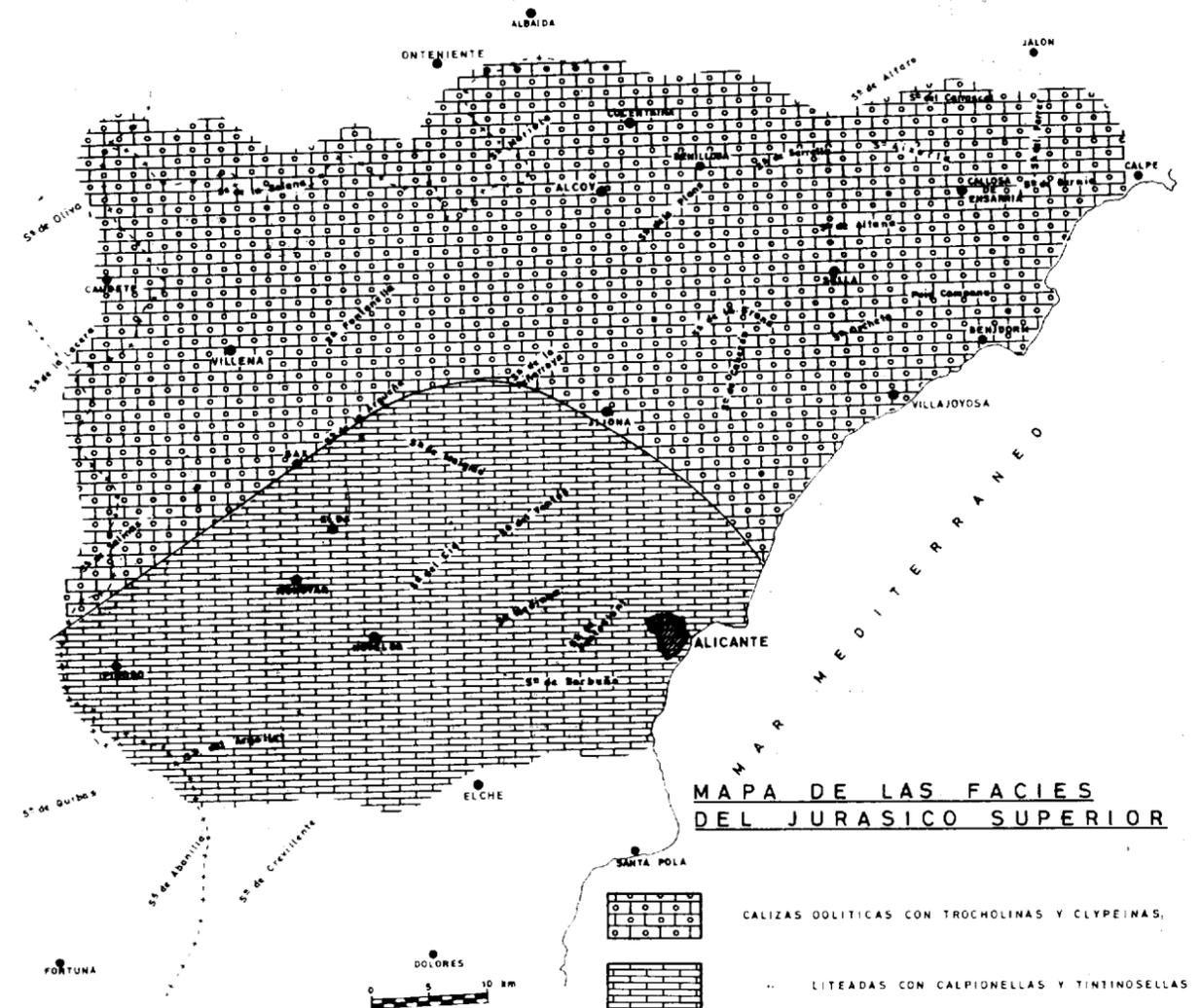


Figura 9

calizo del Aptiense, en cuya base se ha encontrado fauna de *Orbitolina texana parva* (Douglas), *Lameli-branquios*, *Cuneolina*, *Equinodermos* y *Ataxophrá-gidos*.

Vemos por tanto, que le serie de Salinas es inter-media entre las series de Sierra Oliva y la de Sierra Mariola, aunque se parece más a la primera, y la úni-ca diferencia que existe es que en Sierra Salinas ya existe el Portlandés, aunque muy poco potente.

Series del Cabezón del Oro y Puig Campana.

En ambas series, muy análogas entre sí, sólo aflo-ra el Jurásico superior.

Vamos a describir la serie del *Cabezón de Oro* establecida por AZEMA, LECLERC y LERET (1975) (fi-gura 8).

De muro a techo aparece:

— 250 metros como mínimo de calizas masivas claras, a veces oolíticas o ligeramente areniscosas,

frecuentemente gravelosas, ricas en Trocholinas, *Clipeynas* jurásica (Faure), *Thaumathoporella*, *Baci-nella* y restos de Moluscos y Equinodermos. Hacia el techo las calizas se hacen liteadas y de color os-curo en una potencia de 40 a 50 metros. Este tramo, Azema y alt. lo datan como Portlandés; pa-recen corresponderse con el tramo inferior de la serie de Sierra Mariola.

— 25 a 30 metros como mínimo, de un conjunto de areniscas calcáreas, amarillo-rojizas, gravelosas, que en la base y hacia el techo presentan bancos calizos. Se ha encontrado fauna de *Pseudocyclami-na lituus* (Yokohama) y restos mal conservados de Algas, Equinodermos y Moluscos. En el muro de este tramo existe un nivel margoso de 3 ó 4 metros de espesor. Estos materiales AZEMA y alt. (1975), los atribuyen ya al Neocomiense. Nosotros pensa-mos que se trata todavía del Portlandés, puesto que el Neocomiense, regionalmente, siempre está repre-sentado por materiales fundamentalmente margo-sos y margocalizos con gran abundancia de Am-monites, y de bastante potencia.

En la serie del *Puig Campana*, en posición inver-tida, y debajo de las calizas oolíticas del Portlan-dés, con abundantes Trocholinas y *Clipeynas*, apa-recen unas dolomías que bien podrían correspon-der, por datos regionales, al Kimmeridgiense supe-rior.

Conclusiones paleogeográficas del Jurásico.

Realizando un estudio comparativo entre las se-ries del Jurásico descritas, observamos:

1.º El Jurásico superior del Este y Suroeste del Prebético de Alicante (Carche, Salinas, Cabezón de Oro y Puig Campana), es similar al representado en el Norte de este dominio (Sierra Mariola, Cabe-cicos y Biar), y el mismo que el del Prebético In-terno. Este Jurásico superior es propio de un am-biente nerítico, próximo a costas, como lo muestra la presencia de oolitos, graveles, material detrítico y fauna de Thocholinas y *Clipeynas*.

Por el contrario el Jurásico superior del Sur del Prebético de Alicante (Sierra Mediana, Fontcalent y Barranco del Vidrio), presenta unas facies de ca-lizas tableadas con fauna de *Calpionellas* y *Tinti-nosepllas*, que denotan un ambiente pelágico, más parecido al del Subbético.

2.º En cuanto a los demás términos del Jurási-co, no podemos establecer comparaciones ya que

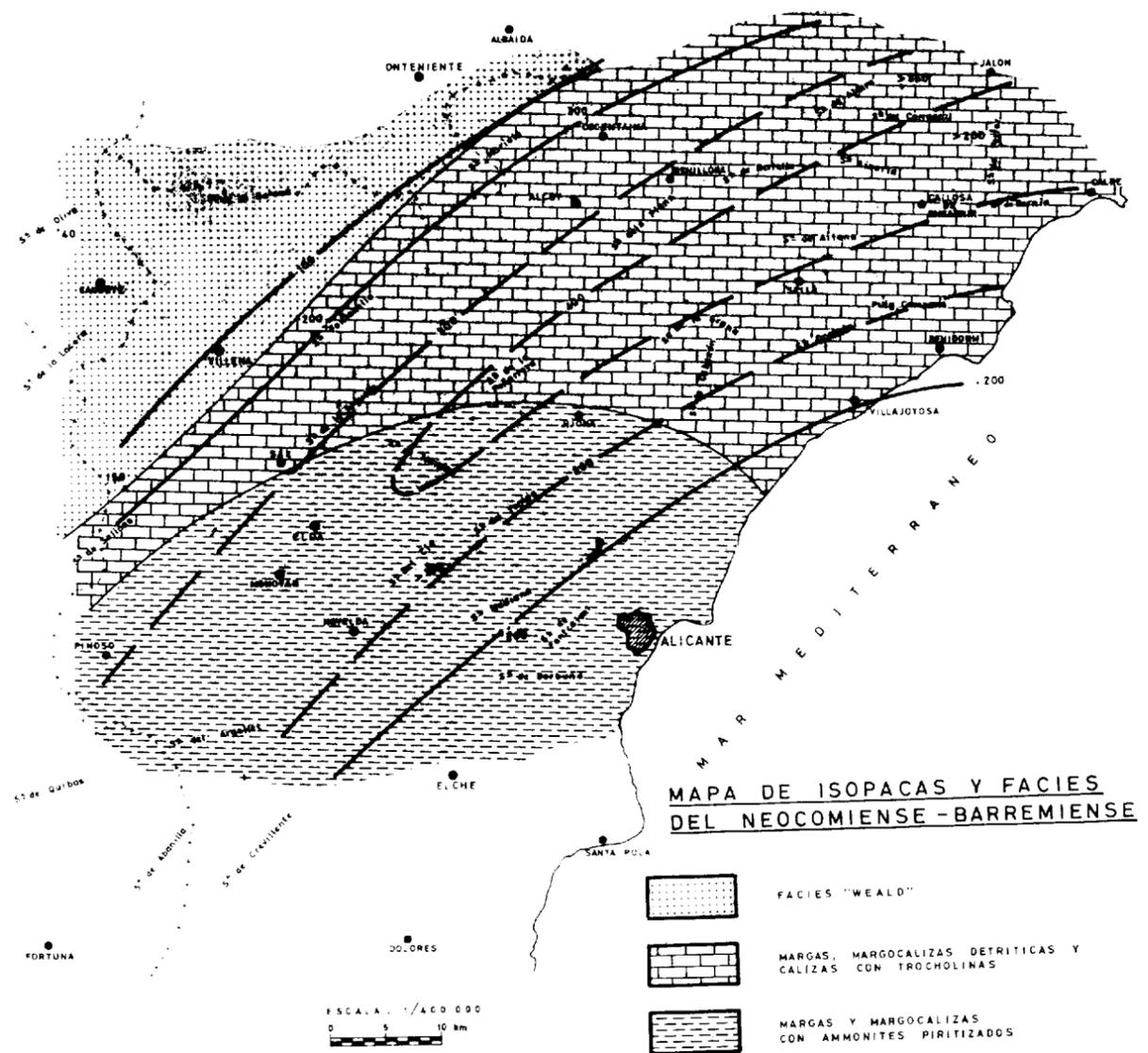


Figura 11

en la parte Norte, Este y Suroeste no llegan a aflo-rar. Sin embargo, en el Sur, el Lías-Dogger es más parecido al del Subbético que al del Prebético, por presentar facies de calizas con sílex y calizas litea-das con "Filamentos", característica esta, típica de la Zona Subbética.

El Oxfordiense superior es análogo al represen-tado en todo el Prebético, de calizas nodulosas con Ammonites.

3.º De los dos apartados anteriores llegamos a la conclusión de que, al menos en el Jurásico supe-rior, las líneas paleogeográficas parecen describir

una inflexión, pasando a una dirección NW-SE para incluir a los afloramientos del Cabezón de Oro y Puig Campana de características similares a los de Sierra Mariola (fig. 3).

4.º Aunque el Berriasiense pertenece ya al Cre-tácico, por haber hablado ya de él, en los cortes descritos para el Jurásico, y por presentar una sedi-mentación análoga a éste, incluso su misma lito-logía, en la mayoría de los casos, vamos a incluirlo en este capítulo.

Ya hemos visto que el Berriasiense de la Sierra de Fontanella-Mariola está constituido fundamen-

Sondeo de Jalon

EDAD POT.	COLUMNA	LITOLOGIA	FAUNA
NEOCOMIENSE	P.A.	Conglomerado calizo con arcillas color castaño.	
		Margas y margocalizas amarillo-verdosas y grises.	Ammonites, Dentalina, Lenticulina, Bonaína.
		Calizas detríticas, areniscas y margocalizas en el techo.	Nodosaria, Lenticulina, Orbitolínidos, Dentalina, Lituola af. nautiloidea, Pseudotextularia salavensis, Glomospira, Cuneolina, etc.
		Margas y margocalizas azules.	Moluscos, Ostracodos, Ophthalmídeos, Pseudotextularia, salavensis, Glomospira, Equinodermos, Lenticulina, Nodosaria y Lituolínidos.
NEOCOMIENSE	P.A.	Calizas gravelosas y oolíticas y calizas detríticas hacia el techo (intra-biomí-critas y biointraspartitas).	Lameli-branquios, Equinodermos, Actinoporella, Nautiloculina, Ammoloculites, Trocholinas, Ophthalmídeos, Ataxophragmidos, Pseudotextularia salavensis.
		Margas y margocalizas azuladas.	Pseudocyclamina, Permocalculus, Miliólidos y Rectocyclamina.

Figura 10

talmente por areniscas y calcarenitas oolíticas con Trocholinas y Clipeynas, típico de un medio nerítico, mientras que el Berriasiense de Fontcalent-Mediana es margoso y margocalizo con Ammonites y Tintfnidos, propio de un ambiente pelágico. La línea de separación entre unas facies y otras, no se puede precisar, puesto que solamente se han registrado estos dos afloramientos, pero es muy posible que coincida con la definida para el Jurásico superior y que, como en este caso, describa un arco convexo hacia el Norte.

2.3. CRETÁCICO.

Aflora extensamente en la zona, presentando asimismo amplio desarrollo.

Vamos a hacer primero un estudio descriptivo de los distintos tramos representados y referidos a las diferentes zonas, para ver por último las variaciones producidas en cada tramo, de unos puntos a otros.

Neocomiense-Barremiense.

Existen afloramientos en las Sierras de Fontanella, Mariola, Norte de la Sierra de Salinas, Sierra del Cid, inmediaciones de las Sierras de Fontcalent y Mediana, Busot, Norte de las Sierras de Carrascal y Cocoll, y Este de la Sierra de Ferrer.

A excepción del afloramiento del Norte de la Sierra de Salinas en donde el Neocomiense-Barremiense está representado por facies "Weald", todos los demás afloramientos señalados presentan

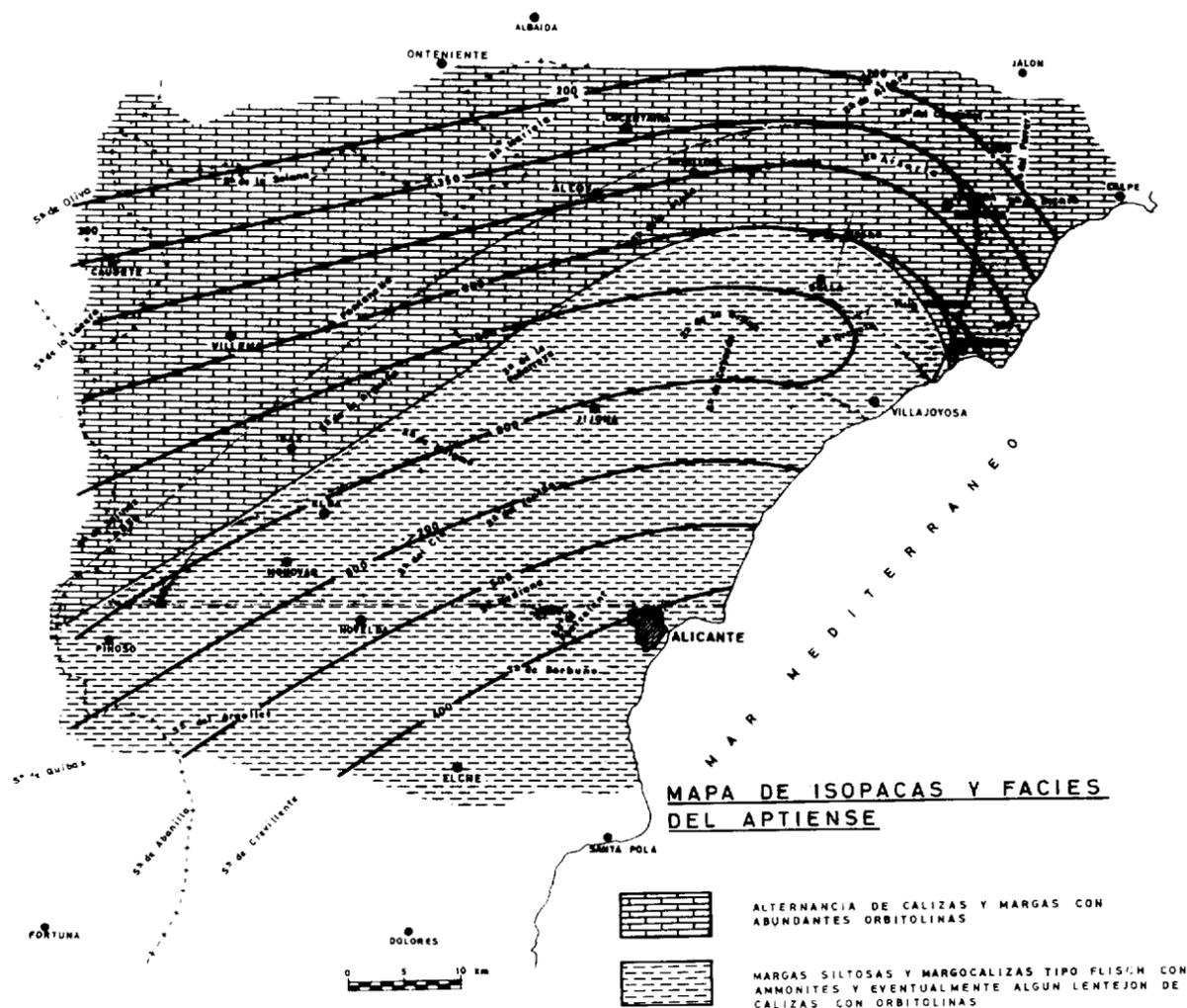


Figura 12

una litología común de margocalizas y margas con abundantes Ammonites, entre los que podemos señalar: Lissóceras nisus (D'Orb), Ptychophilloceres semisulcatum (D'Orb) Crioceratites clausum (Sar-Shon), Crioceratites duvali (Leveille), Lissóceras grasianus (D'Orb), Crioceratites tobarelli (Astier), fauna ésta recogida por RÍOS, NAVARRO, TRIGUEROS y VILLALÓN (1961) en la hoja de Benisa. Además de esta fauna, LECLERC (1971) ha encontrado, en la Sierra del Cid, Ammonites como Barremites s. p. difficile (D'Orb), Holcodiscus gastaldi (D'Orb), Pseudohaplóceras oedipus (Match.) y Pseudothurmania c. f. picteti (Sark), entre otros.

Además, de estos macrofósiles DARDER (1945) ha encontrado en el Sur de la Hoja de Benisa, microfauna de Lagema colomi (De Lapparent) que al parecer es representativa de un medio francamente batial.

Hemos dicho que existen analogías litológicas entre las series, sin embargo esto no es absolutamente cierto ya que los afloramientos más septentrionales presenta cierto carácter detrítico (alineación Sierra Mariola-afloramiento del Sur de la hoja de Benisa), mientras que los afloramientos más meridionales son más margosos y presentan frecuentemente Ammonites piritizados.

Además, y esto ha sido puesto de manifiesto por un sondeo que ha realizado el "Estudio Hidrogeológico del Bajo Segura", en el Barranco del Mase-rof, próximo a Jalon (hoja de Benisa), el Neocomiense presenta intercalaciones de calizas oolíticas, calcarenitas y micritas arenosas, de cierta importancia, sobre todo en el Valanginiense inferior. Al microscopio corresponden fundamentalmente a biointrasparitas con Thocholinas. Vamos a describir el corte de dicho sondeo por ser donde el Neocomiense lo hemos encontrado más desarrollado. El sondeo está implantado en el núcleo de un anticlinal, ya en Neocomiense, y después de atravesar 334 metros no ha salido de esta formación (fig. 10).

De techo a muro se observa:

22 metros de margas y margocalizas amarillo-verdosas y grises con Ammonites, Lituólidos, Ostrácodos, Dentalina, Moluscos, Equinodermos, Ataxophragmídiidos, Lenticulina, Radiolarios, Boueina y Ophthalmídiidos.

24 metros de calizas detríticas, areniscas y margocalizas en el techo, con Ostrácodos, Radiolarios, Equinodermos, Nodosaria, Lenticulina, Orbitolín-

Corte en Coll de Rates

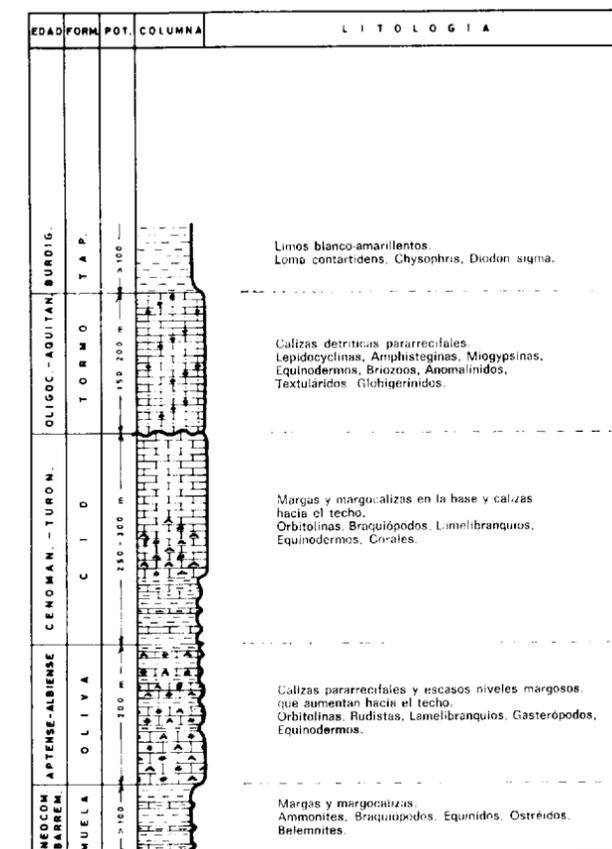


Figura 13

dos, Dentalina, Lituola af. nautiloidea (Larmarch) Moluscos, Lamelibranquios, Miliólidos, Pseudotextularia salavensis (Char, Bron. y Zan.), Glomospira y Cuneolina.

97 metros de margas y margocalizas azules con Moluscos, Ostrácodos, Ophthalmídiidos, Pseudotextularia salavensis (Char. Bron. y Zan), Glomospira, Equinodermos, Lenticulina, Nodosaria y Lituólidos.

162 metros de calizas gravelosas y oolíticas y calizas detríticas hacia el techo (fundamentalmente intrabiomicritas y biointrasparitas). Se ha encontrado fauna de Lamelibranquios, Equinodermos, Actinoporella, Nautiloculina, Ammobaculites, Trocholina, Ophthalmídiidos, Ataxophragmídiidos. Pseudotextularia salavensis (Char, Bron y Zan.), Pfenderina neocomiensis (Pfender), Permocalculus, Miliólidos y Rectocyclamina.

25 metros de margas y margocalizas fundamentalmente azuladas.

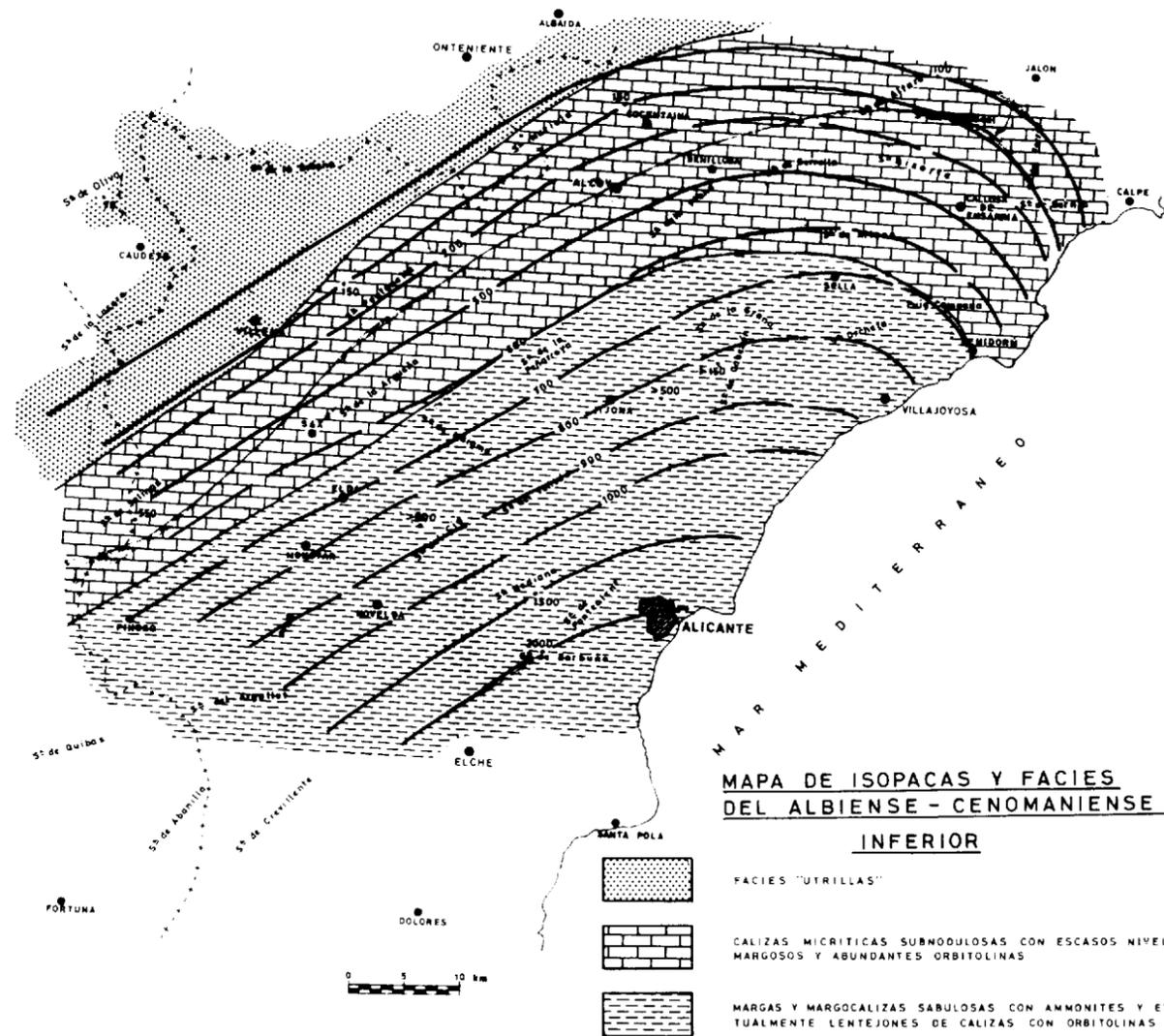


Figura 14

Como vemos, en este corte está representado el Valanginiense y Hauteriviense, aunque algo incompletos.

Las potencias, en cambio, varían de unos puntos a otros. Así por ejemplo, en la Sierra de Fontanella el Neocomiense-Barremiense tiene 200 metros, en Sierra Mariola 200 y en los afloramientos del Norte de la Sierra de Carrascal y Este de la Sierra del Ferrer, más de 350 metros. Más al Sur, en la Sierra del Cid, aflora un centenar de metros, pero se desconoce su potencia total pues no aflora el muro. En las inmediaciones de las Sierras de Fontcalet y Mediana la potencia es de unos 200 metros (según comunicación oral de Pina). Por úl-

timo entre el Islote de Benidorm y Sierra Helada se debe encontrar el Neocomiense bajo el mar y la potencia deducida ha sido de unos 200 metros.

Si vemos el mapa de isopacas (fig. 11), observamos que existe un surco de dirección NE-SW en el Neocomiense, cuyo eje de máximos espesores coincidiría aproximadamente con las Sierras de Maigmó, Peñarroya, Aitana, Aixorta, Carrascal y Ferrer. Al Sur de este eje vuelven otra vez a disminuir las potencias y en la zona de Fontcalet, por ejemplo, el Neocomiense sólo tiene 200 metros. Este hecho es muy significativo y se repite a lo largo de todo el Cretácico como mínimo, como iremos viendo

Serie de la Sierra del Carrascal

Aptiense.

Aflora en las Sierras de Salinas, Fontanella, Mariola, Carrascal, Ferrer, Marco del Barco, Helada e inmediaciones de Fontcalet y Mediana.

Los afloramientos de las Sierras de Salinas, Fontanella, Mariola, Carrascal, Ferrer, Marco del Barco y Helada presentan características litológicas comunes tratándose de una alternancia de calizas y margas con abundantes Orbitolinas, Rudistas, Lamelibranquios, Gasterópodos y Equinodermos.

En la Sierra del Carrascal, por ejemplo (Ríos y alt. 1961), han encontrado fauna de Orbitolina lenticularis (Blum.), Toucasia transversa (Paquier), Nerinea gigantea (Hom.-Firm.), Neithea, Mytilus, Natica y Heteraster oblongus (Luc.) (fig. 13).

En las inmediaciones de las Sierras de Fontcalet y Mediana el Aptiense se hace mucho más mar-

"Piñar de Camús"

Corte en la Reptana

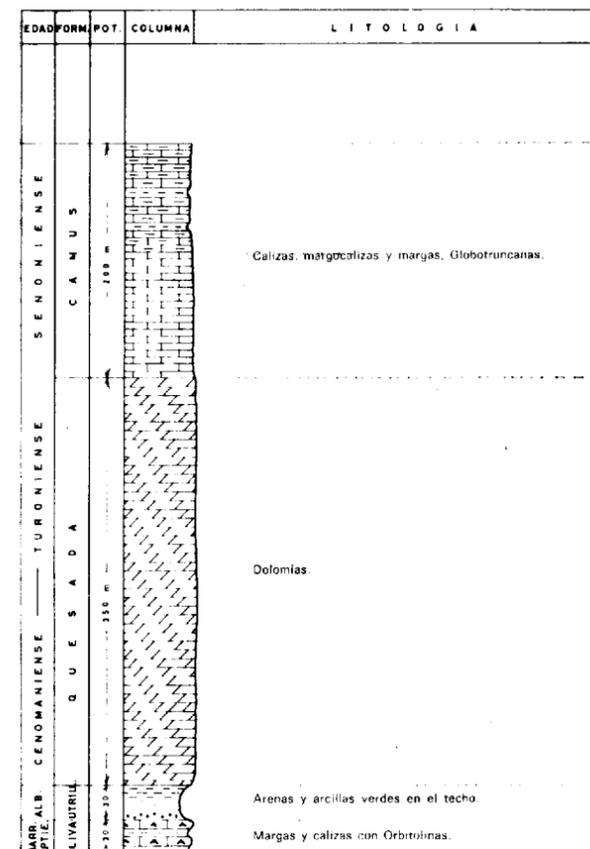


Figura 15

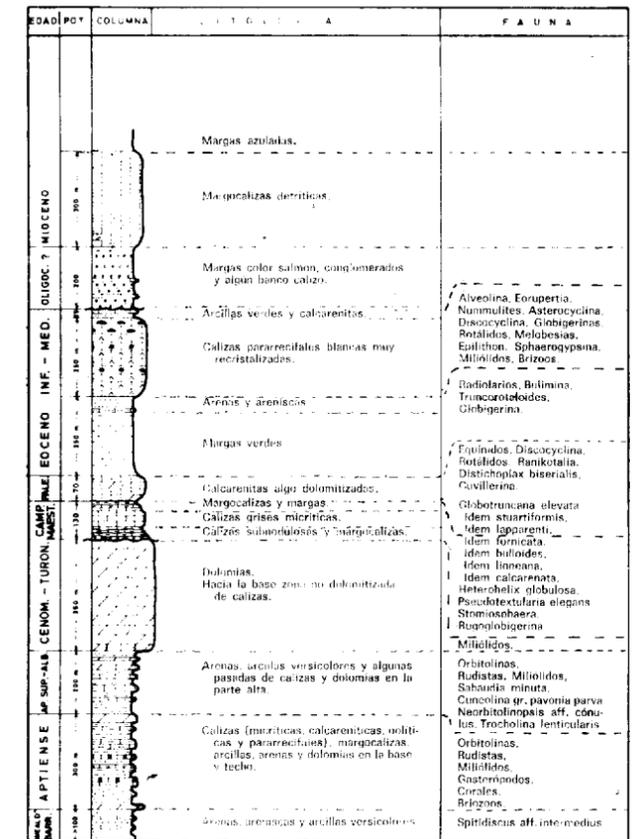


Figura 16

goso-detrítico y margocalizo, tipo flisch, con presencia de Ammonites, desapareciendo casi en su totalidad los niveles de calizas con Orbitolinas.

Las potencias varían mucho de unos puntos a otros. Así, por ejemplo, en la Sierra de Salinas es superior a 350 metros y en la Sierra de Fontanella sólo 300 metros. En las Sierras de Mariola, Carrascal, Ferrer y Marco del Barco, de 200 metros y en Helada de 400 metros. En los afloramientos de las inmediaciones de las Sierras de Fontcalet y Mediana es de 450 metros (según comunicación verbal de J. A. Pina).

También aquí se observa, si miramos el mapa de isopacas (fig. 12), un surco, de dirección NE-SW igualmente, cuyo eje de potencias mayores, coincidiría aproximadamente con el deducido para el Neocomiense, esto es, Sierra de Salinas, Argueña, Maigmó, Peñarroya y Orcheta, aunque como vemos aquí,

el eje del surco ha descrito una inflexión en su extremo oriental, hacia el SE.

Albiense-Cenomaniense inferior.

Aunque en este apartado vamos a ocuparnos fundamentalmente del Albiense, sin embargo en algunos puntos existe continuidad litológica entre el Albiense y la base del Cenomaniense, de ahí que hayamos creído oportuno incluir también este último.

Aflora ampliamente y está representado en casi todo el Prebético de Alicante.

Se observan dos tipos de facies diferentes. Por un lado las más septentrionales (Sierra de Salinas, Fontanella, Mariola y Carrascal) presentan una litología de calizas micríticas y oomicríticas subnodulosas con escasos niveles margosos y con abundantes Orbitolinas; en las Sierras de Mariola y Fontanella, en el techo del Albiense existen unos 15-20 metros de arena y margas abigarradas de facies "Utrillas".

Al Sur de esta alineación, el Albiense y base del Cenomaniense está constituido por una alternancia de margas y margocalizas sabulosas, tipo flisch, con abundantes Ammonites, aunque pueden "coexistir" con alguna intercalación de calizas con Orbitolinas con disposición lentejear, como ocurre en la Sierra del Cabezón de Oro, o en Fontcalent (Serreta Larga). Es muy frecuente encontrar en estas últimas series, hacia el techo de las mismas, unas margocalizas de aspecto subnoduloso.

En la Sierra del Cid, LECLERC (1971), ha encontrado microfauna de Hedbergella washitensis (Carsey), Hedbergella c.f. planispira (Loeblich y Tappan), Tritaxia pyramidata (Reuss), Arenobulimina, Epistomina colomi (Sigal), Ticinella roberti (Gandóffi), y algunas Orbitolinas. Hacia el techo de la serie este mismo autor ha recogido microfauna de Mortonicerás infletum, (Sow.), Lytóceras pr. anisoptychum (Uhl.) y abundantes Equinodermos.

En el Cabezón del Oro AZEMA y alt. (1975) han encontrado, además de la fauna ya citada, Patellina subcretácica (Cushman y Alexander), Lenticulinas s. p. Dorothisia s. p. y Gavelinella s. p.

Las potencias son muy variables de unos puntos a otros. Así, por ejemplo, en la Sierra de Salinas es de 250 metros; en las Sierras de Fontanella y Mariola de 150 metros; en la del Carrascal de 100 metros; en Cabezón del Oro, superior a 150 metros; en la del Cid superior a 300 metros, en el

anticlinal del Espartal, al Este de Jijona, superior a 500 metros (por datos de geofísica); en las inmediaciones de las Sierras de Medianá y Fontcalent de unos 1.500 metros y por la carretera que va de Monforte del Cid a Alicante se cortó un Albiense de 2.000 metros de potencia.

Aquí en el Albiense, se observa que las potencias aumentan hacia el Sur, pero no se observa surco alguno; parece como si el eje de éste se hubiese desplazado hacia el Sur (fig. 14).

Cenomaniense-Turonienense.

Se encuentra ampliamente representado en todo el Prebético de Alicante.

Se encuentran varias facies según las zonas. Así, en las más septentrionales (Sierras de Salinas, Fontanella y Mariola) está representado por un potente paquete de dolomías, único. Contrasta esta fa-

El Sabinar

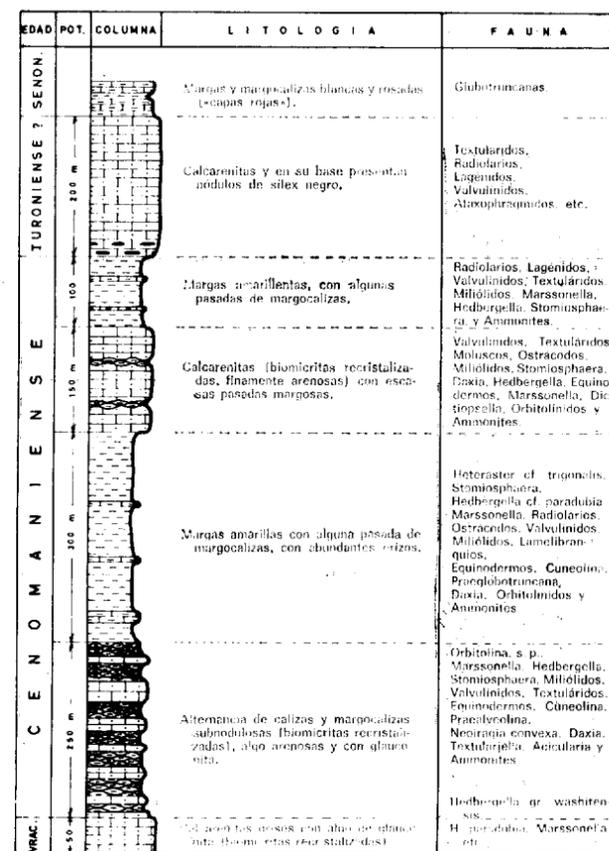


Figura 17

Corte en Alto del Corzo y Alto de la Cruz

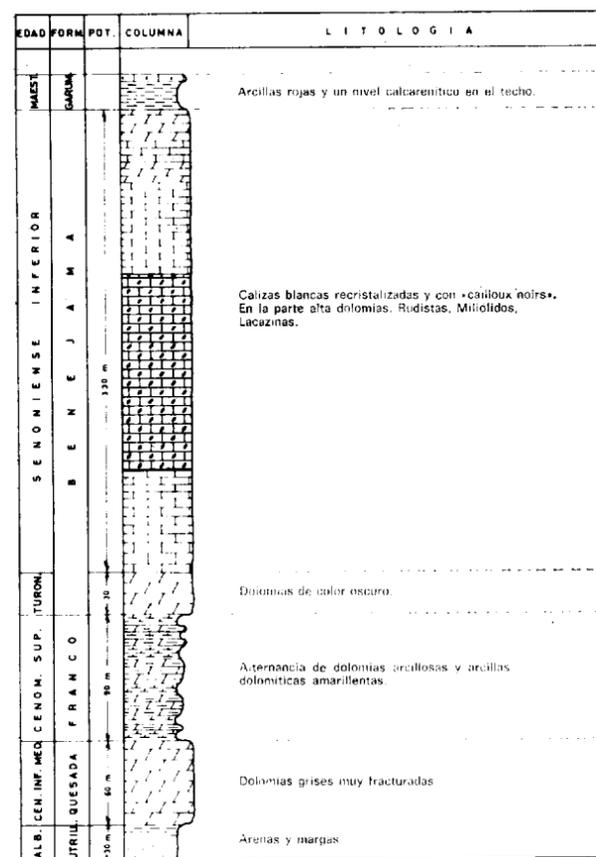


Figura 18

cias con la constante, en el Prebético Interno, de la "trilogía" dolomítica (fig. 18).

Según sostiene W. MARTÍNEZ y M. BENZAQUEN (1975), al menos en la Sierra Mariola, estas dolomías presentan una isocronía basal (paso Albiense superior-Cenomaniense) y una heterocronía en el techo, que asciende en edad hacia el Sur. Así en el Capullo del Aguila (flanco Norte del anticlinal de Mariola) el techo de las dolomías marca el límite Santoniense-Campaniense y más al Sur (bóveda y flanco Sur del anticlinal) el techo de la dolomitización marca el límite Campaniense Superior-Maestrichtiense. Estos mismos hechos parecen que son los que se dan en las Sierras del Carche y Salinas, que AZEMA (1970) lo interpreta como que existe una discordancia entre las dolomías del Cenomaniense superior y Campaniense. Nosotros pensamos que la interpretación de W. MARTÍNEZ y M. BENZAQUEN (1975) es la que se ajusta más a la realidad,

sin desechar el hecho de que el Senoniense aparece discordante en numerosas ocasiones. (Después de redactar esta nota, se han realizado sondeos al Sur de la Sierra de Salinas y hemos de admitir que la interpretación de AZEMA parece ser la correcta.)

Más al Sur y Noreste (Sierras de Argueña, Cid, Maigmó, Carrasqueta y Carrascal) el Cenomaniense-Turonienense está representado por unas calizas oolíticas y gravelosas con abundantes Orbitolinas. hacia el Sur y Sureste (Sierras de las Aguilas, Ventós, Sabinar, Amaens, Orqueta, Realet, Ponoch y Almedia) viene representado por un tramo basal de margas y margocalizas con algunas pasadas de calizas con Orbitolinas y sobre él un tramo calizo micrítico con sílex en la base; este tramo calizo superior, que se le atribuye al Turoniense, disminuye de potencia de Noreste a Suroeste (de 300 metros en la Sierra Almedia (fig. 19) a menos de 100

Corte en Sierra Almedia

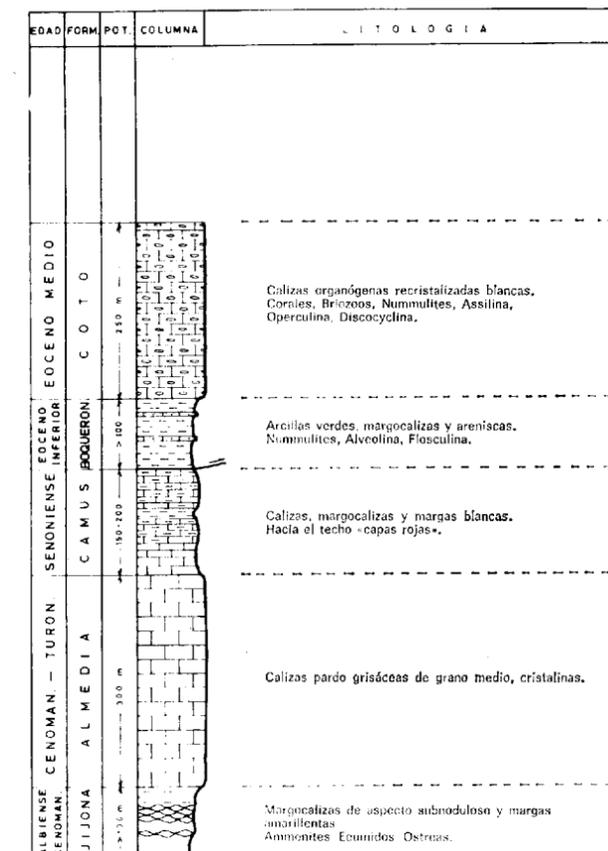


Figura 19

Serie de la Sierra Larga

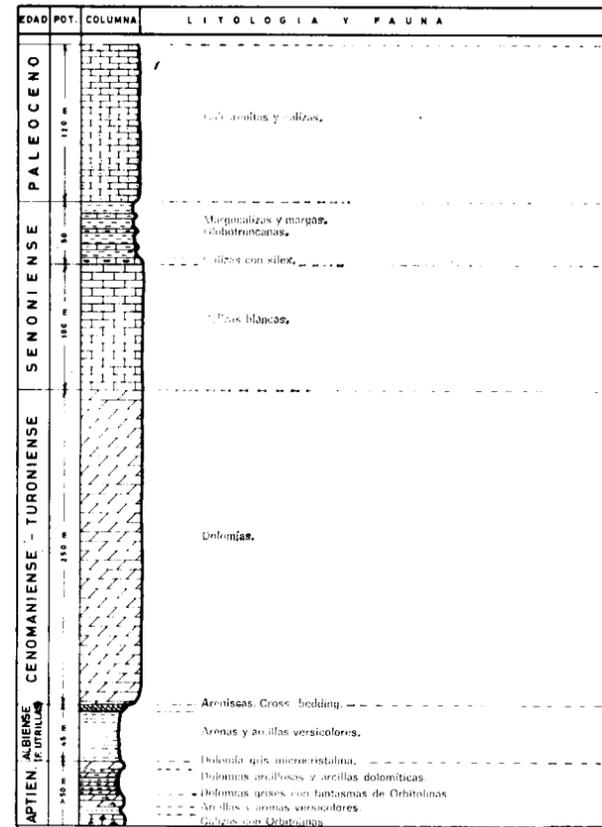


Figura 20

metros al Oeste de la Sierra de los Tajos, incluso en Orcheta es de 30-90 metros y hacia el SW se hace más margoso).

Por último, al Sur de la carretera de Elda a Alicante, el Cenomaniense, al menos, está constituido por una alternancia de margas y margocalizas más o menos detríticas con Equinodermos y Ammonites.

En la Sierra del Cid, LECLERC (1971) ha encontrado fauna de Orbitolina s. p. y Neoiroquia convexa (Danilova).

En la Sierra de Carrascal, Ríos y alt. (1961) han recogido Orbitolina scutum (Fritsch), O. aperta (Erman), O. trochus (Fritsch), Leptophyllastrae c. f. regularis (Oppen), Heterocoenia c. f. verrucosa (Oppen), Pecten acuminatus (Gein), Rinchonella latissima (Sow.); toda esta fauna data al Cenomaniense.

En el Sabinar hemos efectuado un corte de detalle del Cenomaniense - Turoniense y que descri-

bimos a continuación por considerarlo de enorme interés, ya que en este punto, el Cenomaniense-Turoniense llega a alcanzar el mayor espesor registrado, así como por poseer unas características litológicas y faunísticas únicas en el Prebético. Este corte ha sido estudiado también, independiente del autor, por G. Leret, como tema de su tesis doctoral (fig. 17).

De muro a techo se observan los siguientes materiales:

50 metros de calcarenitas grises con algo de glauconita (biomicritas recristalizadas, ligeramente arenosas), en alternancia de bancos gruesos y delgados. Se han observado Ammonites y restos muy menudos de Hedbergella gr. washitensis, H. paradubia, Lamelibranquios, Valvulínidos, Textuláridos, Miliólidos, Stomiosphaera, Radiolarios, Ophthalmí-

Serie de la Sierra del Sopalmó

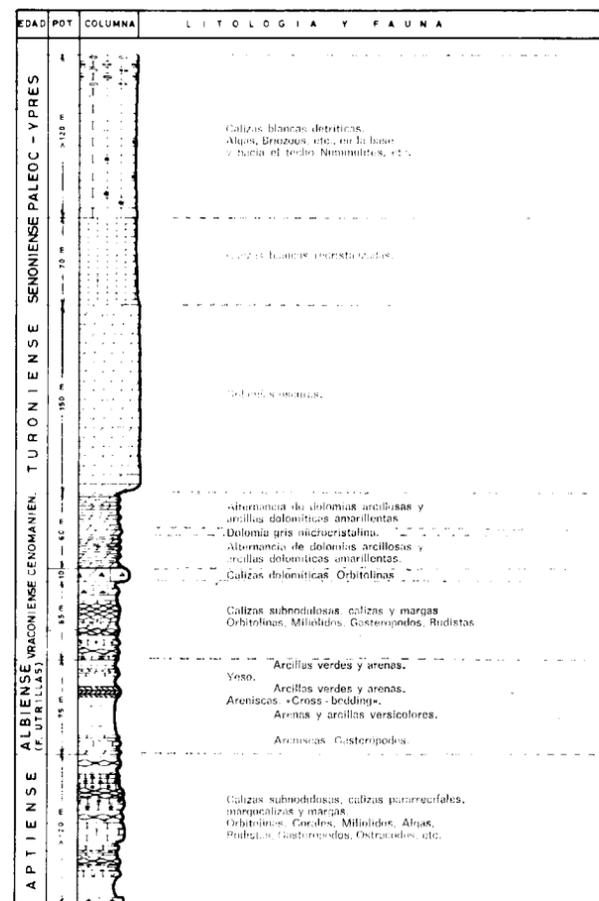


Figura 21

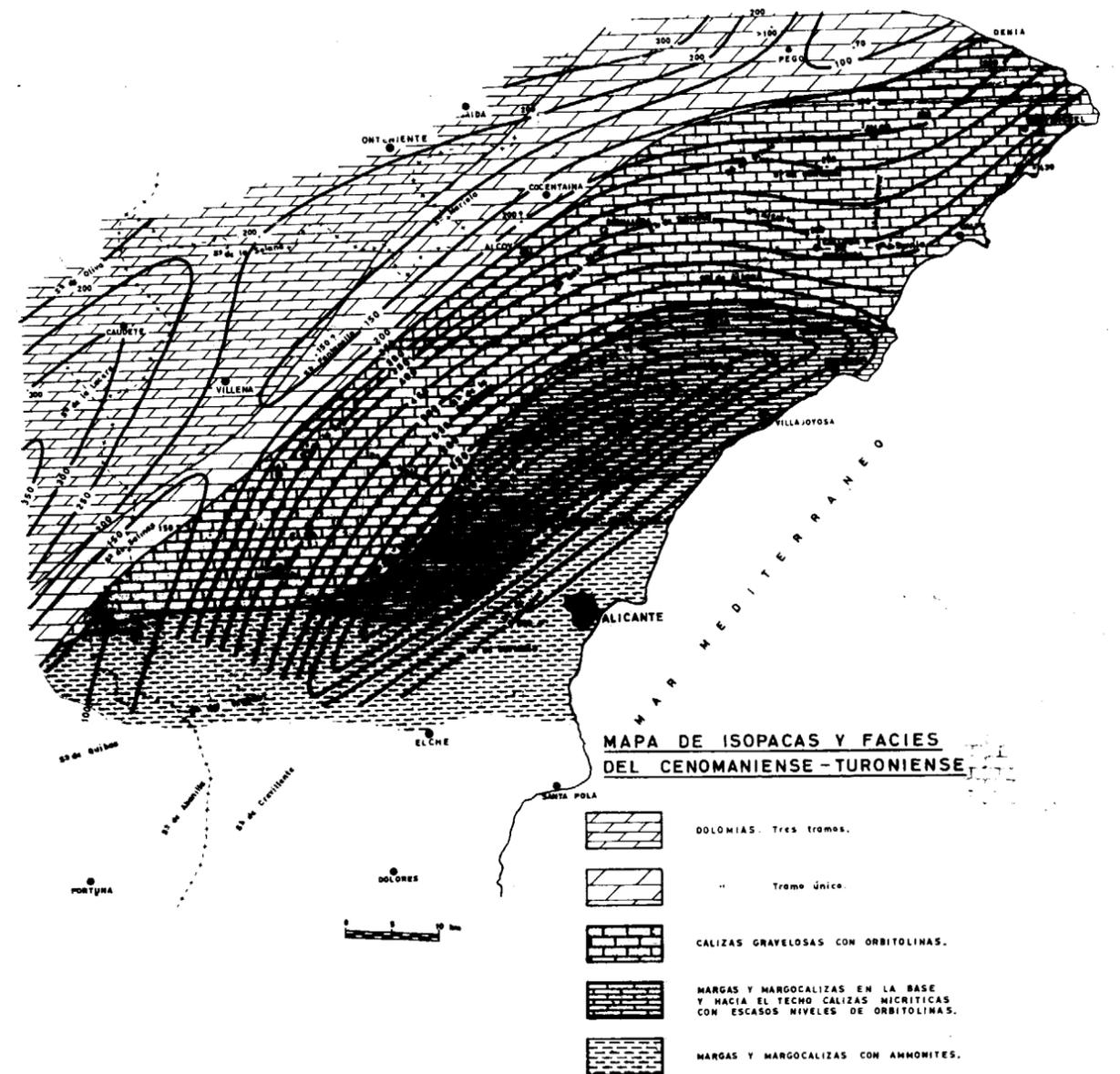


Figura 22

diidos, Manoporella, Equinodermos, Marssonella, Textulariella y Lagénidos. Esta asociación permite datar a este tramo como del Vraconiense.

250 metros de alternancia de calizas y margocalizas subnodulosas (biomicritas recristalizadas, algo arenosas y con glauconita) y margas amarillentas. La fauna encontrada ha sido de Ammonites, Orbitolinas s. p., Marssonella, Hedbergella, Stomiosphaera, Miliólidos, Valvulínidos, Textuláridos, Equinodermos, Cuneolina, Praealveolina, Neoiroquia con-

vexa (Danilova), Daxia, Textulariella y Acicularia. Su edad es pues del Cenomaniense.

300 metros de margas amarillentas con alguna pasada de margocalizas con abundantes Erizos (Heteraster c. f. trigonalis) (De Sormais) y Ammonites. Al microscopio se ha observado fauna de Stomiosphaera, Hedbergella c. f. paradubia (Sigal), Marssonella, Radiolarios, Ostrácodos, Valvulínidos, Miliólidos, Lamelibranquios, Equinodermos, Cuneolina, Praeglobotruncana, Daxia y Orbitolínidos. Su edad es Cenomaniense.

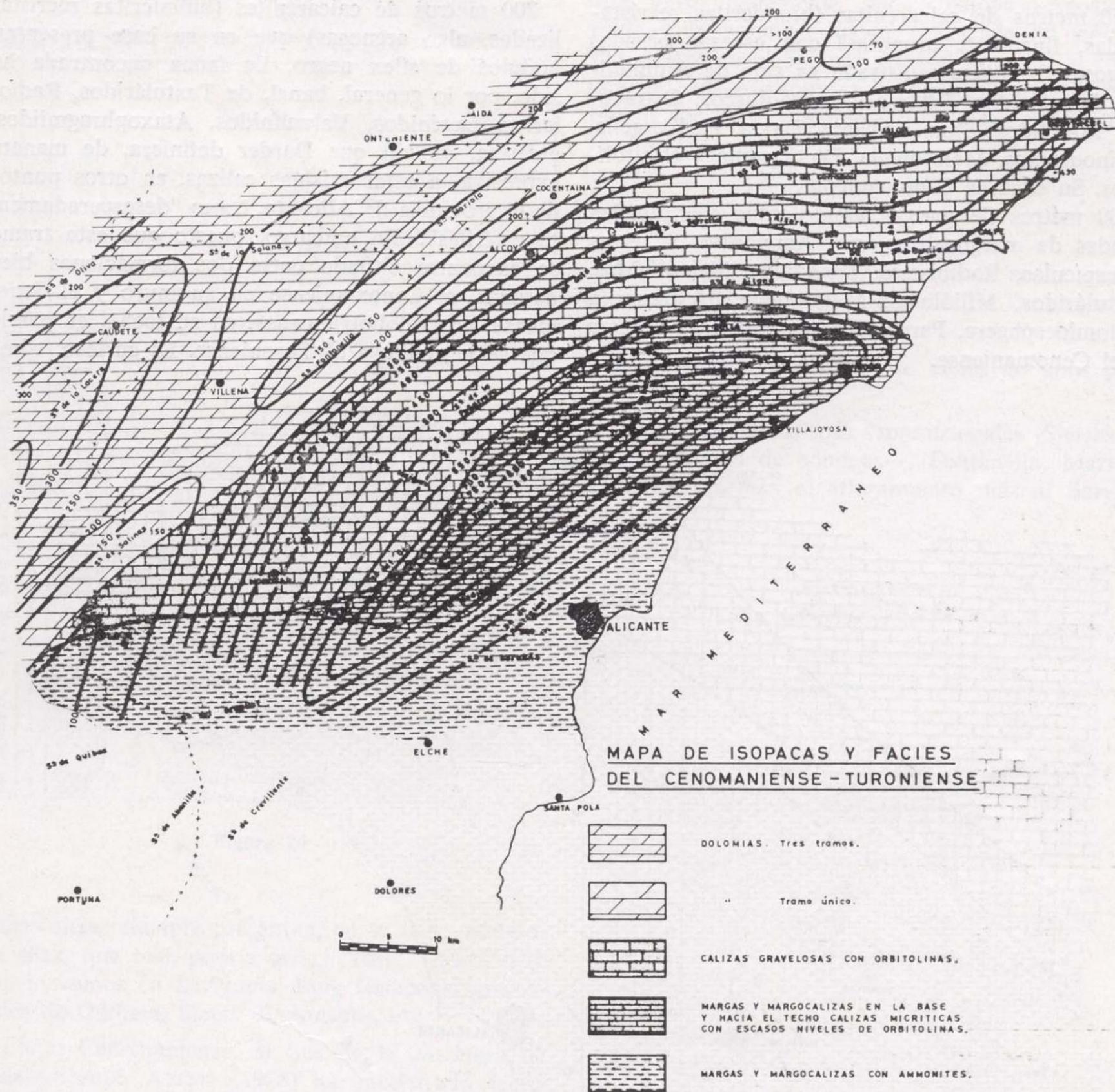


Figura 22

diidos, Manoporella, Equinodermos, Marssonella, Textulariella y Lagénidos. Esta asociación permite datar a este tramo como del Vraconiense.

250 metros de alternancia de calizas y margocalizas subnodulosas (biomicritas recristalizadas, algo arenosas y con glauconita) y margas amarillentas. La fauna encontrada ha sido de Ammonites, Orbitolinas s. p., Marssonella, Hedbergella, Stomiosphaera, Miliólidos, Valvulínidos, Textuláridos, Equinodermos, Cuneolina, Praealveolina, Neoiraqia con-

vexa (Danilova), Daxia, Textulariella y Acicularia. Su edad es pues del Cenomaniense.

300 metros de margas amarillentas con alguna pasada de margocalizas con abundantes Erizos (Heteraster c. f. trigonalis) (De Sormais) y Ammonites. Al microscopio se ha observado fauna de Stomiosphaera, Hedbergella c. f. paradubia (Sigal), Marssonella, Radiolarios, Ostrácodos, Valvulínidos, Miliólidos, Lamelibranquios, Equinodermos, Cuneolina, Praeglobotruncana, Daxia y Orbitolínidos. Su edad es Cenomaniense.

150 metros de calcarenitas (biomicritas recristalizadas, finamente arenosas) con escasas pasadas margosas. La fauna registrada ha sido de Ammonites, Valvulínidos, Textuláridos, Moluscos, Ostrácodos, Miliólidos, Stomiosphaera, Daxia, Hedbergella, Equinodermos, Marssonella, Dictiopsella y Orbitolínidos. Su edad es Cenomaniense.

100 metros de margas amarillentas con algunas pasadas de margocalizas, con Ammonites y restos de espículas, Radiolarios, Lagénidos, Valvulínidos, Textuláridos, Miliólidos, Marssonella, Hedbergella y Stomiosphaera. Parece ser que seguimos todavía en el Cenomaniense.

200 metros de calcarenitas (biomicritas recristalizadas, algo arenosas) que en su base presentan nódulos de sílex negro. La fauna encontrada ha sido, por lo general, banal, de Textuláridos, Radiolarios, Lagénidos, Valvulínidos, Ataxophragmiidos, etcétera, de ahí que Darder definiera, de manera expresiva, a estas mismas calizas, en otros puntos de la provincia de Alicante, como "desesperadamente estériles". Sin embargo, puesto que este tramo se encuentra situado entre dos formaciones bien datadas, el Cenomaniense en su muro y el Senoniense, con Globotruncanas, en su techo, es por lo que se le atribuye al Turoniense. Es curioso, cómo

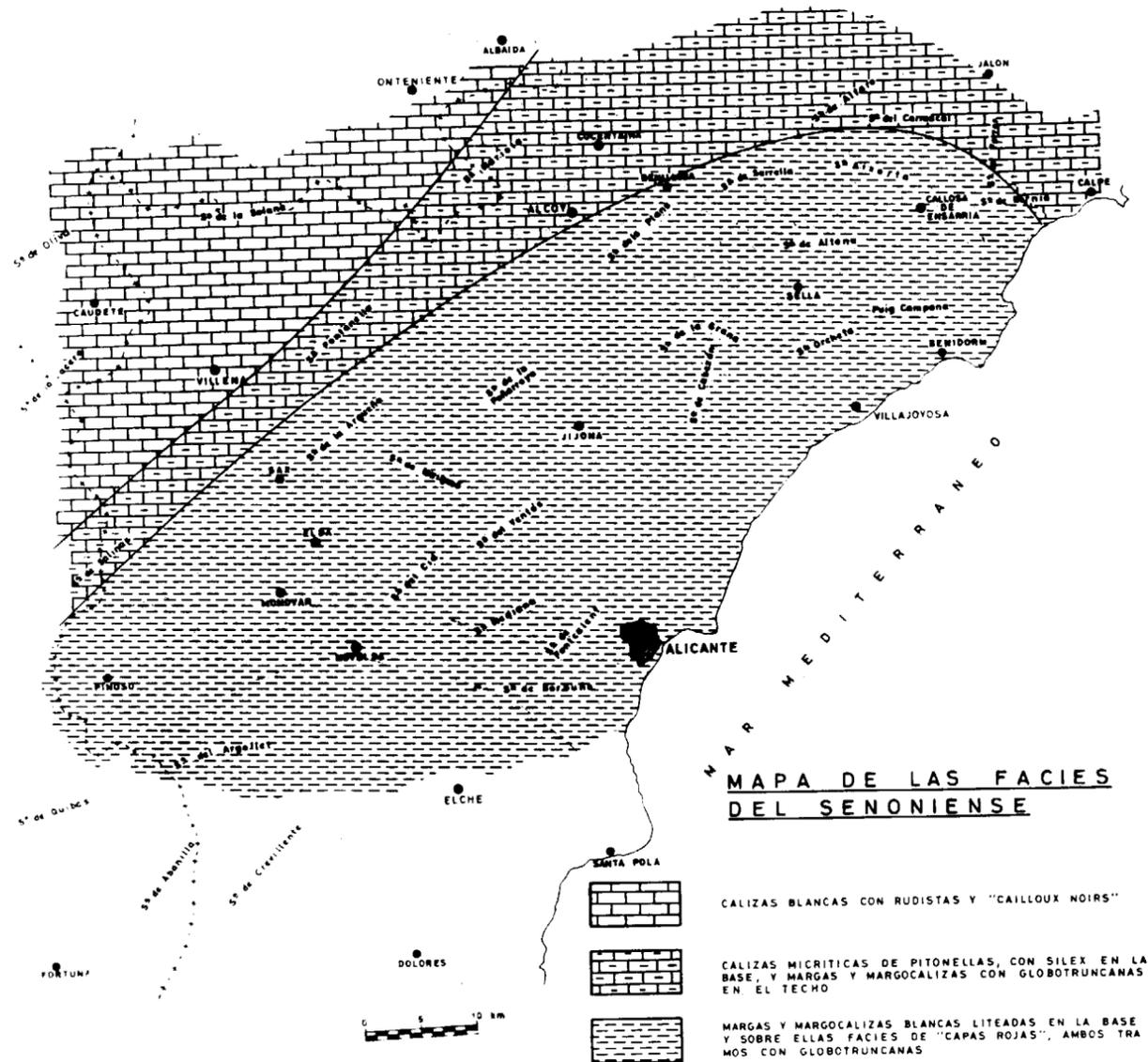


Figura 23

Serie de las Sierras de Ascoy y Benis

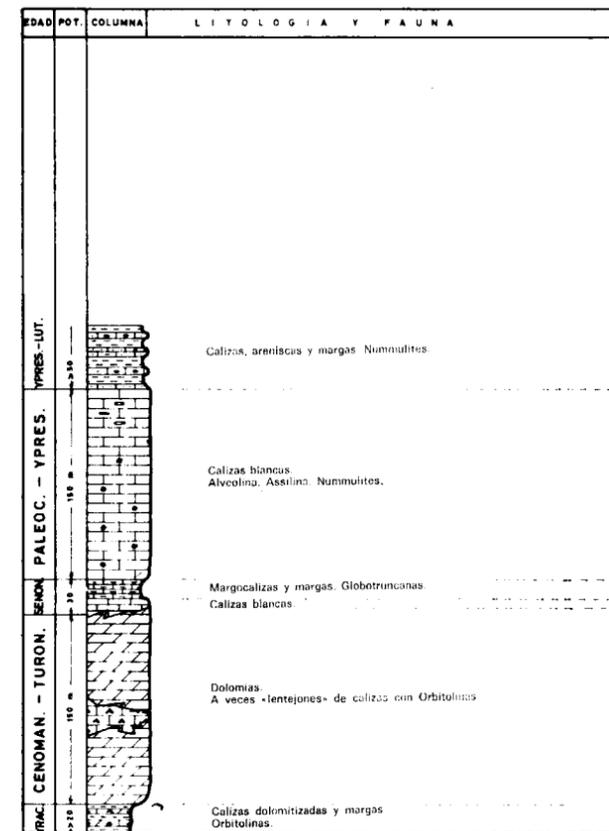


Figura 24

estas calizas siempre presentan, en su base, nódulos de sílex, que bien podría ser el "fósil" característico; lo vemos en La Nucía, Puig Campana, anticlinales de Orcheta, Sierra de Amaens, etc.

En el Cenomaniense, al Sur de la carretera de Elda-Alicante, AZEMA (1975) ha encontrado fauna de Ammonites (Mariella s. p.).

Las potencias varían de unos puntos a otros. Así, en la Sierra de Salinas es de 350 metros; en Pinar de Camús 150 metros; en Sierra Mariola 200 metros; en la Sierra del Carrascal 250 metros; en las Sierras del Cid y Maigmo de 350 a 400 metros; en la Carrasqueta, mayor de 200 metros; en el Sabinar 900 metros; en Almedia unos 350 metros y al Sur de la carretera Elda-Alicante, el Cenomaniense alcanza una potencia del orden de los 500 metros.

También en el Cenomaniense-Turoniense se observa un surco, de igual dirección que los anteriormente citados y cuyo eje de máximas potencias, ven-

dría aproximadamente por Villajoyosa-Agost-Novelda y la potencia mayor registrada ha sido de 900 metros en el Sabinar. Más al Sur, por la carretera de Elda-Alicante, es de unos 500 metros, existiendo por tanto disminución en este sentido (figura 22).

Senoniense.

Aflora también ampliamente en la zona, aunque en menor extensión que el resto del Cretácico superior.

Se observan variaciones de facies de unos puntos a otros (fig. 23).

Los afloramientos más septentrionales (Sierras de Salinas—datos de sondeos—, Fontanella, Mariola, Cocoll), e incluso el afloramiento más al Sureste,

Sierra Aitana Columna sintética

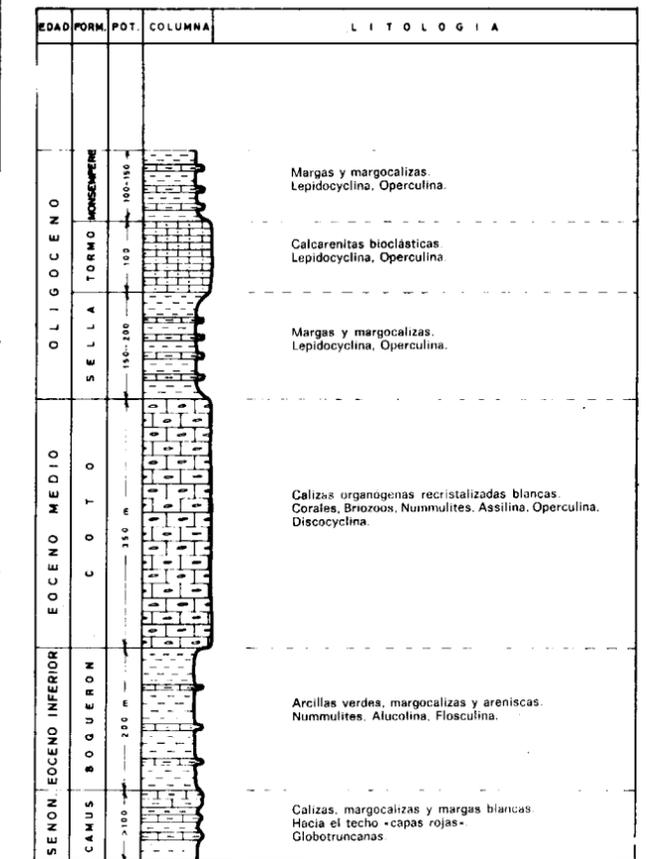


Figura 25

de Peña Alhama, presentan un tramo basal de calizas micríticas con *sflex* con Pitonellas y algunas Globotruncanas hacia el techo y sobre él un tramo margoso y margocalizo amarillento con abundantes Globotruncanas. En el resto de la zona se puede decir que el Senoniense está constituido también por dos tramos diferentes, uno basal de margas y margocalizas blancas muy liteadas, del Senoniense inferior, y sobre él otro tramo con la misma litología prácticamente (quizás algo más margoso) pero con tonos rojizos (facies de "capas rojas"), que representan al Senoniense superior.

En Sierra Fontanella hemos encontrado fauna de *Heterohelix*, *Pseudotextularia*, Globotruncanas (*G. cf. angusticarinata* (Gandolf), *G. cf. lapparenti* (Brotzen), *Fissurinas*, *Lenticulina*.

En la región de Benichembla (Sierra de Cocoll), Ríos y alt. (1961) han recogido fauna de *Pachidiscus dulmensis* (Schlüter), *Echinocorys vulgaris* (Breyn) y algunos Ammonites. Esta misma fauna ha sido encontrada por los mismos autores, en las inmediaciones de Alfaz del Pi.

En la Sierra del Cid, LECLERC (1971) ha encontrado abundante fauna de Globotruncanas (*G. lineana* (D'Orb), *G. angusticarinata* (Gand.) *G. coronata* (Boll), *G. concavata* (Brotz.) asociación que data al Coniaciense superior-Santonense inferior. Aparece también *G. arca* (Cush.), *G. fornicata* (Plummer) y *G. ventricosa* (White), asociación típica del Campaniense. Por último la asociación *G. stuartiformes* (Dalbiez) y *G. elevata* (Brotz.) data al Campaniense-Maestrichtiense inferior.

En los alrededores de Aspe, AZEMA (1975) ha encontrado además de Globotruncanas, fauna de *Navarella joaquina* (Ciry y Rat), *Siderolites calcitrapoides* (Lamarck) y *Lepidorbitoides minor* (Schlumberger), asociación esta última que data al Maestrichtiense.

Lo mismo que ocurre en otros sectores del Prebético, por ejemplo Yeste (T. RODRIGUEZ ESTRELLA, 1975), el Senoniense aparece discordante, en algunos puntos, sobre materiales más antiguos. Así, por ejemplo, *G. Leret* (inédito) ha encontrado una discordancia, cerca de Villafranca, del Senoniense sobre el Albiense superior. El Cenomaniense superior, asimismo, parece estar ausente en la Sierra del Cid (LECLERC, 1971).

Nosotros hemos visto igualmente una discordancia entre el Senoniense y el Albiense-Cenomaniense en el Barranco del Barbero, al Este del Cabezón del Oro.

Las potencias varían de unos puntos a otros; sin embargo, resulta muy difícil calcular la potencia exacta pues en muy pocos puntos aparecen el techo y muro de las formaciones del Senoniense, además de que, como veremos a continuación, el Eoceno no siempre aparece en contacto normal. De todas maneras podemos decir que en Pinar de Camús (figura 15) es superior a 200 metros; en Sierra Mariola, superior a 150 metros; en Sierra de Cocoll, de más de 100 metros; en Peña Alhama, de unos 250 metros; en la Carrasqueta de unos 100 metros visibles; en la Sierra del Cid, superior a 275; en los alrededores de Alicante de 100 a 150 metros visibles; y en Orcheta de 150 metros. Más al Norte, en las Sierras de Grossa-Gorda y La Solana, W. MARTÍNEZ y alt. (1975) ha encontrado el Maestrichtiense representado por depósitos rojos (facies "garumniense") típicos de los episodios regresivos del final del Cretácico.

Conclusiones paleogeográficas del Cretácico.

A la vista de lo expuesto anteriormente, se observa:

1.º Que la cuenca del Cretácico debió de ser muy similar a la existente en el Jurásico superior.

2.º Las líneas paleogeográficas siguen las mismas directrices que en el Jurásico superior en el sentido de que aquí también describen en su extremo oriental una inflexión pasando de Noreste-Suroeste a Noroeste-Sureste; esto ha sido puesto de manifiesto, muy claramente, al menos durante el depósito del Aptiense, Albiense-Cenomaniense y Cenomaniense-Turonense.

3.º Se observa, durante el depósito del Cretácico, numerosos cambios de facies, pero siempre condicionados por las líneas paleogeográficas. Esta evolución parece corresponder a una mayor profundidad del dominio marino de Norte a Sur y de Noreste hacia Suroeste. Así tenemos que hacia el Norte y Noreste los depósitos cretácicos corresponden, en general a un ambiente nerítico y hacia el Sur y Suroeste se van haciendo cada vez más marinos y de mayor profundidad, propios de una zona batial y de ambiente pelágico. Así por ejemplo, en la transversal Sierra de Fontanella-Sierra de Borbuño, pasamos de una zona propia de plataforma, en la Sierra de Fontanella, a una zona de talud continental en los afloramientos cretácicos al Norte de la Sierra de Borbuño; la Sierra del Cid debió, probablemente, corresponder a la zona de transición entre ambos dominios.

4.º El paso de un dominio a otro debió ser demasiado brusco, o lo que es lo mismo, la pendiente del fondo marino debió ser relativamente importante, hecho que originó deslizamientos submarinos como lo prueban la existencia de slumping y olistolitos, sobre todo en los materiales margosos y margocalizos, tipo flisch, al Sur de esta alineación de la Sierra del Cid. Estos hechos los podemos observar, por ejemplo, en el seno del Aptiense y Albiense de los alrededores de Fontcalent o bien en el Senoniense de Villafranca.

5.º Al mismo tiempo que se producían estos deslizamientos gravitatorios submarinos, el diapirismo del Trías jugaba un papel importante en la sedimentación cretácica; a consecuencia de este fenómeno se observan dos hechos curiosos:

a) Existe Trías interstratificado entre los materiales cretácicos, sobre todo en los pertenecientes al Albiense-Cenomaniense y Senoniense. Estos hechos han sido puestos de manifiesto por LECLERC (1971) en la Vega de Agost, por AZEMA (1975) en los alrededores occidentales de Alicante y por nosotros en las proximidades de Cati y al Sur de la Sierra de Maimó, dato este último deducido por sondeos.

b) Existencia de discordancias intracretácicas, especialmente a nivel del Senoniense. Este hecho tan frecuente en todo el Prebético, ha sido puesto de manifiesto por LECLERC (1971) en la Sierra del Cid y por nosotros al Este del Cabezón del Oro. La discordancia del Senoniense sobre los demás materiales cretácicos parece estar más localizada allí donde los sedimentos son más potentes y como consecuencia, el diapirismo ha sido más acentuado.

También existe discordancia del Senoniense superior sobre el Cenoniense superior en la alineación orográfica de Ascoy-Salinas, AZEMA (1972) y en su continuación hacia el Este, Pinar de Camús-Mariola, como consecuencia de existir un alto fondo en estas sierras.

6.º El cambio brusco de pendiente en el fondo marino ha podido venir condicionado por una falla profunda de zócalo. Este hecho vendría apoyado:

a) Por el cambio brusco de potencias y de facies, a uno y otro lado de esta supuesta falla.

b) Por la inyección de materiales del Trías en la zona inestable de flexura (diapíros de la Casa del Ventós y Monnegre) que presentan por otro lado una dirección bética de Noreste-Suroeste, y que debido al hundimiento progresivo de la cuen-

Sierras de "Argueña-Maimó Corte Carrascal"

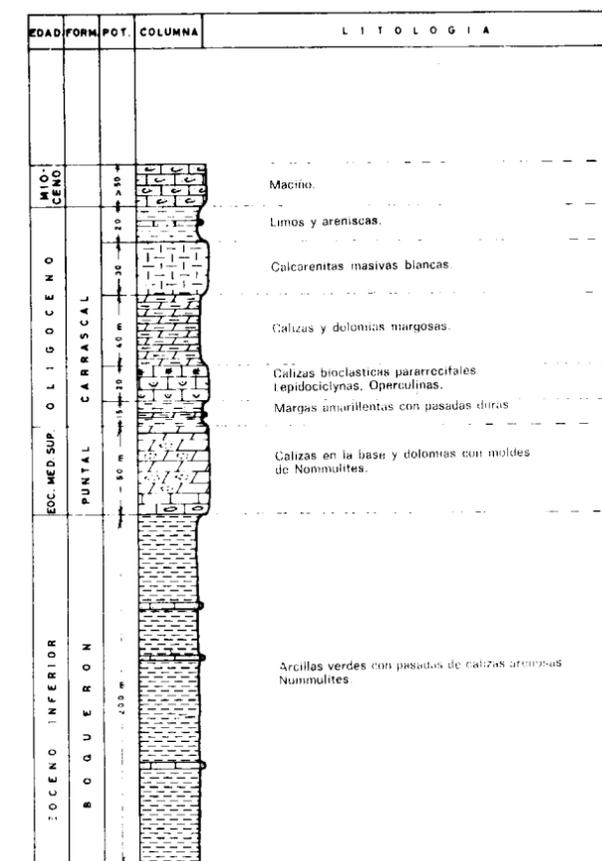


Figura 26

ca hacia el Sur, este Trías, en su inyección pudo derramarse localmente y deslizarse, preferentemente hacia el Sur, al mismo tiempo que continuaban los depósitos cretácicos.

7.º Se observa en la cuenca cretácica del Prebético Meridional (al menos en el Neocomiense-Barrremiense, Aptiense y Cenomaniense - Turoniense un surco de dirección NE-SW, cuyo eje puede desplazarse sensiblemente hacia el Norte o hacia el Sur y mediante el cual, después de alcanzarse un máximo de espesores, vuelven a disminuir éstos hacia el Sur; esto nos induce a pensar que próximo al contacto del Prebético con el Subbético debió de existir (al menos durante el Cretácico) una zona de umbral.

8.º Por el contrario, al Norte de este Prebético Meridional, se instala una zona de umbral, a la

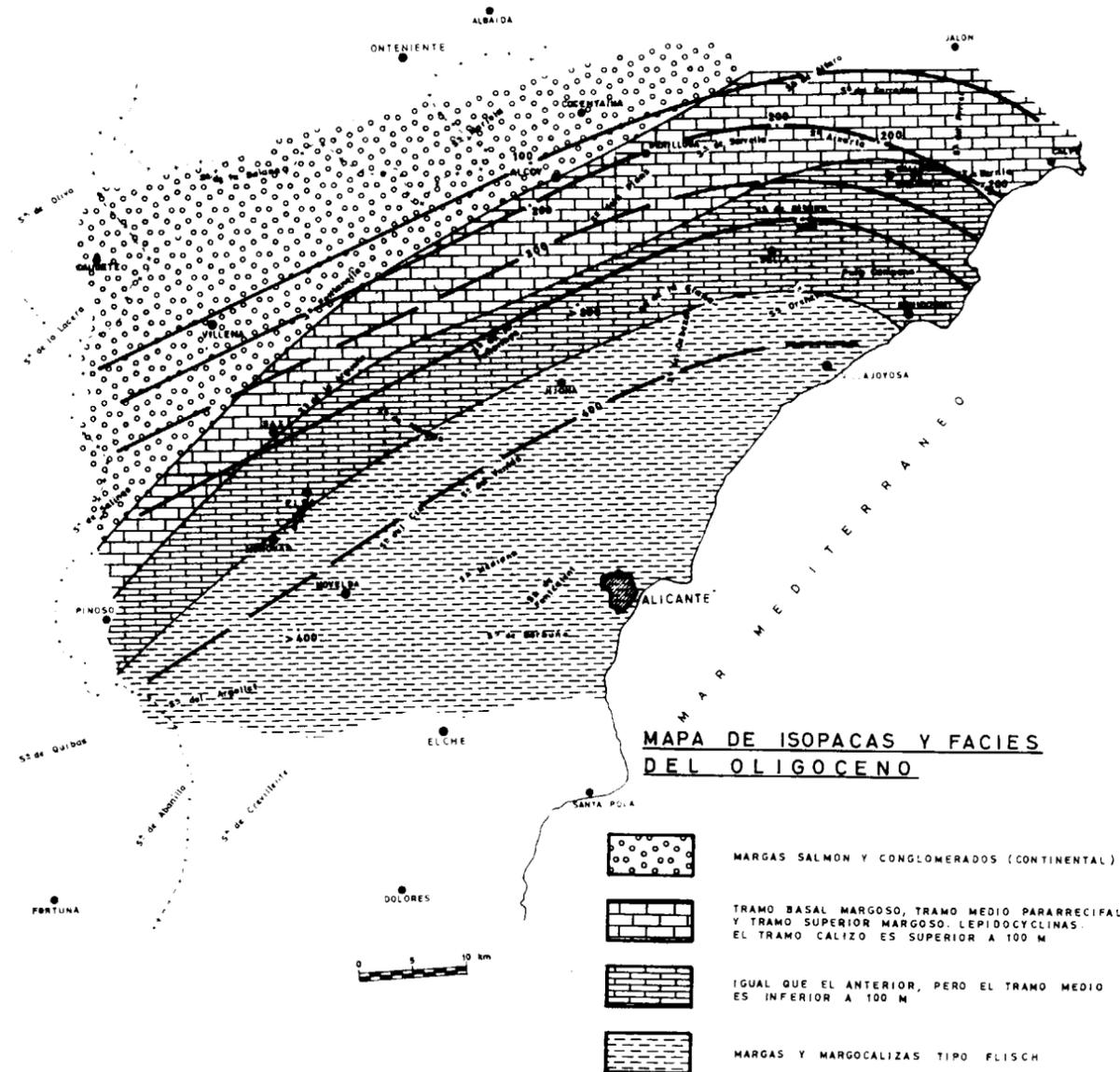


Figura 28

En la Sierra de Aixorta, Ríos y alt. (1961) han encontrado en el tramo basal fauna de *N. lucasanus* (Defr), *N. postulosus* (Douv.), *Alveolina subpirinaica* (Leym.) y *Flosculina*. La presencia de *N. lucasanus* nos data a este tramo como Ipseniense. En el tramo calizo superior estos mismos autores han recogido fauna de *Alveolina alpina* (Douv.), *Operculina alpina* (Douv.), *N. irregulares* (Desh), *N. subirregularis* (de la Harpe), *N. globulus* (Leym), *Assilina spira* (de Roissy) y *Discocyclina c. f. archiaci* (Schlumb.), asociación que data al Luteniense.

En la Sierra de Monteagudo AZEMA (1969) ha encontrado, además de Nummulites, fauna de globigerínidos y concretamente *Globorotalias* (*G. pseudobulloides*—Plummer—, *G. l. trinidadensis*—Bollí—, *G. l. c. f. quadrata*—White— y *G. l. aff. uncinata*—Molli—).

Más al Sur (Sierras de Argueña, Carrasqueta y Grana, incluso Horna y Monteagudo) siguen diferenciándose estos dos tramos litológicos; sin embargo, el tramo inferior margoso aumenta enorme-

mente de potencia (superior a 200 metros en Sierra Argueña), mientras que el tramo superior calizo disminuye de espesor 80 a 100 metros en la Sierra Argueña y 40 metros en la de Horna y Monteagudo). Además, hemos de mencionar que el tramo superior, al menos en la Sierra Argueña (fig. 26) en su base es dolomítico. En este caso no hemos podido confirmar si el tramo inferior margoso sigue correspondiendo al Ipseniense y el tramo superior calizo, al Luteciense. Sin embargo, en cualquier caso, pensamos que este fenómeno debe ser debido, por un lado a que al situarnos en zonas más internas de la cuenca predominan las margas sobre las calizas y por otro lado al carácter pararrecifal de las calizas que presentan cambios, incluso laterales, de potencia. Nosotros pensamos que no necesariamente tiene que corresponder un tramo litológico con un determinado piso. En efecto, en las Sierras de Horna y Monteagudo, AZEMA (1969) ha datado el tramo basal margoso como Ipseniense-Luteciense medio y el tramo calizo como Priaboniense.

Por último, los afloramientos más meridionales, localizados en una extensa franja que bordea la costa, prácticamente desde Alicante a Benidorm, están constituidos casi exclusivamente por materiales margosos y margocalizos detríticos, tipo flisch. En las proximidades de Alicante hemos encontrado niveles con Nummulites de hasta 5 centímetros de diámetro, en areniscas "alóctonas" que alternan con bancos de margocalizas "autóctonas", con *Globorotalias*. En este flisch hemos datado hasta el Luteciense, por encontrar fauna de *Globorotalias*, *Globigerinas*, *Globigeropsis*, *Bulima*, *Asterigerina* rótula, *Rotalia*, *viennotti* (Greig), *Discocyclinas*, *Operculinas*, *Nummulites*, etc., pero al parecer, incluye niveles de hasta el Oligoceno (comunicación oral de G. Leret).

Al igual que ocurría con el Senoniense, el Eoceno presenta un carácter discordante en muchos puntos. Así por ejemplo, nosotros hemos visto que el Ipseniense margoso descansa discordantemente sobre el Cenomaniense-Turoniense en Maimó, a unos 2,5 kilómetros al Sureste del Puerto del Rentonar, y en las Ferrerías y Rincón del Rey, al Este y Norte del Cabezón del Oro. En otros sitios, como en el mismo Puerto del Rentonar, aparece discordante sobre el Senoniense, a juzgar por la escasa potencia que posee este último en dicho lugar; esto mismo ocurre al Sur de la Sierra de Orçeta, en que el Senoniense se ha quedado reducido a 20 metros (dato sacado

por Geofísica). Por otro lado, al Sur de Torremanzanas, POLVECHE (1962) ha encontrado el Luteciense calizo discordante sobre el Senoniense y entre ambos existe un conglomerado de base.

Las potencias varían de unos puntos a otros. Así, en la Sierra de Onil es de 200 metros; en la Sierra Argueña, de 300 metros; en las Sierras Aixorta y Bernia (aunque son alóctonas procedentes del Sur, como veremos en el capítulo de Tectónica), de 300 y 400 metros respectivamente; en la Sierra Aitana, (fig. 25) de unos 400 metros; en la de la Grana de 400 metros y en el flisch de la cota de más de 800 metros.

Aquí también las líneas paleogeográficas describen, en su parte oriental, una inflexión a modo de arco, como ocurría en el Jurásico y Cretácico. Así vemos que las facies de las Sierras de Onil, Menechaor y Serrella son las mismas que las de las Sierras de Aixorta y Bernia (fig. 27).

Oligoceno.

También está representado en toda la zona.

Presenta, asimismo, cambios de facies de unos puntos a otros:

A diferencia del Oligoceno existente en el Prebético Interno (Sierra Solana), que es continental, en nuestra zona es marino, a excepción del representado en la parte más septentrional. En efecto, en la Sierra Mariola, incluso un poco más al Sur, en el paraje del Estrecho, entre los ríos Polop y Barchell, el Oligoceno está constituido por unos conglomerados y margas salmón de escasa potencia.

Un poco más al Sur, el Oligoceno es marino de calizas y margas con *Lepidocyclinas*. Se observa casi siempre tres tramos: un tramo inferior margoso, un tramo medio calizo y un tramo superior otra vez margoso. El tramo medio está constituido por calizas organógenas de carácter pararrecifal, de ahí que cambie de potencia de unos puntos a otros, incluso llegue a pasar lateralmente a margas.

En general, se puede decir que en los afloramientos más septentrionales (Sierras de los Barrancones, Serrella, Aixorta, Carrascal, Ferrer y Toix) el tramo medio calizo cobra una mayor importancia a expensas de una disminución de los tramos inferior y superior, margosos. Así por ejemplo, en la Sierra de los Barrancones el tramo medio calizo llega a alcanzar de 110 a 130 metros de potencia, mientras que el tramo inferior en esta misma sierra, por ejemplo, es de sólo 70 metros.

Más al Sur (Sierras de la Carrasqueta y Aitana) existen estos tres tramos, pero la potencia del tramo medio calizo disminuye, mientras que los tramos inferior y superior margosos aumentan enormemente. Así por ejemplo, en la Sierra de la Carrasqueta el tramo medio es de sólo 40 metros, mientras que los tramos inferior y superior presentan una potencia de 90 y 70 metros respectivamente. En la Sierra Aitana el tramo inferior tiene 150 a 200 metros, el medio un máximo de 100 metros y el superior 100 a 150 metros.

En la Sierra del Carrascal, Ríos y alt. (1961) han encontrado fauna de grandes *Lepidocyclinas* (*Eulepidina* dilatada—Mich—, *Eulepidina* aff. *raulini*—Lem. y Douv.— y *Nephrolepidina simplex*—Douv—).

Los afloramientos más meridionales encontrados han sido los de la Sierra de Horna, Macizo de Monteagudo (estos dos afloramientos han sido estudiados por AZEMA —1969—) y los de flisch de la costa. En todos estos puntos ya no existe la intercalación calcárea pararecifal del tramo medio.

En la Sierra de Horna AZEMA (1969) ha encontrado el Oligoceno representado exclusivamente por una potente serie margocaliza con fauna de Globigerinas en la base, y hacia el techo *Lepidocyclinas* (*Eulepidina* s. p., *Nephrolepidina*) y *Equinodermos* (*Stomoporus phispánicus* (Cotteau), *Echinolampas vidali* (Cotteau), *Cyclaster* nov. sp. y *Micraster leskei* (D'Orb.).

En el Macizo de Monteagudo la litología y fauna encontrada es similar a la de la Sierra de Horna, pero se ha podido identificar los Globigerínidos como *Globorotalia* gr. *opima* (Bolli), *Globigerina* cf. *rohri* (Bolli), *Globigerina* gr. *ciperoensis* (Bolli) y *Globigerinita* cf. *unicava* (Bolli).

Las potencias, como hemos apuntado ya, varían de unos puntos a otros. Así, en la Sierra Mariola es de escasamente 100 metros y como hemos dicho, continental; en la Sierra de los Barracones está incompleta, pero afloran un mínimo de 200 metros; en la Carrasqueta, superior a 200 metros; en la de Aitana, de 350 a 400 metros; en las de Serrella, Aixorta, Carrascal, Ferrer y Toix, de 200 metros; en los macizos de Horna y Monteagudo, superior a 400 metros.

También el Oligoceno aparece discordante en algunos puntos sobre distintos materiales del Cretácico. Así por ejemplo en la Sierra de Benitachell,

CABAÑAS y alt. (1973) lo han encontrado sobre el Senoniense, en la del Carrascal reposa sobre el Cenomaniense-Turoniense; en las del Ferrer y Marco del Barco lo hace sobre el Aptiense y sólo en un punto del Oeste del Tosal de Navarro (Sur del Marco del Barco) reposa discordante sobre el Neocomiense. Este hecho, Ríos y alt. (1961) lo interpretan como que se vio afectada esta zona por una orogenia perinaica; puesto que estas discordancias están muy localizadas y próximas al diapíro triásico de Altea, nosotros pensamos que sean debidas a efectos halocinéticos del Triás, más que a una nueva orogenia, en esto estamos de acuerdo con CABAÑAS y alt. (1973); al final del Cretácico hubo un levantamiento local de esta zona, motivado por el diapirismo, y fue el causante de que en estos puntos concretos, no se depositara ni el Paleoceno ni el Eoceno.

El hecho de que haya una similitud en facies y potencias entre las Sierras de Barracones, Serrella, Aixorta, Ferrer y Toix, nos confirma una vez más la inflexión que describen las líneas paleogeográficas, formando un arco en la parte oriental de la zona. (figura 28).

Mioceno.

El Mioceno se encuentra repartido en toda la zona, de una manera anárquica, y con litología y potencias que varían enormemente de unos puntos a otros.

Sin embargo se puede considerar como serie tipo para el Mioceno la establecida en la Sierra del Fraile. De muro a techo se observa:

— 250 a 300 metros de calcarenitas bioclásticas (maciños), calizas pararecifales y areniscas con fauna de *Operculina*, *Dentalium*, *Amphistegina*, *Heterostegina*, *Miliólidos*, *Nephrolepidina*, *Algas*, *Briozoos* y *Solénidos*.

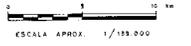
En la Sierra de la Carrasqueta alcanza una potencia de 400 metros. Su edad es fundamentalmente Aquitaniense aunque en su base esté representado todavía el Oligoceno superior. Presenta una posición discordante sobre cualquier material más antiguo.

— 100 metros, como mínimo, de margas sabulosas blanco-amarillentas ("Tap" 1). Presenta variación de potencia llegando a alcanzar, en la depresión de Benisa, un espesor de 1.000 metros. Se ha encontrado fauna de *Lama contortidens* (Agass),

ONICO DEL PREBETICO

E ALICANTE

MAPA HIDROGEOLOGICO DEL PREBETICO DE LA PROVINCIA DE ALICANTE



PERMEABILIDADES

	MUY PERMEABLE
	PERMEABLE
	MUY PERMEABLE
	PERMEABLE
	MUY PERMEABLE
	PERMEABLE
	TERRENAS NO PERMEABLES

signos

- Asociolol
- Sindical
- Anticlinal tumbado
- Sindical
- Falic
- Mueveta
- ena indicacion de hundimiento
- de desgarre
- Cabalgamiento o corrimiento
- supueto
- Contacto estratigrafico en general (a veces, merical)
- Masual de 10-100 l/s.
 - 100-500 -
 - >500 -
- Sondeo representativo del acuífero explotado
 - 1 número relacionado con el inventario nacional
 - 2 profundidad del sondeo en metros
 - 3 caudal en l/s. aforado
 - 4 depresión correspondiente en metros

CUATERNARIO		CONGLOMERADOS CHAVAS, ARENAS Y ARCILLAS.
PLIOCENO		ARENISICAS
MIOCENO		MARGAS, CALIZAS, CALIZAS AFINOSAS, ARENISICAS, CONGLOMERADOS Y ARENISICAS, MARGAS, CALIZAS
OLIGOCENO		MARGAS, CALIZAS
EOCENO		MARGAS Y MARGOCALIZAS, CALIZAS, A VECES ARENOSAS, MARGAS, ARENAS Y AFINOSICAS, DOLOMIAS, CALIZAS MARGOSAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS, CALIZAS MARGOARENOSAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS O MARGAS Y ARENAS
CRETACICO	SUPERIOR	DOLOMIAS, CALIZAS
	INFERIOR	MARGAS Y MARGOCALIZAS, CALIZAS MARGOARENOSAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS O MARGAS Y ARENAS
JURASICO	SUPERIOR	ARENISICAS, MARGOCALIZAS Y MARGAS, DOLOMIAS, CALIZAS Y MARGAS, CALIZAS
	INFERIOR	CALIZAS, DOLOMIAS
TRIASICO		ARCILLAS, MARGAS Y YESOS

Chysophrys s. p. y Diodón sigma (Martín). Su edad es Burdigaliense.

— 100 metros de areniscas, conglomerados y calcarenitas, con un carácter discordante. En este tramo, en la depresión de Benisa, Rfós y alt. (1961) han encontrado fauna de Schizaster s. p., Hemiaster s. p. y Liothyrina sovaseudiana (Segu). Su edad es Helveciense.

— Un espesor variable de margas azules compactas ("Tap" 2) también del Mioceno medio.

Aparte de estos materiales, en algunos puntos, como en la depresión de Ibi-Alcoy, aparece una potente formación de margas amarillentas, siltosa con niveles de conglomerados, que reposa discordante sobre el Aquitaniense, en este caso, y que presenta fauna de Globigerina y Orbulina, y cuya edad es Mioceno superior (Tortonense).

Conclusiones paleogeográficas del Terciario.

1.º La cuenca en el Eoceno y Oligoceno debió ser muy similar a la existente en el Cretácico. El mar del Mioceno, por el contrario, debió ocupar cuencas residuales.

2.º Las líneas paleogeográficas en el Eoceno y Oligoceno describen un arco, en la parte oriental de la zona, como ocurría con el Jurásico superior y Cretácico.

3.º También aparecen cambios de facies de unos puntos a otros, pero en general, y sólo en el Eoceno y Oligoceno, se observa un aumento de profundidad en el medio de depósito de Norte a Sur y, de Noreste a Suroeste, pasando de un medio nerítico a uno pelágico. Esto viene apoyado, además de por la fauna encontrada, por la reducción, incluso desaparición hacia el Sur, de los materiales calizos pararrecifales del Norte, por el predominio de materiales margosos, hacia el Sur, así como por el aumento de potencia, también hacia el Sur.

4.º Este aumento de potencia se realiza de una manera brusca. La alineación Busot-Finestrat debió corresponder a la zona de transición entre los dos dominios con diferente batimetría (al Norte, en Sierra Grana, existe un Eoceno de 400 metros y al Sur, en el flisch de la costa, éste es de más de 800 metros).

5.º Esta flexura debió de venir condicionada por una falla de zócalo, que es la misma que deducimos más al Suroeste al hablar del Cretácico. Esta hipó-

tesis viene apoyada, además de por los cambios tan bruscos de litología y potencia, por la existencia de afloramientos diapíricos triásicos localizados en esta alineación (diapíros de Monnegre y Finestrat).

6.º Este cambio de pendiente ha originado deslizamientos gravitacionales, sobre todo en los materiales margosos, existiendo, en algunos casos, verdaderas brechas intraformacionales, además de estructuras en slumping (flisch eoceno de la costa o Eoceno de Torremanzanas). En el flisch de la cota se ha encontrado fauna resedimentada del Cretácico.

7.º Al mismo tiempo que se producen estos deslizamientos gravitacionales en el fondo de la cuenca, el diapirismo del Triás jugó un papel muy importante en la sedimentación del Terciario. Como consecuencia de este fenómeno se observa:

a) Que existe Triás interestratificado entre los materiales terciarios (en el Ipresiense del Caserío de Catí y en el Mioceno de la zona de Pinoso, depresión de Tárben y Sur de Salinas).

b) Que existen discordancias intraterciarias desde el Ipresiense hasta el Mioceno inferior (nos referimos a las discordancias del Ipresiense, Luteciense y Oligoceno).

Las discordancias intramiocenas pensamos que ya no estén ligadas tan directamente al diapirismo, sino más bien a la orogenia principal de las Cordilleras bética, ya que en esta zona empezaron las primeras pulsaciones en el Mioceno inferior y cobraron mayor importancia en el Mioceno superior (Tortonense).

2.5. PLIOCENO Y CUATERNARIO.

Incluimos en un solo capítulo al Plioceno y al Cuaternario por resultar totalmente imposible diferenciarlos, ya que se presentan frecuentemente bajo una misma litofacies.

Ocupa rellenos importantes en las depresiones, como al Sur de las Sierras de Crevillente; en las inmediaciones de los diapíros triásicos (Aspe, Novelda, etc.) y en las Vegas de Agost, San Vicente de Raspeig, Alicante, Villajoyosa, Santa Pola, Torrevieja, etc. Su litología es a base de limos, conglomerados y gravas.

También son frecuentes los pies de monte localizados al pie de los escarpes montañosos, como en Fontcalent, Puig Campana, Cabezón del Oro, etc. Estos pies de monte dificultan enormemente las observaciones geológicas.

Por último, en los cauces de ríos aparecen depósitos aluviales de arenas y gravas.

Un dato curioso a tener en cuenta en la existencia de un Plioceno y un Cuaternario marino en la zona.

El Plioceno marino ha sido puesto de manifiesto por DUMAS (1969) en las Sierras del Colmenar, Gorda y Santa Pola.

El Cuaternario marino (Tirreniense) constituido por conglomerados y calizas areniscosas ha sido descubierto por Novo (1915) en el Cap Negret, junto a Altea, y en la Punta de la Escaleta de Benidorm. Ríos y alt. (1960) han encontrado otros afloramientos de Cuaternario marino al Suroeste de la Sierra Helada, encontrando fauna de *Trochus fragoroides* (Lam.), *Púrpura* (*Stramonita*) *haemastoma* (Linne) y *Ostrea edulis* (L.). Esta última terraza está situada a 170 m. s. n. m. y parece corresponder con las citadas por Novo que se encuentran a una cota inferior a 10 m. s. n. m. Entre ambos afloramientos existe una falla normal que afectaría al Cuaternario, y que en cualquier caso tendría un salto mínimo de 150 metros. (Según comunicación oral de G. Le-ret, el Cuaternario marino encontrado por Novo en

Cap Negret, no es tal Cuaternario, por lo tanto las disquisiciones de la falla sobran.)

El hecho de encontrar los niveles más bajos del Cuaternario marino de esta zona a unos 10 m. s. n. m., nos habla también de los movimientos epigénicos que comenzaron al final del Mioceno superior (después del plegamiento principal) y continuaron por lo menos hasta el Cuaternario antiguo (Tirreniense).

Otros afloramientos de Cuaternario marino han sido observados por MONTENAT (1970) en el Cabo Huerta, La Albufera, Guardamar, etc.

También Echalié (comunicación oral) ha encontrado una playa Tirreniense en la Mata, próximo a Torreveja.

Para terminar este capítulo del Plioceno y Cuaternario, conviene poner de manifiesto que en esta parte del Sureste español, se han dado dos fases orogénicas recientes, una post-Plioceno superior y la otra post-Villafranchense, como lo ponen de manifiesto el cabalgamiento de Abanilla o la falla de San Miguel de Salinas, MONTENAT (1970).

NOTA: En el próximo número se insertará la segunda parte de este trabajo: Tectónica.

Recibido: Marzo 1976.

Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Anticlinal del Olo de Sapo y Sinclinal del Sil en las proximidades del Barco de Valdeorras.

Por O. APALATEGUI (*)

RESUMEN

Como consecuencia del estudio que el Instituto Geológico y Minero de España lleva a cabo en las Hojas a escala 1:50.000, números 189-190-227 y 228 (provincias de León, Lugo y Orense), se ha llegado a una nueva concepción de las estructuras del anticlinal del "Olo de Sapo" y sinclinal del Sil; las cuales se interpretan como interferencias entre pliegues de Fase I y pliegue de Fase III; siendo el estudio y valoración de esta última Fase el máximo aporte de este artículo.

ABSTRACT

As a result of the study that the "Instituto Geológico y Minero" of Spain is carrying out in the map to the scale of 1:50.000 numbers 189-190-227 and 228 (in the provinces of León, Lugo and Orense) a new idea has been discovered about the structures of the anticline of Olo de Sapo and the syncline of Sil.

These have been interpreted as interruptions between the folds as Phase I and Phase III. The study and evaluation of this last phase will be the largest contribution in this article.

En el presente estudio consideraremos ciertos aspectos estratigráficos y tectónicos que vienen a completar el modelo actualmente establecido, que se debe fundamentalmente a los trabajos de RIE-MER, W., y MATTE, P. (1968).

1. CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICAS.

La secuencia estratigráfica establecida por estos autores pone de manifiesto la existencia de dos ciclos sedimentarios diferentes; el primero, que corresponde a la sedimentación de los materiales Cambro-Ordovícicos, y el segundo, de edad Silúrico-Devónico.

El primer ciclo tiene carácter de tipo geosinclinal, siendo la sedimentación por lo general de aguas poco profundas; en este primer período, durante la evolución de la cuenca, pueden observarse claros

fenómenos de subsidencias, los cuales son más patentes durante el Ordovícico Medio y Superior; delimitándose durante este período pequeñas cuencas donde la serie adquiere gran desarrollo; esto explicará por qué las series Ordovícicas son mucho más potentes en la zona oriental del flanco invertido del Anticlinal del "Olo de Sapo" que en la zona occidental del mismo flanco.

Posteriormente, este ciclo queda abortado por un levantamiento de la cuenca, posiblemente de tipo isostático, y que queda puesto de manifiesto por la existencia de un continuo nivel ferruginoso (hard ground) que separa los materiales ordovícicos de los silúricos.

La posición estratigráfica y naturaleza de las series presilúricas están perfectamente definidas en esta zona, solamente la formación "Olo de Sapo" nos presenta ciertas dudas respecto a su edad pre-paleozóica, al realizarse el tránsito de esta serie a las superiores (de edad ordovícica) de una forma más

(*) Geotechic.

bien gradual; por lo que no descartamos la posibilidad de que esta serie pertenezca al Paleozoico inferior (Cámbrico-Ordovícico inferior).

El ciclo Silúrico-Devónico es también de tipo geosinclinal, siendo la sedimentación muy uniforme y de aguas posiblemente más profundas que en el anterior ciclo. El medio debió ser reductor, como lo demuestra la presencia de graptolites y de sedimento rico en materia orgánica.

Parece ser, pues, que el geosinclinal hercínico sufre un cambio brusco en su evolución durante los últimos momentos del Ordovícico o primero del Silúrico, quedando abortado un claro fenómeno subsidente posiblemente de origen distensivo.

2. CONSIDERACIONES TECTONICAS.

El esquema tectónico de la zona, que hasta el momento se tenía, se debe fundamentalmente a MATTE, P. (1968), el cual pensaba que las estructuras del Anticlinal del "Ollo de Sapo" y Sinclinal del Sil eran una interferencia entre pliegues tumados (Fase I) y pliegues posteriores de plano axial vertical (Fase II); esta segunda fase disminuiría en intensidad a medida que nos situamos en zona más externa del Orógeno Hercínico, actuando, por tanto, con menor intensidad en el Sinclinal del Sil, que en el anticlinal del "Ollo de Sapo" para pasar en el Anticlinal del Caurel a una estructura simple de Fase I. La actuación de esta última fase explicaría la verticalización de la esquistosidad generada durante la Fase I y los aparentes cambios de vergencias que allí se observan.

Este esquema queda actualmente modificado y pasamos a continuación a exponer someramente la actuación de las distintas fases que se presentan en la zona para pasar luego a describir las distintas megaestructuras.

2.2. FASES DE DEFORMACIÓN.

Fase I.—Se trata de una fase de pliegues tumados de plano axial, posiblemente horizontal, acompañado de una esquistosidad de flujo muy marcada y convergencia al NE (MATTE, P., 1968).

Fase II.—Son pliegues simétricos de plano axial vertical y dirección axial N, 150 E, desarrollando una esquistosidad de fractura en las zonas de charnela y sólo en los materiales pelíticos. Esta fase

sólo se manifiesta en zonas muy localizadas, aunque con cierta virulencia; en la zona estudiada, aparece espacialmente asociada a un desgarre sinistoso de dirección N-S.

Fase III.—En la mitad suroccidental de la Hoja se desarrolla una nueva esquistosidad, la cual está relacionada con pliegues observables tanto a escala mesoscópica como cartográfica de tipo chevrón y cuya incidencia sobre la primera fase es muy acusada. A escala cartográfica, esta fase creemos que da grandes pliegues de tipo chevrón con vergencia SW, y suponemos que es la responsable del cambio de vergencia observable en las estructuras de Fase I en el flanco suroriental del anticlinal "Ollo de Sapo" y en zona sur del Sinclinal del Sil.

Un pliegue con representación cartográfica es observable fácilmente en el campo, en las proximidades de San Julián (x=319300, y=874500), donde la esquistosidad primaria, que inicialmente buzaba al Sur pasa al Norte, después de pasar por un tramo en que aparece verticalizada; el mismo pliegue se observa mejor al tener como nivel de referencia uno de los niveles cuarcíticos diferenciados dentro de los esquistos azules de edad Ordovícico. Este pliegue se sitúa cerca de Sampayo, concretamente a lo largo del arroyo del Olivedo, llegándose incluso a una inversión del flanco invertido del Sinclinal del Sil; es por ello por lo que la serie aparece normal entre las localidades de Corballal (x=317.500, y=868.400) y Valencia (x=321.200, y=871.900).

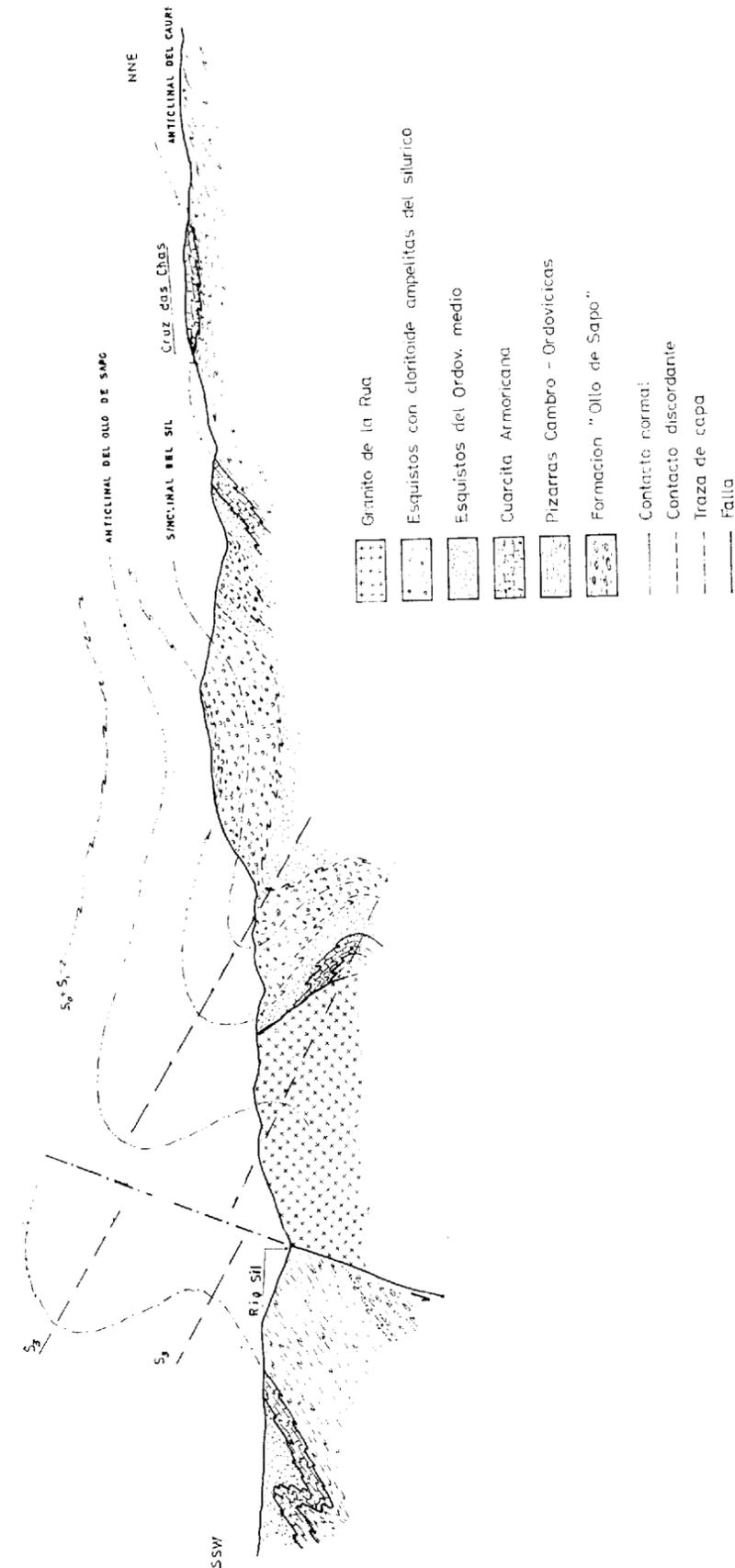
A escala mesoscópica, esta fase se manifiesta de varias formas:

a) Pliegues kink de pequeña longitud de onda (0,5 cm. a 2 cm.), desarrollándose principalmente allí donde sea grande la anisotropía adquirida por la roca, y donde esta fase alcance cierta intensidad.

b) Pliegues en chevrón de escala decimétrica, donde los flancos forman con el plano axial de dichos pliegues un ángulo próximo a los 30°; estos pliegues parece que se desarrollan allí donde la anisotropía inicial era muy marcada, y donde la actuación de esta fase ya no es tan intensa.

c) Pliegues de tipo chevrón, con una longitud de onda próxima al metro; parece que se desarrollan preferentemente allí donde la anisotropía inicial no es tan acusada y donde la actuación de esta fase es bastante intensa.

Como es natural, estos pliegues doblarán todas las estructuras sedimentarias y aquellas adquiridas durante la actuación de las anteriores fases; el pla-



no axial de todos estos pliegues presenta una dirección y buzamiento próximos a N 120 E-25 NE, que coincide con las medidas realizadas con la tercer esquistosidad en los sitios donde aparece.

A escala microscópica, esta fase se manifiesta, localmente, por una esquistosidad de fractura, perceptible allí donde esta fase se desarrolla con mayor intensidad, es decir, en el plano axial de los pliegues en chevrón y pliegues de escala centimétrica; a veces, lo que puede observarse es una crenulación intensa de la esquistosidad de flujo.

La relación temporal de esta fase, con las demás fases y granitizaciones del Orógeno Hercínico, están claramente establecidas al afectar la esquistosidad que se genera durante dicha fase a los pliegues de Fase II (esto se puede observar en el núcleo del Anticlinal de Barja), y por afectar también a los minerales metamórficos que se generan en la aureola de contacto del granito de la Rúa, el cual pensamos que se trata de una granodiorita precoz.

2.1. DISCUSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS MAYORES.

Tanto el anticlinal del "Ollo de Sapo" como el sinclinal del Sil, suponemos que son fundamentalmente interferencias entre estructuras de Fase I y Fase III, interpretando que la verticalización de la esquistosidad I (S₁) y los aparentes cambios de vergencia son fundamentalmente debidos a esta Fase III, durante la cual se llega incluso a la inversión de las estructuras de la Fase I.

Hay que señalar que en los flancos normales de Fase III las estructuras de Fase I se mantienen más o menos subhorizontal; por el contrario, los flancos invertidos las series aparecen buzando fuertemente al NE. En consecuencia, allí donde las series se encuentran en secuencia normal, pero con clara vergencia contraria, hemos interpretado que nos encontramos en un flanco invertido de la Fase I, vuelto a invertir por la Fase III; si, por el contrario, la serie aparece invertida y con vergencia contraria, supondremos que nos hallamos en un flanco normal de Fase I invertido durante la Fase III.

Para mejor comprender las distintas estructuras, acompañamos un corte general de la zona, donde hemos representado las estructuras:

- Anticlinal del "Ollo de Sapo".
- Sinclinal del Sil.
- Flanco normal del anticlinal del Caurel.

En consecuencia de lo expuesto hasta el momento y desde un punto de vista tectónico, las conclusiones más importantes son dos:

1.^a Que en Galicia oriental y, al parecer, sólo en las zonas más internas del Orógeno Hercínico aparece una última fase (Fase III), posiblemente, correlacionable con las fases retrovergentes de Asturias, y que en ningún caso debe asimilarse a la Fase II, definida por MATTE para esta zona.

2.^a Que las estructuras del anticlinal del "Ollo de Sapo" y sinclinal del Sil son fundamentalmente interferencias entre pliegues de Fase I y Fase III.

BIBLIOGRAFIA

- ARTHAUD, F., y MATTE, PH.: *Les décrochements tardi-hercyniens du sud-ouest de l'Europe. Geometrie et essai de reconstitution des conditions de la deformation.* "Tectonophysics, 25, Elsevier Sc. Publish. Co. Amsterdam (1975).
- BARD, J.-P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, PH., y RIBEIRO, A.: *Geotectonic Model for the Iberian Variscan Orogen.* "Nature Physical Science", vol. 241 (1973).
- CAPDEVILA, R.: *Le metamorphisme regional progressif et les granites dans le segment hercynienne Galice Nord-orientale (NW de l'Espagne).* Tesis doctoral. Fac. Sc. de Montpellier. Univ. de Montpellier (1969).
- CAPDEVILA, R., y FLOOR, P.: *Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le Nord-Ouest de l'Espagne.* "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXI-II-III, Madrid (1970).
- MARCOS, A.: *Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España),* Trabajos de Geol., Fac. Cienc., Universidad de Oviedo, n. 6 (1973).
- MARTÍNEZ GARCÍA, E.: *Mapa geológico de España, a escala 1:200.000, Hoja n. 18 (Ponferrada), IGME, Madrid (1971).*
- MARTÍNEZ GARCÍA, E.: *El Silúrico de San Vitero (Zamora), comparación series vecinas e importancia orogénica.* "Asta Geol. Hispánica", año 7, n. 4. Barcelona (1972).
- MATTE, PH.: *Sur la structure du Paléozoïque de la Sierra de Caurel (NW de l'Espagne).* "C. R. Somm. Soc. Geol. de France", fasc. 7, París (1963).

MATTE, PH.: *Remarques préliminaires sur l'allure des plis hercyniens en Galice orientale.* C. R. Acad. Sc. París, t. 259 (1964).

MATTE, PH.: *Sur le volcanisme silurien du synclinal de Truchas (NW de l'Espagne).* "C.R. Somm. Soc. Geol. de France", fasc. 2, París (1964).

MATTE, PH.: *La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne).* Travaux du Laborat. de Geol. Fac. Sc. de Grenoble, t. 44 (1968).

MATTE, PH.: *Les kink-bands. Exemple de déformation tardive dans l'hercynien du Nord-Ouest de l'Espagne.* "Tectonophysics", 7 (4), Elsevier Publish. Co. Amsterdam (1969).

MATTE, PH., y CAPDEVILA, R.: *La structure de la chaîne hercynienne dans l'Est de la Péninsule Iberique.* C. R. Ac. Sc. París, t. 276 (1973).

NOLLAU, G.: *El desarrollo estratigráfico del Paleozoico en el Oeste de la provincia de León (España).* Not. y Com. IGME, n. 88, Madrid (1966).

NOLLAU, G.: *Spuren pleistozäver vereisung ind der Sierra del Teleno (NW Spanien).* "N. J" b. Geol. Paläont. Min., vol. 8, Stuttgart (1966).

NOLLAU, G.: *Stratigraphie, Magmatismus und Tektonik der Montes de León zwischen Astorga und Ponferrada*

in Northwest-Spanien. "Geotekt. Forch", n. 27, Stuttgart (1968).

PARGA PONDAL, I.; MATTE, PH., y CAPDEVILA, R.: *Introduction a la géologie de "l'Ollo de Sapo". Formation porphyroide antesilurienne du Nord-Ouest de l'Espagne.* Not. y Com. IGME, n. 76, Madrid (1964).

PÉREZ ESTAUN, A.: *Algunas precisiones sobre la sucesión ordovicica y silúrica de la región de Truchas.* "Brev. Geol. Astúrica", año XVIII, n. 2, Oviedo (1974).

PÉREZ ESTAUN, E.: *La sucesión ordovicica en el dominio del Alto Sil (Zona Astur-occidental leonesa, NW de España).* "Brev. Geol. Astúrica", año XVIII, n. 4. Oviedo (1974).

PÉREZ ESTAUN, A.: *La estratigrafía y la estructura de la rama sur de la zona astur-occidental leonesa (W de León, NW de España).* Tesis doctoral, Fac. Cienc. Universidad de Oviedo (1975).

PRADO, C. DE: *Lettre a M. de Verneuil sur les terrains Siluriens des Asturies.* "Bull. Soc. Géol. de France", 2.^a serie, t. XV, París (1857).

QUIRING, H.: *Die rüischen Geoldbergwerke bei Astorga und ihre geologische position.* "Z. dt. Geol. Ges., volumen 190 (1957).

RIEMER, W.: *Datos para el conocimiento de la estratigrafía de Galicia.* Not. y Com. IGME, n. 81. Madrid (1966).

Recibido: Diciembre 1976.

Las manifestaciones asbestíferas de los macizos ultrabásicos de Málaga

Por A. V. CRESPO LARA (*) y J. A. GALVEZ GARCIA (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las principales características de las mineralizaciones de asbesto presentes en los macizos ultrabásicos de Málaga, con especial referencia a su tipología y génesis, como resultado de la investigación realizada dentro del proyecto "Investigación de Dunitas, Asbesto y Serpentina en las provincias de Málaga, Granada y Almería", del Instituto Geológico y Minero de España.

ABSTRACT

This paper concerns the main features of asbestos mineralizations occurring in the ultramafic bodies of Málaga province (Southern Spain), with emphasis on their morphology and genetical type. This work is a result of the mining exploration surveys carried out by the Instituto Geológico y Minero de España.

INTRODUCCION

La complejidad que lleva consigo la investigación de un eventual yacimiento de asbesto, por la necesidad de utilizar técnicas poco conocidas en la exploración minera tradicional, así como su encuadramiento dentro de la clasificación internacional de asbestos, ha inducido a la elaboración del presente trabajo, en el que se describen las manifestaciones asbestíferas de las rocas ultrabásicas de Málaga.

Su estudio se ha realizado dentro de un Proyecto del IGME, encuadrado en el Programa de Investigación Geotécnica Nacional del P. N. M., bajo la dirección de don Juan García Rodríguez. Agradecemos las facilidades dadas por don Mariano Echevarría Caballero, actual subdirector del IGME, para la publicación de la presente nota.

(*) Compañía General de Sondeos, S. A.

GENERALIDADES

El término asbesto agrupa a un conjunto de minerales fibrosos, pertenecientes al grupo de los silicatos, que se forman a partir de la alteración de las serpentinitas o de las anfibolitas.

La denominación de estos minerales es la de Crisotilo y Picrolita para los derivados de las serpentinitas, y de los que únicamente el primero tiene interés industrial. Los derivados de las anfibolitas son los conocidos bajo las denominaciones de Crocidolita, Amosita, Antofilita, Tremolita y Actinolita, de los cuales los dos primeros tienen también utilización industrial.

De todos ellos, el más usado es el crisotilo, que supone un 90 por 100 del asbesto extraído en el mundo.

Se presenta generalmente rellenando fracturas y dispone sus fibras perpendiculares a las paredes que lo engloban (variedad "cross fibre") o bien paralelas a ellas (variedad "slip fibre"). El primero de

los descritos es el tipo más usual y apreciado desde el punto de vista de su explotación y comercialización.

En cuanto a su génesis, es admitido que el asbesto de crisotilo se presenta, generalmente, en rocas ultrabásicas serpentinizadas, aunque también puede aparecer como producto de la serpentización de determinadas rocas calcáreas (CIBA-GEIGY, 1972).

Para su formación, dentro de los cuerpos ultrabásicos, se requiere una deformación estructural, seguida de fracturación e intensa serpentización. Como consecuencia de estos procesos es frecuente la aparición de magnetita asociada al asbesto y esporádicamente, en puntos muy concretos, es conocida la aparición de minerales de níquel del tipo Awaruita (AZAIS et al., 1968). Para algunos autores, la segregación de magnetita y crisotilo habría tenido lugar en planos de relajación de esfuerzos durante un proceso de transformación isoquímica de la masa serpentizada, en el que hubo de existir un cierto aporte de agua, ya que ésta se halla en la composición del crisotilo en cantidad superior a la correspondiente en la serpentina teórica (WITTKER and WINKS, 1970, in ELEVICH, 1973).

Las manifestaciones asbestíferas de Málaga corresponden a las masas serpentizadas dentro de los cuerpos ultrabásicos, por lo que no se hace mención específica a la génesis y forma de yacer de los asbestos procedentes de anfíboles.

LOS MACIZOS ULTRABASICOS DE OJEN Y MIJAS

EL MACIZO DE OJEN.

El macizo ultrabásico de Ojén ocupa una extensión de 70 Km², con una composición fundamentalmente harzburgítica. Los rasgos visibles más recientes de una compleja evolución tectónica se ponen de manifiesto mediante una compartimentación en bloques que independiza tres unidades, según líneas de fractura N 70° E, aproximadamente, que han determinado la formación de un graben, siendo el bloque hundido el central, en el que existe un gran desarrollo de las serpentinitas. En el bloque septentrional, que presenta una estructura en antiformal buzante hacia el W, existe un neto predominio de peridotitas "sensu lato", careciendo prácticamente de relevancia el desarrollo de serpen-

tinitas, salvo en su extremidad oriental (apófisis de Alhaurín), donde adquieren gran desarrollo serpentinitas muy fracturadas, ricas en magnetita, que se pone de manifiesto por un bandeo oscuro, y serpentinitas compactas deleznable en superficie por efecto de los agentes externos. En el bloque meridional, las rocas ultrabásicas presentan en el contacto con las de caja frecuentemente algunas fallas, congruentes con las que separan los grandes compartimentos tectónicos. El desarrollo de serpentinitas en este bloque se halla relacionado con las zonas de mayor densidad de fracturación, en general asociadas espacialmente con los contactos, especialmente al SE y S del Macizo.

Las áreas de serpentinita magnetitífera, roca que constituye el metalotecto de las mineralizaciones

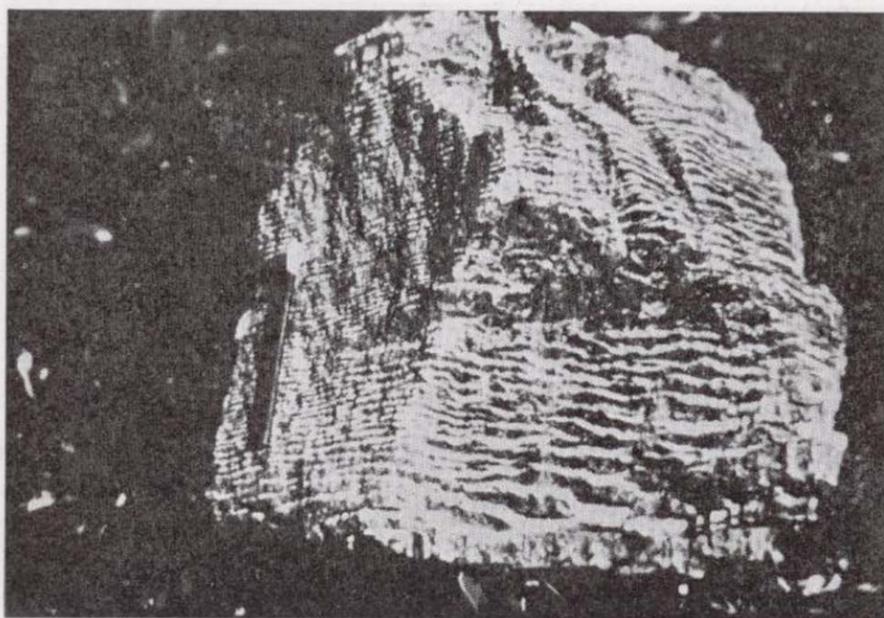


Foto 1

Variación de asbesto "cross fibre", conocida como "ribbonfibre".

de asbesto en los macizos ultrabásicos de Málaga, se localizan en el sector oriental del macizo de Ojén. Dentro de este encuadre hay que hacer referencia a las tres unidades tectónicas antes mencionadas.

En el bloque septentrional, el desarrollo de áreas de serpentina magnetitífera es muy esporádico y carente de relevancia, salvo en su extremidad oriental. En ésta, cabe distinguir la apófisis de Alhaurín, que se extiende al este del río Alaminos hasta el límite NE del macizo, y el área de El Colmenar, adyacente al contacto SE de esta unidad del macizo. En la apófisis del Alhaurín adquieren gran desarrollo serpentinitas magnetitíferas muy fracturadas y serpentinitas compactas deleznable

en superficie. Las serpentinitas magnetíferas contienen frecuentes trazas de asbesto de escasa longitud, que presentan abundante picrolita, debido a su grado de tectonización. En el área de El Colmenar alcanzan también cierto desarrollo las serpentinitas magnetíferas, conteniendo trazas de asbesto carentes de interés, y presentándose, en cambio, manifestaciones de talco, que son objeto de explotación.

El bloque central es el que presenta el mayor desarrollo de serpentinitas. Hacia el Norte se halla limitado fundamentalmente por dos grandes zonas de falla, de direcciones N 70° E y N 110° E, y su límite meridional lo constituye igualmente una zona de falla de dirección aproximada N 70° E. En una amplia zona adyacente a las fallas que consti-

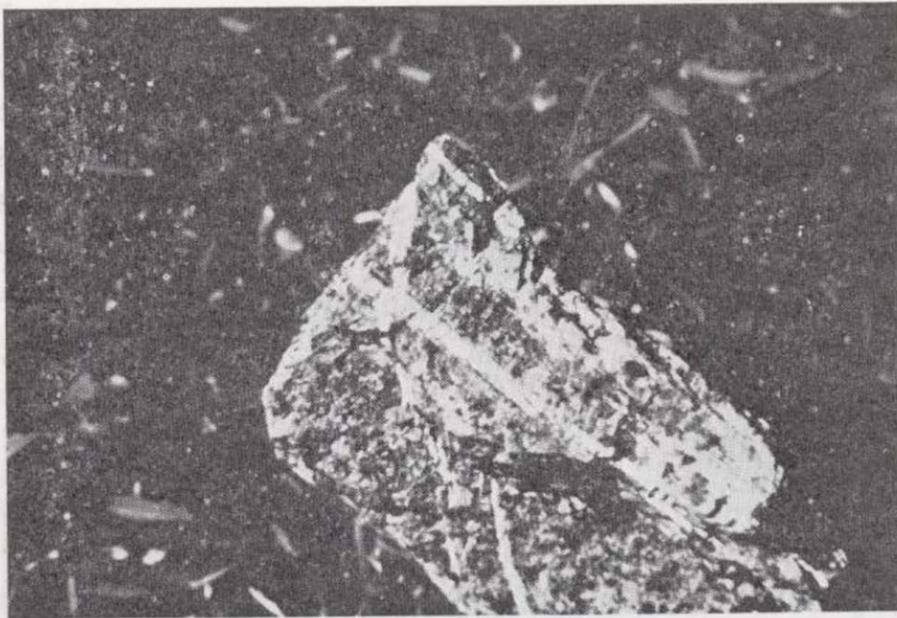


Foto 2

Vetas de asbesto intersectantes. Obsérvese como una de ellas desplaza a la otra.

tuyen el límite Norte, y con una longitud de 4 Km, alcanzan gran desarrollo serpentinitas magnetíferas con diverso grado de mineralización de asbesto (áreas de El Vacar, El Nebral y El Becerril). Igualmente, en las proximidades del límite meridional del bloque alcanzan cierto desarrollo las serpentinitas magnetíferas (área de la Casa de Los Guardas y su continuidad W), siendo menos frecuentes las trazas de asbesto, de escasa longitud y más abundantes las manifestaciones de talco, que son objeto de explotación en la actualidad.

En el bloque meridional del macizo de Ojén alcanzan poco desarrollo las serpentinitas magnetíferas, manifestándose en áreas de gran densidad de fracturación adyacentes o próximas a los con-

tactos con las rocas encajantes de las ultrabásicas y presentando grados de mineralización de asbesto muy variables (área de Fuente de la Teja y zonas de los Linarejos y sur de El Camorro).

EL MACIZO DE MIJAS.

El macizo ultrabásico de Mijas tiene, aproximadamente, 8 Km², presentando una longitud de 8 kilómetros, en dirección E-W, y una anchura máxima inferior a 2 Km

Es el más oriental de los cuerpos ultrabásicos de la provincia de Málaga y constituye la prolongación oriental del macizo de Ojén, al que se encuentra, probablemente, unido en profundidad.

El contacto del cuerpo ultrabásico con las rocas de caja es visible en numerosos puntos, presentando siempre fuerte buzamiento hacia el S. La mayor parte de los contactos parece de tipo magnético, aunque, generalmente se hallan algo retocados por fenómenos tectónicos posteriores. La disposición de las ultrabásicas es prácticamente concordante con la de los terrenos intruidos, amoldándose, incluso, a su estructura, aunque no se puede indicar si esta disposición está condicionada o no por la tectónica.

En el interior del macizo se presenta una extensa inclusión de gneis y aplitas y diversas otras de reducidas dimensiones, que, a veces, tienen relación espacial y probablemente genética con las manifestaciones de asbesto.

En superficie, más del 90 por 100 de la extensión total del macizo presenta un predominio de serpentinitas compactas deleznales, con áreas muy locales de peridotita s. s. y de serpentinita magnetífera, no llegando a suponer esta última más de la décima parte de este conjunto petrológico.

Poco más de un 6 por 100 de la extensión del macizo corresponde a serpentinitas magnetíferas y compactas bien desarrolladas, que se localizan en dos áreas: la terminación occidental del macizo (área de El Cerrajón) y una parte del borde meridional del mismo (área de El Higuero).

A diferencia de lo que ocurre en el macizo de Ojén, no se han detectado grandes fallas que afecten a las ultrabásicas del macizo de Mijas, salvo una falla de gran desarrollo que, con dirección E-W, constituye parcialmente el contacto meridional de las ultrabásicas y el polimetamórfico.

La orientación de los principales sistemas de frac-

en superficie. Las serpentinitas magnetíferas contienen frecuentes trazas de asbesto de escasa longitud, que presentan abundante picrolita, debido a su grado de tectonización. En el área de El Colmenar alcanzan también cierto desarrollo las serpentinitas magnetíferas, conteniendo trazas de asbesto carentes de interés, y presentándose, en cambio, manifestaciones de talco, que son objeto de explotación.

El bloque central es el que presenta el mayor desarrollo de serpentinitas. Hacia el Norte se halla limitado fundamentalmente por dos grandes zonas de falla, de direcciones N 70° E y N 110° E, y su límite meridional lo constituye igualmente una zona de falla de dirección aproximada N 70° E. En una amplia zona adyacente a las fallas que consti-



Foto 2

Vetas de asbesto intersectantes. Obsérvese como una de ellas desplaza a la otra.

tuyen el límite Norte, y con una longitud de 4 Km, alcanzan gran desarrollo serpentinitas magnetíferas con diverso grado de mineralización de asbesto (áreas de El Vacar, El Nebral y El Becerril). Igualmente, en las proximidades del límite meridional del bloque alcanzan cierto desarrollo las serpentinitas magnetíferas (área de la Casa de Los Guardas y su continuidad W), siendo menos frecuentes las trazas de asbesto, de escasa longitud y más abundantes las manifestaciones de talco, que son objeto de explotación en la actualidad.

En el bloque meridional del macizo de Ojén alcanzan poco desarrollo las serpentinitas magnetíferas, manifestándose en áreas de gran densidad de fracturación adyacentes o próximas a los con-

tactos con las rocas encajantes de las ultrabásicas y presentando grados de mineralización de asbesto muy variables (área de Fuente de la Teja y zonas de los Linarejos y sur de El Camorro).

EL MACIZO DE MIJAS.

El macizo ultrabásico de Mijas tiene, aproximadamente, 8 Km², presentando una longitud de 8 kilómetros, en dirección E-W, y una anchura máxima inferior a 2 Km

Es el más oriental de los cuerpos ultrabásicos de la provincia de Málaga y constituye la prolongación oriental del macizo de Ojén, al que se encuentra, probablemente, unido en profundidad.

El contacto del cuerpo ultrabásico con las rocas de caja es visible en numerosos puntos, presentando siempre fuerte buzamiento hacia el S. La mayor parte de los contactos parece de tipo magnético, aunque, generalmente se hallan algo retocados por fenómenos tectónicos posteriores. La disposición de las ultrabásicas es prácticamente concordante con la de los terrenos intruidos, amoldándose, incluso, a su estructura, aunque no se puede indicar si esta disposición está condicionada o no por la tectónica.

En el interior del macizo se presenta una extensa inclusión de gneis y aplitas y diversas otras de reducidas dimensiones, que, a veces, tienen relación espacial y probablemente genética con las manifestaciones de asbesto.

En superficie, más del 90 por 100 de la extensión total del macizo presenta un predominio de serpentinitas compactas deleznable, con áreas muy locales de peridotita s. s. y de serpentinita magnetífera, no llegando a suponer esta última más de la décima parte de este conjunto petrológico.

Poco más de un 6 por 100 de la extensión del macizo corresponde a serpentinitas magnetíferas y compactas bien desarrolladas, que se localizan en dos áreas: la terminación occidental del macizo (área de El Cerrajón) y una parte del borde meridional del mismo (área de El Higuerón).

A diferencia de lo que ocurre en el macizo de Ojén, no se han detectado grandes fallas que afecten a las ultrabásicas del macizo de Mijas, salvo una falla de gran desarrollo que, con dirección E-W, constituye parcialmente el contacto meridional de las ultrabásicas y el polimetamórfico.

La orientación de los principales sistemas de frac-

turas, de los bandeados en las serpentinitas magnetíferas y de las mineralizaciones de asbesto, guardan en todo el macizo una estrecha congruencia entre ellos siendo dominantes dos direcciones ortogonales entre sí, casi sincrónicas, perteneciendo a este sistema la gran falla del contacto descrita con anterioridad.

Dentro de las áreas favorables son muy numerosas las manifestaciones asbestíferas, aunque las vénulas mineralizadas son de escasa corrida. La picrolita es menos abundante que en las manifestaciones de Ojén, siendo predominante el crisotilo.

TIPOLOGIA Y MINERALIZACION

La totalidad de las mineralizaciones de asbesto investigadas en los macizos ultrabásicos de Málaga corresponden al asbesto de crisotilo, que, más concretamente, se presenta siempre en su variedad de fibra cruzada ("cross-fibre"), en la que la fibra del mineral se halla formando ángulo recto con las paredes de la veta.

El metalotecto litológico de la mineralización de asbesto es, en prácticamente todos los casos, la serpentinita magnetífera, presentándose asociado el crisotilo al bandeo de magnetita. También resulta frecuente la existencia de trazas de asbesto en la serpentinita denominada compacta, que no presenta segregaciones diferenciadas de magnetita, si bien la longitud de fibra resulta, en la mayoría de estos casos, insignificante.

En lo que se refiere a la longitud de fibra de la mineralización de asbesto observada en los diversos indicios, señalaremos que, de los doce considerados en el macizo de Ojén, sólo se alcanza el Grupo 4 (clasificación canadiense en un indicio; el Grupo 5, en, al menos, cuatro indicios, y los Grupos 6 y 7, en casi todos los restantes. La fibra más larga observada, con una longitud superior a 2 cm., se presenta en un indicio del macizo de Mijas. En los veintidós indicios restantes considerados en este macizo, la longitud de las fibras se presenta predominantemente dentro de los Grupos 5, 6 y 7.

PRECISIONES SOBRE SU GENESIS

Todas las teorías concernientes al origen del asbesto de crisotilo coinciden en la necesidad de un sistema de fracturación como requisito previo.

La formación de vetas de crisotilo se realiza en varias fases (RIORDON, 1975):

- Serpentinización de los bordes de fracturas.
- Removilización de MgO y SiO₂, a consecuencia del proceso anterior.
- Relleno de las fracturas por aportes sucesivos de material coloidal o amorfo.
- Diferenciación total o no de este relleno en crisotilo y magnetita, quedando en este último caso el material sin transformar próximo a las paredes de la fractura.

La génesis de mineralización de esbesto en los ultrabásicos de Málaga no ha tenido lugar en una fase única. Son frecuentes las interpenetraciones de vetas de crisotilo que permiten establecer un orden de anterioridad-posterioridad, y este orden se mantiene con reiterativa constancia en prácticamente la totalidad de los indicios mineralizados. Más aún, si se hace abstracción de los condicionamientos específicos impuestos por cada metalotecto individualizado, se halla que, tanto la orientación espacial como el orden de sucesión de las mineralizaciones, presentan unas caracterizaciones bien definidas, inequívocamente ligadas a la evolución geológico-tectónica de los macizos.

De las observaciones realizadas parece desprenderse que, de una forma general, tras una primitiva generación de serpentinita magnetífera con orientación próxima a la E-W y otra sucesión N-S a NNW-SSE, generalmente acompañadas de escasa mineralización, tuvo lugar una etapa de fracturación de direcciones NW-SE y SW-NE (esta última menos desarrollada), que produjo, donde fue más intensa, una nueva orientación en el bandeo de la serpentinita magnetífera, e, incluso, en algunos puntos, dio lugar a una nueva generación de serpentinita magnetífera. A estas fracturas se asocia una nueva fase de mineralización. Posteriormente, debió tener lugar una fracturación E-W a ESE-WNW y, consecutivamente, a otro N-S, a N 20° E. Asociados a estas etapas de fracturación, y en especial a la última, aparecen manifestaciones tardías de crisotilo.

Hay que destacar que, en numerosos lugares, tuvo lugar una deposición hidrotermal calcita-pirita, con posterioridad a la formación de todas las generaciones de crisotilo, presentándose frecuentemente la calcita sustituyendo parcialmente al crisotilo y

con su mismo hábito, así como que, también, ha sido frecuente la transformación de crisotilo en picroлита, debido a posteriores efectos tectónicos de comprensión y cizallamiento.

CONCLUSIONES

- Los macizos ultrabásicos de Málaga contienen manifestaciones de asbesto de crisotilo, que se hallan en relación con la presencia de peridotitas intensamente serpentinizadas. Esta es la razón de que sólo se encuentren en los macizos da Ojén y Mijas.
- Las serpentinitas se hallan en relación con grandes accidentes tectónicos (fracturas), que condicionan, además, la geometría de las mineralizaciones de crisotilo.
- El asbesto se presenta rellenando fracturas en serpentinitas caracterizadas por contener un bandeado de magnetita, hallándose ambos genéticamente ligados.
- La variedad de crisotilo corresponde al tipo "cross fibre", con longitud de fibra de hasta más de 2 cm, siendo la más frecuente la comprendida entre 1 y 10 mm.
- Se han determinado varias generaciones de asbesto, asociadas a las distintas etapas de fracturación y serpentización que han afectado a los macizos.

— Por último, hay que indicar que no se hace referencia al interés minero del asbesto, lo cual puede ser objeto de una futura publicación.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAX, M.; CRESPO LARA, V., y REYES, J. L.: *Investigación del níquel en los macizos ultrabásicos de Málaga*. Bol. IGME, LXXXIV (1973).
- ASBESTOS CORPORATION LIMITED: *Asbestos* (1974).
- AZAIS, M.; BOULADON, J.; PICOT, F., y SAINFELD, P.: *Le probleme du mickel dans les serpentines de Corse*. Geol. app. B. R. G. M. (19683).
- CAPE GROUP: *Amphibole asbestos*.
- CIBA-GEYGY: *Asbestos* (1972).
- ELEVICH, V., y VALOROVIC, M. P.: *The Petrological Nature of Serpentinization*. Inst. E. Phy. Acad. Sci. URSS (1973).
- HODGSON, A.: *Fibrons Silicates*. Royal Inst. of Chem., n. 4 (1965).
- IGME: *Mapa de rocas industriales Granada-Málaga*, n. 83 (1972).
- IGME: *Investigación de asbestos, dunitas y serpentinas en las provincias de Málaga, Granada y Almería* (1975).
- RIORDON, P. H.: *Geology of the asbestos deposits of Southeastern Quebec* (1975).

Recibido: Diciembre 1976.

Utilización de las aguas residuales urbanas para riego y recarga artificial

Por J. PORRAS MARTIN (*)

RESUMEN

Se describen la composición y aplicaciones del agua residual urbana tratada para riego y recarga artificial de acuíferos; se tratan con especial énfasis los problemas de contaminación relacionados con dichos usos y el papel del suelo como filtro físico, químico y biológico.

ABSTRACT

Characteristics and composition of treated sewage and its use for irrigation and artificial recharge of aquifers are described with special emphasis on associated pollution problems; the role of soil as physical, chemical and biological filter is analyzed.

I. INTRODUCCION.

De acuerdo con varios de los índices de aridez más conocidos, una buena parte del suelo español es considerado como zona árida o semiárida, como consecuencia de dos factores climáticos fundamentales, la precipitación anual y la temperatura. Los valores que presentan estos parámetros en la Península, especialmente en el Sur y en ciertas zonas de Levante, hacen que los recursos hídricos totales, superficiales y subterráneos en dichas zonas sean relativamente escasos, especialmente en lo que a las demandas para regadío se refiere; dado que las condiciones de suelo y temperatura en muchas de las áreas a las que nos referimos son favorables a un elevado rendimiento agrícola en régimen de regadío, los campesinos han buscado el agua afano-

samente, y como consecuencia, y a falta de unos recursos superficiales suficientes, se está produciendo la sobreexplotación de las reservas en muchos de los mantos acuíferos subterráneos existentes, algunos de los cuales quedarán agotados en unos pocos años.

Sin embargo, existe una posibilidad de paliar estos problemas, aunque tal vez sólo en pequeña medida y después de minuciosos estudios. Se trata del reciclado o reutilización de las aguas residuales domésticas producidas en los núcleos urbanos, que, una vez sometidas a tratamiento conveniente, pueden utilizarse, como en seguida veremos, para regar e incluso para recargar los acuíferos subterráneos, disminuyendo así los peligros de sobreexplotación.

Del agua que el hombre consume para usos domésticos, urbanos, comerciales, etc., en una ciudad con sistema de alcantarillado extendido a toda la

(*) Dr. Ingeniero de Minas. División de Aguas Subterráneas. Instituto Geológico y Minero de España.

zona urbana, más de un 80 por 100 se recoge en los colectores y es normalmente considerada como un agua inutilizable, contaminada y de la que es necesario desembarazarse de la manera más expeditiva posible, con o sin un tratamiento de purificación que la haga menos perjudicial para el medio ambiente.

Sin embargo, estas aguas pueden ser, en ocasiones, superiores en calidad química a las aguas subterráneas de muchos acuíferos costeros, y en cuanto a su contenido en materia orgánica y microorganismos, el adecuado tratamiento, por una parte, y la propia acción del suelo y de los terrenos permeables, por otra, pueden conseguir una total purificación eliminando los problemas de contaminación. Por otro lado, las aguas residuales urbanas contienen una cierta cantidad de nutrientes para las plantas (compuestos de N y P) que las hacen, en este aspecto, muy adecuadas para regar. Según STEVENS (1972), ya en el año 1559 se utilizaban las aguas fecales para regar, en la Baja Silesia, y en la ciudad de Berlín se compraban, en 1869, grandes extensiones de terreno para regarlo con aguas fecales sin tratar, plan que continuaba en operación en 1935. Muchos otros ejemplos, históricos y actuales, demuestran que la utilización de las aguas residuales para regar ha sido considerada desde muy antiguo como un método de eliminación y tratamiento de las mismas que, a la vez, producía unos beneficios adicionales.

Sin embargo, el estudio científico y sistemático de las posibles aplicaciones útiles de estas aguas y el análisis de la capacidad del terreno y de las formaciones acuíferas, como elementos purificadores, es relativamente reciente. En líneas generales, el problema se suele enfocar hoy día tal vez más como eliminación de un residuo que como reciclado de un recurso hídrico que ha sufrido una degradación en su calidad; no obstante, en muchos casos, se consideran ambos aspectos al mismo tiempo, obteniéndose entonces las mayores ventajas en la operación.

En los siguientes apartados se van a estudiar brevemente los aspectos más importantes en relación con el tema, comenzando por los tratamientos a que un efluente urbano puede ser sometido, los métodos de eliminación y los problemas de contaminación que pueden plantear, para continuar analizando el papel del suelo y de los terrenos permeables como elementos purificadores, pasando des-

pués a estudiar específicamente las ventajas e inconvenientes del riego con aguas tratadas y de la recarga artificial de acuíferos. Se consideran, en cada caso, los elementos fundamentales para la adecuada gestión de ambas operaciones.

II. CARACTERISTICAS DEL EFLUENTE URBANO. METODOS DE TRATAMIENTO.

Hemos llamado aguas residuales urbanas a las producidas en pueblos y ciudades por las operaciones domésticas (lavado, eliminación de excretas, etcétera), comerciales, de servicios (lavado de calles, esorrentía urbana, etc.) e industriales dentro de la ciudad. En ciertos casos, parte de estas aguas residuales, sobre todo domésticas, se recogen en instalaciones individuales o de reducida capacidad (pozos negros, fosas sépticas, etc.), y en otros existe un sistema de alcantarillado donde se reúnen y coleccionan todas estas aguas y se conducen hacia el punto o puntos finales de vertido, sometiéndose, en ocasiones, a diferentes grados de tratamiento, previos al vertido definitivo. Este vertido puede realizarse en: cursos de agua superficial, acequias de riego, acequias especiales de drenaje de aguas fecales (que, a su vez, vierten en alguno de los puntos mencionados), el mar mediante emisarios submarinos, estanques o lagunas de infiltración, terrenos de regadío, barrancos secos, etc.

Las aguas fecales recogidas en las alcantarillas presentan una composición muy variable de unos lugares a otros, y aun a lo largo del año e incluso del día. En general, se puede considerar que existen cuatro grupos de componentes, que son los que determinan sus peculiares características:

- Sales disueltas.
- Materia orgánica.
- Partículas y sólidos en suspensión.
- Microorganismos.

Las aguas fecales pueden someterse a diversos grados de tratamiento. El más simple de ellos, que denominaremos tratamiento primario, consiste en un desbaste de los sólidos más gruesos y una sedimentación primaria, gracias a los cuales se pueden eliminar alrededor de un 90 por 100 de los sólidos decantables y un 50 por 100 de los sólidos

en suspensión. La cantidad de materia orgánica, expresada en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), puede reducirse en un 35 por 100, aproximadamente (STEVENS, 1972). Fósforo, nitrógeno y sales inorgánicas disueltas no sufren apenas modificaciones.

El tratamiento secundario, que siempre va precedido de un proceso primario, consiste fundamentalmente en una purificación biológica, en la que los agentes de tratamiento son microorganismos, que, en régimen aeróbico, consumen materia orgánica contenida en el agua residual. Se emplean diversos métodos para proporcionar el oxígeno necesario a esta actividad microbiana; entre los más empleados se encuentra el de *lodos activados*, en el que se insufla aire mediante difusores que crean un movimiento circulatorio en el líquido y facilitan el contacto, y el de *lechos filtrantes*, en el que se hace pasar el agua residual a través de un macizo de gravas, en el que se favorece la oxigenación y, por tanto, la descomposición aeróbica.

En condiciones óptimas de operación se puede eliminar hasta un 90 por 100 de la DBO y reducir en un 85 por 100 la cantidad de sólidos en suspensión mediante los tratamientos secundarios. Se elimina también parte del nitrógeno, pero muy poco de P y prácticamente nada de las demás sales solubles inorgánicas.

El líquido que sale de las plantas de tratamiento recibe el nombre de efluente; estudiaremos a continuación los grupos principales de sustancias que componen dichos efluentes.

La cantidad de sales disueltas depende de la previamente existente en las aguas de abastecimiento de la ciudad. Si en la zona que se considera no existe una gran actividad industrial, o bien si las industrias no vierten sus líquidos residuales en la red de alcantarillado, las aguas fecales pueden contener, en líneas muy generales, una cantidad total de sales disueltas que sobrepasa en 200-400 mg/l a la que existía en las aguas de abastecimiento. Dicho incremento puede ser mucho mayor (más de 1.000 mg/l) si se vierten residuos industriales; en este caso, los iones metálicos pesados son un problema potencial de contaminación a añadir a los normalmente existentes.

La American Chemical Society (1969) presenta un cuadro de las sales añadidas al agua en el uso doméstico (Tabla I).

TABLA I

Constituyentes inorgánicos añadidos a través del empleo doméstico del agua

Constituyentes	Incremento medio de la concentración mg/l
Grupo 1:	
Sodio	70
Potasio	10
Calcio	15
Magnesio	7
Cloruros	75
Bicarbonatos	100
Sulfatos	30
Sílice	15
Dureza (como CO ₃ Ca)	70
Alcalinidad (como CO ₃ Ca)	85
Grupo 2:	
Fosfatos	25
Amonio (NH ₄ ⁺)	20
Nitratos	10
Nitritos	1

Es interesante indicar, de acuerdo con HUNTER y KOTALIK (1973), que prácticamente ninguno de los compuestos del Grupo 1 se elimina durante los procesos normales de tratamiento a los que se suelen someter las aguas fecales, mientras que los del Grupo 2 sufren diversas transformaciones durante el tratamiento.

En general, los fosfatos pasan a ortofosfatos y también son eliminados en parte durante el tratamiento secundario. Nitratos y nitritos se producen por la oxidación microbiana del amoníaco, y éste es debido a la hidrólisis de la urea y a la descomposición biológica de los compuestos orgánicos nitrogenados. En ocasiones, los efluentes no contienen cantidades apreciables de nitratos o nitritos, estando el N en forma orgánica o amoniacal. Parte del nitrógeno puede ser eliminado en forma de N₂ gas por oxidación del amonio (NH₄⁺).

Como más tarde veremos, el N es un elemento importante a considerar, beneficioso para el uso agrícola del efluente, pero perjudicial para las aguas subterráneas cuando la concentración en NO₃⁻ es elevada y aquéllas se usan para abastecimiento público. Se puede admitir que un efluente urbano contiene 10-35 mg/l de N, parte en forma orgánica, parte en forma amoniacal y parte en forma oxidada, como nitratos. En lo que respecta al fósforo, se encuentra normalmente en cantidades de

5-10 mg/l de P en los efluentes urbanos. Desde otro punto de vista, puede considerarse que la aportación humana al efluente se cifra en unos 8 a 10 gramos/habit./día de N, 1 gr. de P y 6 gr. de K.

La materia orgánica contenida en las aguas fecales es causante de olores y color en las mismas, aparte de incluir compuestos tóxicos y ser medio de vida de microorganismos, que, al consumir el oxígeno disuelto en el agua, hacen que la vida en la misma sea imposible para peces y otras especies acuáticas dependientes del O₂ disuelto.

La materia orgánica se presenta en forma de compuestos solubles y de partículas sólidas, tanto en el agua fecal como en el efluente. BUNCH y colaboradores (1961) presentan el siguiente cuadro para la materia orgánica de un efluente secundario (lodos activados) en los Estados Unidos (Tabla 2).

TABLA 2

Composición de un efluente en una planta de lodos activados (BUNCH, 1961)

Constituyentes	Porcentaje del total de la DQO
Extraíbles en éter	10
Proteínas	10
Carbohidratos y polisacáridos	5
Taninos y ligninas	5
Detergentes aniónicos (MBAS)	10
Sin identificar	65

Otros autores citados por HUNTER y KOTALIK (1973) presentan diferentes cuadros con las composiciones de diversos efluentes, donde, en general, se demuestra que alrededor del 50-70 por 100 de la materia orgánica contenida en el líquido que sale de una planta de tratamiento se encuentra en forma disuelta, el 6-9 por 100 en forma de sólidos en suspensión finos y el 25-39 por 100 en forma de sólidos gruesos en suspensión.

En cualquier caso, y desde el punto de vista de los problemas de contaminación que se pueden producir por la utilización posterior del efluente sobre el terreno, los compuestos orgánicos más peligrosos son los estables; es decir, aquellos que son resistentes a la degradación biológica. El efecto a largo plazo de estos compuestos sobre la salud humana no es conocido; entre ellos se cuentan los

sulfonatos de alquil-benceno, algunos insecticidas, etcétera.

En líneas generales, se admite que la reducción de la materia orgánica, expresada en DBO, que tiene lugar en el tratamiento secundario, es de un 90 por 100; un efluente bien tratado puede presentar una DBO de 25 mg/l, con una demanda química de oxígeno (DQO) de unos 70 mg/l.

Los microorganismos presentes en las aguas fecales son de muy diversos tipos y proceden generalmente de la orina y heces de hombres y animales. Un cierto número de ellos son patógenos y pueden atravesar las plantas de tratamiento sin alteración, excepto cuando se procede a una desinfección final del efluente, como más adelante veremos.

Según FOSTER y ENGELBRECHT (1973), los principales organismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden dividirse en cuatro grupos (Tabla 3).

TABLA 3

Grupos más importantes de organismos patógenos en las aguas residuales

1. Bacterias
Salmonella
Shigella
Mycobacterium
2. Protozoos
Entamoeba histolytica
Naegleria
3. Parásitos helmintoides
Ascaris
Ancylostoma
Necator
Taenia
Trichuris
4. Virus

De entre todos estos grupos, son las bacterias las mejor conocidas y estudiadas, y los virus, los que mayor incertidumbre plantean en cuanto a su número y, sobre todo, su eliminación mediante desinfección y retención por el terreno.

A estos organismos patógenos suele acompañar una flora mucho más abundante, algunas de cuyas especies son exclusivamente de las aguas fecales y, gracias a esta circunstancia, suelen utilizarse como indicadores de contaminación por dichas aguas.

Entre los diversos microorganismos de este tipo,

los que se usan con más frecuencia son los que se incluyen en la denominación general de "Coliforme fecal", y entre ellos, los del grupo Escherichia Coli, cuyo origen es exclusivamente fecal. La aparición de una sola E. coli en 100 ml. de agua es evidencia de contaminación.

A su paso por las distintas fases del tratamiento, primario o secundario, de las aguas residuales urbanas, los microorganismos, tanto los patógenos como los inocuos, pueden sufrir una serie de cambios, aunque, en general, se acepta el hecho de que los procesos de tratamiento hasta ahora mencionados no son eficaces en la remoción de la fauna microbiana patógena. De hecho, los tratamientos secundarios fomentan el desarrollo de microorganismos aeróbicos que descompongan la materia orgánica en componentes minerales sencillos. En cualquier caso se puede concluir que algunos organismos perjudiciales sufren reducciones en su número, sobre todo en el tratamiento secundario, pero el efluente nunca está libre de los mismos.

Por estas razones, los procesos de tratamiento se suelen completar con una operación de desinfección, consistente en la mayor parte de los casos de una adición al efluente de cloro en forma de gas Cl₂ disuelto en agua, cloraminas, ácido hipocloroso, hipoclorito sódico o peróxido de cloro. El efecto germicida es producido por el gas cloro libre y su eficacia es mundialmente conocida. Aunque no podemos entrar en un excesivo detalle, conviene indicar que, dependiendo de una serie de circunstancias (tiempo de contacto, temperatura, pH, naturaleza de las materias orgánicas), la acción del cloro puede no eliminar el 100 por 100 de los organismos patógenos. Por otra parte, el cloro añadido al efluente puede tener efectos diversos sobre la composición química del mismo (aumento de los cloruros, formación de cloraminas y cloro-benceno, etc.).

Se admite, en general, que la inactivación de los virus es uno de los objetivos más difíciles de conseguir en la cloración, aunque una prolongación del tiempo de contacto y un incremento en la concentración pueden conseguir el efecto apetecido. En cualquier caso, y a pesar de la cloración, cabe esperar que gran parte de las plantas de tratamiento produzcan un efluente con cierta cantidad de microorganismos, algunos de ellos patógenos, cuya evolución es necesario seguir en los usos posteriores de dicho efluente, para evitar problemas de contaminación.

III. PAPEL DEL SUELO Y DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS.

Como indicamos anteriormente, el efluente de las plantas de tratamiento puede eliminarse de muy diversas maneras. Una de las más frecuentes es el vertido del mismo en un curso de agua superficial, donde, si tienen lugar una serie de condiciones favorables (agua previamente no contaminada, buena aireación, etc.), la materia orgánica presente en el efluente se degrada aeróbicamente, el agua residual se mezcla con agua natural, y al cabo de un cierto recorrido, el agua que circula por el río puede ser perfectamente adecuada para gran número de aplicaciones útiles. Ha tenido lugar un proceso de autodepuración. Sin embargo, cuando gran cantidad de aguas residuales urbanas e industriales, tratadas o sin tratar, se vierten en un curso de agua, este pierde su poder autodepurador, se consume el oxígeno disuelto por las bacterias aeróbicas, y el río se convierte en una alcantarilla, sin oxígeno para mantener la vida acuática.

Una alternativa a este método es la eliminación del efluente por vertido sobre el terreno, aprovechando la capacidad depuradora del mismo, haciendo que parte del agua se infiltre y llegue más o menos depurada, hasta el manto acuífero subterráneo. En esta alternativa existen tres aspectos íntimamente ligados: el efecto depurador del suelo sobre los componentes perjudiciales del efluente, la contaminación de las aguas subterráneas, y los beneficios producidos por la aplicación del efluente, bien para regar o bien para recargar deliberadamente, el manto acuífero y poder utilizar después el agua recargada.

Estudiaremos a continuación desde un punto de vista general, el efecto autodepurador del suelo y formaciones permeables para más adelante analizar los aspectos específicos del riego y la recarga artificial y las ventajas e inconvenientes (contaminación, etc.) en relación con ellos.

III.1. EL SUELO COMO FILTRO FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO.

El suelo se puede definir como la parte superior de la capa de materiales no consolidados que cubre la superficie terrestre. Es una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, aire y agua, en proporciones muy diversas. Cuando sobre el suelo se aplican efluentes urbanos tiene lugar una serie de fenómenos físicos, químicos y biológicos durante la circulación vertical del efluente a través de los poros

de aquél; estudiaremos brevemente dichos fenómenos:

Entre los *fenómenos físicos* el más importante es sin duda el efecto filtrante del suelo, que se manifiesta en la retención de los sólidos en suspensión que aún quedan en el agua residual urbana tratada. Esta acción filtrante puede verse afectada negativamente cuando los poros del suelo se taponan, impidiendo la circulación del líquido. En general, esto ocurre cuando la superficie del suelo se mantiene inundada con el efluente durante bastante tiempo. En este caso se forma sobre aquélla, o como máximo, en los primeros 3 cm., una especie de capa de naturaleza a la vez física y biológica (Mc. GAUHEY y KRONE, 1967), formada a favor de las condiciones anaeróbicas que se dan después de largos períodos de inundación. La porosidad, sin embargo, puede reconstruirse en ocasiones por el establecimiento de condiciones aeróbicas, es decir, dejando secar al aire la superficie taponada (THOMAS, 1973).

En el caso de que se utilice el efluente para regar, los problemas de taponamiento parecen no haberse manifestado; es en la recarga artificial mediante estanques de infiltración donde este problema puede presentarse. En la inyección de aguas residuales urbanas en sondeos, tema al que más adelante prestaremos especial atención, este problema de colmatación o taponamiento es uno de los más difíciles de resolver, dada la imposibilidad de proporcionar la aireación suficiente.

Entre los *efectos químicos* que tienen lugar en el suelo cuando se aplica al mismo un efluente urbano, sea por inundación o por irrigación, los más importantes pueden resumirse en tres grupos: a) Cambio iónico, b) Adsorción y precipitación, c) Alteración química.

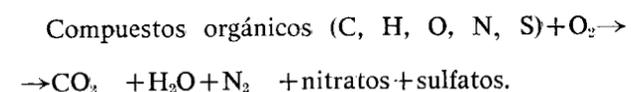
Se define cambio iónico como el proceso reversible por el cual se produce un intercambio de aniones y cationes entre la fase sólida y la fase líquida, o bien entre dos fases sólidas en íntimo contacto. En el suelo y en los terrenos permeables, el intercambio de cationes es el fenómeno predominante; de hecho, en agricultura cobra una especial importancia la sustitución del Ca^{++} del suelo por Na^+ contenido en las aguas de irrigación. El índice conocido por SAR (Sodium Adsorption Ratio), que se obtiene (meq./litro).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

es una medida del peligro de salinización del suelo; una excesiva cantidad de Na^+ produce un efecto de dispersión e impermeabilización del suelo muy perjudicial para las plantas. En general, los efluentes normales no transportan elevadas cantidades de Na^+ como para producir graves problemas de este tipo al aplicarse para irrigación; sin embargo, todo depende de la composición inicial de las aguas de abastecimiento de la zona urbana de la que se recoge el efluente y de la cantidad de sales añadidas durante el uso del agua.

La adsorción y la precipitación son fenómenos distintos, pero con la suficiente similitud como para poder ser considerados al mismo tiempo. Adsorción es la retención, en una fina capa, de moléculas de gas, sustancias disueltas o líquidos, por la superficie de cuerpos sólidos en contacto con ellos. Precipitación es la producción, por reacción química, de un compuesto poco soluble que cristaliza. El efecto final de ambos procesos es la eliminación de ciertos compuestos del líquido que circula a través del suelo. Especial interés en el caso de los efluentes urbanos aplicados al terreno presentan los fenómenos de adsorción de gases, fosfatos, sulfatos y cationes metálicos pesados. Según BOWER (1974), el suelo posee una tremenda capacidad para fijar y almacenar fosfatos, que, generalmente no llegan hasta el manto acuífero; aún en gravas y arenas gruesas, y si el efluente es de naturaleza alcalina, gran parte del P se elimina del mismo, sobre todo si hay suficiente Ca^{++} como para formar precipitados insolubles de fosfato cálcico. En lo que respecta a los metales pesados (Zn, Cu, Fe, Mn, etc.) que pueden encontrarse en algunos efluentes procedentes de zonas industriales, la información sobre la posible adsorción de los mismos por el terreno no es conclusiva, aunque varios autores describen casos de adsorción parcial de algunos de ellos, citados en ELLIS (1973).

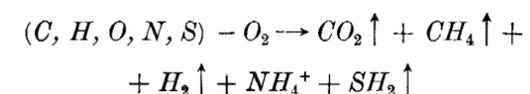
Por lo que respecta a las alteraciones químicas que sufren los efluentes en el suelo, conviene no olvidar que muchas de ellas son consecuencia de una actividad biológica. Especialmente los compuestos orgánicos son descompuestos, bien en condiciones aeróbicas, con aporte de oxígeno, o bien anaeróbicas. Las reacciones aeróbicas pueden sintetizarse: (California D. W. R., 1969).



En realidad, el nitrógeno orgánico se transforma primero en NH_3 o en NH_4^+ , que rápidamente se oxida bien a N_2 o a nitratos, que al ser solubles pasan al líquido percolante y pueden representar un problema para la calidad de las aguas subterráneas.

La descomposición anaeróbica tiene lugar cuando no existe oxígeno suficiente y entran en juego las bacterias anaeróbicas. Las reacciones se pueden resumir:

Compuestos orgánicos:



Estas reacciones son productoras de los gases malolientes, normalmente asociados a los efluentes urbanos.

Entre otros efectos bioquímicos importantes desde el punto de vista de la contaminación de los mantos acuíferos se encuentra el de la desnitrificación, por el cual ciertas bacterias usan el oxígeno de los nitratos para descomponer la materia orgánica, formándose gas N_2 u óxido nitroso, que se pierden en la atmósfera. Este proceso requiere la presencia de nitratos y de carbono orgánico, en condiciones anaeróbicas.

Veamos ahora el efecto que el suelo ejerce sobre los *microorganismos* (algunos de ellos patógenos) que los efluentes urbanos arrastran cuando la desinfección final no ha sido eficaz o no se ha llevado a cabo en absoluto. Las reacciones iniciales del suelo frente a los organismos presentes en el efluente son la retención de los de mayor tamaño en forma semejante a un filtro, y la adsorción por las partículas del suelo, que tiene lugar fundamentalmente en la superficie del mismo. Después, y aunque los procesos no son bien conocidos dada la imposibilidad de observación y medidas directas, existen una serie de factores que eliminan, al cabo de recorridos más o menos largos en la zona no saturada o ya en el manto acuífero, a los microorganismos en plazos más o menos largos de tiempo. Entre estos factores se cuenta la competencia por los elementos nutrientes entre los microorganismos que habitan normalmente en el suelo, la producción de toxinas microbidas, la lisis enzimática, la existencia de bacterias parásitas o de protozoos predadores, etc.

En general, las bacterias y los protozoos son los organismos más fácilmente retenidos por el suelo y las formaciones permeables, mientras que los vi-

rus parece ser que pueden recorrer distancias más largas, aunque a la larga también quedan detenidos. Estas premisas son aplicables a suelos y a formaciones permeables no consolidadas (arenas, gravas, limos, etc.), pero no se cumplen en formaciones con fisuras o en zonas karstificadas (calizas, dolomías, etc.), donde los microorganismos pueden recorrer grandes distancias rápidamente sin sufrir alteración.

ROMERO (1970) sintetiza, de acuerdo con diversos estudios del movimiento de los microorganismos fecales en el suelo y subsuelo, las más importantes conclusiones relativas al tema; entre ellas:

— Para cualquier grado de poder depurador del suelo o de la formaciones acuíferas, la eliminación de microorganismos depende sólo de la distancia, y no del número de ellos existente en el efluente que se infiltra o del volumen de éste.

Los materiales permeables más adecuados para esta eliminación son los de grano fino (arenas, limos) con apreciables contenidos en arcillas.

— En un sistema ideal de este tipo, la máxima distancia que recorren los microorganismos antes de morir o ser absorbidos por el terreno oscila entre 20 y 30 m.

— En la zona no saturada, los microorganismos quedan retenidos con mayor facilidad que cuando se incorporan al manto acuífero.

— La naturaleza del suelo sobre el que se aplica el efluente juega un papel primordial en el subsiguiente movimiento de las bacterias.

— Las distancias recorridas y la pervivencia de bacterias y virus en las aguas subterráneas puede ser mayor si éstas van cargadas de elementos nutrientes.

En base a estos estudios, el mismo autor presenta diversos cuadros con las distancias de seguridad recomendables a mantener entre los sondeos de abastecimiento y las diversas fuentes de contaminación biológica. Este aspecto, así como el de la contaminación de los vegetales que se consumen crudos y son regados con efluentes urbanos, será discutido más adelante.

IV. EL RIEGO CON EFLUENTES URBANOS.

Desde el punto de vista del agricultor, el agua que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas contiene, en condiciones norma-

les, unos 200-400 mg/l más de sales disueltas que el agua de abastecimiento de la zona urbana. Como es de esperar que el TSD (total de sales disueltas) de ésta sea relativamente bajo (el Código Alimentario considera 750 mg/l como límite conveniente y 1.500 mg/l como límite tolerable), se puede decir que, salvo en casos especiales, la cantidad total de sales que lleva el efluente no va a presentar graves problemas de tolerancia por parte de las plantas. Las cantidades de nitrógeno presentes en el efluente oscilan entre 10 y 35 mg/l, presentándose éste en forma orgánica, amoniacal y como nitratos. Las cantidades de fósforo, generalmente como fosfatos u ortofosfatos, oscilan entre 5 y 10 mg/l de P. La presencia de estos elementos en el efluente es una ventaja, desde el punto de vista del aporte de fertilizantes a las plantas. Si se ha procedido a una desinfección para eliminar gérmenes patógenos, los niveles de Cl_2 residual en el efluente pueden oscilar entre 0 y 2-3 mg/l, lo que no suele presentar problemas para el regadío. En definitiva, la calidad del efluente suele ser adecuada para regar y, desde este punto de vista, no se plantean problemas, excepto cuando al sistema de alcantarillado se vierten aguas residuales industriales con elevadas cargas de sales o elementos tóxicos para las plantas. Si ocurre esto, cada problema es un caso particular, que debería ser estudiado por separado. De todas formas, debería prohibirse a ciertas industrias (y de hecho, se hace) verter directamente sus residuos en la red de alcantarillado general.

Considerada la calidad del efluente, vamos a contemplar ahora los aspectos que influyen en su utilización para regar. Fundamentalmente, el problema consiste en regar con la mayor cantidad posible de efluente, de forma que éste no cause problemas en superficie (encharcamiento, etc.) ni en profundidad (contaminación), obteniéndose el mayor beneficio agrícola (incremento en la producción) posible. Estos aspectos están en relación muy estrecha, pero vamos a tratar de desarrollarlos desde dos puntos de vista: el del beneficio agrícola y el de la contaminación de las aguas subterráneas. Será inevitable la repetición de algunos conceptos, pero el contraste entre ambos modos de ver el problema es altamente formativo.

En primer lugar, hay que considerar que el éxito y eficacia de cualquier operación de riego con efluentes urbanos se basa en la correcta planificación de la misma; si lo que se pretende es eliminar la mayor cantidad posible de efluente, es necesario emplear las dotaciones más elevadas que no

produzcan problemas de contaminación. Si lo que se busca es obtener el máximo beneficio de los nutrientes que existen en el efluente, la aplicación del mismo al terreno debe satisfacer tanto el consumo neto por evapotranspiración de las plantas como las necesidades de estas en nutrientes (N y P).

En el diseño de una operación de esta clase se pueden destacar, entre otros, como factores fundamentales:

- El volumen y cadencia de producción del efluente.
- La existencia a distancias razonables de zonas regables.
- El tipo de suelo y las condiciones topográficas e hidrogeológicas.
- Los factores climáticos, precipitación, temperatura, etc.
- El tipo de cosechas.

Para fijar ideas, puede considerarse que en una zona urbana bien abastecida, el efluente producido por unas 100 personas sería suficiente para regar 1 Ha de terreno, si aquél se produjese al ritmo requerido por las plantas. Sin embargo, siempre existen discrepancias entre el ritmo de producción de efluente en la planta de tratamiento y las necesidades de agua y nutrientes por parte de las cosechas que se riegan con los mismos. Esto puede traducirse en un exceso de efluente en invierno o un déficit en verano, o ambos a la vez, en cuyo caso hay que buscar recursos de agua suplementarios en verano, y en invierno tener previsto un método alternativo de eliminación (al río, al mar), o bien aplicar al terreno cantidades muy superiores a las normalmente necesarias, dando lugar a elevados índices de percolación hacia el manto acuífero (si es que existe) o bien al encharcamiento del terreno con los correspondientes problemas de drenaje. Si gran parte del efluente percola y si la superficie piezométrica del manto acuífero libre se encuentra a poca profundidad, el efecto purificador del suelo y de la zona no saturada puede quedar muy reducido y las aguas subterráneas pueden recibir cantidades apreciables de contaminantes, tales como materia orgánica y microorganismos.

Un caso favorable puede darse en una zona semiárida de atractivo turístico, donde las mayores producciones de efluente se suelen dar en los perio-

dos secos, que es cuando las plantas necesitan mayor aporte de humedad.

Por otra parte, si el efluente se aplica de forma que la evapotranspiración de las plantas y la retención en el suelo lo consuman casi completamente, se presentan los clásicos problemas agrícolas de regadío con alta eficiencia, es decir, concentración excesiva de sales en el suelo y necesidad de lixiviarlas para regenerar las propiedades de aquél.

Por lo tanto, en estas operaciones es necesario mantener un equilibrio entre el volumen aplicado, la cantidad de N y P que las plantas toman del efluente, el flujo de retorno y la capacidad del terreno para purificar y retener los elementos nocivos para la calidad de las aguas subterráneas. Trataremos algunos de estos aspectos más adelante, al hablar de la contaminación.

En lo que respecta al tipo de terrenos más adecuado, PARIZEK (1973) afirma que el suelo natural ya existente, o bien materiales no consolidados de grano fino (arenas o limos) son los más adecuados para ser regados con aguas residuales tratadas, mientras que los materiales bien drenados, como por ejemplo los suelos producidos por alteración mecánica de rocas fisuradas, son menos adecuados, dadas las elevadas capacidades de infiltración, que no favorecen la retención y purificación del efluente. En suelos relativamente poco permeables, pueden darse casos de encharcamiento; sin embargo, es en ellos donde se produce una mayor eliminación del N, que, como más adelante veremos, es uno de los elementos que pueden contaminar las aguas subterráneas.

Dado que la mayor parte de los procesos de modificación del efluente, de los que hablamos en el apartado 3, tienen lugar en el primer metro de espesor del suelo o poco más, sería muy conveniente que en las zonas regadas, aquél tuviese dicho espesor como mínimo, para así poder asegurar un mejor tratamiento natural del efluente que percola.

En lo concerniente a las características hidrogeológicas, las más importantes son el tipo de formación permeable y la profundidad de la superficie piezométrica. Respecto al primer punto cabe repetir lo expuesto anteriormente; si la percolación tiene lugar lentamente (terrenos de permeabilidad media o baja) la acción biológica y de retención de gérmenes patógenos, así como la capacidad de las plantas para tomar N y P se ven muy favorecidas, proporcionando un mejor tratamiento al efluente que percola. Si la permeabilidad es ele-

vada (rocas fisuradas o karstificadas) sólo cabe contar con la dilución y la dispersión para aminorar la contaminación que va a sufrir el acuífero. La profundidad a que se encuentra la superficie libre del manto es importante en relación con la capacidad purificadora del terreno. Conviene tener presente, además, que dicha superficie fluctúa a lo largo del tiempo en una misma zona, y que su profundidad puede modificarse mediante el bombeo en pozos o sondeos. En general, cuanto más profunda se encuentre, menores serán los problemas de contaminación y de drenaje, aunque, en ocasiones, se pueden admitir niveles próximos a la superficie (2 ó 3 metros) si el suelo y las cantidades aplicadas de efluentes son adecuados.

Si se considera el riego con efluentes urbanos desde el punto de vista de la posible contaminación, hay que considerar dos aspectos distintos: en primer lugar, existe la posibilidad de que algunos microorganismos queden retenidos en la superficie de ciertos vegetales, que luego se van a consumir crudos (lechugas, tomates, etc.), pudiendo producir enfermedades en el hombre o en los animales. En segundo lugar, los efluentes, al percolar hacia el subsuelo, pueden alcanzar el manto acuífero, incorporándose al mismo y contaminando el agua subterránea que se bombea de dicho manto.

En el primer caso, varios autores citados por FOSTER y ENGELBRECHT (1973) ofrecen los resultados de diversos experimentos; RUDOLFS (1951) observó que la supervivencia de Salmonella y Shigella sobre tomates regados con efluentes que contenían dichos organismos no era superior a los siete días; sin embargo, los bacilos *M. Tuberculosis* sobrevivieron durante tres meses en una cosecha de rábanos (MUSEHOLD, 1900). En general, se admite que pueden existir problemas de contaminación por gérmenes patógenos de los vegetales que se consumen crudos, cuando éstos se han regado con efluentes dentro de los dos o tres meses anteriores a la recolección, por ello se recomienda dar los últimos riegos con aguas normales.

La contaminación de las aguas subterráneas debida al riego con efluentes urbanos puede producirse por la incorporación al flujo subterráneo de diversos agentes, tales como el total de sales disueltas, el N (generalmente, en forma de nitratos), los microorganismos, metales pesados y compuestos orgánicos no degradables. Estudiaremos cada uno de ellos:

Total de sales disueltas.

En el riego con cualquier tipo de agua (no sólo aguas residuales), la fracción de ésta que no es consumida por las plantas ni retenida en el suelo, percola hacia el manto acuífero, y en ella van concentradas prácticamente todas las sales que inicialmente contenía. Esto tiene como consecuencia la llegada al acuífero de un agua (retorno en el regadío) muy concentrada en sales, y, en consecuencia, la calidad general del agua subterránea puede irse degradando lentamente. Este problema es especialmente importante en zonas áridas, donde, además, el agua subterránea vuelve a bombearse, tanto para abastecer poblaciones como para regar, reciclándose y cargándose paulatinamente de sales.

Con todo, este problema no es exclusivo del riego con efluentes, y nos atrevemos a decir que es el menos importante de los que potencialmente pueden darse por esta causa.

Nitrógeno y fósforo.

Como ya hemos indicado en anteriores apartados, el N se encuentra en el efluente en forma orgánica, amoniacal y oxidada (nitratos). En el suelo, y debido a los procesos bioquímicos ya mencionados, una fracción apreciable se transforma en nitratos. Por una parte, las plantas absorben el N en esta forma, y por otra, los iones NO_3^- son muy móviles, y el agua que percola los arrastra fácilmente, en disolución, hacia el manto acuífero. Prácticamente, todo el N que, a la larga, llega al manto acuífero, lo hace en forma de nitratos, ya que los compuestos orgánicos y amoniacales, bien quedan retenidos (adsorción o intercambio iónico) o bien se oxidan a nitritos, primero, y a nitratos, después. Los nitritos son relativamente inestables y pasan rápidamente a nitratos. Las aguas subterráneas pueden contener, en condiciones naturales, hasta 10 mg/l de NO_3^- , y cualquier cantidad mayor indica una contaminación, bien por la eliminación de aguas o productos residuales, o bien por el empleo de fertilizantes nitrogenados en las zonas donde el acuífero se recarga. El Código Alimentario Español considera como límite para aguas potables un máximo de 30 mg/l en NO_3^- , viéndose este límite excedido en muchas zonas agrícolas españolas. Un exceso de NO_3^- en el agua de bebida puede producir en los recién nacidos una metahemoglobinemia; la hemoglobina de la sangre se transforma en metahemoglobina, que no es eficaz en el transporte de oxígeno, y la piel de los niños adquiere

un tono azulado. El límite clínico se encuentra alrededor de los 90 mg/l de ion NO_3^- ; sin embargo, la resistencia individual parece ser muy variable.

En el regadío con efluentes urbanos, el nitrógeno y sus compuestos han de vigilarse atentamente, ya que mediante una adecuada planificación es posible lograr que las plantas eliminen gran parte del mismo, consiguiéndose, al mismo tiempo, una mejor fertilización y la eliminación de un problema de contaminación. De hecho, una de las grandes ventajas del riego estriba precisamente en que las plantas, retirando N y P, purifican eficaz y beneficiosamente el efluente. Según BOWER (1974), la cantidad de N aplicada al regar con un efluente urbano al ritmo de una pulgada por semana durante seis meses (equivalente a unos 6.250 m³/Ha/año), puede ser de unas 100 a 200 libras por acre (112 a 234 Kg/Ha/año) y teniendo en cuenta que las cosechas pueden eliminar desde 60 Kg/Ha (trigo) hasta 600 Kg/Ha (césped, frecuentemente cortado), puede comprobarse que la capacidad de purificación es muy elevada.

En diversos estudios prácticos y experimentales de riego con efluentes tratados, se han observado índices de remoción del N por las plantas de hasta un 60 por 100 respecto al N presente en el efluente (PARIZEK y MYERS, 1968).

Por otra parte, cuando se aplican cantidades grandes de efluente sobre el terreno, tales que las plantas sólo absorben pequeñas proporciones de N, sería interesante poder favorecer la desnitrificación, que, como vimos en el apartado 3, requiere condiciones anaeróbicas y la presencia de carbono orgánico como alimento de las bacterias desnitrificantes. Este fenómeno es importante, como veremos más adelante, en los casos de recarga artificial por estanques; en el regadío normal, las condiciones el suelo y zona no saturada suelen ser aeróbicas, y apenas tiene lugar la desnitrificación.

Otro aspecto interesante en relación con el nitrógeno es que cantidades excesivas del mismo aplicadas a ciertas cosechas, puede tener efectos adversos sobre las mismas; por ejemplo, en ciertas frutas se reduce el tamaño y la producción; en las patatas puede disminuir el contenido en almidón, etcétera. Esto debe tenerse en cuenta al aplicar fertilizantes nitrogenados al terreno. El riego con efluentes urbanos tratados, hace innecesario, en gran parte de los casos, la adición de fertilizantes de este tipo.

En lo que al fósforo se refiere, los problemas de

contaminación son mucho menos importantes, debido a que los fosfatos son absorbidos, fijados en el suelo con gran facilidad, o bien precipitan en medio alcalino y en presencia de Ca; los casos de presencia de fósforo procedente de aguas residuales o de fertilizantes, en las aguas subterráneas son muy raros. Por eso, el P no se suele considerar como un problema grave en lo que a contaminación de aguas subterráneas se refiere.

Microorganismos.

Tal y como se expuso en el apartado 3, el movimiento de los microorganismos en el suelo y subsuelo se ve afectado por una serie de fenómenos de retención, adsorción, competencia, etc., que hacen que el camino que pueden recorrer aquéllos en las aguas subterráneas, sea relativamente reducido; por ello es de especial importancia tener bien controlada la situación, distancia de los sondeos de abastecimiento urbano, respecto a la zona de regadío, y la dirección del flujo subterráneo, ya que bacterias y virus nunca se mueven en dirección contraria a éste. En general, se admite que las capas superiores del suelo vegetal son las más eficaces en la retención de los organismos patógenos que puedan llevar los efluentes urbanos, y que únicamente en el caso de regar suelos de muy poco espesor, situados inmediatamente sobre rocas fisuradas, pueden los microorganismos recorrer distancias superiores. En general, para suelos y formaciones de grano fino puede considerarse que la distancia de seguridad es de unos 100 metros, mientras que no existen estudios sistemáticos de las distancias recorridas en formaciones fisuradas, por lo cual es necesario extremar, en este caso, las precauciones. La mayor seguridad se obtiene, en cualquier caso, mediante una adecuada y bien vigilada operación de cloración (desinfección) del efluente antes de ser usado para regar. ROMERO (1970) sintetiza en dos cuadros (figs. 1 y 2) las distancias recorridas por microorganismos en casos reales y los límites de seguridad.

Metales pesados.

En ocasiones, los efluentes contienen ciertas cantidades de iones de metales pesados, que pueden representar un peligro para la calidad de las aguas subterráneas. En general, la información sobre los cambios que sufren estos elementos, tales como Zn, Cu, Re, Mn, Ni, Cr, Pb, etc., es muy escasa. Parte

MOVIMIENTO DE MICROORGANISMOS EN EL AGUA SUBTERRANEA

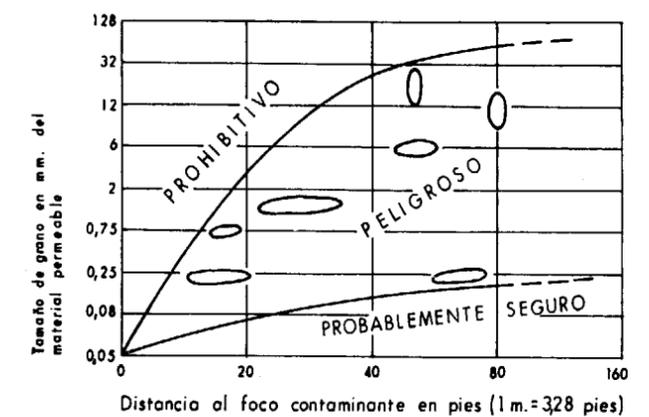


Figura 1

Movimiento de la contaminación biológica en las aguas subterráneas. Distancias máximas descritas en casos reales (Romero, 1970)

MOVIMIENTO DE MICROORGANISMOS EN MATERIALES NO SATURADOS

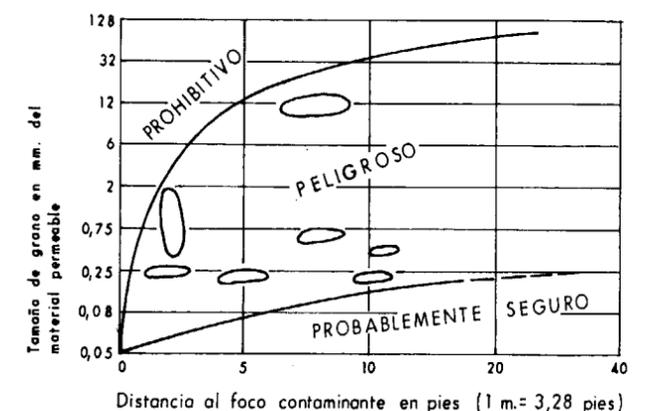


Figura 2

Movimiento de la contaminación biológica en materiales no saturados (Romero (1970)

de los iones parece ser que son absorbidos por el suelo y otros quedan atrapados gracias a un intercambio iónico, el Zn, entre ellos.

Materia orgánica.

En el suelo y zona no saturada, la materia orgánica presente en el efluente con el cual se riega, sufre una serie de transformaciones químicas promovidas por las bacterias aeróbicas del terreno.

El resultado, como se explicó en el apartado 3, es la transformación de dichas sustancias en sales minerales (sulfatos, nitratos, etc.), gases (CO_2 , N_2 , etc.) y agua. Si el efluente alcanza el manto acuífero transportando aún materia orgánica sin degradar, tienen lugar después de cierto tiempo, otra serie de reacciones producidas por bacterias anaeróbicas, que también transforman la materia orgánica en sales minerales y gases (CH_4 , SH_2 , etc.). Estos procesos son más lentos que los anteriores, y por ello, si hay pozos de abastecimiento cerca de la zona de regadío, puede que en alguno de ellos el agua presente color y olores desagradables. Sin embargo, el problema de la materia orgánica biodegradable es menos importante a largo plazo que el de aquellas sustancias resistentes, que no se descomponen bajo la acción microbiana y cuyos efectos sobre la salud de hombres y animales a largo plazo, no son conocidos. Un ejemplo típico es el de los antiguos detergentes no biodegradables, entre cuyos componentes se encontraban los sulfonatos de alquil-benceno. Hoy día, las disposiciones legales, en España concretamente, exigen el uso de detergentes biodegradables. También ciertos insecticidas se pueden incluir en el grupo de compuestos orgánicos estables potencialmente contaminantes.

El estudio de estos compuestos es especialmente importante cuando las aguas residuales se emplean para recargar deliberadamente un acuífero cuyas aguas se vayan a usar para el consumo humano, como veremos en el apartado siguiente.

V. RECARGA ARTIFICIAL.

Cuando de un manto acuífero subterráneo se bombea agua a un ritmo superior al de la recarga natural del mismo, se produce el consiguiente desequilibrio, y los niveles del agua en los sondeos y pozos descienden sin recuperarse año tras año en magnitudes que dependen del grado de desequilibrio (diferencia entre los volúmenes bombeados y la recarga natural) y de las características de almacenamiento de la roca permeable. En algunas zonas del Sureste español, este ritmo de descenso en los niveles llega a alcanzar en ocasiones hasta los 10 metros por año.

Una forma de paliar este problema y aprovechar al máximo la capacidad de almacenamiento de las estructuras subterráneas permeables, es la recarga artificial de las mismas con aguas de procedencia ex-

terior al sistema, o con aguas que saldrían del mismo sin tener un aprovechamiento adecuado.

En ocasiones, y en mantos acuíferos no sobreexplotados, se dispone en invierno de ciertos excedentes de aguas superficiales, que normalmente se perderían en el mar sin utilización, y que, recargándolas en la formación permeable, podrían permitir un aumento de las disponibilidades globales de agua, aprovechando la capacidad de almacenamiento del volumen no saturado de los poros o fisuras de la formación acuífera.

También se puede utilizar la recarga artificial para proporcionar a aguas de superficie o a aguas residuales tratadas, un tratamiento natural adicional que elimine sólidos en suspensión y microorganismos, obteniendo al mismo tiempo las ventajas de un mejor aprovechamiento de los recursos.

La recarga artificial, por fin, puede utilizarse como método de lucha contra la contaminación por intrusión de aguas saladas en los acuíferos costeros.

Los métodos para recargar agua en una formación permeable son de dos tipos, generalmente: balsas o estanques de infiltración y pozos o sondeos; en los primeros el agua a recargar llena los estanques y se infiltra a través del fondo y de las paredes de aquellos percolando a través de la zona no saturada hasta alcanzar la superficie libre del manto acuífero. En los segundos, el agua de recarga se hace llegar directamente al manto acuífero a través de la perforación que lo atraviesa. Como se comprende, el primer método sólo es posible en acuíferos libres en los que la formación permeable tenga continuidad hasta la superficie del terreno y la permeabilidad vertical sea aceptable. Los sondeos se emplean en acuíferos cautivos o cuando la permeabilidad vertical se ve interrumpida por razones geológicas, y también cuando la disponibilidad del terreno donde implantar las balsas de infiltración es muy reducida.

Las aguas de recarga pueden ser de muy diversas procedencias: aguas superficiales en régimen normal, aguas torrenciales, aguas residuales procedentes de plantas de tratamiento, etc.

En el presente estudio vamos a concretar la atención en el caso específico de las aguas procedentes de las plantas de tratamiento secundario de los residuos líquidos de tipo urbano y doméstico; no insistiremos en la composición de dichas aguas puesto que se ha analizado en apartados precedentes.

V.1. RECARGA MEDIANTE ESTANQUES DE INFILTRACIÓN.

Se trata del método más sencillo para recargar acuíferos libres y el método más adecuado para proporcionar un tratamiento terciario al efluente urbano cuando la formación es de tipo granular. Se considera que la permeabilidad vertical del material debe ser superior a unos 10^{-4} m/s para que la operación tenga éxito. En los estanques de infiltración, cuya superficie puede ser desde unos cientos de metros cuadrados hasta varias hectáreas, se pueden conseguir volúmenes de infiltración de hasta unos $5 \text{ m}^3/\text{día}$ por m^2 de superficie, aunque los ritmos más corrientes se encuentran por debajo del metro cúbico por día y metro cuadrado de superficie. La infiltración tiene lugar no sólo por el fondo, sino también por los lados del estanque (fig. 3). Si la super-

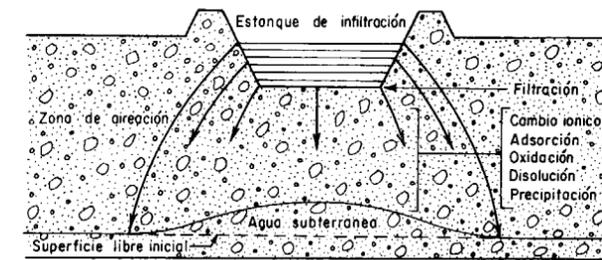


Figura 3
Recarga por estanque

ficie libre del manto se encuentra a cierta profundidad, el agua infiltrada sufre en la zona no saturada la serie de transformaciones físico-químicas y biológicas de las que ya hemos tratado en el apartado 3. La superficie libre del acuífero se eleva en la zona bajo el estanque al recibir el agua infiltrada, y en ocasiones llega a alcanzar el fondo del estanque, en cuyo caso la capacidad de infiltración se reduce considerablemente, y las ventajas proporcionadas por la circulación en la zona no saturada se pierden. En el caso de recarga con agua residual urbana tratada, debería tratar de mantenerse el nivel piezométrico del agua subterránea por lo menos dos o tres metros por debajo del fondo del estanque de infiltración.

Con el tiempo se va formando en el fondo del estanque una capa colmatante de naturaleza físico-biológica, que va reduciendo el caudal infiltrado has-

ta casi anularlo. Esta capa se puede eliminar mediante su exposición al aire, es decir, vaciando el estanque y no utilizándolo durante varias semanas; la capa se oxida y el fondo vuelve a recuperar su permeabilidad. Al cabo de cierto tiempo, es necesario remover el fondo, ya que la permeabilidad no se recupera al 100 por 100 con la exposición al aire. En ocasiones, el fondo se cubre de un filtro artificial de grava que favorece la acción biológica y química y que retiene materias en suspensión. Dicho filtro ha de ser también regenerado con cierta frecuencia.

Cuando se recarga un efluente urbano por este procedimiento, prácticamente todo el N presente en aquel puede pasar al acuífero, ya que las plantas no lo eliminan. Para reducir al mínimo este aporte es necesario estimular el fenómeno de la desnitrificación. Ciertas bacterias, en presencia de carbono orgánico y condiciones anaeróbicas, reducen el nitrato a gas N_2 y a óxido nitroso, que eventualmente se pierden hacia la atmósfera. Por lo menos 0,7 mg. de carbono orgánico se requieren para reducir 1 mg. de N en forma de nitrato (JOSEPH y LIDDELL, 1976).

Por lo tanto, para favorecer esta descomposición es necesario reunir carbono orgánico y nitratos en condiciones anaeróbicas. Si en un estanque se aplica efluente en pequeñas cantidades y con frecuencia, el suelo (zona no saturada) mantendrá unas condiciones principalmente aeróbicas, y prácticamente todo el N amoniacal presente en el efluente pasará a NO_3^- . Sin embargo, cuando el estanque se mantiene lleno durante períodos relativamente largos, el oxígeno se gasta y el NH_4^+ ya no se oxida a nitrato, siendo absorbido por las arcillas y materia orgánica del suelo. Los nitratos sufren una desnitrificación, y como consecuencia de ambos procesos, el agua que llega al manto acuífero lleva menos cantidad de N. Sin embargo, las arcillas pueden verse saturadas de NH_4^+ , si el estanque se mantiene lleno durante mucho tiempo, y por ello conviene dejarlo secar antes de que esto ocurra. Con el oxígeno aportado por la aireación el NH_4^+ adsorbido se oxida a NO_3^- , y en la siguiente inundación del estanque es arrastrado junto con el NO_3^- no desnitrificado. Esto produce una "punta" temporal en la concentración en NO_3^- del agua que se infiltra. En cualquier caso, estas reacciones son muy dependientes del tipo de condiciones hidrogeológicas del terreno y de la composición del efluente, por lo que la descripción precedente ha de considerarse más como una posibilidad que como una regla general.

V.2. RECARGA MEDIANTE SONDEOS.

Cuando la permeabilidad vertical de los materiales no permite una recarga mediante estanques, se puede recurrir a la recarga por sondeos, donde se aprovecha la permeabilidad horizontal del material acuífero (fig. 4). El agua de recarga puede inyectar-

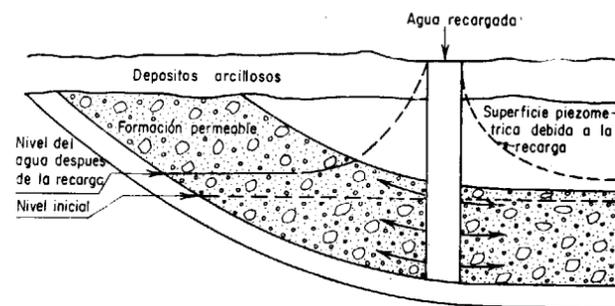


Figura 4
Sondeo de inyección

se a presión o bien utilizando la altura proporcionada por la superficie del terreno sobre la superficie piezométrica inicial del manto acuífero. El sondeo de recarga tiene la ventaja de que puede ser utilizado al mismo tiempo para recargar en invierno y para bombear el agua recargada en verano. Sin embargo, cuando se trata de inyectar efluentes urbanos tratados, los problemas en la inyección pueden ser insalvables. Las cantidades apreciables de sólidos en suspensión que arrastran los efluentes de las plantas de tratamiento secundario, la materia orgánica y los microorganismos, son agentes que suelen producir la colmatación de las rejillas del sondeo, las cuales no pueden ser aireadas fácilmente para limpiar como en el caso de los estanques. Incluso en la recarga de aguas de buena calidad se produce la colmatación de las rejillas (REBHUN y SCHWARZ, 1968). Sin embargo, si la formación permeable es fisurada, estos problemas pueden verse reducidos, al menos durante cierto tiempo. La recarga directa de un efluente en la zona saturada del acuífero, no permite varios de los procesos purificadores mencionados en el apartado 3, y por ello es menos recomendable, como método de eliminación, y de cara a la posible contaminación bacteriológica, que los estanques de infiltración o el riego; no obstante, en el seno del acuífero, y después de un cierto recorrido, se produce también una cierta purificación.

En diversas ocasiones, se ha procedido a inyectar aguas residuales urbanas después de un tratamiento terciario con objeto de detener la intrusión del agua marina en acuíferos costeros. En California (MITCHELL y SAMPLES, 1967) se han realizado experimentos de inyección con un efluente terciario, es decir, sometido a una filtración y cloración, en un acuífero arenoso cautivo. Estas pruebas de inyección han demostrado que es posible inyectar el efluente mencionado, y que al cabo de un recorrido de unos 100 metros en el acuífero, se producirían reducciones apreciables en el contenido en materia orgánica. Las bacterias y virus quedaban retenidos bien en la filtración previa o bien en el acuífero. De todas formas, el coste del tratamiento terciario y los costes de operación y mantenimiento de los sondeos, así como la legislación posterior desaconsejaron el montaje de la operación en régimen permanente. Conviene tener en cuenta que el agua inyectada en este caso, cumplía prácticamente todos los requisitos para aguas de bebida salvo en lo concerniente a total de sólidos disueltos, extracto en cloroformo, color y sulfonatos de alquil-benceno.

SCHICHT (1971) menciona el hecho de que el taponamiento de los poros en la formación permeable (en su caso unas areniscas consolidadas) es debido a la precipitación de materiales subsecuente a la cloración del efluente. Este precipitado consistía en fosfato cálcico y silicato cálcico. La adición de hipoclorito sódico como desinfectante hacía aumentar el pH, disminuyendo la solubilidad, por lo que fue necesario añadir CIH después de la cloración.

Todos los datos expuestos conducen a una serie de conclusiones generalmente no favorables a la inyección de efluentes mediante sondeos. Por no comentar más que aquellas que se refieren a la capacidad física de las formaciones para absorber el efluente, diremos que en prácticamente todos los casos mencionados en la literatura las inyecciones se efectuaban con efluentes a los que se había aplicado un tratamiento terciario, generalmente filtración por diversos métodos: microfiltros, tierra de diatomeas o filtros rápidos de arena, seguida de una retención en depósito y una cloración. Únicamente conocemos un caso, en la isla de Mallorca, en el que un efluente secundario, sin tratamiento posterior, es absorbido en una batería de sondeos, en un acuífero calizo fisurado de alta permeabilidad sin producir más que ligeros problemas de taponamiento que se resuelven bombeando periódicamente los sondeos.

V.3. LA RECARGA ARTIFICIAL DE EFLUENTES COMO ELEMENTO DE GESTIÓN.

En los epígrafes 5.1 y 5.2, se han comentado algunos de los aspectos físicos de la recarga artificial de efluentes, y conviene ahora analizar el papel que este procedimiento puede jugar en la gestión integrada de los recursos y las posibles implicaciones en cuanto a contaminación.

La recarga artificial de aguas residuales tratadas es, fundamentalmente, un método de reciclado de un recurso hídrico que ha sufrido un deterioro en su calidad debido a una primera utilización. Parte de la degradación que ha sufrido el agua se elimina durante el tratamiento, y parte durante su introducción y movimiento en el acuífero. Sin embargo, la restitución de la calidad original es prácticamente imposible, sobre todo en términos económicos. Por esta razón, en los países en los que la recarga artificial de efluentes se practica no como un simple método de eliminación, sino para optimizar la gestión de los recursos, no se contempla la reutilización en un 100 por 100 del agua recargada para abastecimiento humano.

Una solución muy adecuada y que se practica en diversas partes del mundo, es la recarga para crear barreras de agua dulce que detengan la intrusión del agua en acuíferos costeros y poder así aprovechar éstos mucho mejor.

Otra práctica frecuente es la mezcla de efluentes con aguas superficiales naturales para obtener un agua de recarga en la que las concentraciones de ciertos elementos contaminantes (nitratos, compuestos orgánicos estables, etc.) queden muy reducidas; por supuesto, que la mezcla de los efluentes inyectados con el agua subterránea existente en el manto acuífero produce también esta dilución, aparte de los efectos de purificación ya estudiados.

Otra alternativa es la recarga de acuíferos o zonas de los mismos cuyas aguas se bombean fundamentalmente para riego u otros usos distintos del abastecimiento humano. Esta manera de emplear el efluente puede compaginarse con el uso directo del mismo para regar, recargándolo en épocas en que no sea necesario el riego del terreno.

Una situación teóricamente ideal para el reciclado de efluentes urbanos mediante recarga, sería el caso de un manto libre costero con buena permeabilidad y problemas de intrusión salina producidos por el bombeo de aguas utilizadas para regar. El uso

alternativo de un efluente procedente de un tratamiento secundario para regar y para recargar tendería por resultado la recuperación de la superficie piezométrica, la mejora en la salinidad del agua subterránea y la posibilidad de un aprovechamiento mejor de las aguas subterráneas dulces del acuífero tierra adentro.

Las limitaciones que se imponen actualmente a la recarga de efluentes, dejando aparte la mayor o menor dificultad física de hacer llegar el efluente hasta el manto acuífero, son debidas a los posibles problemas de contaminación. Suponiendo que los nitratos y el total de sales disueltas sufran una dilución al mezclarse con las aguas subterráneas, quedan aún los microorganismos patógenos resistentes, los metales pesados y los compuestos orgánicos estables, como ya se comentó en el apartado 4 al hablar de la contaminación por el riego con efluentes. Muchos efluentes urbanos reciben aguas residuales industriales, y ciertos elementos y compuestos de las mismas atraviesan las plantas de tratamiento de aguas fecales sin alteración, por lo tanto, la evaluación de los riesgos producidos por estos elementos es indispensable en cualquier operación de recarga artificial con efluentes tratados.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY: *Cleaning our environment The Chemical basis for action, Report of the Committee on Chemistry and Public Affairs*, Washington, D. C. (1969).
- BOWER, H.: *High-rate land treatment*. Water Spectrum (1974).
- BUNCH, R.; E. BARTH, y M. ETTINGER: *Journal of Water Pollution Control Federation*, 33, 122 (1961).
- CALIFORNIA DEPARTMENT OF WATER RESOURCES: *Bulletin* núm. 147-5. *Sanitary Landfill Studies* (1969).
- CATROUX, G.; GERMON, J. C., FRAFFIN, PH: *L'utilisation du sol comme système épurateur*. "Annales Agronomiques", núm. 25 (1974).
- CODIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL
- EDWORTHY, K. J.: *Recharging underground water deposits*. "Spectrum", núm. 135-14 (1975).
- ELLIS: *The Soil as a chemical filter*. The Pennsylvania state University Press (1973).

- FOSTER y ENGELBRECHT: *Microbial Hazards in Disposing of Wastewater in Soil*. Pennsylvania State University Press (1973).
- HUNTER y KOTALIK: *Treated municipal wastewater, what is it?, en Recycling Treated Municipal Wastewater and sludge through forest and cropland*. The Pennsylvania State University Press (1973).
- IGME-FAO: *Contaminación de las aguas subterráneas. Tecnología, Economía y Gestión* (1975).
- JOSEPH, J. B., y W. LIDDELL: *The effects of recharging a primary sewage effluent into a gravel aquifer*. W. R. C. Conference, Reading, England (1976).
- MC. GAUHEY y KRONE: *Soil mantle as a wastewater treatment system*. Engineering research laboratory report., núm. 67-11. Univer. de California, Berkeley (1967).
- MITCHELL y SAMPLES: *Reclamation of wastewater for well injection*. Los Angeles County Flood Control District. (1967).
- PARIZEK, R. R.: *Site selection criteria for wastewater disposal*. The Penn. State University Press. (1973).
- PARIZEK y MYERS: *Recharge of Groundwater from renovated sewage effluent by spray irrigation*, Proc. 4. American Water Resources Conferencie. New York (1968).
- REBHURN y SCHWARTZ: *Clogging and contamination process in recharge wells*. Water resources research, volumen 4, núm. 6 (1968).
- ROMERO: *The movement of bacteria and viruses through porous media*. Ground water, vol. 8, núm. 2 (1970).
- RUBY, P.: *Recharge des nappes souterraines*. Cursillo de Hidrogeología Aplicada. IGME (1970).
- SCHICHT: *Feasibility of recharging treated sewage effluent into a deep sandstone aquifer*. Groundwater, vol. 9, número 6 (1971).
- STEVENS, R. M.: *Green land, Clean Streams*. Temple University, Philadelphia, Pennsylvania (1972).
- THOMAS, R. E.: *The soil as a physical filter*. Pennsylvania State University Press (1973).

Recibido: Enero 1977.

Propagación de trazadores radiactivos naturales (Rn, ThB y Tn) en la atmósfera

Por L. GARZON RUIPEREZ (*)

RESUMEN

La propagación de los trazadores radiactivos en la atmósfera (Rn, ThB y Th) se describe admitiendo un medio homogéneo e isotrópico y una fuente plana periódica con el mismo período que el de las variaciones locales de concentración experimentales.

SUMMARY

The spread of the natural radioactive tracers (Rn, ThB, and Tn) in the atmosphere has been described assuming a homogeneous and isotropic medium and a periodic plane source with the same period as that of the observed local concentrations of the tracer.

INTRODUCCION

Los trazadores naturales radiactivos se vienen utilizando desde hace algunos años en el estudio de las propiedades difusoras de la atmósfera (JACOBI y ANDRÉ, 1963; SERVANT, 1964; FONTÁN, 1964; HOSLER, 1965, 1966; FONTÁN y otros, 1966; DRUILHET, 1966; PEARSON, 1967; GUEDALIA y otros, 1971). Las fuentes de Rn y Tn se hallan localizadas en el suelo o en su inmediata proximidad (caso del ThB, descendiente del Tn). Los trazadores más ampliamente utilizados son los citados previamente. Una vez que alcanzan la atmósfera, se difunden en ella, describiéndose este proceso de difusión mediante la siguiente ecuación de balance, denominada ecuación de difusión:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{V} \nabla C = \nabla (K \nabla C) - \lambda C \quad [1]$$

siendo:

C , función de r y t , la concentración en $\text{at} \cdot \text{m}^{-3}$.
 $\vec{V} \nabla C$, el término de transporte debido al campo del vector viento, \vec{V} .

$V (K \nabla C)$, el término de difusión, en el cual K es en caso más general un tensor, que caracteriza las propiedades del medio (homogeneidad e isotropía) y la intensidad de los intercambios.

λC , el término de sumidero por desintegración radiactiva.

Mediante una elección adecuada de los ejes de referencia, el tensor K se reduce a sus componentes principales (K_x, K_y, K_z), en cuyo caso la ecuación [1] adquiere la siguiente forma:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \lambda C \quad [2]$$

(*) Departamento de Energía Nuclear. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.

u , v y w son los componentes del vector viento medio y las K son los coeficientes fenomenológicos de difusión.

Las fuentes de Rn y Tn (y por tanto ThB) se hallan situadas en el suelo y pueden ser consideradas como constantes sobre los continentes. Esta circunstancia permite simplificar la ecuación [2], si se supone, además:

1.º Que la fuente es plana y el movimiento medio del aire es unidireccional ($v=w=0$).

2.º Que el sistema (atmósfera) es estratificado, es decir posee propiedades idénticas en todo plano horizontal. En tal caso se cumple:

$$\partial C/\partial x = \partial C/\partial y = 0$$

Las anteriores simplificaciones permiten describir la difusión por la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \lambda C \quad [3]$$

siendo K_z el coeficiente de difusión vertical, que se designará, en lo sucesivo, por K . En general, K es una función de z y t .

Experimentalmente (WILKENING, 1959; MOSES y otros, 1960; JACOBI y ANDRÉ, 1963; JUNGE, 1963; PEARSON y JONES, 1965; DRUILHET, 1973; GARZÓN y otros, 1975) se ha puesto de manifiesto que la variación local de la concentración de Rn, Tn (ThB) obedece a una ley periódica de período 24 horas, por lo que se habla de una onda del Rn, Tn (ThB). Esta periodicidad se debe a las variaciones introducidas en el medio por los procesos de calentamiento y subsiguiente enfriamiento de la superficie del suelo y capas de aire adyacentes, los cuales tienen lugar, respectivamente, a la salida y puesta del Sol (inversión térmica). La estratificación producida por esta inversión restringe la difusión turbulenta. Quiere decirse que la periodicidad observada se debe al cambio que los procesos mencionados introducen en el coeficiente K_z (DRUILHET, 1973). A causa de la desintegración radiactiva del trazador, la amplitud de la onda disminuye con la altura.

En el presente trabajo las variaciones de la concentración del trazador en la atmósfera se interpretan en los términos que se exponen a continuación: Se supone un medio (atmósfera) homogéneo e isotropo ($K_z=K$ =constante en todo el macizo) y se describe la periodicidad (espacial y temporal), ad-

mitiendo una fuente plana periódica con el mismo período que el de la onda experimental. Este artificio permite describir convenientemente el comportamiento espacial y temporal de las concentraciones del trazador, esto es su propagación en la atmósfera.

DESARROLLO

La ecuación de difusión [3] para el caso de un medio en el que K sea constante adquiere la siguiente forma:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K \nabla^2 C - \lambda C; \quad z > 0 \quad [4]$$

La fuente plana localizada en el suelo, de pulsación w ($w=2\pi/24 \text{ h}^{-1}$) se puede describir por la ecuación:

$$S = S(0)e^{iwt} \quad [5]$$

Ensayando la siguiente separación de variables:

$$C(z, t) = C(z)e^{iwt} \quad [6]$$

y teniendo en cuenta que para $z \rightarrow \infty$ debe ser $C(\infty)=0$, se encuentra la siguiente solución:

$$C(z, t) = A e^{-az} e^{i(wt-bz)} \quad [7]$$

siendo A una constante igual a $S(0)$ y

$$\begin{aligned} a &= [(\chi^2 + m^2) 2^{-1}]^{1/2} \\ b &= [(m^2 - \chi^2) 2^{-1}]^{1/2} \\ m^2 &= [\chi^4 + (u K^{-1})^2]^{1/2} \\ \chi^2 &= \lambda K^{-1} \end{aligned} \quad [8]$$

La solución (ecuación [7]) pone de manifiesto que la concentración del trazador viene descrita por una onda amortiguada, es decir, de amplitud decreciente con la altitud. Es decir, para cualquier z , el valor de la concentración $C(z, t)$ es una función periódica de pulsación w y de amplitud Ae^{-az} .

La velocidad de propagación de tal onda es $dz/dt = w \cdot b^{-1}$, y la longitud de onda, λ_w .

$$\lambda_w = 2\pi b^{-1} \quad [9]$$

Así, pues, los puntos distantes λ_w se hallarán en concordancia de fase (coincidirán en el tiempo los máximos y los mínimos de las diferentes ondas). Para una distancia $z \neq \lambda_w$ la diferencia de fase se vendrá dada por:

$$\phi(h) = 24z\lambda_w^{-1} \quad [10]$$

Para los trazadores radiactivos Rn, ThB y Tn se han calculado, en función de K , los valores χ , a y λ_w , los cuales se consignan en la Tabla I.

DRUILHET (1973) ha determinado los valores de K_z para los trazadores mencionados en cada hora de la jornada 24 (valores) y a diferentes altitudes. Si bien carece de significación física asignar a K_z un valor medio, con objeto de comparar el diferente comportamiento de dichos trazadores, se va a asignar a K un valor que, a la vista de los valores obtenidos por el autor citado, se muestre aceptablemente razonable. Tomando para K el valor $10^{-1} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ y suponiendo que la concentración del

TABLA I
Valores de χ , a y λ_w para el Rn, ThB y Tn

Trazador	λ_w (m)	χ	a	λ_w
Rn	$2,077 \cdot 10^{-6}$	$1,44 \cdot 10^{-3} K^{-1/2}$	$6,11 \cdot 10^{-3} K^{-1/2}$	$1,03 \cdot 10^{-3} K^{1/2}$
ThB	$1,816 \cdot 10^{-5}$	$4,26 \cdot 10^{-3} K^{-1/2}$	$6,82 \cdot 10^{-3} K^{-1/2}$	$1,18 \cdot 10^{-3} K^{1/2}$
Tn	$1,307 \cdot 10^{-2}$	$0,114 K^{-1/2}$	$0,114 K^{-1/2}$	$1,98 \cdot 10^{-4} K^{1/2}$

trazador se anule para cinco longitudes de relajación, es decir, para $h=5/a$, se obtienen los siguientes valores para cada uno de los trazadores, incluidos en la Tabla I. Estos valores son: 258, 231 y 14 m., respectivamente. Los correspondientes valores de λ_w son: 3.250, 3.730 y 62.600 m., respectivamente.

El mismo autor ha determinado para el Rn y ThB las diferencias de fase para las alturas de 1,5, 30 y 150 m. Con los valores de λ_w , dados anteriormente, los desfases calculados concuerdan razonablemente con los obtenidos por dicho autor.

BIBLIOGRAFIA

- DRUILHET, A.: Thèse de spécialité n. 405. Toulouse (1966).
DRUILHET, A.: Thèse de doctorat es-sciences, n. 527 Toulouse (1973).
FONTÁN, J.: Thèse de doctorat és-sciences, n. 218. Toulouse.

- FONTÁN y otros: *Tellus*, 18, 623 (1966).
GARZÓN y otros: *Energía*. Año II, n. 3, 1976.
GUEDALIA y otros: C. R. Acad. Sci., 273, 57 (1971).
HOSLER, C. R.: J. Geophys. Res., 70, 4537 (1965).
HOSLER, C. R.: Monthly Weather Review, 94, 89 (1966).
JACOBI, W., y ANDRÉ, K.: J. Geophys. Res., 68, 2799 (1963).
JUNGE, C. E.: International Geophysical Series, 4, cap. 3, Academic-Press (1963).
PEARSON, J. E.: Public Health service publication, n. 999, RH 26, 1967.
PEARSON, J. E., y JONES, G. E.: J. Geophys. Res., 70, 5279 (1965).
MOSES y otros: J. Geophys. Res., 65 1223 (1960).
SERVANT, J.: Thèse doctorat és-sciences, n. 2509, París (1964).
WILKENING, M. H.: J. Geophys. Res., 64, 521 (1959).

Sustancias húmicas y mineralógicas de los lignitos (Yacimiento de S. Andrés de Meirama)

Por E. DORADO (*), A. POLO (*), P. AREVALO (*) y L. VILLALBA (*)

RESUMEN

Se ha estudiado el lignito de un nuevo yacimiento español, atendiendo fundamentalmente a su contenido húmico y mineralógico.

Este lignito bruto se compone aproximadamente de un 8 por 100 de betunes, 24 por 100 de sustancias minerales y el resto de sustancias húmicas. Todo su carbono es soluble en los líquidos corrientemente empleados en la extracción de la materia orgánica de los suelos.

Eliminadas previamente las sustancias bituminosas, el carbono húmico se reparte exclusivamente entre ácidos húmicos y fúvicos, dominando los primeros, cuyo C representa un 86 por 100 del carbono total.

Se puede considerar el lignito como un material rico en humus (aproximadamente, un 65 por 100 del peso total), con una capacidad de cambio alta, una razón C/N elevada, un porcentaje máximo de humificación (100 por 100), pero de muy baja calidad, según la escala de Hargitai (humus inactivos).

La composición elemental (C, N, H, O y S) de los ácidos húmicos del lignito se diferencia también cuantitativamente de la correspondiente a la de los ácidos húmicos de los suelos; tienen gran cantidad de grupos fenólicos y carboxilos y peso molecular bajo: por filtración a través de Sephadex sólo un 3,7 por 100 tiene peso molecular superior a 10.000.

El componente mineralógico dominante es sulfato cálcico, que se presenta tanto en forma de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como anhidrita (CaSO_4) observándose también estados transitorios no bien definidos. El contenido de sulfato cálcico llega a alcanzar un 73 por 100 en las cenizas de los ácidos húmicos y su riqueza en el lignito aumenta a medida que disminuye el tamaño de grano, siendo especialmente abundante en las fracciones de 0,02 mm. e inferiores.

La presencia de yeso indica condiciones salinas durante la formación de este lignito.

SUMMARY

Lignite from a new Spanish bed, considering basically its humic and mineral contents has been studied.

This rough lignite is approximately composed by 8 % of bitumens, 24 % of mineral matter and the rest of humic substances. All its carbon is soluble in those liquids currently used in the extraction of organic matter in soil.

Removed previously the bitumen fraction, the humic carbon is shared only by humic and fulvic acids, predominantly the first ones whose C represents 86 % of the total carbon.

We can consider the lignite as a material rich in humus (approximately 65 % from the total weight), with a great exchange capacity cation, a high C/N ratio, a maximum degree of humification (100 %) but of a low quality according to Hargitai's scale ("inactivus humus").

The elementary composition (C, H, N, O, S) of the humic acids differs also from that corresponding to the humic acids of the soil; those ones have a great content of phenolic and carboxylic groups and a low molecular weight: by gel filtration only 3,7 % has molecular weight higher than 10,000.

The dominating mineral component is calcic sulphate which is present either as gypsum form ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) or as anhydrite (CaSO_4). Transitory states not well defined can also be detected. The content of calcic sulphate can reach 73 % in the ashes of the humic acids, and its richness in lignite increases, being specially abundant in those fractions of 0.02 mm or smaller. The presence of gypsum shows saline condition during the formation of this lignite.

(*) Instituto de Edafología y Biología Vegetal (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Madrid.

INTRODUCCION

En la nutrición vegetal desempeñan una función especial los coloides orgánicos del suelo, principalmente los de naturaleza húmica, y es bien conocido que existe una escasez de materia orgánica en los suelos, sobre todo en las zonas semiáridas y áridas que plantea problemas en relación con la productividad agrícola.

Ante la falta de estiércoles y demás abonos orgánicos, se consideran los turbas y lignitos como depósitos o reservas naturales de materia orgánica. Dado el gran contenido de carbono en estos materiales, en relación con el bajo porcentaje de nitrógeno (principalmente en los lignitos), es natural que para el mejor aprovechamiento de esta materia orgánica, se investigue con el propósito de modificar su composición, enriqueciéndolos en nitrógeno. En esta línea, y aplicando fundamentalmente métodos químicos, abundan las publicaciones (1-10). El Instituto del Carbón, de Zaragoza (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) trabaja con entusiasmo en este sentido.

Creemos que para el desarrollo de este objetivo no se ha dado la importancia debida a los métodos microbiológicos (11); cualquiera de los dos procedimientos utilizados tendrán que apoyarse en un conocimiento científico de la naturaleza de las sustancias húmicas del lignito. Con esta orientación realizamos el presente trabajo sobre las características fundamentales de las sustancias húmicas del yacimiento de lignito de San Andrés de Meirama (La Coruña), recientemente descubierto en España por el Instituto Geológico y Minero. Estos estudios servirán de base para futuras investigaciones encaminadas a buscar las posibilidades del mejor aprovechamiento de los lignitos como fertilizantes.

MATERIAL Y METODOS

El lignito estudiado procede del yacimiento de San Andrés de Meirama (La Coruña). Aunque el espesor de las capas tienen profundidades muy variadas, hemos elegido el material de dos sondeos (a y b), en cada uno de los cuales se tomaron muestras de tres profundidades diferentes: superficial (10 m.), media (16-20 m.) y profunda (50-80 metros), las cuales son denominadas con los números 1, 2 y 3.

Con fines comparativos, hemos utilizado los va-

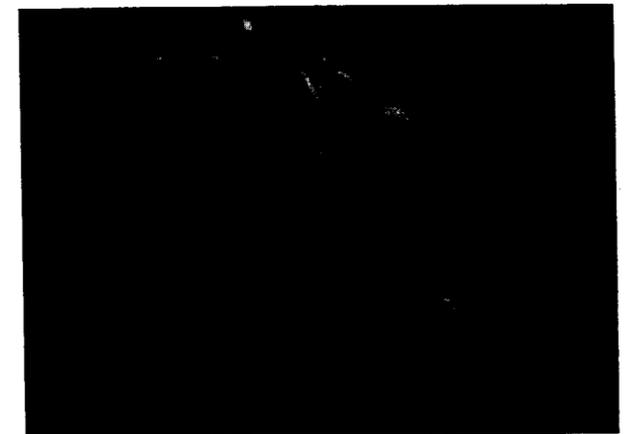


Foto 1

Acidos húmicos después de haber destruido la materia orgánica por tratamiento con agua oxigenada; se observan los cristales de yeso-anhidrita, sobre un fondo microcristalino de análoga composición. N X.—x 120

lores analíticos correspondientes a ciertos suelos y turbas reseñados en otras publicaciones (12 y 13).

En estas muestras de origen (lignito bruto) se hizo un estudio analítico (contenido mineral, complejo de cambio, betunes, sustancias húmicas, etc.) y una caracterización de estas últimas, una vez eliminadas las sustancias bituminosas.

La extracción de las sustancias húmicas se llevó a cabo por el método recomendado por Kukharekko-Tolchinskaya para los lignitos (14), que es una modificación del de Kononova, ya que trata la muestra con hidróxido sódico al 1 por 100 durante dos



Foto 2

Fracciones de tamaño <0,2 mm., conteniendo yeso y anhidrita. N X.—x 120

INTRODUCCION

En la nutrición vegetal desempeñan una función especial los coloides orgánicos del suelo, principalmente los de naturaleza húmica, y es bien conocido que existe una escasez de materia orgánica en los suelos, sobre todo en las zonas semiáridas y áridas que plantea problemas en relación con la productividad agrícola.

Ante la falta de estiércoles y demás abonos orgánicos, se consideran los turbas y lignitos como depósitos o reservas naturales de materia orgánica. Dado el gran contenido de carbono en estos materiales, en relación con el bajo porcentaje de nitrógeno (principalmente en los lignitos), es natural que para el mejor aprovechamiento de esta materia orgánica, se investigue con el propósito de modificar su composición, enriqueciéndolos en nitrógeno. En esta línea, y aplicando fundamentalmente métodos químicos, abundan las publicaciones (1-10). El Instituto del Carbón, de Zaragoza (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) trabaja con entusiasmo en este sentido.

Creemos que para el desarrollo de este objetivo no se ha dado la importancia debida a los métodos microbiológicos (11); cualquiera de los dos procedimientos utilizados tendrán que apoyarse en un conocimiento científico de la naturaleza de las sustancias húmicas del lignito. Con esta orientación realizamos el presente trabajo sobre las características fundamentales de las sustancias húmicas del yacimiento de lignito de San Andrés de Meirama (La Coruña), recientemente descubierto en España por el Instituto Geológico y Minero. Estos estudios servirán de base para futuras investigaciones encaminadas a buscar las posibilidades del mejor aprovechamiento de los lignitos como fertilizantes.

MATERIAL Y METODOS

El lignito estudiado procede del yacimiento de San Andrés de Meirama (La Coruña). Aunque el espesor de las capas tienen profundidades muy variadas, hemos elegido el material de dos sondeos (a y b), en cada uno de los cuales se tomaron muestras de tres profundidades diferentes: superficial (10 m.), media (16-20 m.) y profunda (50-80 metros), las cuales son denominadas con los números 1, 2 y 3.

Con fines comparativos, hemos utilizado los va-



Foto 1

Acidos húmicos después de haber destruido la materia orgánica por tratamiento con agua oxigenada; se observan los cristales de yeso-anhidrita, sobre un fondo microcristalino de análoga composición. N X.—x 120

lores analíticos correspondientes a ciertos suelos y turbas reseñados en otras publicaciones (12 y 13).

En estas muestras de origen (lignito bruto) se hizo un estudio analítico (contenido mineral, complejo de cambio, betunes, sustancias húmicas, etc.) y una caracterización de estas últimas, una vez eliminadas las sustancias bituminosas.

La extracción de las sustancias húmicas se llevó a cabo por el método recomendado por Kukharenko-Tolchinskaya para los lignitos (14), que es una modificación del de Kononova, ya que trata la muestra con hidróxido sódico al 1 por 100 durante dos

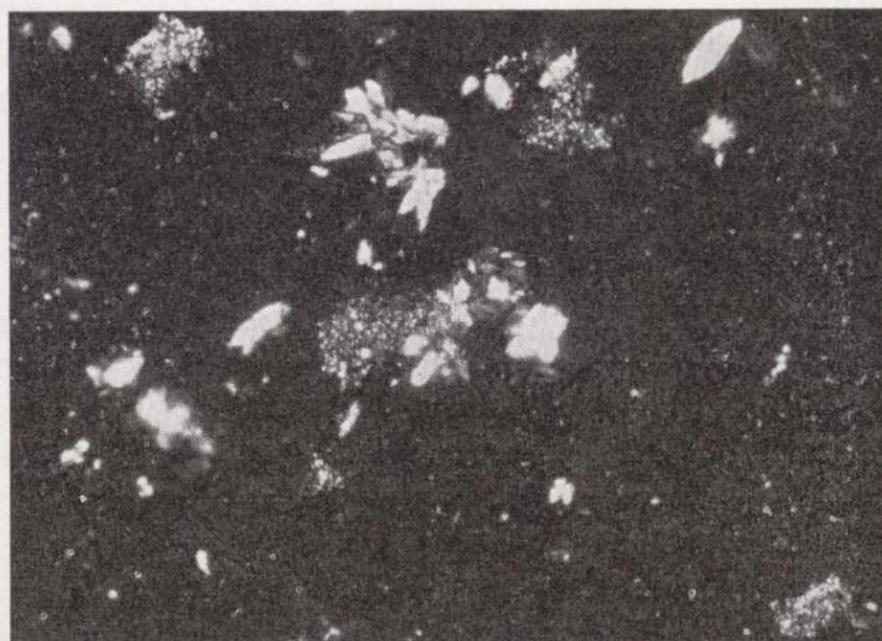


Foto 2

Fracciones de tamaño $<0,2\text{ mm.}$, conteniendo yeso y anhidrita. N X.—x 120

horas al baño maría, después de haber extraído con la mezcla pirofosfato sódico-hidróxido sódico. Tiene este método el inconveniente de que los ácidos húmicos extraídos van acompañados de gran cantidad de sustancias minerales, por lo cual los ácidos húmicos destinados para la filtración a través de gel, electroforesis y análisis elemental se prefirió obtenerlos por el método clásico de Kononova (15) o el de Posner (16), con los que se reducía su contenido mineral.

En cualquier caso, a partir de los extractos húmicos totales, se precipitaban los ácidos húmicos con ClH a PH=1 y una vez separados por centrifugación se conservaban en un desecador a vacío, en presencia de P₂O₅, una vez dializados y secos. Con estos ácidos húmicos se preparaban las soluciones para la filtración a través de gel y la electroforesis (12 y 13).

El reparto del carbono orgánico entre las diversas fracciones (ácidos húmicos, fúlvicos y humina) se obtiene, en suelos y turbas, por el método Duchaufour (17), modificado por el O.R.S.T.O.M. (18); grado de humidificación=carbono de (a. húmicos + a. fúlvicos + humina)/carbono total; pero como el lignito no tiene humina es conveniente tener en cuenta, además, la razón, a. húmicos/a. fúlvicos y el contenido de ácidos húmicos con respecto al peso seco de muestra. Puede servir de complemento para esta valoración cuantitativa el grado de humificación según Kozakiewicz (19), que emplea la fórmula grado de humificación=Ch/A:B, siendo Ch: carbono orgánica del extracto húmico de la muestra correspondiente y A y B los cocientes C/N de la muestra original y del extracto húmico, respectivamente.

El porcentaje y el grado de humificación miden, en cierta manera, el proceso de humificación de

forma cuantitativa y se completa con un nuevo método cualitativo de evaluación del humus según Hargitai (20). Este método consiste en calcular el llamado coeficiente de estabilidad (k) de las sustancias orgánicas del suelo a partir de los coeficientes de extinción (E) de los extractos húmicos obtenidos independientemente en cada muestra con NaF y NaOH, respectivamente:

$$K = \frac{E_{NaF}}{E_{NaOH} \cdot Ch}$$

siendo Ch el contenido de carbono húmico extraído por el método Kononova.

RESULTADOS Y DISCUSION

Carbono.

Las diversas muestras del lignito, objeto de nuestro estudio, tienen un contenido en carbono orgánico que oscila dentro de un intervalo bastante amplio, entre 37,6 por 100 y 64,9 por 100 (Tabla I), decreciendo cuantitativamente de forma neta con la profundidad en ambos sondeos. Todo el carbono del lignito se extrae totalmente con la mezcla pirofosfato-sosa, comúnmente empleada en la extracción de la materia orgánica; carece de humina y carbono mineral. Sin embargo, en este extracto, que convencionalmente se le llama húmico incluye, en este caso, las sustancias bituminosas, por lo que es necesario, para valorar aquél, eliminar previamente estos betunes con un solvente apropiado.

Nitrógeno.

La Tabla 1 muestra que el contenido de N en las distintas muestras de lignito varía entre 0,48 y

TABLE 1

Componentes del lignito bruto
(Tanto por ciento referido a materia seca)

Muestra	Profundidad (m)	Cenizas	Betunes (*)	C total	N	C/N	S (**)
1a	3-5	23,5	6,5	52,9	0,67	78,9	2,2
2a	16-21	30,4	9,4	43,8	0,51	85,9	1,9
3a	55-60	35,9	6,1	42,6	0,51	83,5	2,8
1b	1-8	9,5	16,0	64,9	0,48	135,2	1,6
2b	42,47	11,6	6,7	57,1	0,74	77,2	2,0
3b	76-81	38,7	4,5	37,5	0,53	70,8	3,7

(*) Sustancias extraídas con benceno-alcohol 9:1. a reflujo durante cinco horas.

(**) Obtenido en Horno de Inducción "Leco".

0,74 por ciento, cifra que no es relativamente muy baja, ya que existen suelos con niveles parecidos; la desproporción no está en el contenido absoluto de N, sino en la razón C/N. En dicha tabla vemos que esta razón varía entre 70,8 y 136,2 y, por consiguiente, muy elevada en relación con los valores de este mismo cociente en los diversos tipos de humus: 10-15, 15-20 y 30-40, aproximadamente, para el mull, moder y mor, respectivamente, y aún llega a ser este valor inferior a 10 en los suelos de gran actividad biológica; se podrían considerar tal vez estos materiales fósiles (lignitos) como humus especiales inactivos, aunque, en condiciones adecuadas, llegarían a ser reactivados.

Reparto de carbono orgánico: humificación.

Tal como hemos dicho anteriormente, todo el carbono que forma parte del lignito pertenece a las sustancias húmicas y bituminosas.

El reparto del carbono en ácidos húmicos y fúlvicos se expresa en la Tabla 2 y corresponde al valor medio de las muestras motivo de nuestro estudio.

TABLE 2
Porcentaje de carbono de a. húmicos y fúlvicos
(Respecto del C total)

Lignito bruto:	
Sustancias húmicas precipitables a pH:1 ...	78,26
Sustancias en solución ...	21,74
Lignito libre de betunes:	
A. húmicos ...	86,61
A. fúlvicos ...	13,37
A. H/A. F ...	8,28

Se aprecia que aproximadamente el 86 por 100 del carbono total corresponde a los ácidos húmicos y, por consiguiente, el cociente AH/AF es muy alto: 8,28.

Las fracciones obtenidas directamente en el extracto del lignito bruto (sin eliminar betunes) al llevarlo a pH=1, en lugar de considerarlas como fracciones húmicas, creemos más adecuado denominarlas simplemente sustancias precipitables y sustancias solubles a dicho pH.

En la tabla 3 se expresan los valores correspon-

TABLE 3
Humificación

Material ...	Calidad de humificación (Hargitai)			PORCENTAJE Y GRADO DE HUMIFICACION				
	E(NaF)	Ch (*)	K (**)	Duchaufour	O.R.S.T.O.M.	Kozakiewicz (grado)		
	E(NaOH)			A. H/A. F	% humidificación (***)	C/N (A)	C/N (B)	Ch A:B
Rendzina ...	3,06	2,65	1,16	1,97	95	16,8	18,9	2,98
Turba de Bujo ...	0,44	14,5	0,03	1,8	83,4	35,5	33,0	13,5
Lignito (muestra media) ...	0,1	61,5	0,016	8,4	100	135,2	136,0	62,2

Ch: Carbono de extracto húmico. (**): $K = \frac{E(NaF)}{E(NaOH) \cdot Ch}$

(***) % de humidificación:
 $\frac{\text{Carbono de (A. H + A. F + Humina)}}{\text{Carbono total}} \cdot 100$; A. H: ácidos húmicos; A. F: ácidos fúlvicos.

Grado de humificación (Kozakiewicz): $\frac{Ch}{A:B}$ siendo A: C/N en el material original B: C/N en el extracto húmico

dientes al grado y al porcentaje de humificación, juntamente con los coeficientes de estabilidad o evaluación cualitativa del humus según Hargitai; se han incluido también y, por fines comparativos, estas mismas constantes de humificación obtenidas en suelo (rendzina) y en una turba. Efectivamente, los resultados del lignito corresponde a un material húmico de características especiales. El porcentaje y grado de humificación más elevado corresponde al lignito: 100 por 100 y 62,2 respectivamente, mientras que el coeficiente de estabilidad o de calidad es el más bajo: 0,016. Según Hargitai la calidad del humus es proporcional al coeficiente K de estabilidad. Resultados que por otra parte están de acuerdo con la falta de actividad biológica representada por el cociente C/N elevado (valor medio aproximado superior a 80).

Características de los ácidos húmicos de los lignitos.

Los porcentajes de los elementos constituyentes de las diferentes muestras de ácidos húmicos del lignito se indican en la tabla 4; para destacar las

TABLA 4

Análisis elemental de a. húmicos libres de cenizas

Muestra	% C	% N	% H	% O	% S
-1a	56,7	0,91	4,0	35,5	2,9
-2a	59,3	0,82	3,7	32,9	3,2
-3a	38,8	0,80	2,7	55,3	2,4
1b	48,6	0,78	5,3	42,8	2,5
2b	47,5	0,91	5,1	44,5	2,0
3b	46,5	0,82	5,7	43,7	3,3

diferencias de esta composición con la de otros ácidos húmicos, se comparan estos valores medios con los correspondientes a ácidos húmicos de una serie de suelos según Prevot y Flaig (23 y 24) (tabla 5).

Se comprueba que los ácidos húmicos del lignito tienen un porcentaje menor de C y N sobre todo este último que no llega al 1 por 100 y que influye de manera extraordinaria en el cociente C/N que resulta elevadísimo. Por el contrario, es más alto el contenido de O y se hace patente la

TABLA 5

Comparación del análisis elemental de los a. húmicos de los lignitos con otros suelos (valores medios)

Elemento	Serie de suelos (%)	Lignitos (%)	Diferencias
C	56,38	49,0	- 7,38
N	4,0	0,84	- 3,16
C/N	14,0	57,0	+ 23,0
H	3,9	4,3	+ 0,4
O	31,0	42,0	+ 21,0
S	<1	2,7	aprox. + 2

constancia en su composición de S (2,7 por 100) que raramente se encuentra en la molécula húmica en cantidades apreciables.

En la tabla 6 se muestra la superioridad de los grupos fenólicos y carboxilos de los ácidos húmicos de los lignitos en relación con los procedentes de las turbas y los suelos. Esta composición ayuda a explicar su gran capacidad de cambio y posible-

TABLA 6

Grupos funcionales del lignito comparado con determinadas turbas y suelos (meq/l gr.)

Muestra	Carboxilos	Fenólicos	Totales
Lignito (medias de las muestras) ...	4,9	10,4	15,3
Turbas (media de tres muestras) ...	2,3	1,9	4,2
Ranker ...	2,0	5,8	7,8
Podzol ...	1,5	4,9	6,4
T. parda caliza ...	2,3	5,9	8,2

mente su comportamiento electroforético, máxime cuando el 86 por 100 de su carbono total está compuesto por ácidos húmicos.

En las gráficas de la filtración por Sephadex G-50 (rango de peso molecular entre 500 y 10.000) se observa (figura 1) que casi la totalidad de los ácidos húmicos son retenidos por el gel; sólo un 3,7 por 100 se excluye, lo cual indica que el peso molecular de estos ácidos húmicos es relativamente bajo. A título de comparación se incluye en dicha gráfica una curva de los ácidos húmicos extraídos de un suelo rendziforme (12 y 13) en donde se aprecia que una fracción importante es excluida (47,6 por 100).

Complejo de cambio.

Con objeto de que los valores correspondientes al complejo de cambio del lignito sean más significativos, se comparan con los resultados de algunos suelos y un valor medio de dos turbas anteriormente estudiadas (12 y 13). En la tabla 7 se observa cómo el lignito es el que tiene mayor suma de bases (S) y capacidad total de cambio (T). Esta última, con un valor medio de 188 meq/100 gr. es elevadísima, sobre todo comparada con la tierra parda caliza que sólo alcanza 20,7 meq/100 gr. El grado de saturación (V) no es muy baja a pesar de la presencia elevada de H⁺. Se destacan como cationes dominantes en el lignito, además del H⁺, el Ca⁺⁺ y el Mg⁺⁺. Este último presenta gran importancia en las turbas, lo que nos indica una génesis común de estas dos reservas de materia orgánica.

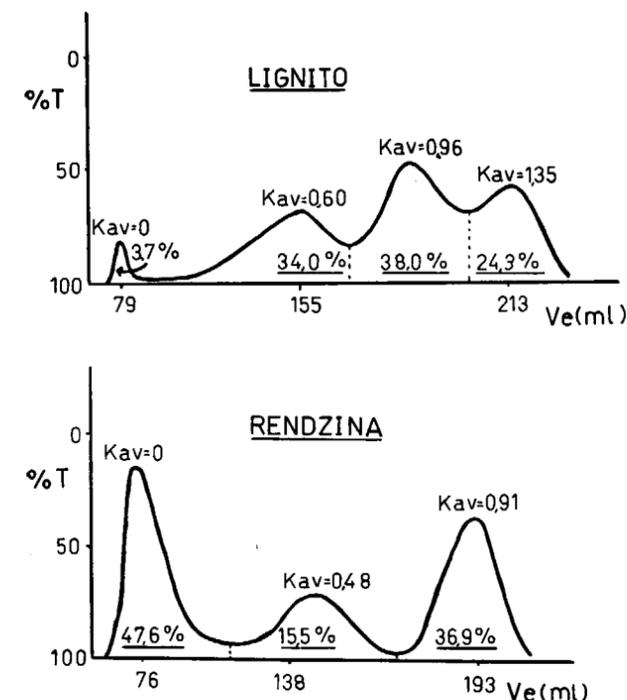


Figura 1
Filtración de ácidos húmicos por Sephadex G-50

El comportamiento electroforético de estos ácidos húmicos es más difícil interpretar ya que dado su peso molecular bajo, comprobado por la filtración a través de Sephadex, y el gran contenido de grupos funcionales, debería corresponder una migración electroforética mayor de la que realmente presentan; en los electroforegramas (figura 2) se aprecia una fracción llamada normalmente inmóvil o de poca movilidad que representa aproximadamente un 30 por 100 del total y que, como es sabido, está en relación con la presencia de ácidos húmicos bien polimerizados o fuertemente unidos a la materia mineral. Bien es verdad que los electroforegramas de estos ácidos húmicos obtenidos por el método Posner, que rebaja el contenido de cenizas, muestran una mayor migración.

Sustancias bituminosas y azufre.

Las sustancias extraídas con la mezcla benceno-alcohol (9:1), denominadas con el nombre genérico de "betunes" también varían de forma considerable: 4,5-16 por 100; el azufre, a su vez, está comprendido entre 1,6 y 3,7 por 100.

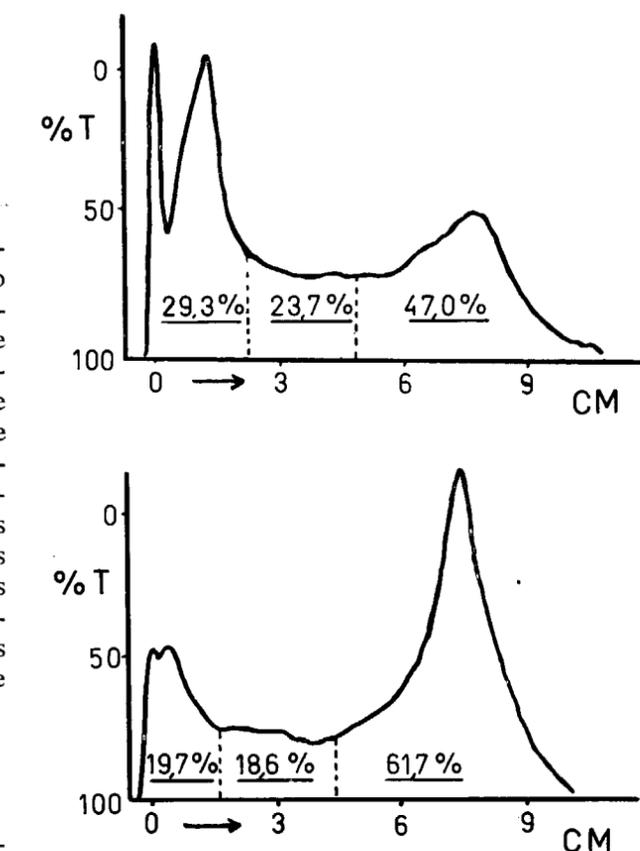


Figura 2
Electroforegramas de ácidos húmicos. La parte inferior corresponde a los extraídos por el método Posner

TABLA 7
(Complejo de cambio (meq/100 gr.))

	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	T	V
Podzol	47,9	0,25	0,13	0,50	0,30	1,19	49,0	2,4
Ranker	59,7	1,12	0,25	1,0	0,43	2,80	62,5	4,5
T. parda caliza	0	0,61	0,52	17,0	2,61	20,70	20,70	100
Turbas (*)	107	2,23	0,25	5,6	10,9	19,1	126,2	15,3
Lignito (**)	148	2,9	0,40	24,3	12,6	40,2	188,8	22,3

(*) Valor medio de dos turbas de diferente origen.
(**) Valor medio de las diversas muestras de los dos sondeos estudiados.

Sustancias minerales.

Hemos creído de importancia para el más completo conocimiento de este lignito, estudiar también la parte inorgánica o parte mineralógica del mismo, ya que es en definitiva también parte integrante, y que a su vez, puede proporcionar datos de interés en cuanto a su origen y formación.

La parte mineralógica la hemos separado de la parte orgánica por destrucción de esta última bien sea por calcinación o por tratamiento con agua oxigenada, habiendo obtenido las siguientes porciones:

- L-1: residuo obtenido directamente del lignito por calcinación prolongada en horno a 1.200° C.
- L-2: fracción entre 0,2 mm. y superiores, obtenida por análisis mecánico.
- L-3: fracción entre 0,2-0,02 mm. obtenida por análisis mecánico.

TABLA 8
Análisis químico de las fracciones (%) (*)

	L-1	L-2	H-1
SiO ₂	34,5	49,0	12,2
Al ₂ O ₃	21,9	21,7	6,3
MgO	2,4	1,1	2,2
CaO	21,8	0,5	36,1
Na ₂ O	0,5	0,4	—
K ₂ O	0,1	0,1	—
SO ₃ ⁼	16,0	ind.	37,0

(*) No se han analizado los elementos poco significativos, o los que habían sido introducidos a lo largo del tratamiento.

L-4: fracción entre 0,02 mm. e inferiores obtenida por análisis mecánico.

H-1: Obtenida por calcinación prolongada a 1.200 grados C de los ácidos húmicos de lignito.

H-2: Análoga a H-1 pero destruyendo la materia orgánica con agua oxigenada.

A) Análisis químico.

Estos resultados ya dan lugar a consideraciones de importancia: 1.º) Las cenizas de los ácidos húmicos son muy ricas en SO₃⁼ y CaO, es decir, en CaSO₄ (73 por 100), hecho que examinaremos después más detenidamente. 2.º) Hay que observar que tanto en H-1 como en L-1, la cantidad de CaO es superior a la que teóricamente le corresponde por su contenido en SO₃⁼; como existe SiO₂ y Al₂O₃, hay que pensar también en la presencia de una cierta cantidad de silicatos y de cuarzo, cantidades muy pequeñas en cuanto se refiere al conjunto total del lignito. 3.º) La diferencia fundamental entre L-1 y L-2 que proporciona el análisis químico, está en los contenidos de CaO y SO₃⁼; como L-1 corresponde a la totalidad del lignito calcinado, y L-2 a la parte arenosa, más gruesa, obtenida en el análisis mecánico, puede asegurarse que el sulfato cálcico se acumula en las porciones más finas del lignito; hecho que hemos comprobado realizando un análisis de azufre en las distintas fracciones.

Fracciones	Contenido en S (%)
Entre 0,2 mm. y superiores	indicios
Entre 0,2 y 0,02 mm.	2,35
Entre 0,02 mm. e inferiores	7,70

Se observa un aumento considerable del contenido en azufre al disminuir el tamaño de las partículas.

B) Estudio por difracción de rayos X (diagrama de polvo).—Ha sido realizado en las muestras H-1, H-2, L-1, L-3 y L-4. El diagrama correspondiente a H-1 (cenizas de ácidos húmicos), ratifica lo dicho anteriormente respecto a la existencia de CaSO₄ como componente fundamental; está en perfecta concordancia con sulfato cálcico y más concretamente con anhidrita o sulfato cálcico anhidro al que corresponden exactamente todas las reflexiones con sus intensidades relativas (fig. 3);

que eliminamos la materia orgánica por H₂O₂ en lugar de por calcinación. Realizando un diagrama de Rayos X se observa que existe una anhidrita abundante, pero no tanto como en la muestra H-1, lo que parece indicar que anhidrita debía estar acompañada de otro componente. No se observa la presencia clara de yeso, pero existen algunos picos que pueden tomarse como estados de tránsito de éste a anhidrita, pero aún con ciertos caracteres de aquél, ya que esta muestra, como luego veremos, produce abundante precipitación con cloruro bórico después de haber sido disuelta en agua, característica de yeso y no de anhidrita,

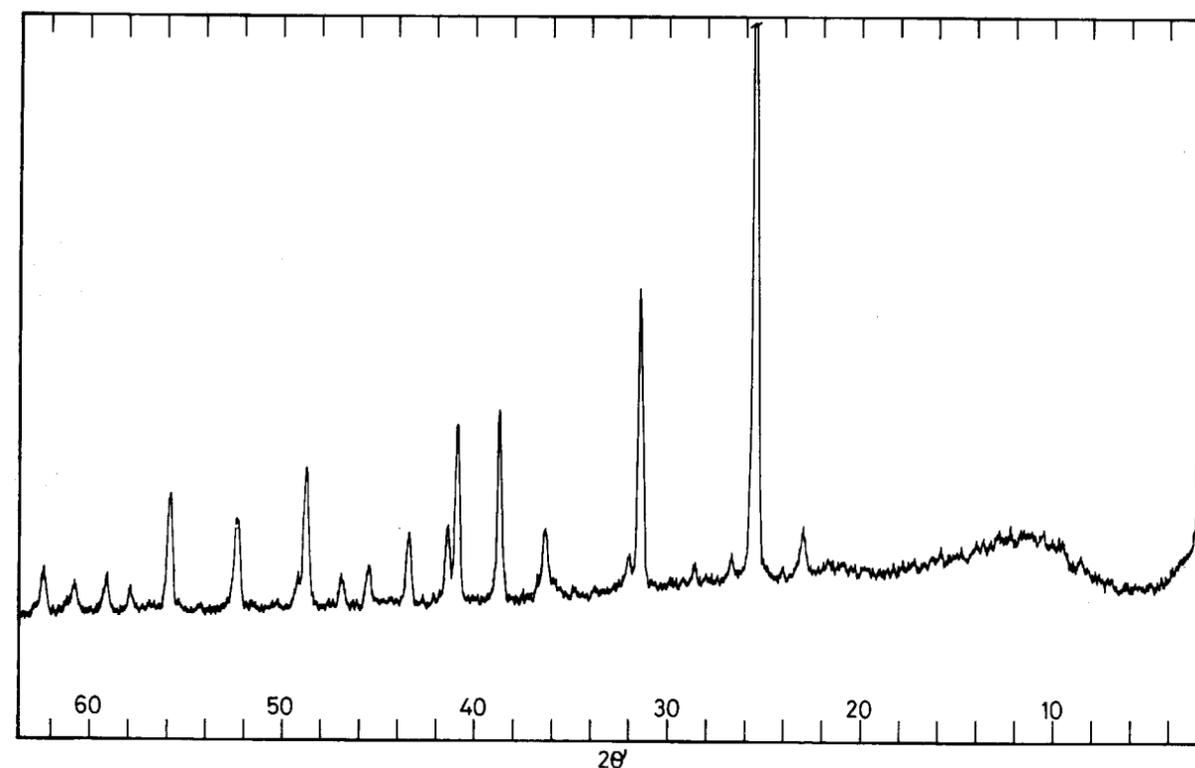


Foto 3

Diagrama de difracción de rayos X correspondiente a las cenizas de los ácidos húmicos

no existen otros componentes minerales en cantidades apreciables como para ser estudiados.

Con el fin de conocer si anhidrita es componente primario en los ácidos húmicos, o se formó a partir de yeso durante la calcinación de los mismos, obtuvimos una porción de ellos (H-2) en los

cuya solubilidad en agua es prácticamente nula, mientras que yeso se disuelve en proporciones de 3 gr/litro a 25° C, aumentando este valor con la temperatura y con la fineza del grano. La disolución y transformación del yeso no es de extrañar ya que el tratamiento con agua oxigenada al 40 por

100 para destruir la materia orgánica se trabajó en caliente (baño María), lo que ha facilitado su disolución.

Por otro lado, la transformación de yeso a anhidrita en agua pura, empieza ya a partir de 42° C, mientras que por calentamiento en aire se transforma despacio en el hemi-hidrato a unos 70° C o menos, y rápidamente a unos 90° C; por calentamiento a más altas temperaturas se produce anhidrita, y este cambio es monotrópico (25, 26). Por tanto, los picos correspondientes a términos intermedios (Bassanita?), tienen una explicación debida al calentamiento que se efectuó para destruir la materia orgánica en medio acuoso; sin embargo, la presencia de anhidrita, no la podemos atribuir al fuerte calentamiento al aire, como ocurría en la muestra H-1.

En los diagramas de las porciones más finas L-3 y L-4, obtenidas por análisis mecánico, sin embargo, puede apreciarse claramente la presencia de yeso, mientras que la de anhidrita, que también se observa claramente, es menos abundante.

En las porciones más gruesas L-1 y L-2, que fueron fuertemente calcinadas, presentan fundamentalmente extinciones correspondientes a anhidrita, no se observa yeso, pero sí cuarzo y feldespatos.

En consecuencia, se desprende de estos diagramas, que existe un tránsito yeso-anhidrita acompañado, en algunos casos, por estados intermedios, fundamentalmente en las fracciones más finas del lignito.

C) *Estudio óptico.*—Las fracciones gruesas aun después de fuerte calcinación constan de partículas intensamente rubeficadas, pudiéndose también observar granos de cuarzo y de feldespato, generalmente redondeados, más fácilmente observables después de limpiarlos con ácidos.

Las porciones más finas, junto a partículas rubeficadas, muestran fragmentos de sulfato calcio bien en fragmentos masivos microcristalinos o en pequeños cristales tabulares (selenita), también en forma radial o bien la combinación de ambas formas.

Yeso, según MILNER (27) ha sido citado en lignitos. Otros minerales pueden estar presentes, como piritita y calcita, no aparecen en la muestra de lignito estudiada.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los señores Sereno y Quesada que nos proporcionaron las muestras de lignito para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DUCAUFOR, PH y POCHON, J.: *Etude pedologique des turbes mises en incubation après neutralisation partielle*. XIX Congrès de la Science du Sol. Paris (1956).
- (2) NIGRO, C., BEUTELSPACHER: *Ricerca sulla preparazione di concimi umozotati per ammonizzazione delle ligniti*. *Agrochimica*, 9, 53 (1964).
- (3) NIGRO, C.: *Idem*. Nota II. *Agrochimica*, 9, 334 (1965).
- (4) NIGRO, C.: *Idem*. Nota III. *Agrochimica*, 12, 52 (1967).
- (5) NIGRO, C.: *Fissazione di azote su materiali organici per reazione con acido nítrico. Ricerca sulla preparazione di concimi umozotati per ammonizzazione di ligniti*. *Agrochimica XIV*, núm. 1, 55-61 (1969).
- (6) NÖMMIK, H.: *Ammoniated peat as nitrogen carrier*. *Acta Agric-Scand*, 17, 25 (1967).
- (7) FLAIG, W.; SÖCHTIG, H.: *Organische Verbindungen als Stickstoffquelle für ernährung der pflanzen*. *Ann. Edaf. Agrobilo*, 26, 801 (1967).
- (8) BATON, J.: *Coated urea, thiurea, urea formaldehyde and oxidized nitrogen-enriched coal as slowly available sources of nitrogen for orchardgrass*. *Indian J.*, 59, 127 (1967).
- (9) RAJENDRA, P.: *Studies on nitrogen-enriched coal as nitrogen carrier for wheat and maize*. *Indian J. Agri-Sci.*, 38,375 (1968).
- (10) LAHARI, A.: *Utilization of lignite for the production of nitrogenous fertilizers*. *U. S. Bur Mines Inform. Cir.*, 8476, 183 (1968).
- (11) VILLABA, L.: *Estudio de los ácidos húmicos de ciertos lignitos españoles*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid (1975).
- (12) DORADO, E.; POLO, A., y DEL RÍO, J.: *Caracterización de los ácidos húmicos por electroforesis y gelfiltración*. *Ann. Edaf. Agrobiel*, XXXI, n. 9-10, 693 (1972).

- (13) DORADO, E.; DEL RÍO, J., y POLO, A.: *Acidos húmicos e hmatomelánicos de turbas españolas*. *Ann. Edaf. Agrobiol.*, XXXII, n. 7-8, 561 (1973).
- (14) KUKHARENKO - TOLCHISNKAYA: *Determination of humic acids contents in brown coals by the pyrofosfate methode*. *Chem. Absts*, 66, sig., 117724 t. (1967).
- (15) KONONOVA, M.; BELCHIKOVA, M.: *Investigation of the natura of Soil humus sustances*. *Soviet Soil Scien.*, 11, 1149 (1960).
- (16) POSNER, A.: *The humic acids extrarex by various reagents from the soil*. *J. Soil Scien.*, 17, 65 (1966).
- (17) DUCHAUFORJ PH.; JACQUIN, J.: *Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques*. *Bulletin de L'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Nancy*, t. VIII, fasc. 1 (1966).
- (18) DABIN, B.: *Etude d'une méthode d'extraction de la matière huminique du sol*. *Science du Sol.*, n. 1, 47 (1971).
- (19) KOZAKIEWIEZ, A.: *Carackferystyka sustancji organicznej gleb forforowych torfow torforwisk dolinowych*. *Roez Bleozn*, XI, 73 (1962).
- (20) HARGITAI: *A new methode for the complex evaluation of the humus quality and investigation of processes*. *International Congress of Soil Science*, Tome II, 372, Mosku (1974).
- (21) SIMACOV y col.: *Determination fo carbon, nitrogen and oxidizability of organic matter in soils and peats in a single sample*. *Soviet Soil Sci.* 365 (1969).
- (22) ALLSON, L.: *Wet combustion apparatus and procedure for organic and inorganic carbon in soil*. *Soil Sci. Am. Proc.*, 24, 36 (1960).
- (23) PREVOT, A.: *Humus: biogenèse, biochimie, biologie*. Editions de la Tourelle-Saint-Mandé (1970).
- (24) FLAIG, W.: *Contribution a la connaissance de la constitution et de la synthèse des acides humiques*. *Sci. du Sol*, 2, 39 (1970).
- (25) DEER, W.; HOWIE, R. y ZUSSMANN, J.: *An introduction to the Rock-Forming Minerals*. Logman, London (1966).
- (26) TRÖGER, W.: *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale Schwizerbart'sche Velarlagsbuchandlung*. Stuttgart (1969)
- (27) MILNER, H.: *Sedimentary Petrography*. Thomas Murby, London (1940).

Recibido: Mayo 1976.

INFORMACION

Visita del Comisario de la Energía al Instituto Geológico y Minero de España

El día 24 de mayo, el Ilmo. Sr. D. Luis Magaña Martínez, Comisario de la Energía y Recursos Naturales, acompañado por el Ilmo. Sr. D. José Sierra López, Director General de Minas e Industrias de la Construcción, realizó una visita oficial al Instituto Geológico y Minero de España. Por el Director, D. Pedro Fontanilla, Subdirector, D. Ricardo Echevarría, y los Jefes de División de dicho Organismo, le fue hecha una detallada exposición de los trabajos e investigaciones que, en el campo de la mine-

ría y geología, se llevan a cabo por el Instituto Geológico. Posteriormente, el señor Magaña visitó la Exposición Permanente del Instituto, así como los Laboratorios de Rayos X, Petrografía, Espectrometría de Masas, Microsonda, Espectroscopia, Mecánica de Rocas, Mecánica de Suelos, Preparación de Minerales y Centro de Documentación, donde, por los técnicos correspondientes, le fueron explicados los trabajos que se estaban realizando.

Reorganización del Instituto Geológico y Minero de España

A propuesta del ministro de Industria, el Consejo de Ministros del pasado día 17 ha aprobado un proyecto del real decreto por el que se desarrolla la organización, dotación y funciones del Instituto Geológico y Minero de España.

Este Instituto, creado en 1849, tiene a su cargo el estudio del suelo y subsuelo en cuanto hace referencia a la ecología, minería, hidrogeología y geotécnica. La evolución en los conocimientos de los recursos geológicos y el nuevo planteamiento de la política minera convergen en la necesidad de contar con un instrumento adecuado para hacer efectiva una política realista en orden al abasteci-

miento de materias primas minerales y en lo relativo al conocimiento de los recursos de nuestro subsuelo.

Incide particularmente en este tema la confección de los programas sectoriales de actuación en desarrollo y aplicación de la ley de Fomento a la Minería.

En este marco se inscribe el real decreto que configura la organización, funciones y dotación al Instituto Geológico y Minero de España, a fin de contar con un instrumento que, fiel al cumplimiento de los fines que la Administración tiene encomendados, sea también un instrumento ágil en la dinámica que impone la nueva investigación de la geología, minería e hidrogeología.

Clausura del área VI: minería y medio ambiente del curso Roso de Luna

El pasado viernes, 11 de junio, concluyó el área VI del primer curso "Roso de Luna", que tan brillantemente fuera inaugurado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, por el comisario de Energía, señor Magaña, y el director general de Minas e Industrias de la Construcción, señor Sierra.

Dicho curso que versa sobre la investigación y economía de los recursos geológicomineros, se celebra patrocinado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras y el Instituto Geológico y Minero de España.

En el área VI se ha estudiado a lo largo de la semana el tema de la minería y el medio ambiente. De acuerdo con las opiniones expresadas en los tres simposios celebrados sobre el agua en la industria, la incidencia ambiental más importante de la minería española son sus aguas residuales sobre todo en lo relativo a los materiales finos procedentes de los sistemas de flotación, al drenaje de aguas ácidas de mina y a la evacuación de los efluentes salinos.

A este respecto, distintos ponentes han estudiado, entre otros temas, los de las perspectivas legales de la minería y el medio ambiente, el control y tratamiento de las aguas residuales en minería, la minería del carbón en España y su incidencia en la calidad de las aguas, sistemas de eliminación de efluentes salinos, sistemas de control de la contaminación y otros, que abarcaron los aspectos jurídicos, tecnológicos y económicos para su tratamiento adecuado.

Noticias

MINERIA

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTROL REMOTO Y "MONOTORIZACION" EN LAS MINAS

De los días 11 al 13 del mes de octubre de 1977, y en el nuevo Centro Nacional de Exposiciones de la localidad inglesa de Birmingham, tendrá lugar la Conferencia Internacional sobre el Control Remoto y "Monotorización" en las Minas. Esta manifestación viene avalada por el National Coal Board, a donde los interesados pueden dirigirse a The Lodge, South Parade, Doncaster, Yorkshire DN 1 2 DX (Inglaterra).

XI CONGRESO MINERO-METALURGICO DE LA COMISION WEALTH

Una vez más, en esta ocasión el 8 de octubre de 1978, tendrá lugar la undécima edición del Congreso Minero-Metalúrgico, que se celebrará en la India, y sobre el que puede obtenerse información dirigiéndose a Council of Common Wealth. Mining and Metallurgical Institutions, 44, Portland Place. LONDON W1N 4BR (Inglaterra).

EXPOSICION INTERNACIONAL DE MINERIA

La edición tendrá lugar del 10 al 15 de octubre de 1977, en Birmingham, en su flamante Centro Nacional de Exposiciones.

Esta nueva edición del certamen minero estará organizada por la firma Brintex Exhibitions Ltd., 178-202 Gt. Portland Street, London W1N 6NH (Inglaterra).

El certamen viene avalado por la Asociación Inglesa de Fabricantes de Maquinaria para la Minería subterránea, por lo que en cuanto a la asistencia de expositores, el éxito puede ya darse como garantizado.

ENERGIA

COMIENZA LA EXPLOTACION COMERCIAL DEL PETROLEO DE ALASKA

Estados Unidos inicia hoy la explotación comercial de sus ricas reservas petrolíferas de Alaska, después de años de esfuerzos inusitados contra el frío y el inhóspito medio ambiente.

Los primeros barriles del petróleo que yace bajo el suelo ártico, en la bahía de Prudhoe, comenzarán a deslizarse a lo largo del oleoducto de 1.500 kilómetros de recorrido, para llegar al mes próximo al puerto de Valdez.

La producción de crudos de los nuevos pozos alcanzará pronto 1.200.000 barriles diarios. Aunque las reservas de Alaska se calculan en más de 30.000 millones de barriles, los expertos calculan que sólo serán aprovechables unos 9.700 millones, lo que permitirá su explotación durante al menos tres décadas, sin contar con las reservas de gas natural acumuladas bajo el subsuelo de Alaska.

El consorcio explotador de los crudos de Alaska, que ha invertido cerca de 10.000 millones de dólares en la construcción del oleoducto y en las instalaciones de producción, está formado, además de Exxon y Armco, por Sohio, BP y Phillips.

Esta producción no resolverá, sin embargo, los crecientes problemas energéticos de Estados Unidos, donde el consumo de petróleo está aumentando de día en día a pesar del encarecimiento de los precios y de la campaña del Gobierno de Carter en pro del ahorro de energía.

En lo que va de año, Estados Unidos ha importado casi la mitad del petróleo que consume y que alcanza ya cerca de los 18 millones de barriles diarios.

A pesar de representar una mínima parte, el petróleo de Alaska reducirá el ritmo de pérdidas de divisas, que el año pasado fue de 32.300 millones de dólares y este año anda ya por los 10.000 millones.

CINCO MIL MILLONES DE DOLARES, IMPORTACION ENERGETICA PARA ESTE AÑO

En el presente año, las refinerías españolas tratarán 41,7 millones de toneladas, de las que 19,2 millones corresponden a Enpetrol, 12,6 millones a Cepsa, 6,3 a Petro-nor y 3,4 millones de toneladas a Petromed.

El compromiso previsto ascenderá a casi 50 millones de toneladas de productos petrolíferos, lo que requerirá inversiones superiores a los 4.700 millones de dólares, a los que se sumarán 102 millones de dólares en divisas para la importación de gas natural, 249 millones para combustibles sólidos y 75 millones para combustibles nucleares. La cifra total de inversiones superará los 5.000 millones, lo que significará un incremento de consumo del 6,3 por 100 sobre el año anterior.

A pesar de la actual corriente de optimismo sobre el futuro económico de España, persisten aún profundas huellas de la crisis internacional del petróleo iniciada en 1973, afirma la revista "Petrogás".

Los problemas creados a la economía mundial han afectado en gran medida a las industrias del crudo y sus derivados, ya que su dependencia de las importaciones alcanza magnitudes cada vez mayores, que no se corresponden con un crecimiento paralelo en la producción nacional.

QUINCE CENTRALES NUCLEARES, PENDIENTES DE AUTORIZACION

Un total de quince nuevas centrales nucleares hay actualmente en España en fase de autorización previa, es decir, en el tiempo que transcurre desde la presentación de la solicitud hasta que se concede el permiso definitivo, según recoge la revista "Fomento de la Producción". De ellas, dos pertenecen a la provincia de Tarragona; dos, a la de Zaragoza, y otra, a cada una de las siguientes: Guadalupe, Santander, Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya, Lugo, Cádiz, Murcia, Huelva, León y Huesca.

SUIZA, LA PRIMERA PRODUCTORA NUCLEAR DE ENERGIA ELECTRICA

La mayor participación de la energía nuclear en el conjunto de la producción de energía eléctrica se da actualmente en Suiza, informa Pyresa, donde alcanza un 18 por 100; seguida de Bélgica, con el 16,4 por 100. Suecia cuenta con el 10,4 por 100, e Inglaterra, con el 10,4 por 100. Los británicos y los americanos fueron los pioneros en la utilización comercial de la energía nuclear, ya que en 1956 entró en funcionamiento la primera central nuclear en Gran Bretaña y un año después lo hacía en Estados Unidos. La participación de la energía nuclear en territorio norteamericano alcanza solamente el 8,1 por 100 del total producido.

SIGUE AUMENTANDO EN ESPAÑA EL CONSUMO DE ENERGIA

En 1976 el consumo de energía aumentó en España el 6,1 por 100, según fuentes oficiales. El petróleo se mantuvo como principal fuente de energía primaria. Dentro de la gama de productos petrolíferos, el crecimiento fue del 12 por 100.

Durante el pasado ejercicio las importaciones de crudos aumentaron un 17 por 100 en tonelaje y un 46,8 por 100 en pesetas. El coste del petróleo importado en 1976 alcanzó los 299.830 millones de pesetas, lo que supone el 25,6 por 100 de nuestras importaciones totales.

Esta cifra es un 46,8 por 100 más alta que en 1975, año en que el petróleo costó 204.266 millones de pesetas, sólo un 2,92 por 100 más alto que en 1974, en que importamos petróleo por valor de 198.456 millones de pesetas.

MINERALURGIA

LA EVOLUCION SIDERURGICA EN EL PERIODO ENERO-MAYO 1977

Según informa UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas), tras una ligera recuperación de la demanda interior de productos siderúrgicos en los meses de marzo y abril, se ha registrado un descenso en el mes de mayo, quedando para el período enero-mayo a niveles inferiores a los de hace tres años.

A su vez, las dificultades de los mercados exteriores han producido un descenso del orden del 8 por 100 en la exportación, en tanto que la presión de las ofertas exteriores han conducido a un incremento próximo al 15 por 100 en las importaciones de productos acabados.

Como consecuencia de lo que antecede, la producción de acero en el período enero-mayo, estimada en 4.729.000 toneladas, continúa todavía por debajo de la registrada en 1975, aunque supera en un 3,5 por 100 a la cifra de igual período de 1976 al verse entonces afectada por conflictos de orden laboral. El grado de utilización de las instalaciones resulta peligrosamente bajo.

GRAVAMEN DE LA GRAN BRETAÑA SOBRE LAS IMPORTACIONES DE ACERO ESPAÑOL

Atendiendo a las reiteradas denuncias de la industria siderúrgica, el Departamento de Comercio ha establecido derechos arancelarios "anti-dumping" —31,50 libras esterlinas por tonelada— sobre las importaciones de perfiles siderúrgicos comerciales españoles.

La medida tendrá una vigencia de tres meses. En este período se realizará una investigación oficial en torno a las denuncias formuladas.

LA SUBIDA DE LOS METALES, EFECTO DE ACTUACIONES ESPECULATIVAS

Expertos económicos han estudiado a fondo el fuerte incremento en el precio de los metales, que se registran en el mercado de Londres, en una jornada de gran actividad en las contrataciones.

Estos expertos señalan que el interés en la compra de metales se debe a la actuación de los especuladores, en unos momentos en que el metal almacenado juega un importante papel en el mercado.

Estaño, cobre y plomo están volviendo a registrar precios máximos en sus cotizaciones en el London Metal Exchange.

Por otra parte, la compañía Asarco Inc., ha predicho una reducción de las reservas almacenadas de cobre durante el presente año, a causa de la insuficiente producción actual.

Simon D. Strauss, vicepresidente ejecutivo de la empresa, dijo que una de las razones del incremento en la demanda es que los consumidores compran cobre en grandes cantidades para defenderse de una posible escasez.

PLANTA DE TRANSFORMACION DE ALUMINIO EN ORENSE

Una fábrica de laminación de aluminio, que reelaborará el material producido por la planta de alumina-aluminio de la costa lucense, será instalada en la provincia de Orense.

La instalación de esta industria supondrá una inversión de 400 millones de pesetas y creará unos cuatrocientos puestos de trabajo, según manifestó el gerente de la gran área de expansión industrial de Galicia, Serafín Fernández Escalante, al Consejo rector de la Oficina Provincial de Inversiones.

MAS DE CIENTO MIL MILLONES DE PESETAS INVERTIRAN LAS EMPRESAS SIDERURGICAS ACOGIDAS A LA ACCION CONCERTADA

Durante 1976 las empresas siderúrgicas han firmado las últimas actas de concierto con la Administración, por lo que a pesar de la crisis, las empresas han adoptado planes de inversión que garantizarán un nivel de autosuficiencia con cobertura del consumo, según datos de Unised.

Las empresas acogidas a la acción concertada en el sector siderúrgico durante 1975 y 1976 han sido 69, comprometiéndose a unas inversiones de 109.679 millones de pesetas. De esta inversión, 85.103 millones corresponden a acerías no integrales y 24.576 a empresas de productos terminados. En total, esas empresas contaban al comienzo de la acción concertada con una producción de 2.319.000 toneladas de acero y 2.275.200 toneladas de productos acabados. Al término de la acción concertada la producción será de 1.793.500 toneladas de prerreducidos, 6.042.100 toneladas de acero y 5.011.600 de productos acabados. En cuanto a la plantilla, habrá pasado de 30.367 trabajadores a 37.765.

HIDROCARBUROS

ELEVACION DE PRECIOS DE PRODUCTOS PETROLIFEROS

El Ministerio de Hacienda ha elevado en un 10 por 100 los precios de venta al público de las gasolinas-auto de 85, 96 y 98 I. O. Asimismo, ha elevado los correspondientes a gases licuados del petróleo, carburantes y combustibles líquidos, aceites minerales, aceites blancos, vaselinas y petrolátum, naftas, disolventes y asfaltos. Estos aumentos se aplican en el área del Monopolio de Petróleos. Por otra parte, el Ministerio de Industria ha elevado el precio de abastecimiento de combustibles (fuel-oil) para navegación, en las áreas situadas fuera de dicho Monopolio.

BACTERIAS QUE DESULFURAN EL PETROLEO

Unas bacterias con cualidades asombrosas podrían posibilitar en el futuro la desulfuración del petróleo sobre base industrial. Se trata de bacterias que son capaces de utilizar como fuentes únicas de carbono y energía, combinaciones sulfúricas orgánicas predominantes en determinadas fracciones del petróleo tales como benzotiofenos y dibenzotiofenos. Sólo difícilmente se pueden eliminar estas sustancias a base de métodos convencionales de destilación, por lo que durante la combustión despiden a la atmósfera, entre otros gases nocivos, dióxido de azufre. Las bacterias por el contrario son capaces, por ejemplo en las mezclas de agua y petróleo, de transformar en combinaciones hidrosolubles el dibenzotiofeno del petróleo en el caso de contener adicionalmente sustancias alimenticias minerales. De este modo, el petróleo es biológicamente desulfurado por medio de la actividad metabólica de las bacterias sin ser atacado.

LA UNION SOVIETICA INCREMENTA EN UN 22,5 POR 100 EL PRECIO DE SUS CRUDOS

La Unión Soviética ha aumentado en casi un 25 por 100 el precio del petróleo que le suministra a sus clientes de Europa Oriental, según informaciones procedentes de Budapest.

Hungría tiene que pagar ahora la tonelada de petróleo soviético a 49 rublos (unas 4.500 pesetas), lo que supone un incremento de nueve rublos respecto del precio de 1976, y es de creer que los restantes países del bloque soviético tendrán que hacer lo mismo.

Esta subida, que es concretamente del 22,5 por 100, aún no se ha anunciado oficialmente, pero se ha filtrado a través de una emisión radiofónica efectuada en Budapest.

El precio de los artículos manufacturados que Europa Oriental vende a la U.R.S.S. ha experimentado también un aumento, pero no en la misma cuantía que el petróleo.

Esta es la tercera subida anual de los crudos soviéticos desde que el Comecon adoptó la decisión de aumentar periódicamente el precio.

Este último experimentó en 1975 un incremento del 130 por 100, que fue causa de un grave quebranto económico, mientras que el año pasado el aumento se redujo a aproximadamente el 8 por 100.

Actualmente Hungría paga el barril a siete rublos (unas 617 pesetas). En 1975, última fecha que posee cifras definitivas, Hungría, Alemania Oriental, Checoslovaquia, Polonia y Bulgaria importaron un total conjunto de 63 millones de toneladas de petróleo soviético.

Rumania no depende en este punto de la U.R.S.S., pues cubre sus necesidades con su propio petróleo o con el importado de los países árabes.

En opinión de observadores occidentales, lo más probable es que la Unión Soviética vuelva a incrementar el precio de su petróleo el próximo año en una proporción similar a la del presente.

A los países del bloque soviético les resulta muy costosa la importación de petróleo árabe, debido a que tienen que hacerla por ferrocarril, mientras que el petróleo soviético les llega por oleoducto.

ENPETROL PRODUCIRA EL 83 POR 100 DE LAS OLEFINAS

Para 1980, la producción conjunta de olefinas de las plantas de Puertollano y de Tarragona, ambas pertenecientes a Enpetrol, ascenderá a 1.415.000 toneladas, lo que supondrá el 83 por 100 de la producción nacional.

En la actualidad la planta de Puertollano tiene una capacidad productiva de 385.000 toneladas anuales, con unas importantes expectativas de crecimiento.

Al igual que en otras producciones de la industria petroquímica nacional, la mayor parte de las instalaciones españolas cuentan apenas con doce años de rodaje, lo que caracteriza el hecho de que las plantas creadas sean auténticamente modernas.

PARECE QUE LOS PRECIOS DEL PETROLEO SE UNIFICARAN

Es muy posible que para el próximo mes de julio los precios del petróleo se unifiquen, pero no por baja de los más altos, sino por subida de un 5 por 100 por parte de los países de la O.P.E.P., que en la última subida quedaron más bajos según ha declarado en Madrid el ex ministro de Estado de Venezuela, don Juan Pablo Pérez Alfonso, considerado el "padre de la O.P.E.P."

Las divergencias acusadas en la última reunión de Qatác respecto al porcentaje de elevación se explican, según el ex ministro venezolano, por las presiones exteriores a que están sometidos algunos Gobiernos de los países productores, como el de Arabia Saudita.

Pero se trata de divergencias transitorias. La O.P.E.P. —añadió— es una organización indestructible, porque representa todos los intereses petrolíferos del mundo.

ESPAÑA INCREMENTARA SUS COMPRAS DE PETROLEO A ARABIA SAUDITA

España quiere incrementar sus compras de petróleo en Arabia Saudita, actualmente nuestro primer proveedor y país que vende el crudo más barato, junto a los Emiratos Arabes Unidos, según el acuerdo sobre precios de Doha. A este respecto las autoridades españolas están haciendo activas gestiones a través de las compañías que integran ARAMBO, y que tienen contratos de suministro con España, según informa "Petróleo".

En este sentido se ha solicitado que como mínimo se mantengan los niveles actuales de suministro de crudo, y que éstos se amplíen en lo posible. En 1975, España compró a Arabia Saudita el 42,32 por 100 del petróleo importado, porcentaje que ha crecido considerablemente durante el pasado año. En 1974 se alcanzó el máximo de compras a este país, ya que se importó el 59 por 100 de nuestras adquisiciones totales de petróleo.

FORTALECIMIENTO DE LA O.P.E.P.

Fortalecer la unidad de la O.P.E.P. y coordinar las políticas petrolíferas en orden a la unificación de los precios del petróleo en los mercados internacionales ha sido el objetivo de las negociaciones del ministro del Petróleo de Qatác, quien después de visitar varios estados de la O.P.E.P. ha declarado en Abu Dhabi que el acuerdo sobre unificación de precios está próximo.

IRAN, POR LA UNIDAD

Irán aceptaría un compromiso para restablecer el mismo precio del petróleo en todos los países de la O.P.E.P., ha declarado el Sha a un periódico de Kuwait, a condición de que lo acepten también otros miembros de la organización. Irán, se recuerda, ha perdido del 25 al 30 por 100 de sus ventas desde la última subida del precio.

EL PETROLEO DE LAS MALVINAS

La probabilidad de que las Malvinas estén rodeadas de una rica cuenca sedimentaria petrolífera, ha vuelto a ser destacada ante el anuncio de la visita de Ted Rowlands, secretario de Estado de Asuntos Exteriores británico, a la República Argentina. El anuncio —después de las últimas relaciones tensas entre ambos países— ha despertado expectación en los círculos diplomáticos sobre el futuro petrolero en el Atlántico Sur. Se especula con la posibilidad de que Gran Bretaña proponga concesiones graduales de soberanía a cambio de acuerdos sustanciosos en materia petrolífera y pesquera.

CONTAMINACION

CONTAMINACION DEL MEDITERRANEO

Los problemas del Mediterráneo son tan urgentes que no podemos permitirnos el menor retraso en abordarlos. Con esta advertencia del director ejecutivo de las Naciones Unidas sobre el medio Ambiente, doctor Mustafá Tolba, han comenzado en Split los trabajos de las delegaciones participantes en el "Plan Azul". Asisten a la reunión representantes de Marruecos, Argelia, Túnez, Malta, Libia, Egipto, Israel, Chipre, Turquía, Grecia, Yugoslavia, Italia, Francia y España. El Principado de Mónaco asiste como observador y han faltado a la cita las misiones del Líbano y Siria. Albania no participa habitualmente en estas reuniones.

En principio, el "Plan Azul" tiene por objeto poner a disposición de todos los Gobiernos de la cuenca mediterránea la información necesaria para conocer con exactitud y a escala global cuáles son los problemas que plantea la contaminación y calcular las posibles amenazas del futuro.

Esto permitirá hacer posible una acción coordinada de todos los países ribereños, a los que las reducidas dimensiones de este mar interior imponen una forzosa solidaridad. Bastaría con imaginar una catástrofe, como el hundimiento de un petrolero gigante en medio del Mediterráneo, para comprender que todos los países con acceso al mar sufrirían gravísimas consecuencias, muy parecidas todas ellas.

El representante yugoslavo invitó a los países desarrollados a realizar nuevos esfuerzos en la lucha contra la contaminación, ayudando a los países con menos riqueza, porque son los países ricos, con sus actividades industriales múltiples, los causantes en gran parte de la degradación del medio ambiente.

REUNIONES CIENTIFICAS

CONFERENCIA SOBRE TECNOLOGIA FUERA COSTA

Del 1 al 4 de mayo de 1977, en la localidad americana de Houston, Texas, tendrá lugar una nueva conferencia sobre la tecnología Offshore para la extracción del petróleo.

La información de este certamen puede obtenerse dirigiéndose a: S. R. Houston, OTC 6200, North Central Expressway, Dallas 752006 (USA).

EXHIBICION DE LA ENERGIA

Durante los días 10 al 18 de septiembre de 1977, patrocinado por el Instituto del Fuel inglés, y en las conocidas instalaciones del Olympia, de Londres, se concentrarán

todas las firmas de energía, tales como carbón, petróleo, gas, electricidad, energía nuclear, etc.

Los lectores interesados en esta exhibición pueden dirigirse a: Norma Thewlis, Quadarant Pr Ltd, Abbey Mead House, 23a Plymouth Road, Tavistock, Devon (Inglaterra).

X CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

El año 1977 va a ser un año pródigo en manifestaciones relacionadas con la traída y llevada energía.

La décima edición de la Conferencia Mundial de este tema, sobre La Disponibilidad y Utilización Racional de la Energía y sus Fuentes, tendrá lugar en Estambul los días 9 al 24 de septiembre, a continuación de la Exposición de la Energía que en el mismo mes tendrá lugar en el Olympia de Londres.

EN AUSTRALIA SE CELEBRARA EL XV SIMPOSIO SOBRE LA APLICACION DE LOS ORDENADORES Y MATEMATICAS EN LAS INDUSTRIAS MINERAS

En la Universidad australiana de Gucensland, Brisbane, y durante los días del 4 al 8 de julio de 1977, tendrá lugar una nueva edición, en este caso la XV, del "Simposio sobre la aplicación de los ordenadores y modelos matemáticos en las industrias mineras".

LA ASTROFISICA NUCLEAR Y LA GENESIS DE LA MATERIA

Este fue el tema de un coloquio internacional, organizado recientemente en Fürstenlager (Bensheim-Auerbach) por la Comunidad Alemana de Investigación Científica dentro del marco de su programa prioritario "Astrofísica relativista".

La génesis de los elementos vinculada a la historia de la vida de un astro semejante al Sol, comienza en la llamada protoestrella, que surge mediante la concentración paulatina de una nebulosa descomunal debido a la acción de la gravedad. La densidad y la temperatura aumentan de manera constante en tal proceso, para llegar al cabo de cinco o diez millones de años en el centro de la misma a varios gramos de materia por centímetro cúbico y a varios millones de grados centígrados. Entonces dan comienzo las reacciones nucleares, en las que los núcleos atómicos de los elementos más ligeros ya existentes en la nebulosa, los del hidrógeno, se fusionan al mismo tiempo que liberan energía y se transforman en núcleos atómicos de elementos más pesados. El hidrógeno se quema en este proceso y se convierte primeramente en helio, lo que en una estrella del tamaño del Sol, aproximadamente puede durar unos diez mil millones de años y en estrellas ma-

yores mucho menos tiempo. A continuación se contrae la zona del núcleo provisionalmente calcinada de la estrella, mientras que sus capas exteriores, en las que el hidrógeno sigue fundiéndose y transformándose en helio, comienzan poco a poco a hincharse, hasta que la estrella se convierte en una "Roja gigante". Dentro del núcleo, que continúa contrayéndose, se elevan las temperaturas a causa de la compresión, de tal manera que el helio puede transformarse también en carbono y oxígeno a través de procesos nucleares. Se registran a continuación procesos similares hasta e incluso han vuelto a transformarse también el carbono y el oxígeno en hierro, tras haber pasado por la fase de silicio, y la propia estrella, que por la progresiva hinchazón se transformó en una supergigante, concluye como un enano del tamaño de la Tierra, aproximadamente, como una Blanca en trance de enfriamiento.

Cuando se trata de estrellas cuyas masas oscilan entre tres y diez masas solares, esta evolución prosigue. En su interior se deshace el núcleo de hierro como consecuencia de una explosión gigantesca de Supernova y se transforma en casi su totalidad en una sustancia de neutrones de peso específico elevadísimo. Al mismo tiempo saltan hechas pedazos las capas externas de la estrella. La energía que se libera en estas catástrofes estelares, que hace que en su destrucción repentina brillen con una claridad cientos de miles de veces mayor que antes, da lugar a nuevas reacciones nucleares, en cuyo transcurso se producen elementos más pesados que el hierro. De ahí que la labor de los astrofísicos nucleares se concentre en medida creciente en la historia de las Supernovas, con la confección de modelos cuantitativos para esa fase final, de dinamismo extremo, así como también de un mejor conocimiento de la red de las reacciones nucleares que se desarrollan en estos procesos.

Las historias de tales estrellas son muy similares y es posible observarlas en el "laboratorio" del Universo en las más diferentes fases evolutivas, existe la posibilidad de captar interrelaciones muy amplias, pudiendo incluso describir la historia de sistemas estelares enteros en conexión con la génesis de los elementos en el modelo correspondiente.

SIMPOSIUM INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA EN LA MINERÍA Y OBRAS SUBTERRÁNEAS

En la ciudad de Granada, del lunes 18 al viernes 22 de septiembre del año 1978, en el Hospital Real de la Universidad de dicha ciudad, tendrá lugar el "Simposium Internacional sobre el agua en la Minería y Obras Subterráneas" que organiza la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas y el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas y patrocina el Grupo Especial de Aguas Subterráneas (A.N.I.M.), el Instituto de Hidrología (C.S.I.C.), el Instituto Geológico y Minero de España, la Universidad de Granada y National Water Well Association.

Planteamiento

La Asociación Nacional y el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas de España, conscientes de la importancia que el agua, superficial o subterránea, tiene en las labores mineras, y en las obras subterráneas en general, han promovido la organización de este Simposium, en base a una amplia encuesta desarrollada previamente para establecer los temas de trabajo.

El interés y carácter multidisciplinar de esta temática hace que, en su planteamiento, se incluya a todos los profesionales cuya actividad esté vinculada a la Hidrogeología, Minería y Obras Civiles.

Por otra parte se pretende dar a esta convocatoria la mayor difusión, a nivel internacional, de tal manera que permita una amplia recepción de comunicaciones a las distintas secciones, y haga posible un profundo cambio de impresiones entre los participantes.

Para hacer más grata y útil la asistencia a esta reunión, tanto de los participantes como de los acompañantes, se organizarán una serie de actos sociales y visitas turísticas, y están previstas excursiones postcongreso, a establecer en función del número de participantes.

Objetivos

La importancia creciente del desarrollo de los recursos mineros, y la realización de obras de ingeniería subterránea cada día más complejas, ha supuesto un incremento notorio de la incidencia del agua en dichos trabajos, lo que exige una revisión y adaptación de los medios de investigación, estudio y lucha contra la presencia del agua.

Por otro lado la bibliografía específica sobre estos temas es muy incompleta, y se encuentra dispersa, por lo que es aconsejable la realización de este forum, que permita reunir los trabajos de especialistas, junto a las experiencias de los mineros e ingenieros de obras subterráneas.

Así pues, los principales objetivos de este Simposium son:

Reunir los resultados de estudios, investigaciones y aplicaciones en el campo del agua en la minería y obras subterráneas.

Compartir los conocimientos científicos y aunar las investigaciones.

Discutir los métodos de estudio y las tecnologías para la resolución de los problemas planteados.

Potenciar el establecimiento de contactos, y las relaciones entre los participantes.

Obtener una publicación monográfica sobre los temas del Simposium.

Comité patrocinador

El Comité Organizador gestiona el patrocinio de Organismos internacionales y nacionales, de tal manera que esta convocatoria alcance la máxima difusión. Son varias las entidades que han expresado ya su apoyo a la organización del Simposium, y su relación se dará en una próxima circular.

Por otra parte se invita a las empresas de Hidrogeología, Minería y Obras Subterráneas, a colaborar en forma activa en la organización de este Simposium.

Programa científico

Se prestará especial atención a la investigación, junto a los aspectos aplicados, experiencias y realizaciones, así como a las tecnologías.

Las comunicaciones científicas se agruparán en las siguientes secciones:

1. Trabajos bajo nivel piezométrico.
2. Aportación de aguas superficiales a las excavaciones.
3. Papel del agua en el comportamiento de las excavaciones.
4. Técnicas especiales (congelación; inyección; cimentación; etc.).
5. Modelos matemáticos aplicados al drenaje.
6. Varios.

Resúmenes

Se invita a los eventuales interesados en presentar comunicaciones, a enviar, antes del 31 de octubre de 1977, el título y resumen de su comunicación en español, francés o inglés.

El título será claro, corto y explícito, e incluirá aquellas palabras clave que definan el contenido de la comunicación.

El resumen no deberá exceder de 500 palabras, y se escribirá a máquina, con doble espacio, sobre papel A-4 (210x297 mm). No se incluirán diagramas ni fotografías.

Un comité científico procederá a la selección de comunicaciones, en base a los resúmenes sometidos. Los autores cuyos resúmenes sean aceptados, serán invitados, antes del 30 de noviembre de 1977, a enviar sus comunicaciones completas antes del 31 de marzo de 1978. La invitación, que se notificará a cada autor retenido contendrá las instrucciones detalladas para la presentación de las comunicaciones, con una extensión que no superará los 20 folios incluidas las instrucciones. Todas las comunicaciones, que cumplan estas normas, serán publicadas y distribuidas entre los asistentes al Simposium.

Participación e inscripción

Los interesados en participar en el SIAMOS, son invitados a rellenar el boletín de inscripción provisional adjunto, y remitirlo a la Secretaría del Simposium, a la mayor brevedad posible.

No es posible fijar, anticipadamente, el costo de participación, que incluye una copia de las comunicaciones, hasta conocer el número aproximado de las mismas.

Está prevista una reducción sustancial del coste de inscripción, a los participantes que presenten comunicaciones en el Simposium, y una cuota especial para estudiantes, que acompañen una atestación del correspondiente centro.

Alojamiento y programa para señoras

Existe la posibilidad de habitaciones, sencillas y dobles, en Colegios Mayores de la Universidad de Granada, junto a la sede del Simposium.

La ciudad de Granada dispone de una importante capacidad hotelera, y se encargará a una agencia de viaje todo lo referente a reservas de alojamiento.

Se organizará un programa para señoras que incluirá visitas a la Alhambra, Generalife, Capilla Real y otros monumentos, así como viajes a la Alpujarra y Sierra Nevada.

Futuras informaciones

Otras informaciones, útiles para la participación en el Simposium, así como el detalle de los programas, serán enviados a las personas preinscritas, en una segunda circular en diciembre de 1977.

Sólo las personas u organismos que respondan a esta primera circular recibirán automáticamente las informaciones sucesivas.

Correspondencia y fechas importantes

Toda la correspondencia relacionada con el Simposium deberá dirigirse a:

Prof. Dr. Ing. Rafael Fernández-Rubio
Director del Grupo de Trabajo de Hidrogeología
Universidad de Granada
Apartado de Correos 556
Granada (España)

Inscripción provisional: Antes del 31 de octubre de 1977.

Envío de resúmenes: Antes del 31 de octubre de 1977.

Aceptación de comunicaciones: Antes del 30 de noviembre de 1977.

Presentación de comunicaciones seleccionadas: Antes del 31 de marzo de 1978.

Inscripción definitiva y pago: Antes del 30 de abril de 1978.

Celebración del Simposium: 18 a 22 de septiembre de 1978.

SEMINARIO SOBRE DISEÑOS ESPECIALES APLICADOS A LA INGENIERIA DE PLANTAS NUCLEARES

McKee Ingenieros organizó el pasado día 19 de abril, 1977, en el Hotel Meliá Castilla de Madrid, un Seminario sobre el tema mencionado, dedicando especial atención a diseños para plantas nucleares de generación de energía.

El objetivo de este Seminario fue proporcionar a los participantes un resumen detallado de las bases corrientes de diseño de equipo, sistemas de fluidos y distribución de sistemas eléctricos y estructuras, que están sujetos a fenómenos de cargas extremas, incluyendo terremotos, accidentes de aviones, rotura de sistema de alta energía y efectos de explosión de misiles, así como efectos producidos por el impacto de onda sonora de aviones supersónicos, todo ello enfocado a plantas nucleares convencionales.

El Seminario corrió a cargo del Dr. J. D. Stevenson, Vicepresidente de J. D. Stevenson Consultants (División de Arthur G. McKee & Co.) y a él asistieron representantes de las más importantes empresas eléctricas nacionales, de ingeniería y fabricación de bienes de equipo, todas ellas con amplia experiencia dentro del campo de la ingeniería nuclear.

Debido al éxito de asistentes y al interés mostrado durante el desarrollo del Seminario por los mismos, McKee piensa repetir este Seminario después del verano.

ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEOLOGIA DEL INGENIERO.

III CONGRESO INTERNACIONAL

Organizado por la Asociación Internacional de Geología del Ingeniero se celebrará en Madrid, del 4 al 8 de septiembre de 1978, el "III Congreso Internacional de Geología del Ingeniero".

Para mayor información dirigirse a la Secretaría General del Curso, Servicio Geológico de Obras Públicas, Avenida de Portugal, 81. Madrid-11.

INVESTIGACION

POCO DINERO PARA INVESTIGACION

Los recursos empleados por España en investigación tecnológica han venido constituyendo verdaderas migajas del gasto nacional, comparando lo destinado a estos fines por España (0,33 por 100 del P. N. B.), dice la revista "Situación", del Banco de Bilbao, en su último número.

La consecuencia de esta política miope y poco previsora de futuro es el estado de cosas a que ha llegado ahora nuestro país en el terreno tecnológico. No nos encontramos precisamente en el estadio de los países subdesarrollados, y prueba de ello es que la presencia técnica española está cada vez más extendida por el mundo, pero nuestra dependencia del exterior en este terreno es excesiva y está ocasionando graves perjuicios al país. Y lo evidencia el vertiginoso incremento que están experimentando los pagos netos al exterior por asistencia técnica y royalties, que, junto a los realizados en concepto de interés de la deuda exterior, están dando al traste con el tradicional superávit de nuestra balanza de servicios. Así, mientras que en el quinquenio 1970-75 pasaron tales desembolsos de 118 a 250 millones de dólares, en 1976 se han situado nada menos que por encima de los 400 millones.

La revista del Banco de Bilbao señala finalmente que lo lógico, si pagamos, es que tengamos derecho a tecnología avanzada y no obsoleta, "que sea de calidad y corresponda a una verdadera necesidad del país, y que las condiciones impuestas por nuestros proveedores no sean abusivas".

VARIOS

TUBERIAS PARA EL TRANSPORTE DE CARBON

Es muy posible que en el futuro el carbón llegue a los centros de consumo a través de tuberías. El transporte hidráulico de sólidos ofrece bajo determinadas condiciones una serie de ventajas económicas frente a los sistemas "clásicos" de transportes de raneles, ya sea por carretera, ferrocarril o barco. Productos como el carbón, diversos minerales metálicos, arenas y fosfatos se mezclan para este tipo de transporte con agua, desplazándose entonces por las tuberías. Las condiciones bajo las cuales pueden transportarse grandes cantidades de sólidos con un gasto mínimo de energía están siendo estudiadas actualmente. Un importante campo de aplicación es la denominada excavación húmeda, en la que, por ejemplo, para hacer más profundos los ríos o, por el contrario, para el relle-

nado de diques y trazados de autopistas, se transporta o arrastra de esta manera el material de relleno correspondiente.

UN VEHICULO DE LARGA DURACION

Un automóvil que tuviera una media de veinte años, esto es, que hiciera 300.00 kilómetros desde que sale de la fábrica hasta que va a parar al cementerio de coches, tendría indudablemente un gran impacto comercial. Este tipo de vehículo existe de momento solamente sobre el papel, pero los ingenieros alemanes lo han concebido ya y su fabricación no entrañaría ningún problema técnico. Los planos de construcción son obra de un equipo de ingenieros de la fábrica automotriz Porsche y de varios científicos de Universidades de la República Federal de Alemania.

El ministro de Investigaciones Científicas, Hans Matthöfer, acaba de exponer a la Prensa los detalles principales y características esenciales del automóvil de larga duración. Se trata de un turismo de clase media y que

costaría entre un 20 y un 30 por 100 más que los coches corrientes, pero que, por contra, ahorraría un 20 por 100 de energía y un 60 por 100 de materias primas. El grado de contaminación del medio ambiente sería notablemente bajo.

El ministro subrayó que aún no se ha pensado en la construcción de este tipo de vehículo, que se trata antes bien de un estudio técnico-económico en el marco de una idea cardinal que forzosamente ha de imponerse en nuestra sociedad industrial y de consumo: la sustitución del crecimiento económico que implica dilapidación de materias primas y contaminación de nuestro entorno por el crecimiento económico que implica ahorro de materias primas, de energía y que no contamina el medio ambiente.

Desde el punto de vista del mercado laboral no existen reparos a la fabricación de un coche de larga duración, pues no traería consigo la supresión de puestos de trabajo, sino al contrario, aparte de que la larga duración del coche haría necesario llevarlo con más frecuencia al taller para efectuar las inspecciones y reparaciones consiguientes. Por otro lado, un automóvil robusto, sólido, tendría grandes perspectivas de explotación, como lo prueba el "escarabajo" de la Volkswagen, de vida más larga que otros vehículos.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
56	5338	7-III-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Huelva.
57	5422	8-III-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, en las provincias de Madrid y Avila.
57	5422	8-III-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Baleares.
73	6928	26-III-77	Ind.	CORRECCION de erratas de la Resolución de la Delegación Provincial de Lugo por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
81	7624	5-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
81	7625	5-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
81	7625	5-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Vizcaya.
81	7624	5-IV-77	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
81	7625	5-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Salamanca.
87	7998	12-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Toledo.
88	8075	13-IV-77	Ind.	MINERALES. CONCESIONES DE EXPLOTACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.
88	8076	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Sevilla.
88	8075	13-IV-77	Ind.	MINERALES. PERMISOS DE INVESTIGACION.—Resolución por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Cáceres.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Huelva.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Huelva.
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Pontevedra.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
88	8075	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
88	8076	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Tarragona.
88	8076	13-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zaragoza.
88	8068	13-IV-77	Ind.	SENTENCIAS.—Orden por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.457, promovido por "Sociedad Anónima Hidromineral de Caldas de Malabella", contra resolución de este Ministerio de 17 de septiembre de 1968.
88	8069	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 304.291, promovido por "Compañía Internacional de Farmacia Laboratorio Landerlan, S. A.", contra resolución de este Ministerio de 30 de mayo de 1967.
88	8069	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.364, promovido por "Time Corporation", contra resolución de este Ministerio de 20 de marzo de 1968.
88	8069	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.367, promovido por "Laboratorios Sulfer, S. A.", contra resolución de este Ministerio de 7 de enero de 1970.
88	8069	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.460, promovido por "Sears Roebuck and Co.", contra resolución de este Ministerio de 2 de julio de 1965.
88	8069	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.463, promovido por "Cela Landwirtschaftliche Chemikalien Gesellschaft M.B.H.", contra resolución de este Ministerio de 21 de enero de 1967.
88	8070	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.487, promovido por "Schulke & Mayr Gesellschaft M.B.H.", contra resolución de este Ministerio de 29 de noviembre de 1966.
88	8070	13-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 303.502, promovido por "Agra, S. A.", contra resolución de este Ministerio de 30 de julio de 1969.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
90	8248	15-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Zaragoza.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de explotación que se cita, en la provincia de Granada.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Badajoz.
92	8369	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
92	8370	18-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de las solicitudes de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Tarragona.
93	8458	19-IV-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Jaén.
120	11089	20-V-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Gerona.
HIDROCARBUROS				
62	5880	14-III-77	Ind.	ORDEN por la que se aprueba la cesión de "Apex" a "Ciepsa", "Enpasa", "Enpensa", y "Campsa" en los permisos de investigación de hidrocarburos de "Vitoria" y concesión "Castillo-A".
70	6635	23-III-77	Ind.	ORDEN por la que se aprueba el contrato de cesión entre INI, SHELL, CAMPSA, COPAREX, TOTAL, CIEPSA, ASES. Concesión de explotación "San Carlos III".
73	6926	26-III-77	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento al Monopolio de Petróleos de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
81	7620	6-IV-77	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Las Rozas".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
95	8661	21-IV-77	Ind.	CORRECCION de errores del Real Decreto 456/1977, de 8 de febrero, de otorgamiento al Monopolio de Petróleos de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
104	9456	2-V-77	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento de los permisos de investigación de hidrocarburos "Vizcaya-A" y "Santander-C".
104	9457	2-V-77	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento de los permisos de investigación de hidrocarburos "La Coruña-A", "Lugo-A", "Lugo-B" y "Asturias-D".
104	9458	2-V-77	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento de los permisos de investigación de hidrocarburos "Vizcaya-B" y "Vizcaya-C".
104	9458	2-V-77	Ind.	REAL DECRETO por el que el Estado encomienda al Instituto Nacional de Industria la investigación del permiso "Jaca".
105	9562	3-V-77	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción de un permiso de investigación de hidrocarburos.
105	9562	3-V-77	Ind.	ORDEN por la que se aprueba el contrato de cesión entre "Unión Explosivos Río Tinto, S. A." y "Unión Texas España, Inc.", de un 50 por 100 de titularidad en los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Cardona A a J".
107	9843	5-V-77	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos cuatro permisos de investigación de hidrocarburos, por renuncia de la titular.
116	10755	16-V-77	Ind.	REAL DECRETO de resolución del expediente de solicitud de trece permisos de investigación de hidrocarburos de la zona C, subzona b).
RESERVAS				
57	5422	8-III-77	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de espato-flúor denominada "Oyarzun-Goizueta (F/IV-2)", de las provincias de Guipúzcoa y Navarra.
108	9938	6-V-77	P. G.	REAL DECRETO por el que se declara zona de reserva definitiva a favor del Estado para toda clase de yacimientos minerales y recursos geológicos, que comprende el yacimiento de sal gema de "Pinoso" (Alicante) y la explotación directa por el Estado, en régimen de arrendamiento conjunto con las Salinas de Torreveja y La Mata, a favor de "Nueva Compañía Arrendataria de las Salinas de Torreveja, S. A.".
VARIOS				
53	5023	3-III-77	Ind.	REAL DECRETO por el que se crea la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales.
59	5558	10-III-77	A. E.	Acuerdos internacionales.—Acuerdo complementario al Convenio Básico hispano-ecuatoriano sobre Cooperación Técnica en materia de recursos geológicos-mineros, hecho en Quito el 4 de febrero de 1977.
87	7929	12-IV-77	PCIA. GOB.	Museo de la Ciencia y de la Tecnología. Patronato. Orden por la que se modifica la de 19 de noviembre de 1975, constituyendo el Patronato para la creación del Museo de la Ciencia y de la Tecnología.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
105	9579	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resoluciones por las que se autoriza el establecimiento de las instalaciones eléctricas que se citan. Delegación Provincial de Granada.
105	9580	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resolución por la que se autoriza el establecimiento de la instalación eléctrica que se cita y se declara en concreto la utilidad pública, de la Delegación Provincial de Guadalajara.
105	9580	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resolución por la que se autoriza el establecimiento y declara en concreto la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan, de la Delegación Provincial de Lérida. (Referencia: C. 2.888 R. L. T.).
105	9581	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resolución por la que se autoriza el establecimiento y declara en concreto la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan, de la Delegación Provincial de Lérida. (Referencia: C. 2.907 R. L. T.).
105	9581	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resolución por la que se autoriza el establecimiento y declara en concreto la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan, de la Delegación Provincial de Lérida. (Referencia: C. 1.310 R. L. M. 76 a), b).)
105	9581	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resoluciones por las que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan, de la Delegación Provincial de Málaga.
105	9582	3-V-77	Ind.	<i>Instalaciones Eléctricas.</i> —Resoluciones por las que se autoriza y declara la utilidad pública en concreto de la instalación eléctrica que se cita, de la Delegación Provincial de Oviedo.
105	9557	3-V-77	O. P.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se concede a don Jaime Pastells Iglesias y doña Pilar Pujol Serra un caudal de aguas subálveas del río Tordera, en término municipal de Tordera (Barcelona), con destino a riegos.
108	9925	6-V-77	Ind.	<i>Comisión del Grisú y de Seguridad Minera.</i> —Real Decreto por el que se actualiza la Comisión del Grisú.
109	10039	7-V-77	O. P.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la concesión otorgada a "Torras Hostenchs, S. A.", de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del río Bruguent, en término municipal de Amer (Gerona), con destino a riegos.
111	10200	10-V-77	O. P.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la legalización de un aprovechamiento de aguas subálveas, en zona de policía del río Linares, en término municipal de Igea (Logroño), con destino a riegos.
111	10201	10-V-77	O. P.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se autoriza a don José Estrada Prenafeta un aprovechamiento de aguas subálveas del río Set, en término municipal de Pobra de Ciérvoles (Lérida), con destino a atenciones de una granja porcina.
123	11344	24-V-77	Ind.	<i>Fomento de la Minería.</i> —Real Decreto sobre relación de materias primas minerales y actividades con ellas relacionadas declaradas prioritarias a los efectos de la prevenido en la Ley 6/1977, de 4 de enero, de Fomento de la Minería.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

A. RAMOS,; J. DOUBINGER, y C. VIRGILI: *El Pérmico inferior de Rillo de Gallo (Guadalajara)*. Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 3, págs. 65-70 (1976).

Según los autores, se atribuyen por primera vez al Autuniense, basándose en la presencia de una asociación de polen y esporas, los materiales denominados por Sacher (1976): Capas de la Ermita, de supuesta edad Stephanense. Están localizados en el camino de Rillo de Gallo a Pardos, en el NE de la provincia de Guadalajara.—L.

M. ESTEBAN, y S. ROBLES-OROZCO: *Sobre la paleogeografía del Cretácico Inferior de los Catalánides entre Barcelona y Tortosa*. Acta Geológica Hispánica, t. XI, número 3, págs. 73-78 (1976)

El Cretácico Inferior de los Catalánides y del Maestrazgo Nord-oriental se presenta en algunos sectores con series bien desarrolladas (300 a 800 metros o más), mientras que en otros adyacentes las series están muy reducidas (menos de 15 metros) o incluso no existe el Cretácico Inferior.

Entre ambos tipos extremos se pueden reconocer sucesivos casos intermedios. La localización de estos diferentes tipos de serie aparece controlada por los grandes sistemas de fracturas de los Catalánides. Plantear concretamente el problema paleogeográfico de la comunicación de la zona de Garraf-Montmell con la de Vandellos, presentando dos hipótesis de trabajo.—L.

HUGO NESTOR LUCERO MICHAUT: *Las estructuras plegadas de los sedimentos terciarios del Valle de Punilla. Córdoba-República Argentina*. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba (Argentina), Tm. 51, entregas 3-4, agosto de 1976, págs. 265-281.

El objeto del trabajo es describir e interpretar un grupo de interesantes estructuras plegadas que afectan a sedimentos terciarios del faldeo bajo occidental de la Sierra Chica de Córdoba. En general esta formación posee rumbo N-S y buza homoclinamente hacia oriente, poseyendo limitaciones tectónicas, tanto hacia el E (basamento) como hacia el O (cuartario). Se trata de pliegues paralelos asimétricos, algo elongados de N a S (tipo braquianticlinal), de orden hectométrico y con ejes buzantes suavemente hacia ambos extremos; no son frecuentes en el área, apareciendo sola-

mente en aquellos sitios en los que el basamento se ha acercado relativamente a la superficie por acción de fuertes fracturas transversales. Cree que estas estructuras están relacionadas con eventos esfenogénicos menores, íntimamente asociados con la tectónica general del Valle de Punilla.—L.

OSVALDO BRACACCINI: *Contribuciones del Sr. Profesor Dr. Alfredo Stelzner al conocimiento de la Precordillera y Cordillera Frontal de las Provincias de Mendoza y San Juan (República Argentina)*. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba (Rep. Argentina), Tm. 51, entregas 3-4, agosto de 1976, págs. 213-223.

Expone una breve reseña comparativa de los aportes del Dr. A. Stelzner al conocimiento geológico de la Precordillera de San Juan y Mendoza (Precordillera SE y Cordillera Frontal) y regiones aledañas de su antepaís oriental. Enfatiza particularmente la amplitud de los conceptos logrados en relación con las limitaciones de medios y tiempo que dicho estudioso tuvo a su disposición para investigar la vasta superficie a que los mismos se aplican.

Reseña algunas conclusiones de un trabajo geológico todavía inédito, cotejándolas con las del Dr. Stelzner.—L.

CRISTALOGRAFIA

CARLOS DE LA FUENTE-CULLELL, JOAQUÍN MONTORIOL-POUS y MANUEL FONT-ALTABA: *Estudio de unos cristales escalenoédricos de calcita procedentes de la Plana de Vic (Barcelona)*. Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 4, págs. 89-92 (1976).

Estudian las relaciones entre el hábito escalenoédrico de unos cristales de calcita procedentes de la Plana de Vic (Barcelona) y la presencia en los mismos de Mn procedente de la roca sustrato.—L.

RAFAEL RODRÍGUEZ CLEMENTE: *Sobre la dependencia del hábito cristalino respecto de la hidrodinámica del medio en que crece el cristal, referido al caso del NaCl*. Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 4, págs. 93-95 (1976).

Describe un modelo explicativo de la modificación de hábito de los cristales de NaCl, por acción de la hidrodinámica de la solución madre, basado en los diferentes mecanismos de aporte sobre caras homólogas.—L.

J. M. NOGUÉS-CARULLA, M. VENDRELL-SAZ y M. FONT-ALTABA: *Medida de reflectancias en inmersión en aceite mediante el método directo y cálculo de n y k de 400 a 1.100 nm.* Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 4, págs. 96-100 (1976).

Han centrado el problema en las mediciones en aceite en el método directo para calcular *n* y *k*. Para ello colocan una gota de aceite mantenida en contacto con la muestra mediante un cubreobjetos. Este provoca una reflectancia adicional (efecto glare) que es necesario corregir. Plantea el desarrollo matemático para esta corrección y realizan las comprobaciones con un sistema patrón.—L.

MINERALOGIA

JOSÉ M. MATA-PERELLÓ y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Nota referente a la bibliografía sobre las sales haloides de Cataluña.* Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 4, páginas 101-112 (1976).

Presentan una recopilación bibliográfica sobre las sales haloides de Cataluña. Consta de tres listas ordenadas, respectivamente, por autores, especies minerales y localidades. Entrando por cualquiera de las tres se encuentra la correspondiente referencia numérica a las otras dos, de tal manera que puede hallarse fácilmente cualquier dato.—L.

PALEONTOLOGIA

A. v. HILLEBRANDT: *"Los Foraminíferos Planctónicos, Nummulitidos y Cocolitofóridos de la Zona de Globorotalia Palmerae del Cuisiense (Eoceno Inferior) en el SE de España (provincias de Murcia y Alicante)"* Revista Española de Micropaleontología. Vol. VIII, núm. 3, Págs. 323-394 (1976).

La zona de Globorotalia Palmerae ha sido encontrada en dos cortes del SE de España. Al Sur de Caravaca (Rincón de Egea) las margas de *G. palmerae* yacen debajo de un horizonte que contiene foraminíferos grandes y pertenecientes a la parte superior de la zona de Nummulites planulatus. Al norte de Agost (Lomas de la Beata) las margas de la zona de *G. palmerae* contienen una fauna rica en Nummulites que habla en favor de la parte más alta de la zona de Nummulites planulatus o de la parte más baja de la zona de Nummulites prelaevigatus. La zona de *G. palmerae* es sincrónica con la parte más alta del Cuisiense inferior y alcanza la base del Cuisiense medio. El nannoplanton calcáreo de la zona de *G. palmerae* pertenece a la zona de Discoaster lodoensis, que tiene una distribución vertical más amplia que la zona de *G. palmerae*.

Describe 21 especies de foraminíferos planctónicos, 17 especies de los géneros Nummulites y Assilina y 22 Cocolithophyceae.

Pseudohastigerina globulosa es una nueva especie de foraminífero planctónico planiespiral que se relaciona con Globigerina (Eoglobigerina) inaequispira a través de formas de transición.

M. CRUSAFONT y J. GIBERT: *Los primeros Multituberculados de España. Nota preliminar.* Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 3, págs. 57-64 (1976).

Dan a conocer los primeros restos de Multituberculados de España, tratándose de la tercera cita de mamíferos secundarios de nuestro país pero la primera vez que se citan animales de la subclase Allotheria. Damos a conocer restos atribuibles a Plagioaulax, Paulchoffatia, Kuehneodon y Bolodon, la mayoría con reservas dado que se trata de piezas aisladas L—.

M.^a L. CASANOVAS CLADELLAS, y SEBASTIÁN CALZADA BADA: *Un fragmento de Teleosáurido en el Dogger de Obón (Teruel).* Acta Geológica Hispánica, t. XI, núm. 3, págs. 71-72 (1976).

Dan a conocer por primera vez la presencia en España de un Teleosáurido, hallado en la región de Obón (Teruel), correspondiente al Jurásico medio.—L.

CRIADEROS

JUAN A. CAMPA-VIÑETA, AURELIO ALVAREZ-PÉREZ, y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Sobre la presencia de una fusión local de sulfuros en mina "Solitaria" (Vall d'Arán, Lérida).* Acta Geológica Hispánica t. XI, núm. 3, páginas 79-83 (1976).

El estudio de la textura de los minerales, así como el de las relaciones mineral-roca, ponen de manifiesto la existencia de una fusión en los sulfuros de mina "Solitaria". El proceso tuvo lugar gracias al aporte de calor durante una fase de intensa milonitización.—L.

AURELIO ALVAREZ-PÉREZ, JUAN A. CAMPA-VIÑETA y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Identificación de diversas fases de metamorfismo regional en las mineralizaciones de Bossost (Vall d'Arán, Lérida).* Acta Geológica Hispánica, T. XI, núm. 3, págs. 84-88 (1976).

El metamorfismo desarrollado en el Pirineo central afecta conjuntamente a los estratos y a las mineralizaciones en ellos englobadas. Realizan un estudio comparativo entre las estructuras metamórficas desarrolladas en la roca y la sucesión de fases metamórficas en las masas mineralizadas.—L.

GEOTECNIA

D. FOURMAINTRAUX: *Influences de la fracturation des massifs rocheux sur les travaux souterrains.* Ann. Soc. Geol. Nord., XCV, 3, 159-170 (1975).

Las discontinuidades afectantes a un macizo rocoso tienen una influencia preponderante sobre el comportamiento mecánico. En los trabajos subterráneos, constituyen un parámetro de la perforabilidad del roquero; sus características geométricas, mecánicas e hidráulicas determinan la estabilidad de la excavación por la naturaleza y dimensiones del sostenimiento necesario.—L. DE A.

P. HABIB: *La rupture des roches et des massifs rocheux dans les travaux de Génie Civil ou Minier.* Ann. Soc. Géol. Nord. XCV 3, 155-157 (1975).

Están unidas esencialmente a la fisuración, la ruptura, la deformabilidad y numerosas propiedades físicas de las rocas y de los macizos rocosos. El juego de las fisuras y su desarrollo antes de la dislocación, condicionan el comportamiento mecánico y la distribución de los esfuerzos. Los ensayos mecánicos permiten establecer la resistencia de las fisuras y precisar su descripción.—L. DE A.

GEOQUIMICA

HUGO B. NICOLLI, HUGO N. LUCERO MICHAUT y MIRTHA A. GAMBA: *Geoquímica del Uranio en el Faldeo Occidental de la Sierra de Comechingones y en el Valle del Río Conlara, Provincia de San Luis. II. Aguas subterráneas y procesos de lixiviación, transporte y precipitación del Uranio.* Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba (Argentina). Tm. 51, entregas 3-4, agosto de 1976, págs. 243-264.

Esta segunda parte del trabajo comprende un estudio geoquímico de las aguas subterráneas del valle Conlara y de los fenómenos ligados a procesos de lixiviación, transporte y precipitación del uranio.

Han caracterizado cuatro facies hidrogeoquímicas sobre un perfil idealizado E-W destacando que los fenómenos que se verifican en la "zona de interfase" (transición entre aguas bicarbonatadas y sulfatadas) permiten suponer precipitaciones de UO_2 .

Sugieren los pasos a seguir por las investigaciones futuras, las cuales debieran orientar un plan de perforaciones que permita verificar la magnitud de los fenómenos descritos y la consecuente localización de minerales de uranio.—L.

HUGO B. NICOLLI, HUGO N. LUCERO MICHAUT y MIRTHA A. GAMBA: *Geoquímica del Uranio en el Faldeo Occidental de la Sierra de Comechingones y en el Valle del Río Conlara, Provincia de San Luis. I. Observaciones Geológico Tectónicas y Distribución del Uranio en Plutonitas y en Aguas de Vertientes y de Corrientes.* Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba (Rep. Argentina). Tm. 51, entregas 3-4, agosto de 1976, págs. 225-242.

Comprende un estudio geológico-tectónico ligado al comportamiento geoquímico del uranio en el faldeo occidental de la Sierra de Comechingones.

El cristalino comprende metamorfitas intruidas por plutonitas sobresaturadas y sus derivaciones esquizolíticas, correspondiente el conjunto a una provincia granfítico-diasquística. Reconoce cuatro secuencias tectónicas alternativamente compresivas y tensionales, encontrándose las dos primeras relacionadas con los principales alineamientos regionales; las restantes son de validez más local y posteriores a las mineralizaciones uraníferas presentes en el área.

La distribución estadística del U presenta un buen ajuste lognormal, con una media aritmética (3,1 ppm) mayor que la mediana y la moda (2,7 ppm). El U lixiviable en medio ácido y alcalino revela valores muy bajos (0,7 y 0,6 ppm, respectivamente). En el área de A^o del Tala, el valor medio y la mediana estimada en las aguas de vertientes son muy similares a los de las aguas corrientes, siendo el ajuste también lognormal.

El estudio de los fenómenos conexos a las variaciones de la razón FeO/Fe_2O_3 , así como las alteraciones observadas en las plutonitas, revelan la acción de aguas alcalinas carbonatadas en relación con los fenómenos de lixiviación.—L.

MINERALURGIA

G. BARBERY: *La mineralurgie dans le développement d'un projet minier.* Bull. B. R. G. M. Sec. 2.^a, núm. 5, páginas 497-504 (1976).

Comienza definiendo el objeto de la mineralurgia como el tratamiento de los minerales con el fin de extraer en condiciones económicas dadas y en un lugar donde convenga preservar el ambiente, producto de consumo primario útiles de posible venta con beneficio.

Considera los apartados siguientes: Mineral, contexto, económico, ecología del lugar, condiciones de venta de los productos. Dedicó otros capítulos a: la metodología de la mineralurgia y la investigación mineralúrgica, la contribución de la mineralurgia al desarrollo de un proyecto minero.—L. DE A.

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.
		10/9	Riaza.
8/12	Arenas de San Pedro.	10/10	Torrelaguna.
		10/11	Madrid.
8/13	Talavera de la Reina.	10/12	Getafe.
		10/13	Mora.
9/10	Segovia.	11/9	Sigüenza.
9/11	San Lorenzo del Escorial.	11/10	Brihuega.
		11/11	Guadalajara.
9/12	Navalcarnero.	11/12	Tarancón.

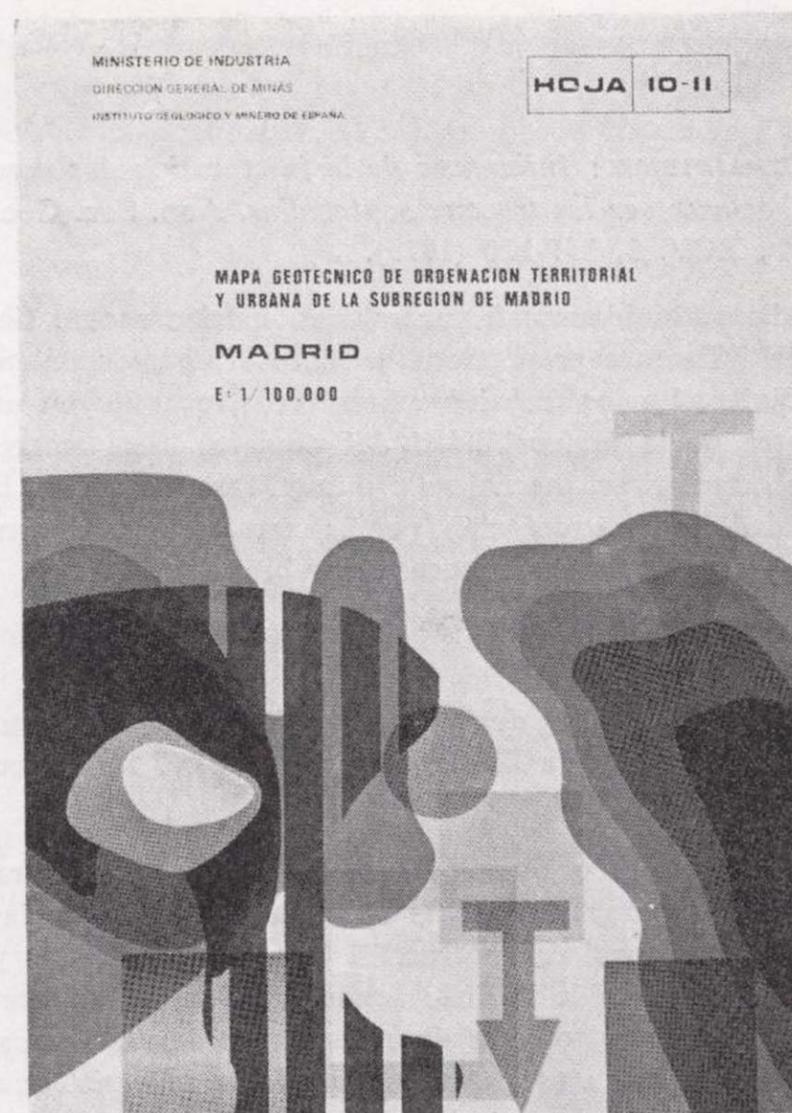
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

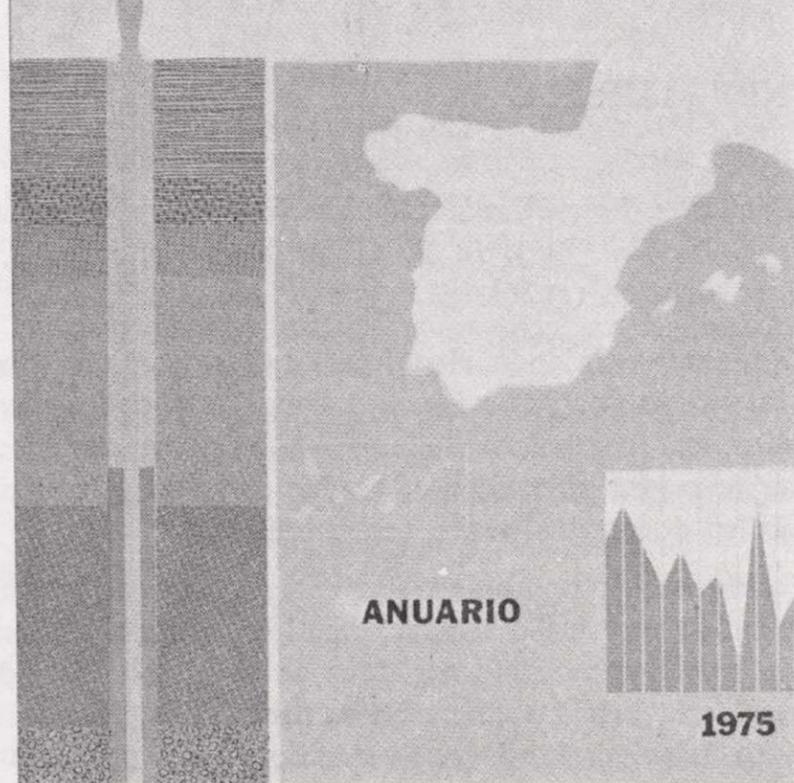
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 4



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.

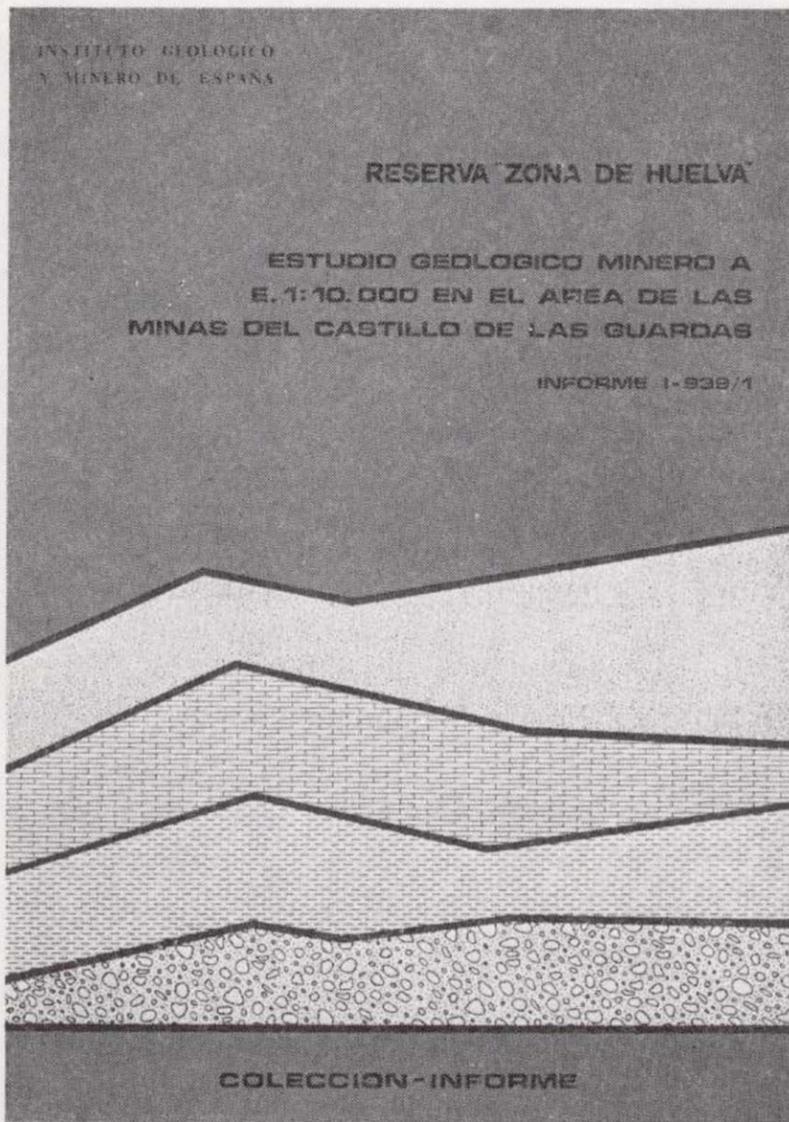
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

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.

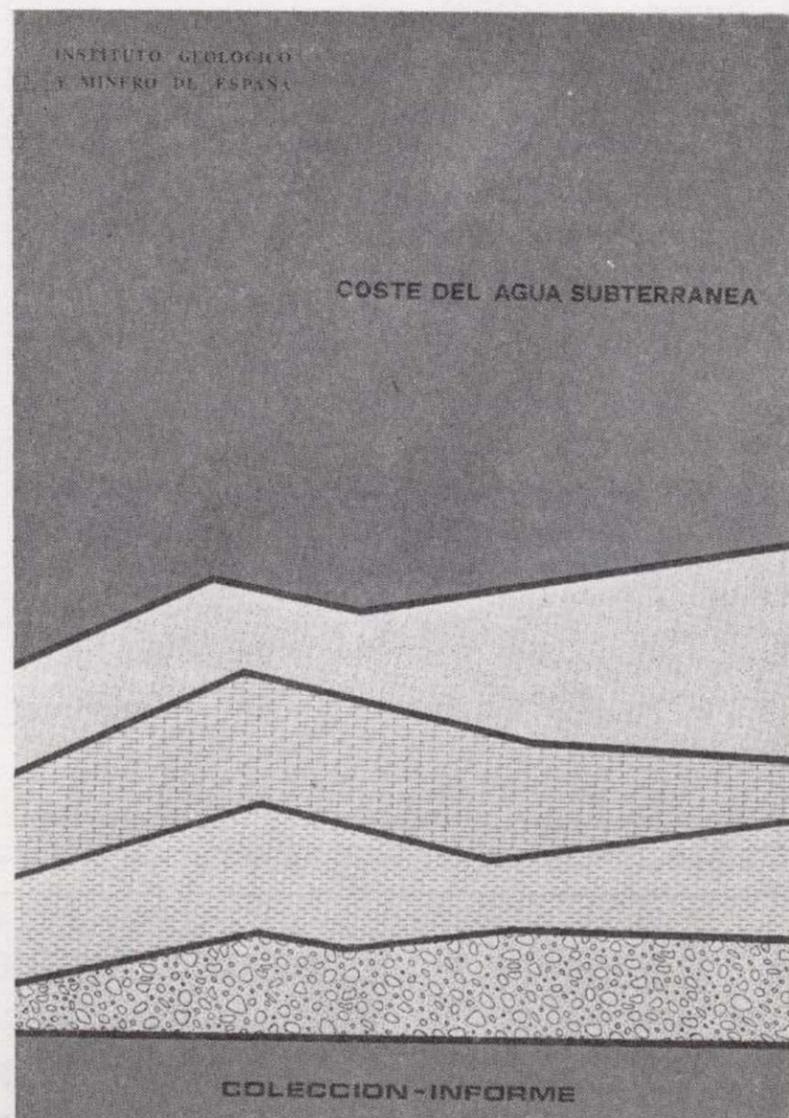
Precio de cada ejemplar, 300 pts.

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





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.)

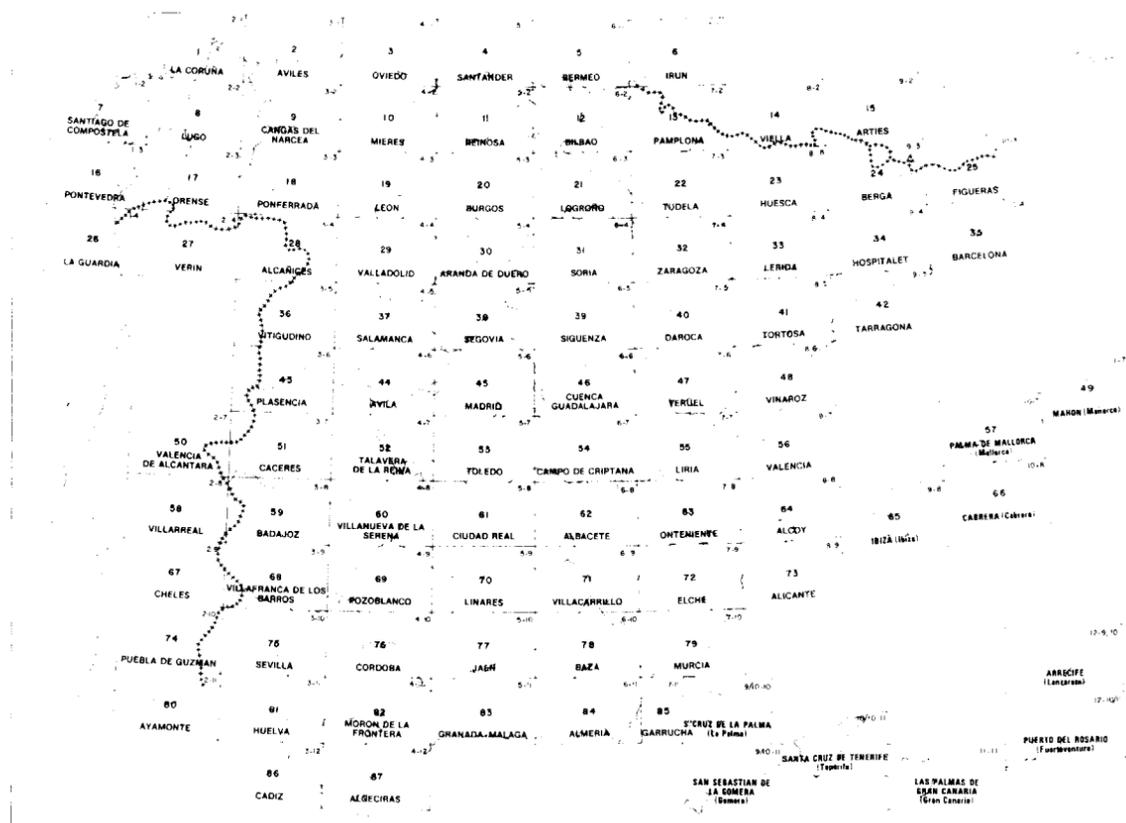
Geotécnico General:

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. Cariño.	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. Espuga de Francolí.	851. Rabito.
14. Gijón.	418. Montblanch.	852. Villanueva del Fresno.
15. Lastres.	419. Villafranca del Panadés.	884. La Carlina.
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. Cieza.
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. Villacarrilic.
35. Santander.	546. Uldecona.	908. Santiago de la Espada.
37. Algorta.	547. Alcanar.	910. Caravaca.
38. Bermeo.	570. Albocácer.	911. Cehégín.
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 Trassiera.
61. Bilbao.	594. Alcalá de Chisvert.	923. Córdoba.
62. Durango.	607. Tarancón.	924. Bujalance.
63. Eibar.	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. Mendizábar.	637. Landete.	944. Espejo.
97. Guntin.	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. Singües.	663. Valera de Abajo.	965. Ecija.
187. Orense.	664. Engüdanos.	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 Beal.
225. Ribadavia.	669. Moncofar.	983. Sanlúcar la Mayor.
226. Allariz.	690. Santa María del Campo Rus.	984. Sevilla.
236. Estudillo.	691. Motilla del Palancar.	997. Aguilas.
237. Castrogeriz.	693. Utiel.	997 bis. Cope.
245. Sádaba.	694. Chulilla.	999. Huelva.
263. Celanova.	696. Burjasot.	1.000. Moguer.
264. Ginzo de Limia.	719. Venta del Moro.	1.013. Macael.
274. Torquemada.	720. Requena.	1.014. Vera.
301. Lovos.	722. Valencia.	1.015. Garrucha.
302. Baltar.	761. Llanos del Caudillo.	1.016. Los Caños.
329. Pons.	763. Sotúlamos.	1.017. El Abalarío.
330. Cardona.	788. El Bonillo.	1.018. El Rocío.
331. Puñregil.	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. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38-1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39-1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40-1933. **J. García Siférez**. 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 Siférez**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56-1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60-1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61-1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62-1961. **Febrel Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64-1963. **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 piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (*)-1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (*)-1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80-1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (*)-1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (*)-1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (*)-1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (*)-1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86-1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87-1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Trías 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 Nijar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Area 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 Area de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Area 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, Area I, MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- 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. Volframio.
- 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 Silíceoaluminosas.
- 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 GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3

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.
- Rotoperusión 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.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)