

En este número:

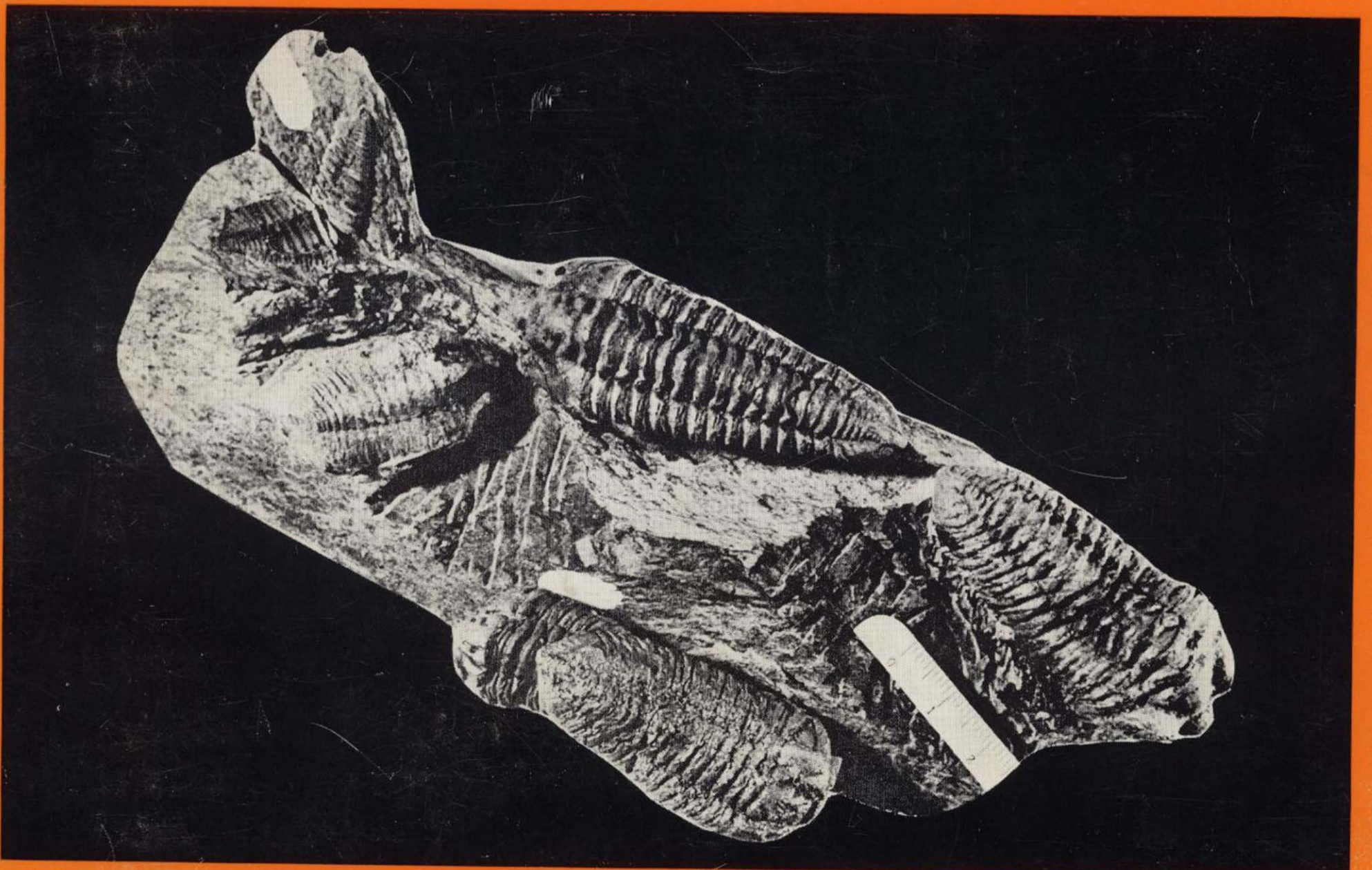
- Estudio geológico en el sector de Carche-Salinas. Zona prebética (provincias de Murcia y Alicante).
- Datación mediante Cloro-36 de aguas subterráneas en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid (Nota preliminar).
- Determinación de ciclos geomorfológicos mediante análisis estadístico. Aplicación a la zona de Don Benito (Badajoz).
- Mineralogía y mineralogénesis de los depósitos de talco de la Serranía de Ronda (Málaga). Parte II. Mineralogía.
- Las rocas plutónicas de Colmenar Viejo (Madrid).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCI - Cuarto Fascículo. Julio-Agosto 1980

boletín geológico y minero

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 gavala"
carretera de andalucia, 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

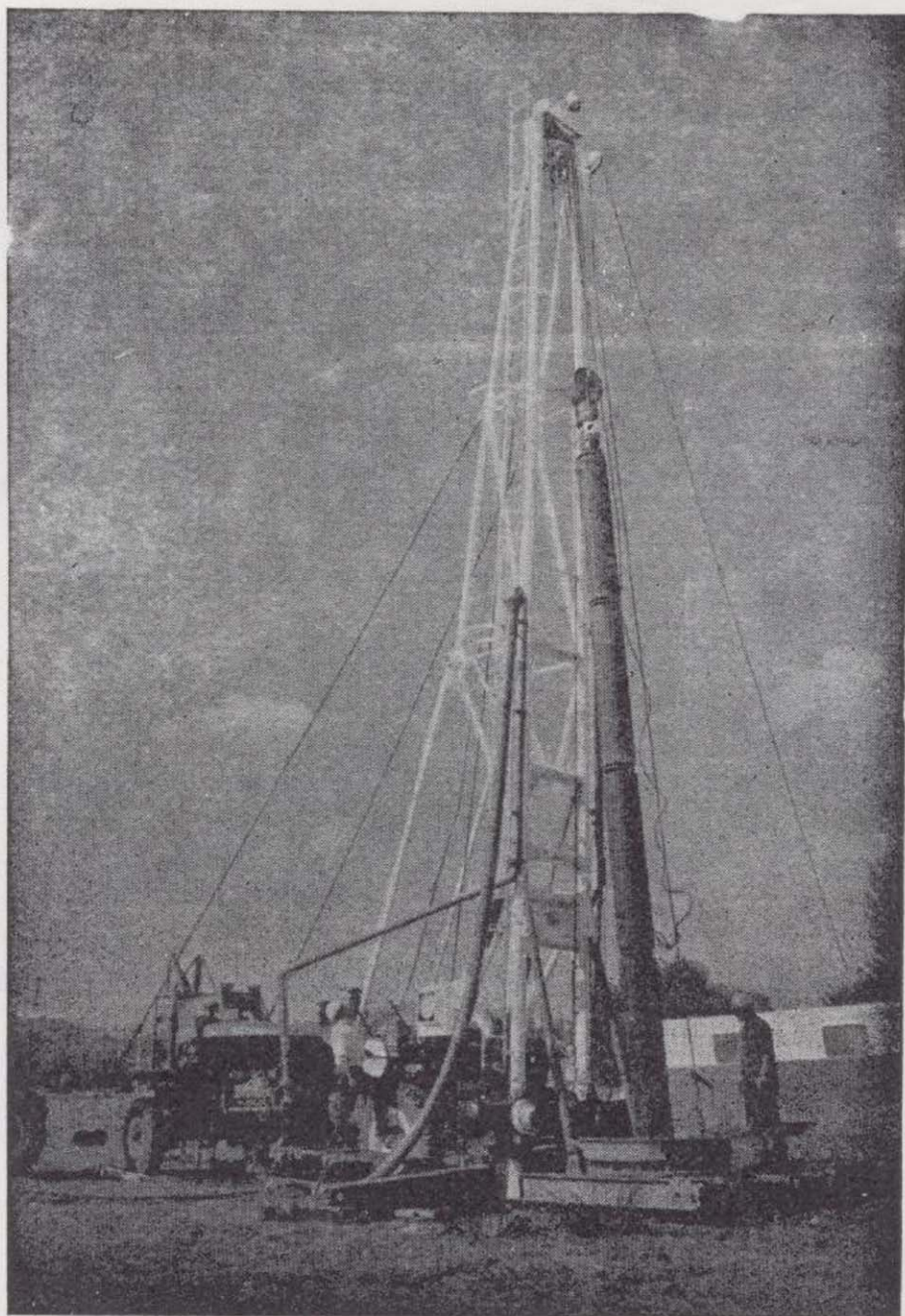
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

Sacamuestras especiales a percusión.

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

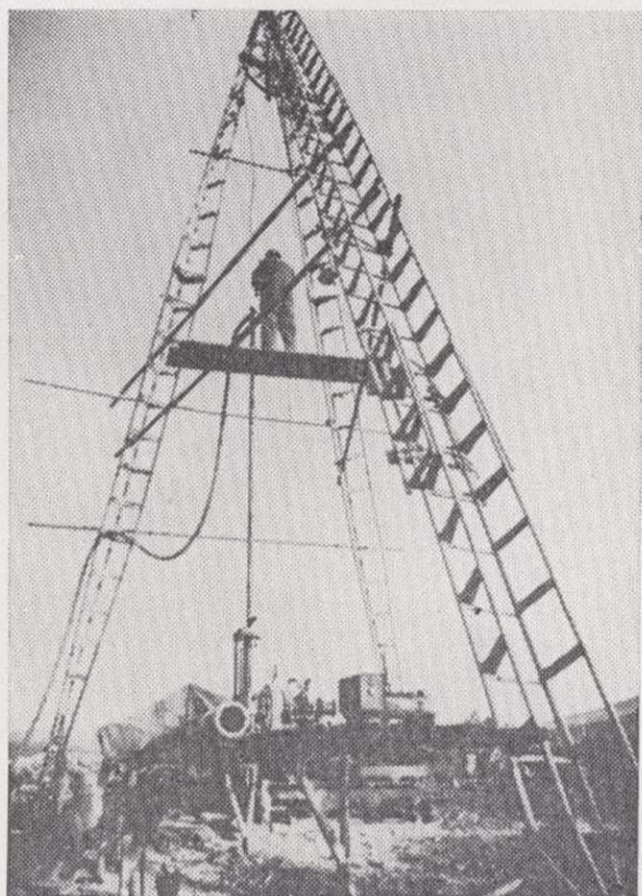
Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

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

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

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

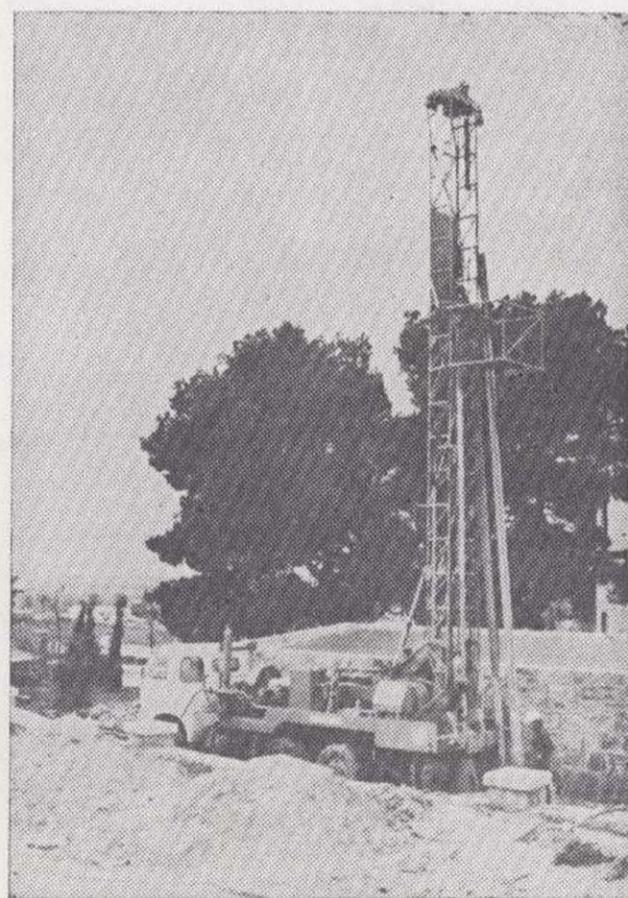
Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación.

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

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

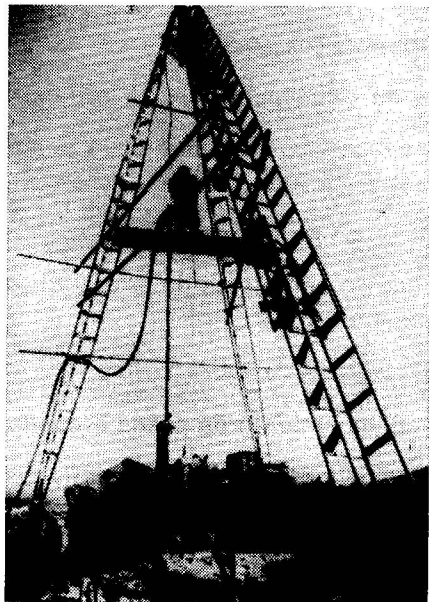


**LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07-MADRID-6**

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación



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



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

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



GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

TODA LA RIQUEZA MINERA EN SUS MANOS MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA

Serie de 93 hojas con memoria descriptiva



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Doctor Fleming, 7, Madrid-16

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

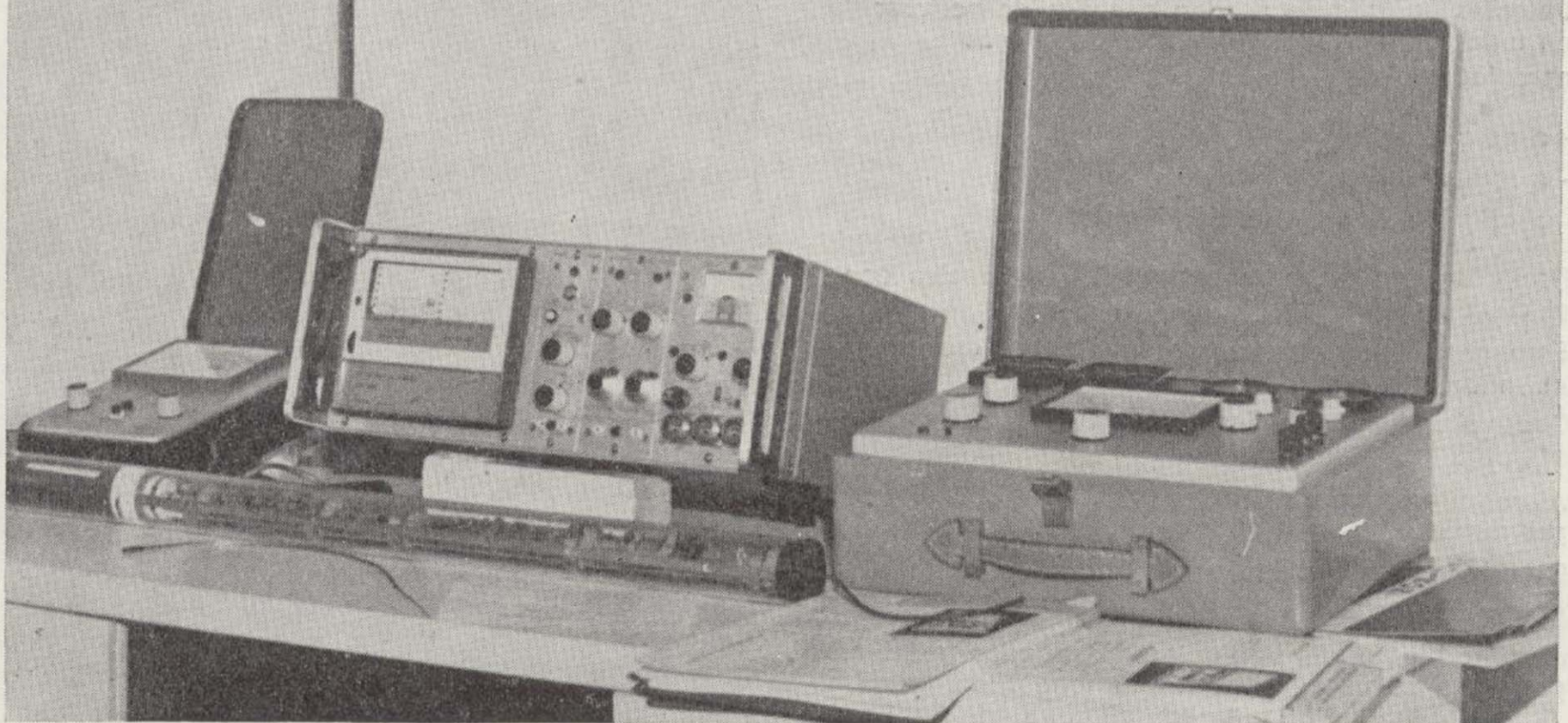
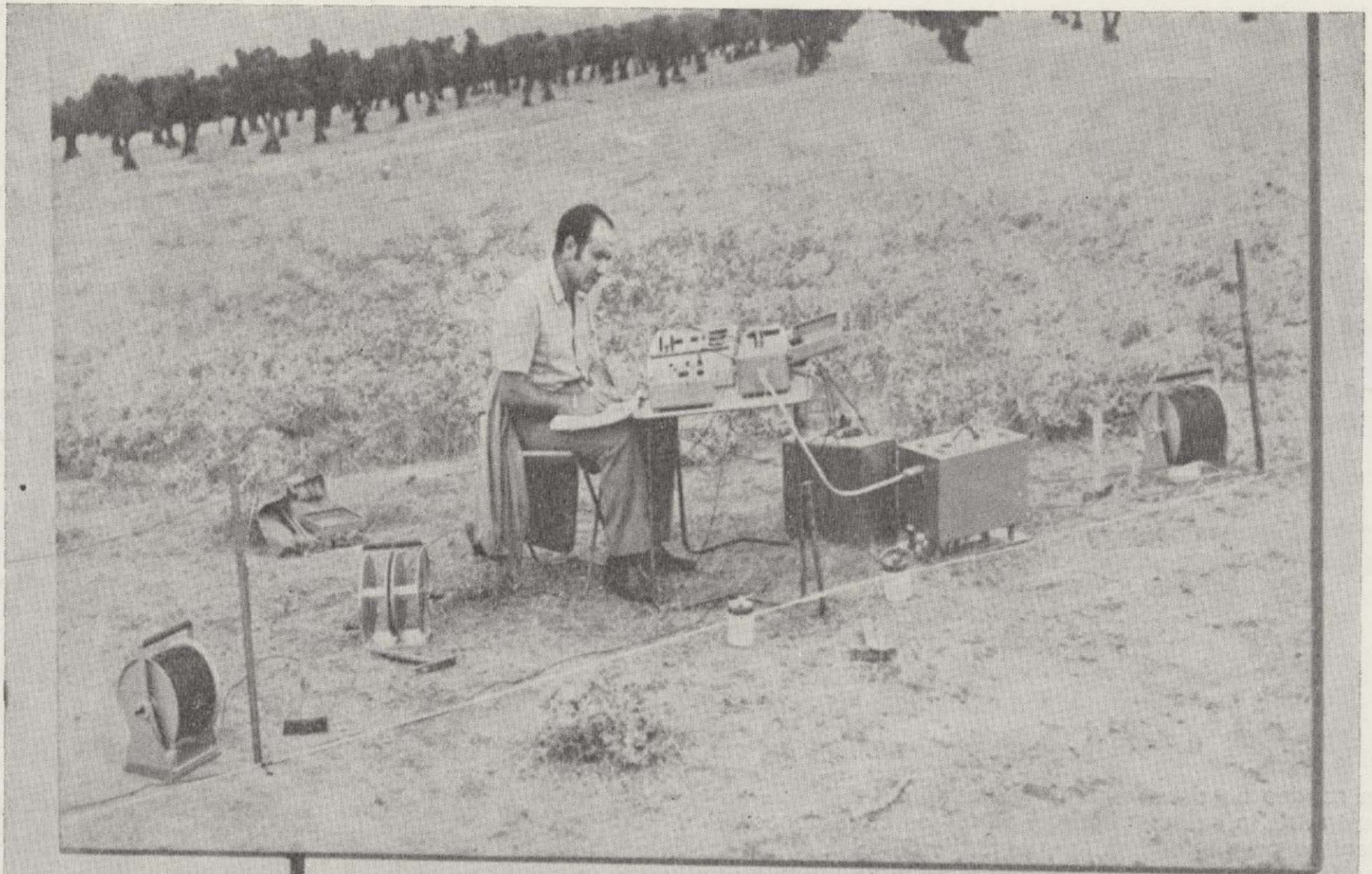
Ríos Rosas, 23, Madrid-3



GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

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



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN
A.C. Y D.C.

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

ECONOMIA INDUSTRIAL

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

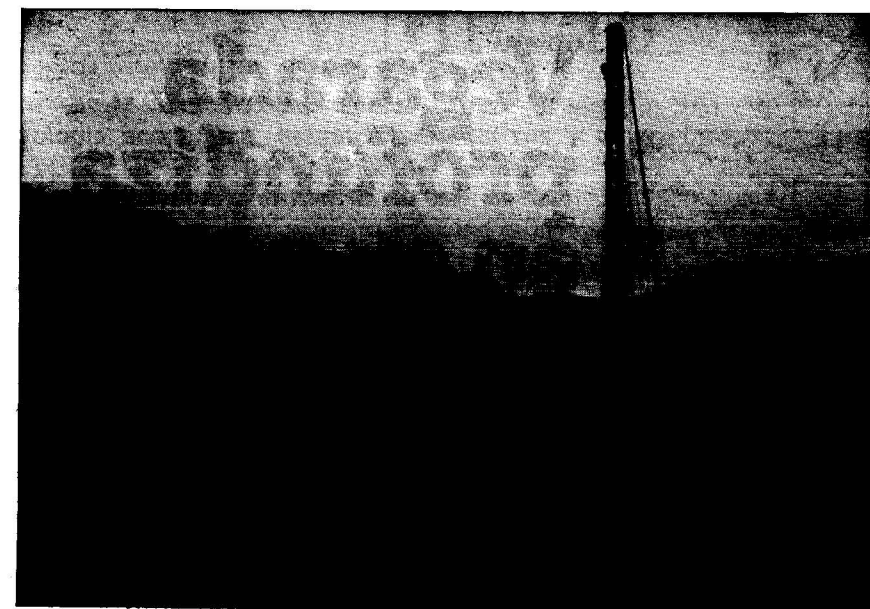
- *llega a todos los industriales españoles*
- *interesa a todos los industriales españoles*

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

ECONOMIA INDUSTRIAL

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

RODES-SONDEOS, S. L.



SONDEOS PARA

**CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, INVESTIGACIONES GEOLOGI-
CAS Y ELIMINACION DE AGUAS RESIDUALES.**

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.

**EQUIPOS DE PERFORACION A PERCUSION Y ROTACION PARA PROFUN-
DIDADES HASTA 1.400 METROS.**



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

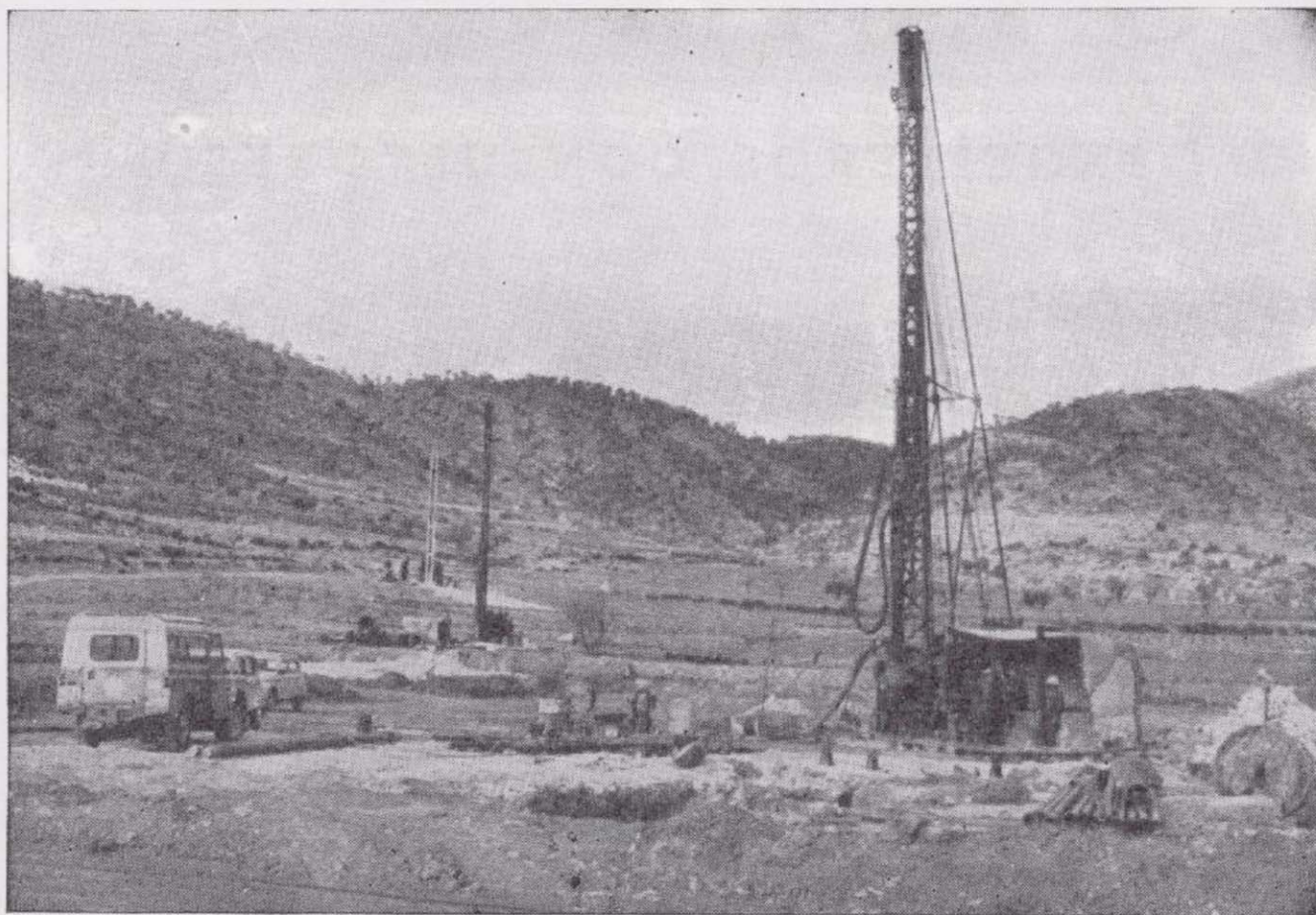


RODES-SONDEOS, S. L.

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 80 09 83

VILLENA (Alicante)

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

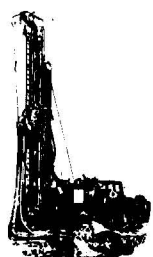
Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)



Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

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



Vegarada

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



Pb-10

Tomo 91
Fascículo IV
Julio - Agosto 1980

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, L. F. GRANADOS Y GRANADOS, J. L. SAAVEDRA GARCÍA y A. GONZÁLEZ ASENSIO: Estudio geológico en el sector de Carche-Salinas. Zona prebética (provincias de Murcia y Alicante)	1
Aguas Subterráneas	F. LÓPEZ VERA: Datación mediante Cloro-36 de aguas subterráneas en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid (Nota preliminar)	23
Geomatemática	F. RECREO, R. SOLA y J. TENA: Determinación de ciclos geomorfológicos mediante análisis estadístico. Aplicación a la zona de Don Benito (Badajoz)	32
Estudio de minerales y rocas	M. RODAS, E. GALAN y A. LA IGLESIA: Mineralogía y mineralogénesis de los depósitos de talco de la Serranía de Ronda (Málaga). Parte II. Mineralogía	42
	G. OCHOA RUIZ DE ZUAZO: Las rocas plutónicas de Colmenar Viejo (Madrid)	60
Información	Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	75

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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

Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Placa con 5-6 ejemplares de Calymenaceos del Ordovícico Medio
de Ventas con Peñaaguilera (Toledo).

Por M.ª Dolores Gil Cid

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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



Estudio geológico en el sector de Carche-Salinas. Zona prebética (Provincias de Murcia y Alicante)

Por T. RODRIGUEZ ESTRELLA (*), L. F. GRANADOS Y GRANADOS (**), J. L. SAAVEDRA
GARCIA y A. GONZALEZ ASENSIO (***)

RESUMEN

Se estudian diecisiete columnas estratigráficas (de las cuales once corresponden a sondeos mecánicos y las seis restantes a cortes en superficie), en el sector de Carche-Salinas. Gracias a los valiosísimos datos de profundidad, se han podido detectar importantes cambios estratigráficos en un corto espacio y, sobre todo, a nivel del Cretácico, bajo los materiales de relleno mio-plio-cuaternarios, que ocupan las depresiones situadas al sur de las sierras.

Es en este sector, dentro del Prebético Meridional oriental, donde se ha producido uno de los mayores acortamientos en la cobertera, observándose cabalgamientos cuyos desplazamientos hacia el Norte superan los 20 Km. Estos desplazamientos han debido verse acentuados en parte por la acción de fallas de desgarre importantes, de hasta 8 Km de movimiento entre sus bloques.

El Triás ha jugado un papel primordial en la estructuración del sector, dando lugar a direcciones aberrantes en los pliegues, deslizamientos gravitacionales, etc.

RESUME

On a étudié dix-sept colonnes stratigraphiques (dont onze se correspondent à des sondages mécaniques et les six restantes à des coupes en surface) au secteur de Carche-Salinas. Grâce aux précieuses données de profondeur, nous avons pu détecter d'importants changements stratigraphiques sur une petite distance et surtout au niveau du Crétacé, au dessous des matériaux de remplissage mio-plio-quadernaires, qui occupent les dépressions au sud des chaînes de montagnes.

C'est à cet endroit, au Prébétique Méridional Oriental, que s'est produit un des plus grands raccourcissements sur la surface; montrant, par ailleurs, chevauchements, dont les déplacements vers le Nord dépassent les 20 Km. Ces déplacements ont dû se trouver accentués, en partie, par l'action d'importantes failles de cisaillement, jusqu'à huit kilomètres de mouvement entre leurs blocs.

Le Triasique a joué un rôle principal dans la structuration de la région, donnant lieu à des directions aberrantes dans les plis, des glissements gravitationnels, etc.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo es el resultado de una parte de los estudios geológicos que se llevan a cabo para el «Estudio Hidrogeológico del Bajo Segura», que se realiza dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas y que es desarrollado por el Instituto Geológico y Minero de España y el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, actuando ENADIMSA como empresa colaboradora. Para la confección del mis-

mo ha sido de gran interés la utilización de los datos de sondeos que el IRYDA ha realizado en la zona, ya que éstos permiten obtener información inasequible en superficie. La difusión de estos datos es una motivación más de este trabajo, y en ello se centra la colaboración de los responsables de la interpretación de dichos sondeos.

El sector de Carche-Salinas se encuentra enclavado, desde un punto de vista geológico regional, en el marco de las cordilleras Béticas y, dentro de éstas, en la Zona Prebética.

Como es sabido, la Prebética puede subdivi-

(*) Doctor en Ciencias Geológicas. ENADIMSA.

(**) Ldo. en C. Geológicas. ENADIMSA.

(***) Dr. y Ldo. en C. Geológicas. IGME.



MAPA HIDROGEOLOGICO
Plano núm 1

signos

- ANTICLINAL
- SINCLINAL
- FALLA
- SUPUESTA
- CON INDICACION DE HUNDIMIENTO
- DE DESGARRE
- CABALGAMIENTO
- SUPUESTO
- CORRIMIENTO SUBBETICO
- CONTACTO ESTRATIGRAFICO EN GENERAL (A VECES MECANICO)
- LIMITE DE PROVINCIA
- CUENCA HIDROGRAFICA
- SUBCUENCA
- DIVISION HOJA 1/50.000 CON SU NUMERO

LEYENDA

CUATERNARIO		CONGLOMERADOS, GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS
PLIOCENO		ARENISCAS
		MARGAS
MIOCENO		CALIZAS CALIZAS ARENOSAS ARENISCAS CONGLOMERADOS Y ARENISCAS
		MARGAS
OLIGOCENO		CALIZAS
EOCENO		MARGAS
		MARGAS Y MARGOCALIZAS CALIZAS, A VECES ARENOSAS
CRETACICO	SUPERIOR	MARGAS, ARENAS Y ARENISCAS
	INFERIOR	DOLOMIAS CALIZAS CALIZAS MARGOSAS MARGAS Y MARGOCALIZAS CALIZAS MARGO-ARENOSAS
JURASICO	SUPERIOR	MARGAS Y ARENAS
	INFERIOR	MARGAS Y ARENAS ARENISCAS MARGOCALIZAS Y MARGAS
TRIASICO		DOLOMIAS, CALIZAS Y MARGOCALIZAS CALIZAS DOLOMIAS
		ARCILLAS, MARGAS Y YESOS

dirse, estratigráfica y tectónicamente, en tres dominios que, de Norte a Sur, son: Externo, Interno y Meridional o de Alicante. Pues bien, afinando aún más la situación geológica, el sector de Carche-Salinas se ubica dentro del Prebético Meridional, cuyos límites ya fueron establecidos por uno de nosotros (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1977).

A diferencia del Prebético Interno, que se caracteriza por su constancia estratigráfica, de unos puntos a otros, el Prebético Meridional presenta fuertes cambios de facies y de potencia, a veces incluso en distancias relativamente cortas.

En general, se puede decir que el Prebético Meridional presenta unas características litológicas intermedias entre las que definen al Prebético Interno (al Norte) y al Subbético Externo (al Sur), encontrándonos, cuanto más al Sur nos situemos, con materiales más margosos y más marinos.

permeabilidades

DOLOMIAS		MUY PERMEABLE
		PERMEABLE O SEMIPERMEABLE
CALIZAS		MUY PERMEABLE
		PERMEABLE O SEMIPERMEABLE
TERRENOS NO CONSOLIDADOS O ARENISCAS		MUY PERMEABLE
		PERMEABLE O SEMIPERMEABLE
		TERRENOS NO PERMEABLES

2. ESTRATIGRAFIA

2.1. DESCRIPCION DE LAS SERIES

Como consecuencia de lo dicho anteriormente, no podemos hablar de una serie-tipo representativa del sector de Carche-Salinas, sino que van a existir diferencias estratigráficas importantes de Norte a Sur (condicionadas por fallas paleogeográficas profundas, como más adelante veremos), y otras, menos notables, de Este a Oeste (motivadas generalmente por fallas de desgarre).

Vamos, a continuación, a describir las series levantadas en superficie, así como las columnas de los sondeos más interesantes, existentes dentro de este sector.

Corte de la SIERRA DEL CARCHE (T. RODRÍGUEZ y L. GRANADOS)

De muro a techo:

- 100 m. Arenas, areniscas y arcillas versicolores. *Spitidiscus aff intermedius*. Facies «Weald». BARREMIENSE.
- 300 m. Calizas (micríticas, calcareníticas, oolíticas y pararecificales), margocalizas, arcillas, arenas y dolomías en la base y techo. *Orbitolina texana parva* DOUGLAS, Rudistas, Miliólidos, Gasterópodos, Corales, Briozoos. APTIENSE.
- 200 m. Arenas, arcillas versicolores y algunas pasadas de calizas y dolomías en la parte alta. *Orbitolinas*, Rudistas, Miliólidos, *Sabaudia minuta* (HOFKER), *Cuneolina gr. pavonia parva* D'ORBIGNY, *Neorbitolinopsis aff. conulus* (DOUVILLE), *Hensonina lenticularis* (Henson). APTIENSE SUP.-ALBIENSE. Facies «Utrillas».
- 350 m. Dolomías masivas gris oscuro. Hacia la base existe una zona sin dolomitizar de calizas blancas con Miliólidos. CENOMANIENSE?
- 130 m. Calizas, margocalizas y margas, que de muro a techo se puede distinguir:

50 m. Calizas subnodulosas y margocalizas.

50 m. Calizas grises micríticas.

30 m. Margocalizas y margas.

La fauna encontrada ha sido de *Globotruncana elevata* (BROTZEN), *Gl. stuartiformis* DALBIEZ, *Gl. lapparenti* BOLLI, *Gl. fornicata* PLUMMER, *Gl. bulloides* VOGLER, *Gl. calcata* CUSHMAN, *Heterohelix globulosa* EHREMBERG, *Pseudotextularia elegans* (RZEHA), *Stomiosphaera* y *Rugoglobigerina*. CAMPANIENSE SUP.-MAESTRICHTIENSE.

- 70 m. Calcarenitas algo dolomitizadas. Equínidos, *Discocyclina*, Rotálidos, *Ranikotalia*, *Distichoplax biserialis* (DIETRICH), *Cuvillerina*. PALEOCENO.
- 250 m. Margas verdes y, hacia el techo, arenas y areniscas. Radiolarios, *Bulimina*, *Truncorotaliodes*, *Globigerina*. EOCENO.
- 275 m. Calizas pararecificales blancas muy recristalizadas y hacia el techo margas y calcarenitas (25 m). Alveolinas, *Eurupertia*, *Nummulites*, *Asterocyclina*, *Discocyclina*, *Globigerinas*, Rotálidos, *Melobesias*, *Epilithon*, *Sphaerogypsina*, Miliólidos y Briozoos. EOCENO.
- 200 m. Margas salmón, conglomerados y algún banco de brechas calizas con abundantes *Nummulites* resedimentados. OLIGOCENO?
- 300 m. Margocalizas detríticas. MIOCENO. Margas azuladas con espesores variables, del MIOCENO, que constituyen el relleno de la depresión del Sur de la Sierra del Carche. «Tap».

Corte de la SIERRA DEL SERRAL (AZEMA, 1972)

De mucho a techo:

- Arenas, ALBIENSE SUPERIOR?

- 10 m. de dolomías marrón rojizas con fantasmas de *Orbitolinas*. VRACONIENSE?
- 150 m. de dolomías masivas. CENOMANIENSE?
- 25 m. Calizas dolomíticas y calizas rosadas con *Pithonellas*. SENONIENSE SUPERIOR.

Sondeo de CASA VALDES IV (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- 100 m. Conglomerados de cantos heterométricos calizos y dolomíticos con matriz margo-arenosa. PLIO-CUATERNARIO?
- 34 m. Calizas arenosas con intercalaciones margosas hacia la base. *Lamelibranchios*, *Equinodermos*, *Neorbitolinopsis conulus* (DOUVILLE), *Glomospira*. ALBIENSE SUP.
- 43 m. Margas arenosas; arenas amarillentas y alguna intercalación de calcarenitas. *Orbitolina texana aperta* (ERMAN), *Neorbitolinopsis conulus* (DOUVILLE), *Haplophragmium*, *Arenobulimina*, *Pseudocyclammina rugosa* (D'ORBIGNY), *Daxia cenomana* CUVILLIER y SZAKALL, Ostrácodos, *Equinodermos*, *Sérpula*, *Trochammina*. ALBIENSE SUPERIOR. Facies «Utrillas».
- 126 m. Calcarenitas organógenas beige con intercalaciones de margas arenosas, arenas y margocalizas, hacia el techo, y en el resto del tramo con calizas micríticas blanquecinas. *Quinqueloculina*, *Ophthalmídeos*, *Sabaudia minuta* (HOFKER), Ostrácodos, *Barkerina*, Miliólidos, *Lamelibranchios*, Gasterópodos, *Orbitolina s. p.*, *Neorbitolinopsis conulus* (DOUVILLE), *Glomospira*, Corales, *Equinodermos*. APTIENSE-ALBIENSE.

- 48 m. Margas grises arenosas, arenas y algunas pasadas de areniscas. *Lamelibranchios*, *Equinodermos*, *Marssonella*, *Epistomina*, *Neotrocholina friburgensis* GUILLAUME y REICHEL, *Lenticulina*, Facies «Weald». BARREMIENSE.

Corte de la SIERRA DE SALINAS (AZEMA, 1972)

De muro a techo:

- 50 m. Margocalizas ligeramente areniscas y margas arenosas amarillentas. *Calpionella elliptica* (CADISCH), *Tintinopsella carpathica* (MURG. y FIL.), *Remaniella dadayi* (KNAUER). BERRIASIENSE. Facies «Weald».
- 150 m. Arenas y areniscas amarillo-anaranjadas y niveles de arcillas versicolores. Braquiópodos, *Lamelibranchios* y Políperos. Facies «Weald». NEOCOMIENSE-BARREMIENSE?
- 120 m. Calizas con *Orbitolinas* y Rudistas (*Toucasia*), dolomías listeadas, arenas, areniscas y margas. Miliólidos, Lituólidos, Ostrácodos, *Ammobaculites*, *Atopochara trivolvis* (PECK), *Pseudochoffatella cuvillieri* (DELOFFRE) y *Sabaudia minuta* (HOFKER). BARREMIENSE-APTIENSE.
- 150 m. Areniscas y arenas amarillo-rojizas con intercalaciones de calizas de color gris a marrón rojizo.

Hacia el techo, las calizas se van haciendo dolomíticas y finalmente pasan a dolomías. Rudistas (*Polyconites*, *Toucasia* y *Monopleura*), *Nerineas* y Políperos, *Cuneolina*, *Marinella*, c. f. *lugeoni* PFENDER, *Pseudocyclammina gr. hedbergi* (MAYNC) y *Neorbitolinopsis conulus* (DOUVILLE). APTIENSE SUP.-ALBIENSE. «Utrillas».

- 300 m. Dolomías masivas gris-oscuro. CENOMANIENSE?

- 10 m. Calizas masivas blancas. Orbitolina c. f. concava (LAMARCK), Prealveolina. CENOMANIENSE MEDIO.
- 15 m. Calizas margosas, parcialmente dolomitizadas, en pequeños bancos y margocalizas ricas en Inoceramus. Las calizas dolomitizadas han arrojado una fauna de Rotálidos, Lituólidos, Lagénidos y Globotruncana gr. stuarti (DE LAPPARENT). CAMPANIENSE SUP.-MAESTRICHTIENSE.
- 10 m. Calizas margosas blancas y margas rosadas. Gumbelinas. Globotruncanas. CAMPANIENSE - MAESTRICHTIENSE.

Sondeo de LA BOQUERA (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

(Las potencias que expresamos a continuación son las verdaderas; en el sondeo se cortaron, debido al buzamiento, justo el doble de serie.)

De techo a muro:

- 34 m. Calizas blancas, algo rosadas o beige, con «cailloux noirs», Equinodermos, Lamelibranquios, Miliólidos, Pithonella sphaerica (KAUFFMANN). SENONIENSE INFERIOR?
- 36 m. Dolomías grises, TURONIENSE?
- 55,5 m. Dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas. Existe una intercalación dura de 12,5 m de dolomías grises. CENOMANIENSE SUPERIOR?
- 74 m. Dolomías grises a gris marrones. CENOMANIENSE INFERIOR MEDIO?

Sondeo de EL PUERTO (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

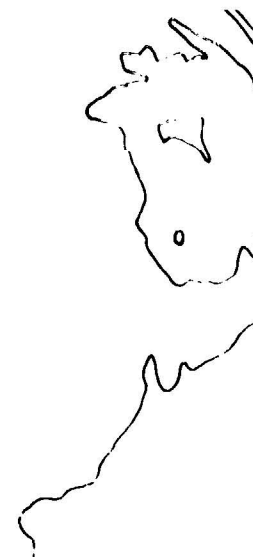
- 26 m. Arcillas y gravas. PLIO-CUATERNARIO?

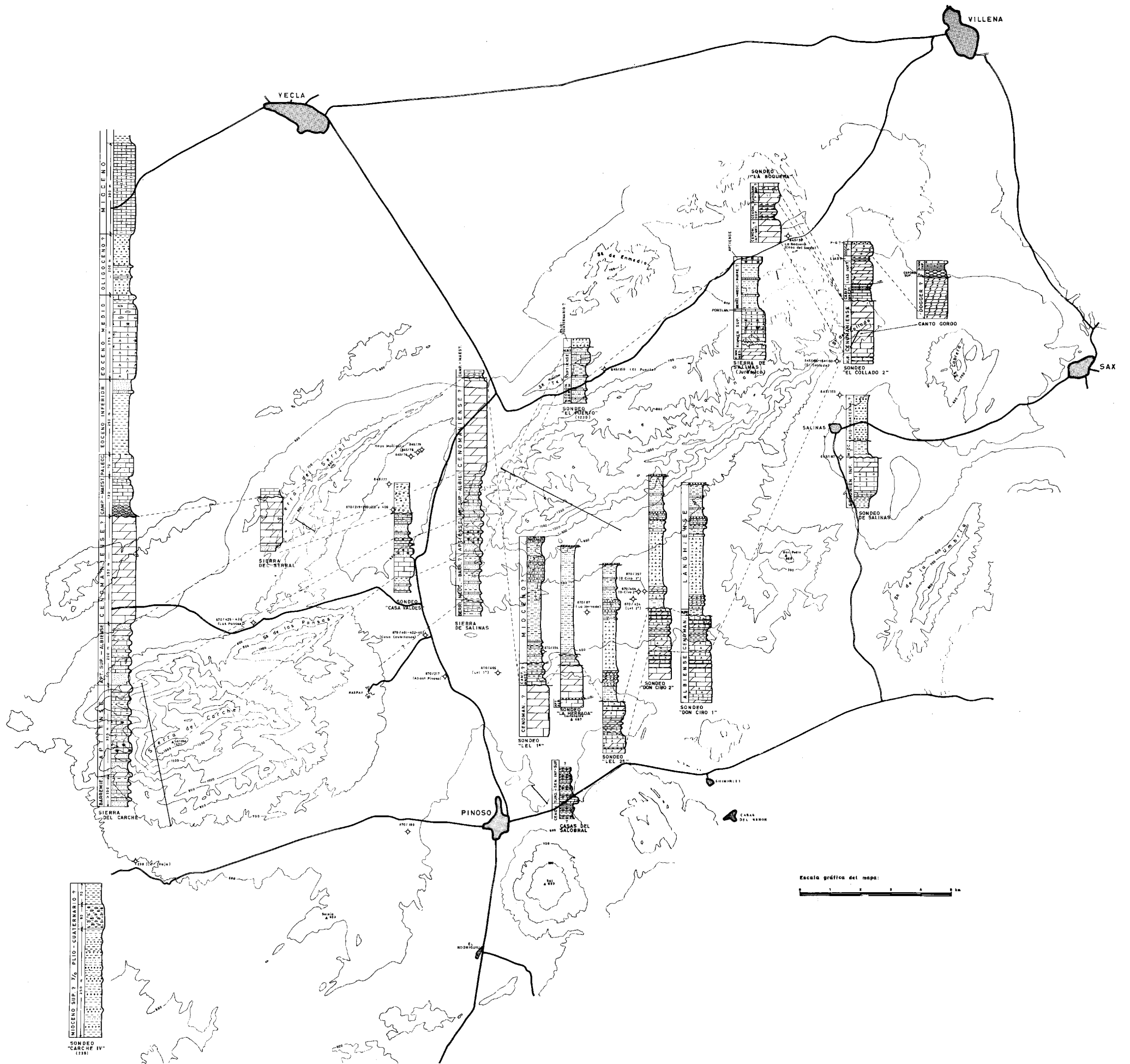
- 17 m. Arenas amarillentas y margas. Facies «Utrillas». ALBIENSE?
- 37 m. Calizas arenosas amarillentas. Sabaudia minuta (HOFKER), Coskinolina, Ostrácodos, espículas, Glomospira, Orbitolina gr. lenticulares (BLUMENBACH), Acicularia. APTIENSE?
- 37 m. Margas arenosas gris-amarillentas. APTIENSE?
- 7 m. Calizas arenosas gris-amarillentas. APTIENSE?
- 87 m. Margas arenosas y arenas con restos de carbón, pirita, mica y abundante cuarzo. Alguna intercalación de calizas margo-arenosas. Lamelibranquios, Miliólidos, Halimeda, Acicularia, Trochammina. Ostrácodos. Facies «Weald». NEOCOMIENSE-BARREMIENSE?

Sondeo de EL COLLADO 2.º (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- 10 m. Conglomerado de cantos heterométricos y poligénico con matriz arcillosa color crema. PLIO-CUATERNARIO?
- 41 m. Dolomías de romboedros y dolomías calcáreas beige. DOGGER?
- 18 m. Dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas. LIAS?
- 74 m. Dolomías microcristalinas blancogrisáceas, con moldes de Lamelibranquios y sombras de pisolitos, en el techo, y calizas dolomíticas recristalizadas marrón-rojizas, hacia la base. LIAS INFERIOR?
- 2 m. Brecha tectónica de cantos poligénicos con matriz arcillosa rojiza. TRIAS? (Base de la suela deslizada) Falla.
- 55 m. Calizas blanco rosadas, algo dolomitizadas hacia la base (35 m) y mar-





gocalizas hacia el techo de la serie. *Pithonella sphaerica* (KAUFFMANN), *Pithonella ovalis* (KAUFFMANN), *Ostrácodos*, *Discórbidos* y *Equínidos*. SENONIENSE SUPERIOR?

- 170 m. Dolomías y calizas dolomitizadas grises-beige. En los bancos más calcáreos se ha encontrado fauna de *Orbitolinas* y *Dicyclinas*. CENOMANIENSE?
- 38 m. Calizas dolomíticas que hacia la base se hacen más calcáreas, y existen ya algunas finas pasadas margosas. *Equínidos*, *Iraqia* o *Neorbitolinopsis*, *Textularia*. ALBIENSE?

Corte del Canto GORDO (SE de la Srra. de Salinas) (AZEMA, 1975)

De muro a techo:

- 130 m. Dolomías masivas grises-beige más o menos fracturadas, con romboedros (esta potencia la hemos deducido mediante sondeos). DOGGER?
- 10 m. Calizas oolíticas grises, en bancos masivos, ricas en restos de *Equinodermos* y *Moluscos*, así como raras *Trocholinas*. DOGGER? Hacia el techo existe un «hard ground» de aproximadamente 1 m de espesor con restos de *Moluscos*, *Equinodermos*, *Protoglobigerinas* y *Globochaeta alpina* (LOMBARD), que data ya al OXFORDIENSE SUPERIOR.
- 20 m. Calizas rosadas y grises de aspecto subnoduloso en pequeños bancos regulares, que han librado algunos *Amonites* mal conservados: *Sowerbyceras* gr. *tortisulcatum* (D'ORBIGNY), *Aspidoceras* s. p. y *Perisphinctidos*. A lámina delgada aparecen numerosos *Radiolarios*. *Protoglobigerinas*, *Globochaeta alpina* LOMBARD y *Saccocomidae*. OXFORDIENSE SUPERIOR.
- 3 m. Arenas, areniscas y margas azules azoicas. KIMMERIDGIENSE INFERIOR?

- 12 m. Calizas color claro, en pequeños bancos, donde los primeros horizontes son bastante detríticos. Se han encontrado, en su techo, abundante *Saccocomidae*. KIMMERIDGIENSE INFERIOR.
- 10 m. Calizas masivas, gravelosas, con *Radiolarios*, *Globochaeta alpina* LOMBARD y *Saccocomidae*. KIMMERIDGIENSE INFERIOR

Corte de SIERRA DE SALINAS (Jurásico) (T. RODRÍGUEZ y L. F. GRANADOS)

De muro a techo:

- Dolomías. KIMMERIDGIENSE MEDIO?
- >100 m. *Calcarenitas oolíticas* y calizas pararecifales (*oosparitas*, *biosparitas*, *intrabiosparitas arenosas*). *Miliólidos*, *Nautiloculina* cf. *oolítica* MOHLER, *Clypeina jurassica* (FABRE), *Trocholina elongata* (LEUPOLD), *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Pseudocyclammina lituus* (YOKOHAMA), *Espongiarios*, *Briozoos*, *Lamelibránquios*, *Actinoporella podolica* ALTMAN, *Cayeuxia moldavica* FROLLO, *Verneulina* s. p., *Rectocyclammina*, *Ammobaculites*, *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT), *Ophthalmídeos*, *Ataxophrágmidos*, *Everticyclammina*, *Pseudocyclammina sphaeroidalis* HOTTINGER, *Lituólidos*, *Permocalculus*, *Pianella* y *Moluscos*. KIMMERIDGIENSE SUPERIOR.
- 5 m. Areniscas. *Cladocoropsis mirabilis* FELIX, *Cayeuxia*, *Briozoos*, etc. PORTLANDES.
- 150 m. Arenas, arcillas versicolores y areniscas. Facies «Weald». BERRIASIENSE - NEOCOMIENSE - BARREMIENSE?
- Calizas micríticas y esparíticas organógenas. *Orbitolina texana parva* DOUGLAS, *Lamelibránquios*, *Cuneolina*. *Equínidos* y *Ataxophrágmidos*. APTIENSE INFERIOR.

Sondeo de LEL 1 (A. GONZÁLEZ)

De techo a muro:

- 20 m. Calcarenitas bioclásticas. MIOCENO?
- 45 m. Margas arenosas beige-blanquecinas. MIOCENO?
- 85 m. Calcarenitas y calcirruditas. MIOCENO?
- 194 m. Margas limosas grises. MIOCENO?
- 69 m. Margas y margocalizas arenosas con pasadas areniscosas (calcarenitas grises). MIOCENO?
- 72 m. Margas y margocalizas, y calizas blancas con pasadas margosas hacia el techo. SENONIENSE SUPERIOR?
- 98 m. Dolomías y calizas dolomíticas marrongrisáceas a gris beige con pasadas margosas, especialmente dominantes en el tramo central y hacia la base. CENOMANIENSE?
- 72 m. Dolomías y calizas dolomíticas marrongrisáceas. CENOMANIENSE?

Sondeo de LA HERRADA (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- 5 m. Gravas y conglomerados gruesos con matriz arcillosa parda. PLIO-CUATERNARIO?
- 355 m. Margas gris oscuras, arenosas, con alguna intercalación de niveles de arenas. Globigerínidos, Globorotálidos, Turborotalias, Melobesias, Amphisteginas, Briozoos, Cibicides, Epónides, Globoquadrinas. MIOCENO.
- 33 m. Margocalizas, margas y calizas que, de arriba abajo, se observa:
 - 21 m. Margas y margocalizas blancas, con Stomiosphaera, Pithonella ovalis (KAUFFMANN), Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Espículas y Valvulinidos.

12 m. Calizas blancas, que hacia la base se van haciendo más dolomíticas. Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Pithonella ovalis (KAUFFMANN), Hedbergella y Ostrácodos.

Este tramo pertenece al SENONIENSE SUPERIOR?

- 108 m. Dolomías y calizas dolomitizadas, color gris a beige. Hacia la base se hacen más calcáreas, y han arrojado fauna de Lamelibranquios, Orbitolinas, Equínidos, Gasterópodos, Ophthalmídeos y Cuneolina. CENOMANIENSE?
- 3 m. Zona margosa milonitizada amarillenta con fragmentos dolomíticos. Falla.
- 26 m. Calizas y calizas dolomíticas blancas y beige muy brechificadas, con alguna intercalación margosa. Miliólidos, Ophthalmídeos, Ostrácodos, Cuneolina, Equinodermos, Discórbidos, Iraqia, Coskinolina, Sabaudia, Eggerella, Textularia, Gaudryina, Trochammina. APTIENSE-ALBIENSE?

Sondeo de LEL 2 (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- 4 m. Conglomerado de cantos heterométricos. PLIO-CUATERNARIO?
- 115 m. Margas limosas y limos grises y grisverdosos, con pasadas finas de arenas y calcarenitas. MIOCENO?
- 33 m. Calcarenitas bioclásticas, areniscas y arenas y microconglomerados calizodolomíticos en la parte alta. Se ha encontrado fauna de Epónides, Cibicides, Globigerina, Globorotalia, Turborotalia. MIOCENO.
- 9 m. Tramo margo-arenoso beige-grisáceo, con gravilla y restos de materiales triásicos resedimentados, que en la mitad inferior se hacen dominantes

Sondeo de DON CIRO 2 (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- (arcillas versicolores, jacintos, yeso, etcétera). MIOCENO.
- 26 m. Margas limosas y arenosas grisáceas con algunas pasadas areniscosas. MIOCENO.
- 165 m. Margas abigarradas, jacintos, yesos, etcétera, típicamente del TRIAS («colada» intramiocena de material triásico).
- 38 m. Anhidritas y dolomicritas arcillosas con anhidrita y yesos con tonos grisáceos y blancuzcos. TRIAS (facies Muschelkalk?) Continúa la «colada» triásica.
- 15 m. Arcillas abigarradas con abundante yeso, cuarzo bipiramidal, etc., típicamente del TRIAS (base de la «colada»).
- 50 m. Margas limosas grises con Globigerina s. p., Globigerinoides trilobus (REUSS), G. sacculiferus (BRADY), Orbulina suturalis BRONNIMANN, Globoquadrina dehiscens CHAPMAN, PARR y COLLINS, Turborotalia mayeri CUSHMAN y ELLISOR. LANGHIENSE.
- 48 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, beige-grisáceas, con algunas pasadas margosas. Lithothamnium, Sérpulas, Hedbergella, Marssonella, Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Gavelinella. CENOMANIENSE?
- 62 m. Margas y margocalizas beige-grisáceas, con algunas pasadas de calizas dolomitizadas. Hacia el muro se hacen más margosas. Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Hedbergella, Marssonella. CENOMANIENSE?
- 57 m. Calizas recristalizadas gris-beige, algo dolomitizadas. Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Hedbergella, Marssonella, Discórbidos, Equínidos, Orbitolinas y Melobesias. Hacia la mitad del tramo, bancos con un moteado oscuro, formado por nidos de granos de pirita. En la base, hiladas de marga. CENOMANIENSE?
- 45 m. Conglomerados de cantos heterométricos. PLIO-CUATERNARIO?
- 115 m. Margas limosas y limos grises, con pasadas finas de arenas y calcarenitas. MIOCENO?
- 28 m. Calcarenitas bioclásticas, areniscas y arenas; microconglomerados calizodolomíticos en la parte alta. Briozoos, Algas (Lithothamnium), Equínidos y Lamelibranquios. MIOCENO.
- 3 m. Tramo margo-arenoso beige-grisáceo, con arena y gravilla y restos de materiales triásicos resedimentados. MIOCENO?
- 35 m. Calcarenitas bioclásticas. Hacia la parte media del tramo, existen intercalaciones margo-arenosas. MIOCENO?
- 180 m. Margas abigarradas, jacintos y yesos. «Colada» del TRIAS en la cuenca miocena.
- 23 m. Anhidritas y dolomicritas arcillosas con anhidrita y yesos, de tonos grisáceos y blancuzcos. TRIAS (facies Muschelkalk?).
- 18 m. Arcillas abigarradas con abundante yeso, cuarzo bipiramidal, etc., típicamente del TRIAS (base de la «colada»).
- 27 m. Margas limosas grises. Equínidos, Briozoos, Melobesias, Orbulina, Cibicides, Globorotalia. MIOCENO (LANGHIENSE?).
- 51 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, beige-grisáceas, con algunas pasadas margosas. Textularia, Gavelinella, Hedbergella. CENOMANIENSE?
- 43 m. Margas y margocalizas beige grisáceas y beige ocreas, con algunas pasadas de calizas dolomitizadas. Hacia el muro, el conjunto se hace más margoso. CENOMANIENSE?

- 43 m. Calizas recristalizadas, gris-beige, algo dolomitizadas. Equínidos, Lamelibranquios, Gavelinella, Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Orbitolina, Discorbis. Hacia la mitad del tramo, en algunos bancos, es muy ostensible un moteado oscuro, producido por nidos de piritita en cristales menudos. CENOMANIENSE?
- 3 m. Margas y margocalizas con alguna pasada de calizas margosas.
- 45 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, gris-beige con tramos cremácres. Hacia la base existen algunas intercalaciones margosas. Orbitolina gr. concava (LAMARCK), Ostrácodos, Textularia, Equínidos, Sabaudia minuta (HOFKER). ALBIENSE.
- 41 m. Calizas dolomíticas grises, con intercalaciones margosas y, hacia la base, dolomías gris oscuras y calizas dolomíticas, con sombras de Orbitolinas. ALBIENSE?

Sondeo de DON CIRO 1 (A. GONZÁLEZ y J. L. SAAVEDRA)

De techo a muro:

- 4 m. Conglomerados de cantos heterométricos. PLIO-CUATERNARIO?
- 107 m. Margas limosas y limos grises con pasadas finas de arenas y calcarenitas. Orbulina universa O'ORBIGNY, O. suturalis BRONNIMANN, Globotruncana dehiscens CHAPMAN, PARR y COLLINS, Amphistegina lessoni (D'ORBIGNY), Baggina gibba (CUSHMAN y TODD), Globorotalia peripheroronda (D'ORBIGNY), Cibicides pseudo-ungerianus CUSHMAN, Lenticulina cultrata (MONTFORT), Stilostomella verneuilli (D'ORBIGNY), Globorotalia gr. miozea WALTERS, Gl. gr. acostensis BLOW, Gl. mayeri CUSHMAN y ELLISOR. LANGHIENSE-HELVECIENSE.
- 28 m. Calcarenitas bioclásticas, areniscas y arenas y microconglomerados calizodolomíticos en la parte alta. MIOCENO?
- 3 m. Tramo margo-arenoso beige-grisáceo, con arena y gravilla y restos de materiales triásicos resedimentados. MIOCENO?
- 35 m. Calcarenitas bioclásticas. Hacia la parte media del tramo existen intercalaciones margo-arenosas. MIOCENO?
- 193 m. Margas abigarradas, jacintos, yesos, en facies propias del TRIAS. (Parte alta de una «colada» de material triásico, intramioceno).
- 34 m. Anhidritas y dolomicritas arcillosas con anhidrita y yesos, con tonos grisáceos y blancuzcos. TRIAS (facies Muschelkalk?).
- 13 m. Arcillas abigarradas, con abundante yeso, cuarzo bipiramidal, etc., típicamente del TRIAS (base de la «colada»).
- 20 m. Margas limosas grises. Globorotalia bisphaericus TODD, Gl. insueta CUSHMAN y STAINFORTH, P. transitoria BLOW. BURDIGALIENSE.
- 41 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, beige grisáceas, con algunas pasadas margosas, Melobesias, Equinodermos, Pithonella sphaerica (KAUFFMANN), Ostrácodos. CENOMANIENSE?
- 44 m. Margas y margocalizas beige grisáceas y beige ocreas, con algunas pasadas de calizas dolomitizadas. Hacia el muro, el conjunto se hace más margoso. CENOMANIENSE?
- 30 m. Calizas recristalizadas gris-beige, algo dolomitizadas. Equinodermos. Orbitolina. Discorbis, Gavelinella, Textularia. Lamelibranquios. Pithonella sphaerica KAUFFMAN. CENOMANIENSE?
- 6 m. Margas y margocalizas con alguna pasada de calizas margosas. CENOMANIENSE?

- 39 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, gris-beige, con tramos cremácres. Hacia la base existen algunas intercalaciones margosas. ALBIENSE?
- 28 m. Calizas dolomíticas grises con intercalaciones margosas. Equinodermos, Orbitolinas, Lamelibranquios. ALBIENSE?
- 45 m. Dolomías grises oscuras y calizas dolomíticas. ALBIENSE?
- 27 m. Calizas recristalizadas, algo dolomitizadas, crema ocráceas. Orbitolina gr. concava (LAMARCK), Hensonina lenticularis (HENSON), Equinodermos. ALBIENSE SUPERIOR.
- 20 m. Calizas algo arenosas. Equinodermos, Lamelibranquios, Citharina, Orbitolina, Macroporella, Ophthalmídeos. ALBIENSE?
- 5 m. Dolomías y dolomías calcáreas gris oscuras. ALBIENSE?
- 15-20 m. Calizas blancas en pequeños bancos, con Pithonellas y Hedbergellas. TURONIENSE?
- > 100 m. Margocalizas y margas grises con Globotruncana helvetica BOLLI, G. lineana LAPPARENTI, G. stephanigibba (GANDOLFI). TURONIENSE. Y margocalizas y margas blancas y rosadas hacia el techo con abundantes Globotruncanas. SENONIENSE INFERIOR SUPERIOR.

Sondeo de CARCHE IV (T. RODRÍGUEZ)

De techo a muro:

Sondeo de SALINAS (T. RODRÍGUEZ y L. GRANADOS)

De techo a muro:

- 70 m. Arcillas de color salmón. PLIO-CUATERNARIO?
- 80 m. Conglomerado de cantos de calizas blanco-rosadas. PLIO - CUATERNARIO?
- 350 m. Arcillas marrones con algunas pasadas de gravas y arenas. MIOCENO SUPERIOR? (tipo continental) y/o PLIO-CUATERNARIO?
- 152 m. Arcillas rosadas y marrones y gravas. PLIO-CUATERNARIO?
- 54 m. Arcillas azuladas y areniscas de grano fino en la base. MIOCENO?
- 130 m. Calizas gravelosas, algo dolomitizadas, calizas detríticas y calizas micríticas e intrabiosparitas. Thaumathoporella parvovesiculifera (RAINERT), Lamelibranquios. Equínidos, Textuláridos y Lituólidos. SENONIENSE INFERIOR.
- 34,5 m. Margas azuladas, piritosas, con algo de cuarzo. Globotruncana af. primitiva DALBIEZ. SENONIENSE INFERIOR.

Corte del SALOBRAL (AZEMA, 1975)

De muro a techo:

- > 50 m. Margocalizas y margas con Hedber-

2.2. CONCLUSIONES ESTRATIGRAFICAS

Una vez analizadas, con detalle, las distintas series de la zona, vamos a tratar de sacar unas conclusiones estratigráficas, haciendo hincapié en los cambios litológicos y de potencia que se observan en cada una de las formaciones.

Triásico

Los afloramientos triásicos más importantes que aparecen en la zona son los de Pinoso, Villena-Sax y La Rosa y, de menor importancia, los de Cañada Roja y Charco de la Peña. Los cuatro primeros presentan, claramente, una disposición diapírica, mientras que el último corresponde a un afloramiento alóctono; en este afloramiento se han visto

hasta tres intercalaciones triásicas dentro del Mioceno.

Además de estos afloramientos señalados, se han encontrado, en los sondeos de Don Ciró y Lel-2, olistolitos del Trías interestratificados en las margas del Mioceno.

Litológicamente el Trías de esta zona está constituido por arcillas abigarradas, yeso, anhidrita, sal, cuarzos bipiramidales, rocas volcánicas básicas y dolomicritas arcillosas oscuras.

Jurásico

Los únicos afloramientos jurásicos representados en el sector estudiado son los del norte de la Sierra del Carche y los del extremo nororiental de la Sierra de Salinas.

Mientras que en la Sierra del Carche sólo aflora el Kimmeridgiense Superior (como consecuencia de innumerables fallas existentes), en la Sierra de Salinas se puede establecer una serie completa del Jurásico, auxiliándonos de cortes parciales en el terreno y de sondeos.

Una serie-tipo del Jurásico, en la Sierra de Salinas (incluso pensamos que podría ser representativa para la alineación Carche-Salinas) sería la siguiente:

De muro a techo:

- 75 m. De dolomías microcristalinas grises, hacia el techo y hacia la base calizas recristalizadas rojizas. LIAS INFERIOR? (Formación CARRETAS).
- 20 m. Dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas. LIAS? (Formación MADROÑO).
- 150 m. Dolomías de romboedros y hacia la parte alta unos 10 m de calizas oolíticas. DOGGER? (Formación CHORRO). En el techo de estas calizas existe una «hard ground», muy constante en todo el Prebético, que nos habla de un hiato, al menos durante el Oxfordiense Inferior.
- 20 m. De calizas subnodulosas con Ammonites. OXFORDIENSE SUPERIOR.
- 25 m. De margas y margocalizas y calizas micríticas grises. KIMMERIDGIEN-

SE INFERIOR (Formación LORENTE).

- 50 m. de Dolomías grises. KIMMERIDGIENSE MEDIO? (Formación GALLINERA).
- 100 m. De calcarenitas oolíticas y calizas parrecifales. KIMMERIDGIENSE SUPERIOR (Formación CABAÑAS).
- 5 m. De areniscas. PORTLANDES (Formación MARIOLA).

Como vemos, la serie jurásico sintética que hemos descrito para la alineación Carche-Salinas, es la misma que caracteriza al Prebético Interno (corte en Sierra Oliva, por ejemplo); sin embargo, poco más al Sur, concretamente a unos 6 Km de Salinas, en dirección a Elda, en el macizo de la Cámara, AZEMA (1971) ha encontrado un Portlandés constituido por margocalizas con Calpionellas. Este hecho demuestra que en el Jurásico también se producen cambios de facies, en el sentido de que hacia el Sur se va haciendo más margoso y más marino.

Cretácico Inferior

Inmediatamente al norte de la alineación de Carche-Salinas, el Cretácico Inferior está representado exclusivamente por una potente formación detrítica de arenas, areniscas y margas de facies «Weald-Utrillas» (sondeo de El Puerto). A partir de esta alineación, hacia el Sur, el Cretácico Inferior va a experimentar cambios estratigráficos notables que iremos describiendo a continuación.

Berriasiense

Sólo ha sido datado en la Sierra de Salinas (AZEMA, 1972) y está representado por margocalizas ligeramente areniscosas y margas arenosas amarillentas.

El Berriasiense, más hacia el Sureste (Fontcalent, por ejemplo), se hace mucho más marino (pelágico) y más margoso, con abundantes Calpionellas.

Neocomiense-Barremiense

En la alineación de Carche-Salinas, el Neocomiense y Barremiense aparecen representados bajo una misma facies detrítica de más de 100 m de potencia (facies «Weald») de arenas, areniscas y

arcillas, de tipo epicontinental, si bien en el Barremiense de la Sierra del Carche se han encontrado Ammonites, que nos ponen de manifiesto ya la influencia claramente marina.

Esta formación, aunque ya no aflora más al Sur en esta transversal, en otros lugares del Prebético Meridional y en unidades más internas a las descritas, está constituida por margas y margocalizas con abundantes Ammonites (Sierra Mariola, por ejemplo) y las potencias aumentan hacia el Sur, para disminuir de nuevo, constituyendo así un surco sedimentario. RODRÍGUEZ ESTRELLA (1977).

Aptiense

Los afloramientos más septentrionales corresponden a los de las Sierras de Carche y Salinas y, aunque se observan pasadas de calizas francamente marinas, con numerosas Orbitolinas, existe un gran predominio de tramos detríticos (arenas y arcillas) que indican un régimen de sedimentación de tipo epicontinental. Esta facies, predominantemente detrítica, de unos 300 m de potencia, pasa hacia el Sur, y de manera muy rápida, a hacerse mucho más caliza y más marina, como ha podido comprobarse en el sondeo de La Herrada. Más al Sur todavía, aunque en esta transversal no se haya podido poner de manifiesto, el Aptiense calizo que iba aumentando de potencia, se debe hacer más margoso, con presencia de Ammonites y posiblemente vuelva a hacerse menos potente, por lo que pensamos que en esta transversal de Sierra de Salinas-Pinoso debe existir, al igual que en la de Mariola-Alicante, un surco en el Aptiense. RODRÍGUEZ ESTRELLA (1977).

Albiense

En las Sierras de Carche y Salinas, el Albiense está constituido por un predominio de materiales detríticos (arenas, areniscas y arcillas), con algunas intercalaciones poco potentes de calizas y dolomías, que caracterizan a la facies «Utrillas» y que, en conjunto, presentan un espesor de unos 200 m. Más al Sur, esta formación experimenta un cambio brusco de litología y potencia, en el sentido de que se hace fundamentalmente calizo-dolomítico, con abundantes Orbitolinas, como ha podido comprobarse en los sondeos de «Lel-2», «Don Ciró 1» y «Don Ciró 2» o, incluso mucho más al Norte (en la misma falda meridional de la Sierra), en el sondeo de «Collado 2». De aquí deducimos

que el cambio se produce en una distancia inferior a 1 Km.

En la transversal que estamos estudiando, más al Sur (corte del Salobral, AZEMA, 1975), el Albiense está constituido ya por margas y margocalizas con abundantes Hedbergellas que nos hablan ya de un depósito de tipo pelágico.

Vemos, pues, que en la distancia de sólo 8 Km se producen en el Albiense los siguientes cambios, de Norte a Sur: facies «Utrillas» → calizas con Orbitolinas → margas y margocalizas con Hedbergellas.

Cretácico Superior

En el Prebético Interno, al norte de la alineación Carche-Salinas, el Cretácico Superior siempre está constituido por los siguientes tramos que, de muro a techo, son: dolomías del Cenomaniense (formación QUESADA); arcillas dolomíticas y dolomicritas, también del Cenomaniense (formación FRANCO); dolomías del Turoniense y calizas blancas con «cailloux noirs» del Senoniense (formación BENEJAMA).

Estas formaciones van a sufrir cambios sustanciales a partir de la alineación Carche-Salinas y de ahí hacia el Sur.

Cenomaniense

El Cenomaniense de las Sierras de Carche, Serral y Salinas va a estar constituido exclusivamente por un tramo único dolomítico de 300 a 350 m de potencia, el cual va a disminuir hacia el Sur y el Este. La disminución hacia el Este puede ser motivada por la acción diapírica del Trías de Villena; obsérvese que ya no existe la formación FRANCO, arcillosa.

Al Sur de estas Sierras, y ya dentro de la depresión rellena del Mioceno, se ha podido estudiar el Cenomaniense mediante la realización de sondeos profundos («Lel-2», «Don Ciró 1» y «Don Ciró 2»), y éste es ya calizo-dolomítico, con algunas pasadas margosas y abundantes Orbitolinas. Este cambio litológico se realiza en un corto espacio (inferior a 1 Km), pues, mientras que en el sondeo de La Herrada, el Cenomaniense es todavía dolomítico, en el de «Lel-2», por ejemplo, es ya calizo-dolomítico con intercalaciones margosas.

A unos 4 Km más al Sur, en el corte del Salobral (AZEMA, 1975), el Cenomaniense ha sufrido un nuevo cambio litológico, en el sentido de que ya está constituido por margas y margocalizas con Hedbergellas y Rotaliporas, que nos hablan de un medio de depósito de tipo pelágico.

Observamos, por tanto, que en la distancia de sólo 8 Km en el Cenomaniense se han producido, de Norte a Sur, los siguientes cambios: dolomías → calizas y dolomías con Orbitolinas → margas y margocalizas con Hedbergellas.

Turonienense

En la alineación Carche-Serral-Salinas no existe depósito del Turonienense, ni incluso más al Sureste (Sierras de Ascoy, Benís, Larga, Enmedio; AZEMA, 1972), ni Noroeste (Sierras de Pinar de Camus y Mariola). La razón es que durante el Turonienense existió en esta alineación orográfica un umbral que impidió el depósito de estos materiales.

El único afloramiento de Turonienense datado en esta zona, se encuentra en el Corte de El Salobral y está constituido por calizas y margocalizas con Pithonellas y Globotruncanas, típicas de un depósito de tipo pelágico.

Senoniense Inferior

Durante el Senoniense Inferior continúa el mismo umbral que hemos mencionado para el Turonienense, en la alineación de Carche-Serral-Salinas. No existe, pues, depósito de Senoniense Inferior en estas sierras y el afloramiento más septentrional registrado ha sido el del sondeo de Salinas, cuya litología es a base de calizas gravelosas, algo dolomitizadas, con Lamelibranquios, Equínidos, etc., y margas con Globotruncanas en la «base», con una potencia mínima de 150 m. Hacia el suroeste de este punto, y siguiendo la misma alineación paleogeográfica, no sabemos si el Senoniense Inferior no se llegó a depositar o si, por el contrario, se depositó y fue posteriormente erosionado; el hecho es que en los sondeos de «Don Ciro», por ejemplo, no aparece.

Más al Sur, en los alrededores de Pinoso, por ejemplo, el Senoniense Inferior está constituido por margas y margocalizas blanco-rosadas («capas rojas»), con abundantes Globotruncanas que nos hablan ya de un medio de depósito claramente pelágico.

Senoniense Superior

El Senoniense Superior descansa, por discordancia erosiva, directamente sobre el Cenomaniense, en las Sierras de Carche, Serral y Salinas.

Litológicamente está constituido por calizas, margocalizas y algunas pasadas margosas con Globotruncanas, cuya potencia es de 130 m. en la Sierra del Carche.

Poco más al Sur, aunque no aflora en esta zona, el Senoniense Superior se hace más margoso y presenta facies de «capas rojas».

Terciario

Paleoceno

Sólo aflora en la Sierra del Carche. Está constituido por unos 70 m de calcarenitas, algo dolomitizadas. El medio de depósito es nerítico.

Eoceno

Está representado por dos tramos bien definidos, uno inferior, constituido por 250 m de margas verdes, y otro, calizo, de 275 m de potencia, con abundantes Nummulites, Alveolinas, etc.

Aflora en la Sierra del Carche, Torre del Rico, Rincón de Don Pedro y Sierra Cabrera.

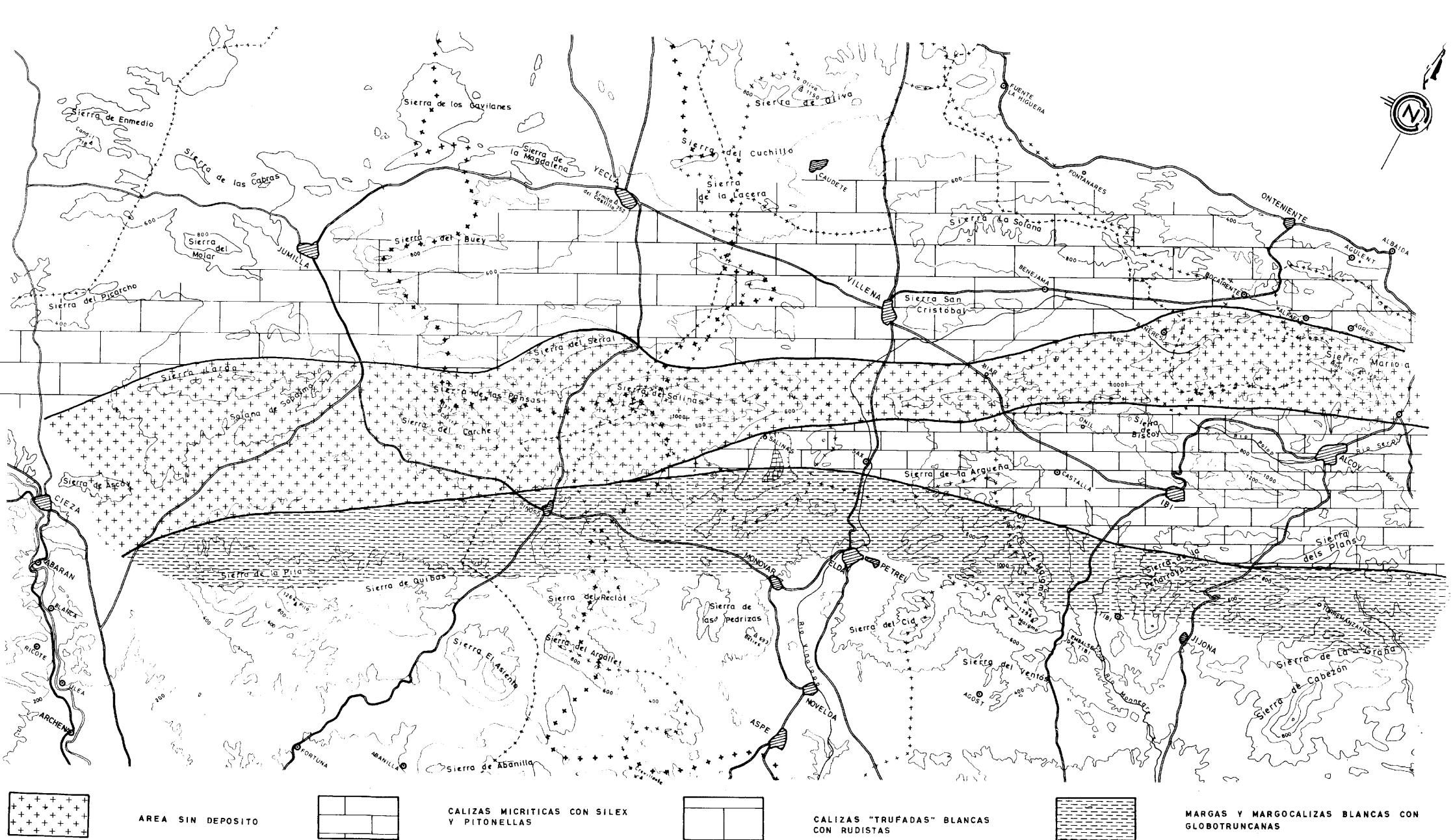
Oligoceno

El único afloramiento de posible Oligoceno aflora en la Sierra del Carche y está constituido por un conjunto margoso, con 200 m de espesor de color salmón, con intercalaciones de niveles de conglomerados de cuarcita y brechas calizas con abundantes Nummulites resedimentados. Este depósito es continental.

El primer afloramiento de Oligoceno marino aparece al sureste de Pinoso, en las Encebras, y está constituido por calizas arenosas con Lepidocyclinas.

Mioceno

Ya hemos dicho que al sur de las Sierras de Carche y Salinas existe un potente relleno del Mioceno que, por datos de sondeo, sabemos que pre-



MAPA DE DISTRIBUCION DE FACIES DEL SENONIENSE INFERIOR

senta una potencia superior a los 450 m. en algunos puntos y que está constituido, fundamentalmente, por materiales margosos, si bien en la Sierra del Carche se observa en la base un potente tramo de 300 m. de margocalizas detríticas.

Dentro de las margas existen intercalaciones de calizas y areniscas, así como en algunos puntos se han detectado olistolitos de Trías, de hasta 230 metros de potencia.

La base de este relleno del Mioceno (20 m.) se ha datado como del Burdigaliense y el resto de la serie corresponde al Langhiense.

Plio-Cuaternario

Dentro de la zona existen cuatro depresiones importantes en las que el depósito del Plio-Cuaternario ha alcanzado espesores notables. Estas depresiones son las del Puerto, Pinoso, Laguna de Salinas y Hoya del Moñigar; de ellas, las tres primeras deben sus enormes espesores de Plio-Cuaternario a la acción diapírica del Trías.

Así, el relleno de la depresión del Puerto (con un espesor mínimo de 500 m. en el sondeo de Carche IV) está condicionado con la acción del diapiro de la Rosa.

El relleno de la depresión de Pinoso (con un espesor mínimo registrado por sondeos de 168 m.) ha sido originado por el diapiro de Pinoso.

Los materiales plio-cuaternarios de la depresión de Salinas (150 m. en el sondeo de Salinas) han sido motivados por la acción diapírica del Trías de Villena.

Por último, la depresión intermontañosa de la Hoya del Moñigar, no parece tener relación con la acción diapírica del Trías y presenta unos espesores menores a los de las demás depresiones, no superando en ningún caso los 100 m.

La litología del Plio-Cuaternario de todas estas depresiones es a base de conglomerados poligénicos, gravas, arenas y arcillas, observándose un predominio de materiales arcillosos en las depresiones de origen claramente diapírico.

3. TECTONICA

Las estructuras del sector de Carche-Salinas han sido ocasionadas por dos tipos de deformaciones, que se refieren a:

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

3.1. ESTRUCTURAS ORIGINADAS POR LA OROGENIA PRINCIPAL

En general, las estructuras de este sector presentan unas directrices típicamente béticas, de Noroeste a Suroeste. Existen direcciones aberrantes, como veremos más adelante, pero ya no están ligadas a la orogenia principal.

Las características más importantes que definen a la zona son las de *pliegues de gran envergadura*, *cabalgamiento de vergencia Norte* y *fallas de desgarre*. Vamos a analizar cada una de estas estructuras.

Anticlinal de Carche-Serral-Salinas

Se puede considerar el tren orográfico de Carche-Serral-Salinas como un gran anticlinal, de unos 30 Km. de longitud y una anchura media de 4 Km., cuyo flanco septentrional está invertido y cabalgado hacia el Norte. Los materiales más antiguos, que afloran en el núcleo de este anticlinal, corresponden al Kimmeridgiense y los encontramos en la Umbría Alta, en el Noreste de la Sierra de Salinas. En la Sierra del Carche, en su flanco meridional, se observa que los estratos están muy verticalizados, pero sin que se pueda hablar de un pliegue en champiñón (al menos, con los datos de que disponemos).

Este anticlinal ya existía, de alguna manera, en la etapa preorogénica, concretamente al final del Cenomaniense, al constituir un umbral (alto fondo), el cual permanecería emergido o semiemergido hasta el depósito del Senoniense Superior (AZEMA, 1972). Dicho umbral se continuaría, más al Este, por las Sierras de Pinar de Camus y Sierra Mariola. (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1977.)

La causa de este umbral pensamos que pudo ser debida, en parte, a los efectos verticales del Trías.

Cabalgamiento frontal de las Sierras del Carche-Serral-Salinas

Este cabalgamiento es muy importante, ya que pone en contacto series cretácicas de distintas características litoestratigráficas. Comparemos la serie de la Sierra de Salinas con la de los sondeos del «Puerto» y «La Boquera», por ejemplo. Mientras al norte de este cabalgamiento, el Cretácico Inferior es muy poco potente (del orden de los 250 m.) y fundamentalmente detrítico, al sur aumenta enormemente de potencia (unos 600 m.) y existen numerosas intercalaciones calizas marinas, sobre todo en el Aptiense.

Asimismo, se observa que al norte de esta línea, el Cenomaniense-Turonense está constituido por la clásica «trilogía» dolomítica (tan constante en todo el Prebético Interno), constituida por dolomías, arcillas dolomíticas y dolomicritas, y dolomías, mientras que al sur sólo está representado el Cenomaniense por un tramo único dolomítico.

Por último, el Senoniense Inferior, al norte de este cabalgamiento, está constituido por calizas blancas con «cailloux noirs», mientras que, inmediatamente al sur de éste, el Senoniense Inferior no se ha depositado por existir un umbral en las Sierras de Carche, Serral y Salinas.

Todos estos cambios estratigráficos importantes observados, a uno y otro lado de este cabalgamiento, nos inclinaron, en su día, a establecer aquí el límite entre el Prebético Interno y Prebético Meridional (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1977). A juzgar por el escaso espacio aflorante del Prebético Interno, en esta transversal, y por comparación con el existente en otras, poco más al Este, se piensa que el desplazamiento de esta falla sea superior a los 25 Km.

Cabalgamiento al norte de Salinas

Otro cabalgamiento importante, de vergencia Norte, es el que se ha registrado (por geofísica y sondeos) en el Valle de Salinas (y posiblemente se continúe también por el sur de la Sierra del Carche); es el que separa los materiales cretácicos que han atravesado los sondeos de «La Herrada» y «Don Ciro», de características litoestratigráficas distintas. Mientras que en el sondeo de «La Herrada», el Cenomaniense presenta una potencia

superior a los 200 m. y es dolomítico, en el sondeo de «Don Ciro» presenta una potencia de sólo 150 metros y es fundamentalmente calizo.

Por otro lado, mientras que en el sondeo del «Collado 2» se corta todavía el Senoniense Superior, que descansa discordantemente sobre las dolomías del Cenomaniense (bloque norte del cabalgamiento), en el sondeo Salinas, en cambio, se corta ya el Senoniense Inferior (bloque sur del cabalgamiento).

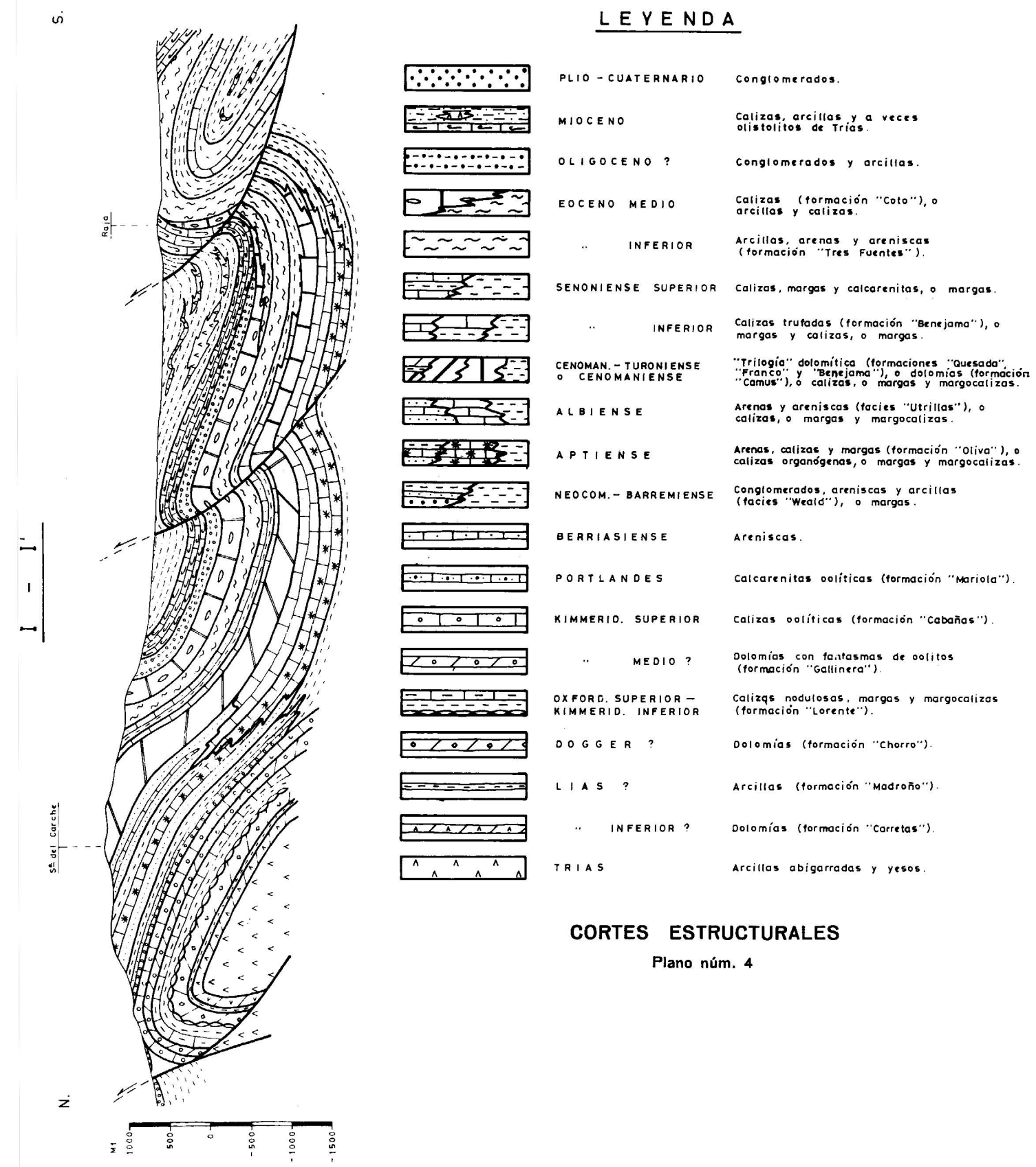
Esta falla importante viene confirmada, además, por la existencia de un epicentro sísmico, en las inmediaciones del sondeo de Salinas, y por una zona de anomalías geotérmicas que ha sido contrastada en este último sondeo (30° C). La estructura en este sector (según la geofísica que se ha realizado) parece tratarse, en realidad, de un pliegue-falla.

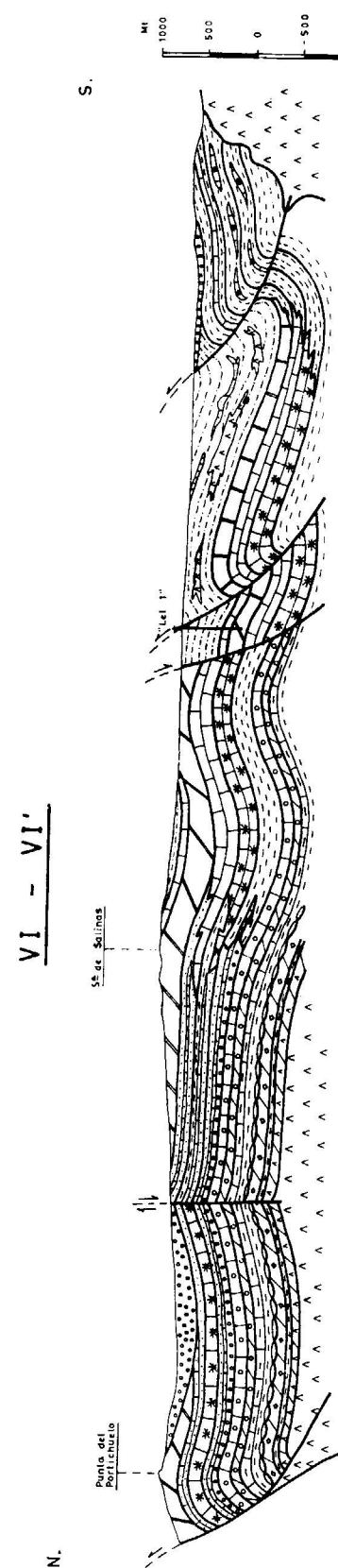
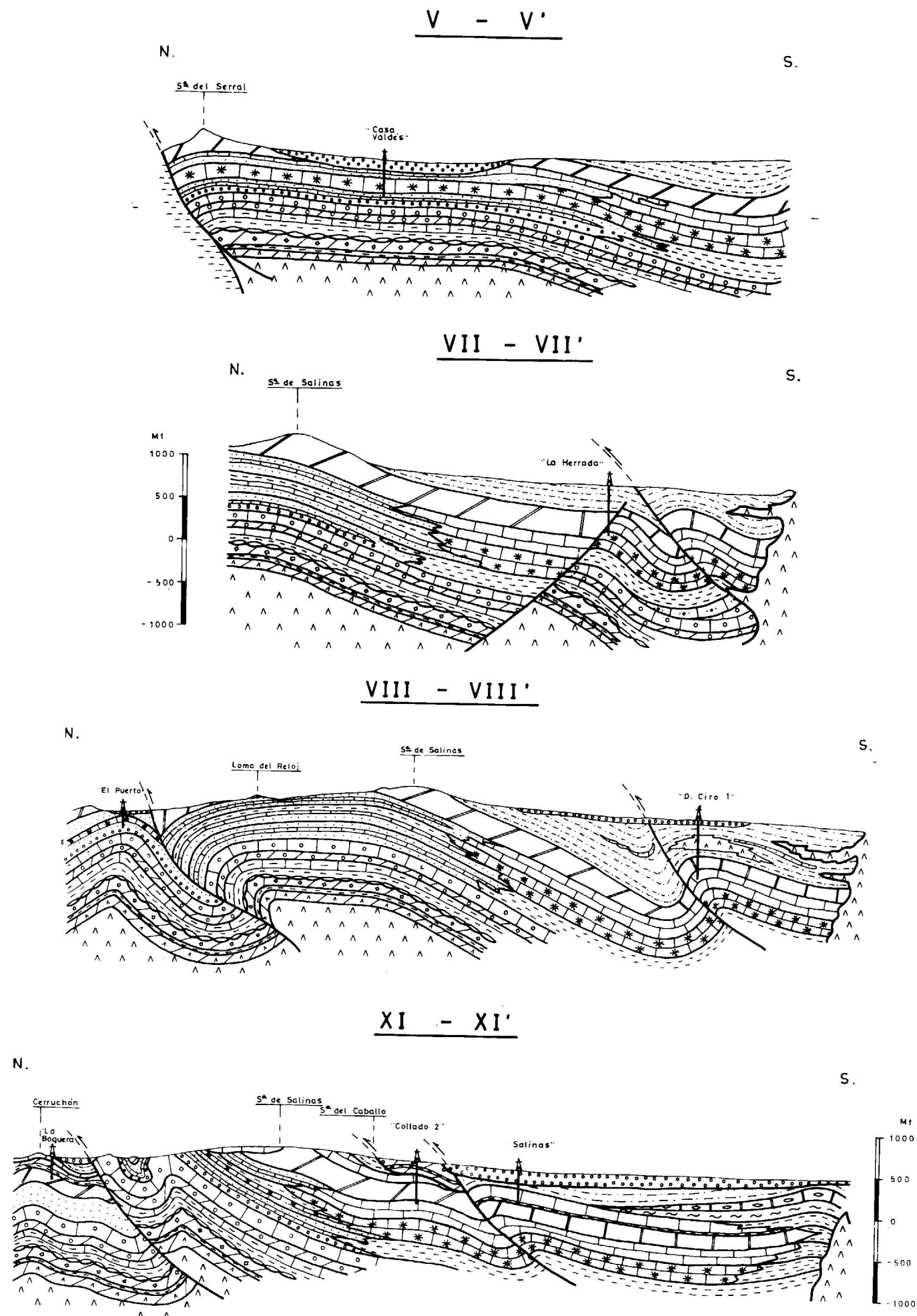
Cabalgamiento al norte de Pinoso

Por último, existe otro cabalgamiento, que por su desplazamiento (superior a los 20 Km.) correspondería, más bien, a un manto de corrimiento de materiales prebéticos y que es el que estaría situado inmediatamente al norte de Pinoso; pensamos que este cabalgamiento se continúa más hacia el Suroeste, concretamente por el norte de la Sierra de la Pila. Para hacer esta afirmación nos basamos en que los afloramientos cretácicos de la Garrapacha y del Salobral son idénticos; al norte de las Sierras de la Pila, Umbría, de la Raja y Solsía, este cabalgamiento viene bien argumentado por cobijaduras del Mioceno y Cuaternario. Al este, esta falla viene jalónada por los afloramientos diapíricos triásicos de la Cañada Roja.

En la Garrapacha, el desplazamiento hacia el Norte ha sido más importante. Por el contrario, más hacia el Este, en la zona de Alicante, el desplazamiento se atenúa enormemente (RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1977) y la traza del cabalgamiento sufre un cierto retraso hacia el Sur.

El cambio litoestratigráfico existente entre los sondeos de «Don Ciro» y el corte del «Salobral» es importante y brusco. Mientras que en los sondeos el Albiense y Cenomaniense son calizos, en el corte son margosos.





Ya hemos visto que todos los cabalgamientos importantes descritos ponen en contacto series con características estratigráficas distintas; es muy posible que estos cabalgamientos sean la respuesta, en superficie, de otras fallas más profundas, a nivel de zócalo, que condicionaron la sedimentación en la etapa preorogénica y que, en la etapa de compresión, muchas de ellas se convirtieron en cabalgamientos (por lo menos a nivel de cobertura), aprovechando las zonas débiles que constituyen las áreas en donde se sitúan los cambios de facies importantes.

Todos estos cabalgamientos presentan una dirección claramente bética, de Noreste-Suroeste, y normalmente vienen acompañados, hacia el Sur, por un pliegue volcado, por lo que, en realidad, habría que hablar, en conjunto, de pliegues-falla.

Las cifras de estimación de la envergadura de los cabalgamientos han sido deducidas mediante la comparación de las facies de esta región, cuya compresión ha sido muy importante, con las equivalentes de más al Este, en la zona de Alicante, en donde el acortamiento ha sido menor.

Otra característica importante que define a la región es la de las fallas de desgarre; algunas de ellas han originado «choques» laterales notables entre series estratigráficas diferentes y entre estructuras. Vamos a analizar cada una de ellas:

Falla de desgarre del extremo occidental de la Sierra del Carche

Se observa claramente en el terreno, al verse desplazada la terminación occidental de la Sierra del Carche, hacia el Norte, con respecto al resto de la Sierra. La falla es, pues, del tipo dextrósum y tiene una dirección de Noroeste-Sureste.

El desplazamiento de la falla no es importante (del orden de 1 Km.), pero resulta suficiente como para originar desconexión entre distintos sistemas hidrogeológicos.

Falla de desgarre del extremo oriental de la Sierra del Carche

En realidad, nos referimos a una serie de fallas de desgarre que ponen en contacto la Sierra del Carche con las de las Pansas y Serral.

Presenta una dirección de Noroeste-Sureste y ha motivado que la Sierra del Serral se desplace hacia el Norte, con respecto a la Sierra del Carche. Este desplazamiento viene confirmado, además de observarse bien en el campo, porque si comparamos las series estratigráficas de ambas sierras veremos que, aunque estén prácticamente en la misma alineación orográfica, presentan algunas diferencias litológicas y de potencia.

En efecto, mientras que en la Sierra del Carche el Cretácico Inferior es relativamente potente (600 m.) y predominantemente detrítico, en la Sierra del Serral presenta menor potencia (unos 300 m.) y es más calizo y más marino. Ya hemos dicho que las series cretácicas, en general, van disminuyendo de potencia hacia el Sur, después de un aumento brusco de las mismas, en esta dirección (como consecuencia de existir un surco), al mismo tiempo que se hacen más marinas. Todos estos hechos nos indican que las series cretácicas de la Sierra del Serral pertenecen a una unidad más interna que las de la Sierra del Carche y que, en la actualidad, están alineadas por la acción de una falla de desgarre; esta falla sería, pues, del tipo sinestrósum.

Falla de desgarre del extremo occidental de la Sierra de Salinas

Todas las consideraciones hechas para la falla del extremo oriental de la Sierra del Carche son, asimismo, aplicables para esta otra falla. Sabemos que las series cretácicas de la Sierra del Carche son idénticas a las de la Sierra de Salinas, a excepción de algunas pequeñas diferencias en las potencias (en la Sierra de Salinas, las potencias son algo menores). El hecho de encontrarse, en la actualidad, prácticamente alineadas las Sierras de Salinas y Serral, nos obliga a hacer invocar la acción de una falla de desgarre que desplace, hacia el Norte, el bloque de la Sierra del Serral. Esta falla, cuya dirección es aproximadamente Norte-Sur, pasa por el Portichuelo y coincide, aproximadamente, con el trazado de la carretera que va desde este punto hasta Pinoso. El hecho de verse interrumpida, bruscamente, la Sierra de Salinas, en su extremo occidental, y de observarse un arrastre en la terminación oriental de la Sierra del Serral, nos confirma la existencia de esta falla, que es del tipo dextrósum.

En conjunto, se puede apreciar claramente que

el par de fallas de desgarre del extremo oriental del Carche y occidental de Salinas han motivado el desplazamiento, hacia el Norte, de la Sierra del Serral, en una etapa tardía del plegamiento, por lo menos, en una envergadura no inferior a los 8 Km.

3.2 ESTRUCTURAS ORIGINADAS POR LOS EFECTOS HALOCINETICOS DEL TRIAS

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

- Direcciones aberrantes en los pliegues.
- Deslizamientos gravitacionales.

Direcciones aberrantes en los pliegues

Ya hemos dicho que las directrices generales de las estructuras de la región son las típicamente béticas, de Noreste-Suroeste. Sin embargo, existen estructuras anómalas, cuyas directrices se apartan de las generales. Este hecho encuentra explicación lógica en los efectos halocinéticos del Triás, ya que estas estructuras suelen localizarse en las inmediaciones de los diapiros.

Así, por ejemplo, tenemos que la Sierra Cabrera, que presenta una dirección casi Norte-Sur, está situada en las inmediaciones del diapiro triásico de Villena-Sax.

Otras estructuras con direcciones aberrantes, existentes inmediatamente al sur y sureste del marco geográfico de este estudio, son las siguientes:

- Pliegues de las Encebras, de dirección Noroeste-Sureste, y próximos al diapiro de Pinoso.
- Serie monoclinial de la Sierra de la Umbría, de dirección Norte-Sur y próxima al diapiro de Monóvar.
- Anticlinal de Las Pedrizas, de dirección Norte-Sur y próximo al diapiro de La Romana.

Deslizamientos gravitacionales

Vamos a distinguir, dentro de este apartado:

- a) Deslizamientos gravitacionales de materiales incompetentes.

- b) Deslizamientos gravitacionales de materiales competentes.

a) Deslizamientos gravitacionales de materiales incompetentes

Nos referimos aquí, exclusivamente, a aquellos materiales triásicos que reposan sobre otros materiales más modernos, pero que están ligados íntimamente a la acción diapírica del Triás.

En efecto, el Triás en su ascensión se «derrama» por sus bordes y puede ocurrir que, o bien ya no se depositen más materiales sobre él (por tratarse de una zona muy levantada), o bien que sobre esta «colada» triásica se sigan depositando otros materiales, con lo cual el Triás aparece en forma de «sandwich»; este último caso es el que aparece en la depresión miocena del Sur de la Sierra de Salinas. Ya hemos dicho que en los sondeos de «Lel-2», «Don Ciro-1» y «Don Ciro-2» se han encontrado dos «coladas» triásicas, una de ellas de hasta 240 m. de espesor.

Resulta curioso cómo estos olistolitos de Triás no rebasan la falla paleogeográfica del norte de Salinas. Este hecho «cuadra» perfectamente con la hipótesis de que estos deslizamientos se iniciaron ya en la etapa preorogénica y que existía una cierta estructuración en bloques con hundimiento de unos con respecto a otros. Los olistolitos de Triás tenderían a deslizarse hacia esas partes hundidas y se verían frenados por los bloques levantados de estas fallas.

En cuanto a la época exacta en que se produjeron estos deslizamientos gravitacionales diremos que fue al final del Burdigaliense y durante todo el Langhiense; esto quiere decir, por otro lado, que el diapirismo de la zona comenzó, como mínimo, al final del Burdigaliense, aunque por otros datos sabemos que pudo comenzar antes y continuar casi hasta nuestros días, como demostraremos en el siguiente apartado.

La procedencia de estos olistolitos triásicos debe ser, lógicamente, del Sur; concretamente de los diapiros de Pinoso y de Cañada Roja (más bien de este último, por su mayor proximidad), por lo que la envergadura de estos deslizamientos no debe ser superior a los 4 Km. Pensamos que la procedencia de estos olistolitos fue de los diapiros triásicos situados al Sur y no del frente de corri-

miento Subbético, porque la puesta en lugar de este último, en este sector, fue al final del Helveciense y los olistolitos están intercalados desde el final del Burdigaliense.

b) Deslizamientos gravitacionales de materiales competentes

Como consecuencia del importante papel que ha jugado el diapirismo en la región, existen en diversos puntos verdaderos «corrimentos» de bloques competentes que presentan, actualmente, una posición alóctona, al reposar directamente sobre otros materiales más modernos que ellos. Estos materiales competentes se han deslizado sobre otros materiales, gracias a una «suela» impermeable, que ha servido de «colchón» en el desplazamiento; esta «suela», en nuestro caso, es el Triás, aunque, a veces, haya desaparecido; no obstante, se observa en el «klippe» que está situado al norte del Cabezo del Aguila y en el sondeo «Collado 2», en la base del Jurásico.

Los materiales competentes deslizados corresponden a calizas y dolomías del Jurásico (Sierra del Collado) y dolomías y calizas del Cretácico Superior (Cabezo del Aguila y Castillejos). Esta zona de «klippes» está situada en el extremo sureste de la Sierra de Salinas, por lo que pensamos que todas estas estructuras tienen su origen en el diapiro triásico de Villena-Sax.

La procedencia de estos materiales, al menos los del Cabezo del Aguila y Castillejos, es del Norte, pues el Cenomaniense dolomítico sólo está representado en la Sierra de Salinas y poco más al Sur éste se hace calizo.

En cuanto a la datación de estos deslizamientos, hemos podido comprobar que el «klippe» de la Sierra del Collado reposa sobre un Langhiense, por lo que los deslizamientos gravitacionales y el diapirismo de la zona comenzaron, como mínimo, al final del Burdigaliense y pensamos que siga actuando aún en nuestros días, como lo prueba la existencia de epicentros sísmicos en las zonas diapíricas de la zona.

La envergadura de estos deslizamientos gravitacionales de materiales competentes no supera, en ninguno de los casos, los dos kilómetros.

Además de las estructuras que hemos descrito hasta ahora, existen también algunas fallas norma-

les. En este punto sólo queremos hacer resaltar que no todas estas fallas se produjeron en una etapa de distensión, sino que algunas pudieron ser originadas antes, incluso, de la etapa de plegamiento principal. Esto se ha podido ver en la Sierra de Salinas, en la falla normal que pone en contacto las dolomías del Cenomaniense del Cegarrón con las calizas y arenas del Cretácico Inferior de la Sierra. Esta falla se puede detectar, perfectamente, en la Colonia de la Sierra de Salinas y próximo al Peñón del Tío Bernardo; sin embargo, ésta continúa, hacia el Este, aproximadamente por el Barranco de la cuesta del Reloj, pero ya no puede observarse en superficie, ya que la fosilizan unas arcillas y arenas del Mioceno. La existencia de esta falla, por debajo de los materiales terciarios, ha podido ponerse de manifiesto por los sondeos de «Sierra-1» y «Sierra-2».

El hecho de no verse afectado este Mioceno por la falla indica que, cuando se produjo ésta, aún no se había depositado el Mioceno y, puesto que la edad de este Mioceno es Langhiense y la etapa de distensión de esta región (posterior al plegamiento) fue en el Mioceno Superior, quiere decir que esta falla no está ligada a los esfuerzos principales de la orogenia, sino que es anterior.

Los esfuerzos que motivaron esta falla pensamos que sean debidos a la acción halocinética del Trías; los mismos que ocasionaron el alto fondo de estas sierras, al final del Cenomaniense (como ya hemos dicho) y que precisamente en este punto el levantamiento fue mayor, como lo prueba el hecho de que el Senoniense Superior descansa dis-

cordante casi sobre el Cretácico Inferior (sólo existen 25 a 30 m. de dolomías del Cenomaniense, entre el Senoniense Superior y el Cretácico Inferior). El hecho de encontrar estas fallas en los núcleos de anticlinales de origen halocinético no debe extrañar, si pensamos que dichos anticlinales son de gran envergadura y en un momento dado el arco es tal que es incapaz de sostener el peso de los materiales y se produce un hundimiento de la bóveda, con la correspondiente estabilización. Fallas de este tipo las hemos observado hacia el Este, en la Sierra Mariola, y hacia el Oeste, en la Hoja de Liétor.

BIBLIOGRAFIA

- AZEMA, J.; CHAMPETIER, Y.; FOUCAULT, A.; FOURCADE, E., et PAQUET, J.: *Le Jurassique dans la partie orientale des Zones Externes des Cordillères Bétiques*. «Essai de coordination. Cud. Géol. Iber.», vol. 2, pp. 91-110 (1971).
- AZEMA, J.: *Nouvelles données sur le Crétacé prébétique entre Cieza y Salinas (prov. d'Alicante et Murcia, Espagne)*. «B. S. G. F.» (7), t. XIV, pp. 110-120 (1972).
- AZEMA, J.: *Le Prébétique et le Sub-Bétique de Cieza à Alicante*. «Trab. de Cong. y Reun.», Ser. 7, núm. 1, Em. N. Adaro, pp. 219-231 (1975).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T.: *Los grandes accidentes tectónicos de la provincia de Alicante*. Tecniterrae, año III, núm. 17, pp. 8-17 (1977).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T.: *Síntesis geológica del Prebético de la provincia de Alicante*. Bol. Geol y Min. I) Estratigrafía, t. LXXXVIII-III, pp. 1-32. II) Tectónica, tomo LXXXVIII-IV, pp. 1-27 (1977).

Recibido: 8 Enero 1980

Datación mediante Cloro-36 de aguas subterráneas en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid (*) (Nota preliminar)

Por F. LOPEZ VERA (**)

RESUMEN

La necesidad de conocer el tiempo de residencia del agua en un acuífero, sobre todo en relación con los depósitos de residuos nucleares, exige la necesidad de perfeccionar las técnicas usuales y experimentar otras nuevas. En esta comunicación se exponen los fundamentos de datación mediante Cloro-36, que debido a su larga vida media —308.000 años— permite datar aguas de hasta un millón de años de antigüedad. También se presentan los primeros resultados experimentales en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid y se relacionan los resultados obtenidos con los isótopos ambientales, carbono-14, oxígeno-18 y tritio.

ABSTRACT

The need of knowing the residence time of the water in the acuífer arise, specially in relation with nuclear wasted by products deposits element to perfect the usual tecnics and to experiment new ones.

In this repport are sposed the basis of dating by means of Chlorine-36, because due to his long life (308.000 years) presents the timing of watérs one million years old. Thy are also exposed the first experiment and results in the Madrid Tertiary detritical acuífer, that are related with obtained results by means another environmental isotopes as carbon-14, oxigen-18 and tritium.

1. INTRODUCCION

La década de los sesenta estuvo bajo el signo de la campaña mundial «Atomos para la paz y el progreso», puesta en marcha a mediados de la década anterior para neutralizar la negativa reacción psicológica de las explosiones termonucleares que ensayaban las grandes potencias. Como resultado de la febril actividad en todos los campos de las ciencias y de la técnica, surgieron numerosas aplicaciones de las propiedades nucleares del átomo. En el campo de la Hidrogeología se pusieron a punto sofisticadas técnicas basadas en las determinaciones y propiedades de isótopos estables o radiactivos, ambientales y adicionados expresamente, para resolver numerosos proble-

mas como tiempo de residencia del agua en acuíferos, mezclas de agua, velocidad de flujo, parámetros del medio, etc.

En la década que ahora comienza se presenta con renovada actualidad la aplicación de técnicas geonucleónicas o simplemente «isotópicas» al campo de la Hidrogeología, esta vez en relación con la necesidad de encontrar emplazamientos «seguros» para el almacenamiento de residuos radiactivos. En relación con este problema, son dos los aspectos científicos que se plantean:

- La determinación, lo más precisa posible, de la edad del agua subterránea en la vecindad de los depósitos nucleares.
- Perfeccionamiento de técnicas de medida de isótopos con pequeñas muestras de agua.

La edad del agua sirve como indicador de la velocidad del flujo pretérita y ayuda a evaluar la migración futura de radionucleidos a partir de los depósitos nucleares.

(*) Este trabajo forma parte de un proyecto de colaboración entre la Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos (C. S. I. C.) y la Universidad de Arizona (U. S. A.).

(**) Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco. Madrid-27.

Respecto al segundo punto, se trata de perfeccionar las técnicas de medida, haciéndolas más sencillas, precisas y sobre todo que requieran pequeñas muestras, pues los vertederos nucleares han de ubicarse sobre acuitados que muchas veces no son capaces de producir un caudal de un litro a la hora.

La «edad» del agua se define usualmente como el intervalo del tiempo que el agua lleva fuera del contacto con la atmósfera, esto es, desde el momento de su infiltración.

Se han utilizado diversas técnicas isotópicas para la datación de aguas antiguas, basadas en la medida del ^{14}C , ^{36}Cl , relación $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, ^{30}Si , ^{81}Kr , etcétera. De éstas, la basada en el ^{14}C es la más utilizada.

En función de su período de semidesintegración, 5.730 años, y el método de medida empleado (contador de gas o espectrómetro de centelleo líquido), se alcanza un techo teórico de datación de 40.000 a 60.000 años con muestra abundante y en el caso más favorable (utilizando técnicas de enriquecimiento isotópico por difusión térmica y muestras de 5 m³ de agua, se puede alcanzar una edad de 75.000 años). Sin embargo, son conocidos los problemas que plantea la determinación de la actividad inicial del ^{14}C , así como los producidos por la dilución y mezcla de carbono no radiactivo del medio o aguas de distinta edad, lo que obliga a engorrosas correcciones (aún no totalmente resueltas) con ^{13}C en el caso de silución de carbonatos del medio, y ^3H o ^{39}Ar en el caso de mezcla con aguas modernas (posteriores a 1953) o de unos 1.000 años de antigüedad, respectivamente.

Otro nucléido, también de origen cosmogénico, que puede utilizarse es el ^{81}Kr , medido como relación $^{81}\text{Kr}/^{80}\text{Kr}$. Su período de semidesintegración de 210.000 años le capacita para datar aguas entre 50.000 y 800.000 años. El kriptón, de acuerdo con RANKAMA, K., y SAHAMA, T. H. (1954), p. 722, tiene como principal fuente el aire atmosférico y en mucha menor importancia en gases volcánicos y ciertas aguas minerales.

Posee numerosos isótopos estables (Kr; 78, 80, 82, 83, 84 y 86) (p. 327); de ellos, el ^{81}Kr se forma en la alta atmósfera mediante reacciones $^{80}\text{Kr}(n, \gamma)^{81}\text{Kr}$ y se desintegra por captura K. Su principal limitación es que su abundancia es sólo

de 1.000 átomos por litro de agua, lo que requiere muestras grandes de alrededor de 50 m³ en los casos más favorables y midiéndolo con un acelerador de iones (con contador de bajo nivel se necesitarían de 500 a 1.000 m³ de muestra).

Por último, el ^{36}Cl , aun con un período de semidesintegración superior al del ^{81}Kr (308.000 años), presenta algunas ventajas sobre éste y sobre el ^{14}C , como expondremos a continuación.

2. PRINCIPIOS DEL METODO

Como es conocido, el cloro desde un punto de vista geoquímico es un elemento de abundancia intermedia. Según KRAUSKOP, F. (1979), pp. 259-272, en las rocas ígneas hay 0,09 átomos por cada 100 de siliceo y entre los halógenos es el elemento más abundante. Sin embargo, su principal característica es su gran movilidad; se disuelve fácilmente durante la meteorización formando cloruros alcalinos y alcalinotérreos y otros compuestos, precipitándose como cloruros insolubles al unirse con cationes metálicos pesados como Cu, Ag, Pb, Hg, etc. en las partes superficiales de sus menas. HEM, F. J. (1970), p. 174, destaca también la no absorción de los cloruros en su circulación a través del acuífero, así como su reciclado, que se produce con la evaporación oceánica, aunque estima el aporte en cloruro de la lluvia en $99 \cdot 10^9 \text{ Kg/año}$, mientras que la escorrentía devuelve $150 \cdot 10^9 \text{ Kg/año}$.

En nuestro país, el contenido medio en cloruros de las aguas de los ríos está entre 6 y 40 ppm., según CATALÁN-LAFUENTE (1969), p. 188, aunque excepcionalmente se puede llegar a 1.248 ppm., mientras que en un acuífero oscila entre 2 y 200 ppm., siendo la mediana 10 ppm. (HEM, F. J., 1970).

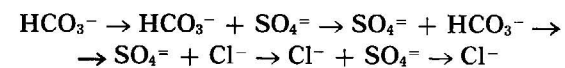
En el agua de lluvia, CUSTODIO, E. (1963), p. 1081, cita valores en Barcelona de 15 a 50 ppm., aunque estos valores disminuyen tierra adentro por efecto de la continentalidad, alcanzándose unos valores de 4 a 50 ppm. a 100 Km de la costa, y de 0,4 a 0,5 en el interior de los continentes.

En los acuíferos poco profundos, el origen de los cloruros suele ser fácilmente identificado; no así en acuíferos profundos donde pueden presentar una historia algo más compleja. En un gran número de casos puede asociarse a aguas «con-

génitas» o aguas de formación que emigran lentamente por la compactación de rocas de grano fino adyacentes. También pueden explicarse la presencia de cloruros mediante concentración natural por procesos de filtración iónica o simplemente por disolución de depósitos de evaporitas.

El Cl^- mineral de origen sedimentario se disuelve rápidamente en agua. Sin embargo, de acuerdo con FREEZE, R. A., y CHERRY, J. A. (1979), página 244, la existencia generalizada de Cl^- como anión dominante se produce en aguas subterráneas profundas o aguas subterráneas que han hecho un largo recorrido debido a la baja concentración de este elemento en el medio.

En formaciones limosas, pizarrosas, calcáreas o dolomíticas, donde el Cl^- mineral se encuentra en concentraciones de «trazas», la adquisición del Cl^- por el flujo del agua subterránea es controlada principalmente por procesos de difusión. Removilizándose el Cl^- de los pequeños espacios porosos de los poros muertos (poros no comunicados entre sí y que no intervienen en la permeabilidad del medio), y en el caso de formaciones geológicas fracturadas, se removiliza de la matriz del medio poroso hacia los poros principales o fracturas donde se produce el flujo. Pero este fenómeno de difusión es extremadamente lento. Esto se confirma en la observación, repetidamente verificada, de que en muchos sistemas acuíferos la evolución geoquímica:



se produce de forma gradual y en grandes distancias. Si se produce en distancias cortas es de esperar que se produzca en base a consideraciones de solubilidad sólo.

El isótopo de número de masa 36 del cloro, se forma de manera continua en la atmósfera, aunque también puede producirse en la superficie del suelo. De acuerdo con DAVIS, R., and O. A. SCHAEFFER (1955), el origen del ^{36}Cl en las aguas subterráneas puede ser:

- En la atmósfera; posterior a 1954, debido a las explosiones termonucleares, o bien por colisión con rayos cósmicos que transforman el argón-40 en cloro-36.
- En la superficie del suelo por activación neutrónica del cloro en el primer metro de

la superficie de la tierra por neutrones secundarios producidos por la interacción de los rayos cósmicos con la superficie de la Tierra con un flujo medio de 8×10^5 neutrones por kilogramo y año.

- Subsuperficialmente, por neutrones producidos por la radiactividad natural [procesos (α, η)] que puede activar el cloro del agua subterránea. Sin embargo, el flujo neutrónico θ varía con el contenido en uranio y torio y con el material acuífero. Un valor razonable para θ es 10^4 neutrones por año y kilogramo.

Más arriba expusimos, de acuerdo con HEM, D. J. (*ibid.*) que las dos terceras partes de los cloruros presentes en las aguas continentales eran de origen atmosférico (recirculación del océano) y el resto principalmente procedía de rocas solubles cloruradas.

Siguiendo a BENTLEY, H. W. (1978), si $n_{36\text{Cl}}$ es el número promedio de átomos de ^{36}Cl precipitado por año y cm², P es la precipitación en cm por año y C es la concentración de cloruros en el agua de lluvia en ppm., tenemos, en el momento de la recarga del acuífero. El número de átomos de ^{36}Cl será:

$$N_{36\text{Cl}} = (n_{36\text{Cl}}/P \cdot C) \times 10^6$$

Sustituyendo por valores representativos de P = 50 cm/año, C = 0,2 ppm. y $n_{36\text{Cl}} = 2,8 \cdot 10^4$, tenemos:

$$N_{36\text{Cl}} = 2,8 \cdot 10^9 \text{ átomos de } ^{36}\text{Cl/g Cl}$$

por lo que para su aplicación en datación de aguas antiguas, la determinación de P, C y $N_{36\text{Cl}}$ dependen principalmente del análisis de datos paleoclimáticos, SHAEFFER, O. A.; THOMPSON, and N. L. LARIC (1960).

La contribución del ^{36}Cl de origen termonuclear produce la contaminación de muestras e interferencias en la obtención de patrones de producción atmosférica de cloro-36. En la práctica se utiliza agua oceánica para obtener patrones de ^{36}Cl de bajo nivel.

En cuanto al ^{36}Cl de origen superficial, producido en el techo de los primeros metros del suelo por neutrones secundarios, BENTLEY, H. W. (*ibid.*) aplica la siguiente ecuación (p. 102 a):

$$N_{36\text{Cl}} = N_{36\text{Cl}}^{\text{sat}} (1 - \exp. -\lambda \Delta t)$$

donde N_{36Cl}^{sat} es la máxima concentración de cloro-36 por gramo de cloro, λ es la constante de desintegración radiactiva, $2,25 \cdot 10^{-6}$ años $^{-1}$, y Δt es el tiempo de residencia del cloro en el primer metro del suelo. La máxima concentración posible de cloruro-36 por gramo de cloro es:

$$N_{36Cl}^{sat} = \frac{903 \phi}{\lambda \epsilon \sigma th(i) \cdot mM(i)/Kg}$$

donde ϕ es el flujo medio de neutrones térmicos, $\sigma th(i)$ es la sección transversal de neutrones térmicos de la especie atómica (i), $mM(i)/Kg$ es el contenido en milimoles del elemento (i) por Kg de suelo.

En el caso más general, $\phi = 8 \cdot 10^5$ neutrones por año y kilogramo, el tiempo mínimo necesario para obtener $N_{36Cl} = 10^8$ es 750 años, lo cual, excepto bajo inusuales condiciones climáticas y geológicas, es un período de tiempo excesivamente largo, por lo que el componente superficial de ^{36}Cl es despreciable, TAMERS, M. A., and RONZANI, C. (1969).

El cloro-36 originado en la atmósfera y el suelo puede ser considerado como cloro-36 inicial, por cuya medida de desintegración radiactiva puede determinarse la edad. En cambio, el ^{36}Cl producido subsuperficialmente por neutrones resultantes de la radiactividad natural, puede contribuir a error en la determinación de la edad ^{36}Cl .

Subsuperficialmente,

$$N_{36Cl}^{sat} = \frac{903 \phi}{\lambda [\epsilon \sigma th(i) mM(i)/Kg m/\rho (330,0,9 \cdot C)]}$$

donde m es la porosidad y ρ es la densidad de la roca. En la mayoría de los casos $m/\rho (330,0,9 C)$ es despreciable y

$$N_{36Cl} \approx \frac{903 (1 - \exp. t)}{\lambda (\epsilon \sigma th(i) mM(i)/Kg)}$$

siendo N_{36Cl} independiente de la porosidad, concentración de cloruros y densidad de la roca.

Cuando la datación de aguas subterráneas mediante ^{36}Cl es alterada por existencia de radiactividad natural, debe de determinarse el uranio y torio existente.

En la figura 1 se representan las curvas de desintegración de muestras representativas de

aguas subterráneas utilizando concentraciones típicas de cloruros y considerando diversas fuentes de cloro-36, tomando como concentración inicial $2,8 \cdot 10^9$ átomos $^{36}Cl/g$ Cl como componente atmosférico y 1×10^8 átomos $^{36}Cl/g$ Cl como componente de la superficie del suelo.

3. DATACION MEDIANTE CLORO-36 DE AGUAS ANTIGUAS

El principio de datación de aguas subterráneas mediante cloro-36 se basa en que el ^{36}Cl presente en el acuífero es de origen meteórico, a no ser que existan anomalías por la presencia de torio y/o uranio. Parece ser, según BENTLEY (*ibid.*), que las interferencias por origen subsuperficial de ^{36}Cl no son significativos hasta aproximadamente 10^6 años (fig. 1). Las muestras de agua necesarias son de unos 500 litros o menos si el contaje es con un contador convencional o de 1 ó 2 litros si se utilizan técnicas de aceleración de partículas. PURSE, K. H. (1978).

Las desventajas del método son la determinación de la concentración inicial de ^{36}Cl , debiéndose utilizar aproximaciones experimentales para determinarla.

La datación mediante Cl-36 es todavía una técnica experimental que se trata de poner a punto en el Departamento de Hidrología y Recursos Hidráulicos de la Universidad de Arizona (U.S.A.). Para ello, en primer lugar se está determinando el contenido en ^{36}Cl en numerosos acuíferos y en ambientes diversos; en muestras sin mezcla de aguas inicialmente, el Terciario detrítico de Madrid es uno de ellos.

En segundo lugar se analizarán las variaciones de ^{36}Cl en relación al tiempo, incluido la comparación con datos de Carbono-14 e isótopos ambientales. Y en tercer lugar se trata de obtener perfiles de concentración en ^{36}Cl en acuíferos tipo que tengan algún interés.

4. MUESTREO Y CONTAJE DEL CLORO-36

Las muestras cuyos resultados se comentan en el epígrafe siguiente fueron recogidas por el autor de estas líneas durante septiembre de 1978. Las muestras se tomaron según un perfil del acuífero

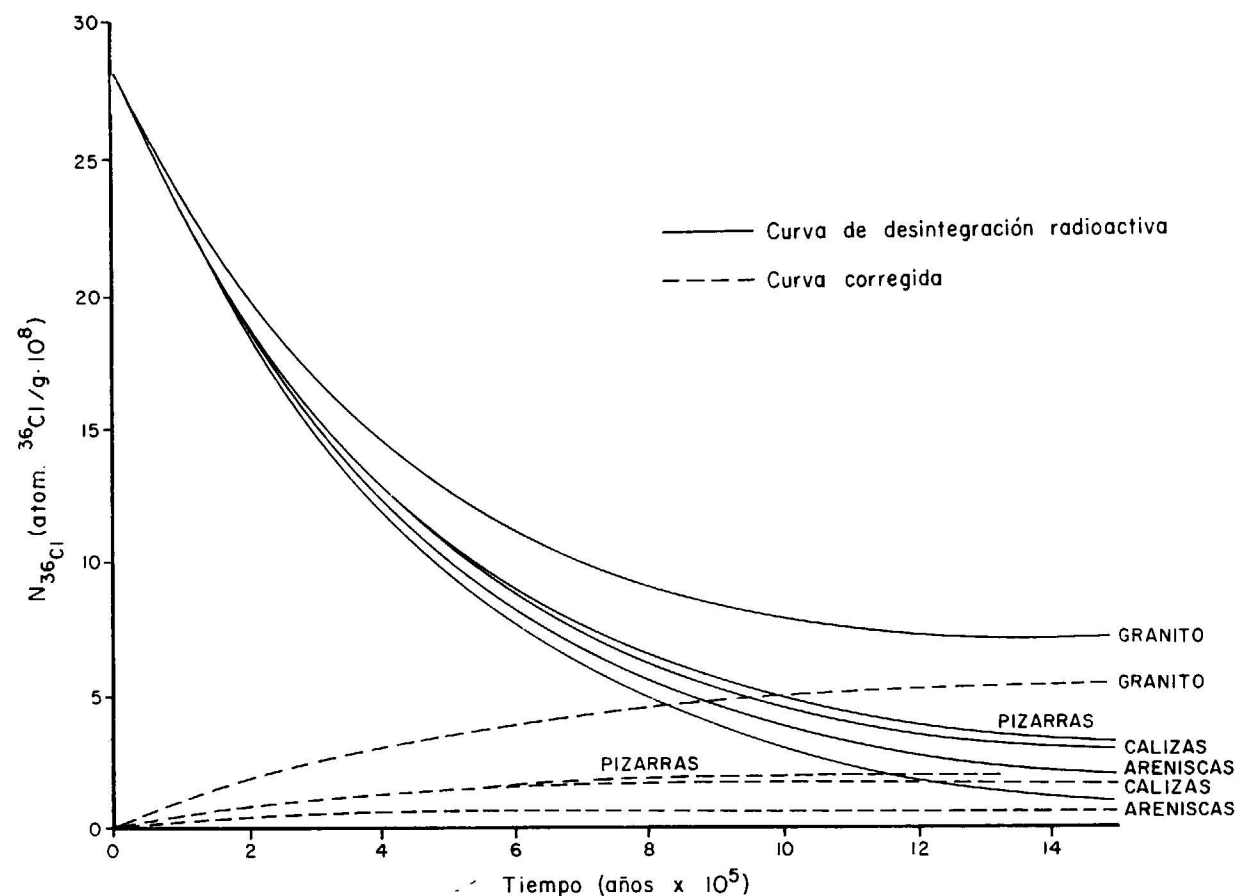


Fig. 1.—Curva de desintegración radiactiva de ^{36}Cl en muestras de aguas de diferentes acuíferos. [Según H. BENTLEY, A. W. (1978) (Fig. 1)].

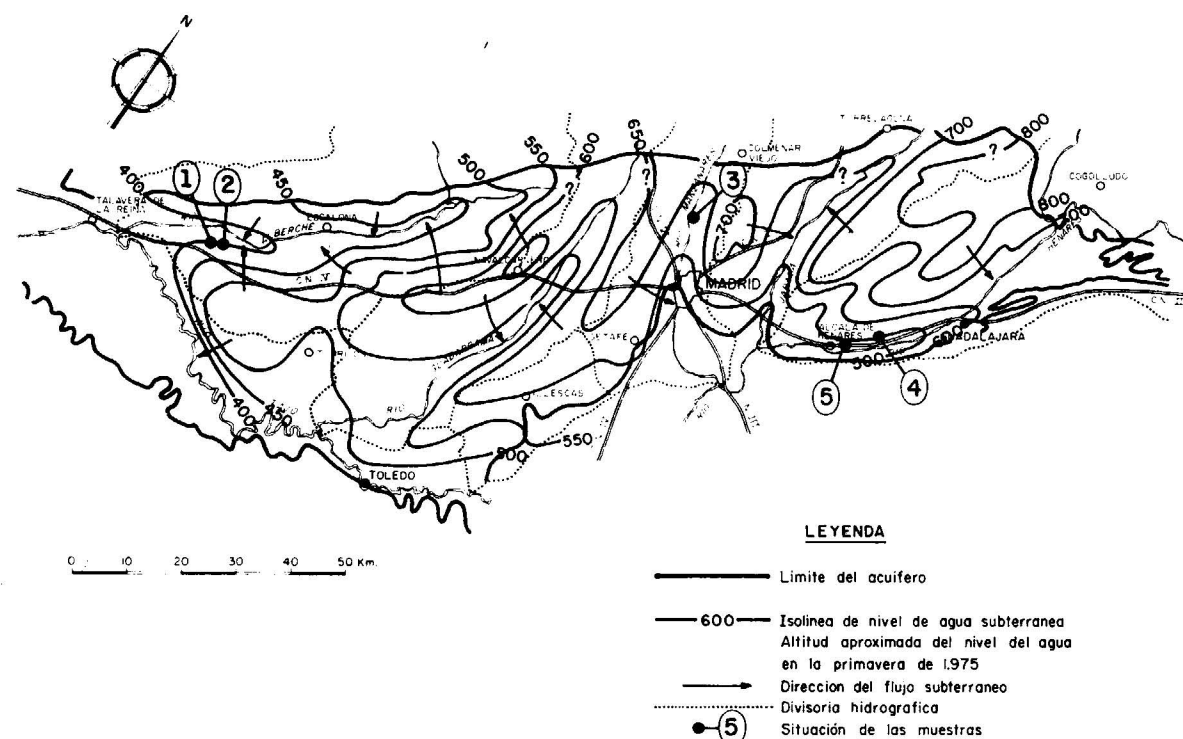


Fig. 2.—Mapa del nivel del agua subterránea.

que cortase ortogonalmente las isopiezas tal como se muestran en la figura 2 en zonas de descarga, de acuerdo con las ideas expuestas en trabajos anteriores. LÓPEZ VERA, F. (1975, 1977a).

En la tabla I se muestran asimismo las características hidrogeológicas de los pozos muestreados, todos ellos surgentes; tres de ellos son piezómetros de distinta profundidad. Se tomó una muestra de un litro en los pozos 1, 2 y 5 y de dos litros en 3 y 4, obteniéndose, mediante una solución valorado de nitrato de plata, un precipitado de cloruro de plata que posteriormente fue convertido en Ag₂O por ebullición con NaOH y filtrado. El filtrado fue acidificado con H₃PO₄ y el HCl destilado dentro de una solución de NaOH, obteniéndose cloruro sódico por evaporación.

La muestra así preparada fue depurada y medida por BENTLEY, H. M. de la Univ. de Arizona en la Universidad de Rochester (New York) mediante un acelerador de Van de Graaff y un espectómetro de masas montados en tanden. Por dicho método se mide la actividad del ión negativo ³⁶Cl⁻ en niveles tan bajos como 4 partes en 10¹⁵ de cloruro. La única interferencia detectada ha sido por la presencia de ³⁶S⁻ presente en los sulfatos, pero ha sido fácilmente identificado por el espectómetro de masas. La descripción detallada de esta técnica la realizan PURSE, K. H. (1978) y GOVE, H. E. (1978).

5. PRIMEROS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ACUIFERO DEL TERCIARIO DETRITICO DE MADRID

En la tabla I se presentan los resultados obtenidos en las muestras tomadas en el acuífero del Terciario detrítico de Madrid. Los valores de ³⁶Cl en la última columna se expresan como átomos de ³⁶Cl por 10¹⁵ de átomos del total de Cl⁻. En una primera impresión los resultados parecen razonables excepto el primero (18 ± 2) excesivamente antigua, que sugiere cierta contaminación con cloro no radiactivo.

El asignar una edad a los datos actualmente disponibles aún resulta prematura, pero según comunicación personal de H. W. BENTLEY, teniendo en cuenta que:

$$\frac{{}^{36}\text{Cl}^-}{\text{Cl}^-} = 300 \times 10^{-15} \approx 1.000 \text{ años de antigüedad}$$

se podría atribuir una antigüedad a las muestras 2 y 5 de 20.000 a 25.000 años.

Ahora bien, en la tabla II también se incluyen datos de Carbono-14 de estas muestras, expresados como por 100 de carbono moderno. En la columna contigua se exponen las edades sin corregir, esto es, la que resulta de aplicar la ecuación de desintegración:

$$t = -8270 \ln \frac{A}{A_0}$$

donde A₀ y A son las actividades inicial y final, sin tener en cuenta los efectos de dilución por disolución de carbono no radiactivo del medio ni la mezcla de aguas de diferentes edades. Como es sabido el primer efecto tiende a presentar a la muestra con una edad superior a la real; sin embargo, la mezcla con aguas jóvenes tienden a presentarlas como más modernas.

De los datos de tritio disponibles se deduce que las muestras 1 y 4 presentan contaminación con aguas más jóvenes, lo que hasta cierto punto puede amortiguar las discrepancias de edad obtenidas con ¹⁴C y ³⁶Cl, aunque aún no disponemos de criterios fiables para valorar la incidencia de la contaminación con aguas modernas en la edad por medio del ³⁶Cl.

En relación con las muestras 1 y 2 correspondientes a dos piezómetros juntos de 200 y 120 m respectivamente de profundidad que tienen ranurado los 30 últimos metros (tabla I), los valores de datos isotópicos obtenidos son coherentes con los datos hidrogeológicos, como expusimos en otra ocasión, LÓPEZ VERA, F.; LERMAN, J., y MULLER, A. (1980). La diferencia obtenida en δ 18_o puede interpretarse (teniendo en cuenta que el error de medida es de ± 0,2) como correspondiente a pequeñas fluctuaciones climáticas en el momento de infiltración de ambas muestras.

La muestra núm. 3, que de acuerdo con los datos de tritio parece no haber sufrido contaminación por mezcla de aguas más modernas, presentaría una mayor discrepancia con los datos de ³⁶Cl, pues la edad sin corregir atribuida representaría un límite máximo de la edad real.

TABLA I
Datos hidrogeológicos de los pozos muestreados

Núm. muestra	Ref. Inventario S.I.R.H.	Cota del pozo m.s.n.m.	Profundidad pozo m	Zona ranurada	Nivel piezométrico	Situación topográfica	Uso del sondeo
1	603-6-3	440	200	170-200	Surgente	Baja ladera	Piezómetro
2	603-6-4	440	120	90-120	Surgente	Baja ladera	Piezómetro
3	534-5-10	613	237	169-206	Surgente	Fondo valle	Piezómetro
4	535-7-41	588	210	54-63 59-63	Boca	Fondo valle	Pozo de abastecimiento
5	535-7-82	610	142	65,5-67,5 118-119	Surgente	Baja ladera	Pozo de abastecimiento

TABLA II
Datos isotópicos de las muestras

Núm. muestra	δ 18 _o	% Carbono moderno	Edad B.P. (*)	Tritio U.T.	Cl-36 (**)
1	- 8,20	17,7 ± 3,3	14,500	9,2 ± 1	18 ± 2
2	- 7,6	73,8	2,500	—	170 ± 8
3	- 8,9	20,6	13,000	0,4	235 ± 7
4	- 8,6	≈ 0	> 12,000	4,4 ± 3,3	295 ± 12
5	- 8,6	—	—	—	231 ± 21

(*) Edad C¹⁴ sin corregir.

(**) Atomos de 36 Cl por 10¹⁵ del total de átomos.

TABLA III
Datos de análisis químicos

p.m.m.	MUESTRA				
	1	2	3	4	5
Cl ⁻	28,3	35,4	14,1	14,2	21,2
SO ₄ ⁼	60,38	100,8	6,5	67,2	376,5
CO ₃ H ⁻ +CO ₃ ⁼	292,4	366,0	109,8	170,8	183
NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻	20,38	23,1	0,15	0,62	Trazas
Na ⁺	153,6	160,3	36,0	95,0	167
Mg ⁺⁺	2,4	12,1	2,4	3,6	17
Ca ⁺⁺	4,0	20,0	4	12,2	40
Li ⁺ +K ⁺	1,8	1,8	2,1	1,17	2,1
Conduc. μmh/cm 25° C	575	727	213	575	848
pH	8,3	7,8	9,3	8,5	7,2
Dureza °F	2	10	2	6,8	17

De los análisis químicos que se adjuntan en la tabla III se deduce que las muestras 1 y 2 presentan un ambiente geoquímico diferente de las tres restantes, según se observa en las relaciones catiónicas y aniónicas en dos primeras muestras, esto puede ser debido a la presencia de niveles discontinuos de carbonatos y otras sales en el terreno. Estos datos son coherentes también con los obtenidos con anterioridad, LÓPEZ VERA, F. (1977b), en los que se señalan dos dominios geoquímicos diferentes para esta región, uno constituido por las cuencas de los ríos Henares, Jarama y Manzanares y otro por el Guadarrama, Alberche, Tajo.

Por último, cabe destacar que aunque no se ha considerado la existencia de uranio en el acuífero, el ambiente geoquímico del mismo (arcosas próximas al relieve generador) es favorable al mismo.

6. CONCLUSIONES

- La medida del contenido en ^{36}Cl es un método eficaz para datar aguas subterráneas de hasta un millón de años de antigüedad, que le hace especialmente útil sobre todo en muestras procedentes de acuitados en problemas relacionados con el almacenamiento de residuos nucleares.
- La aplicación de esta técnica necesita el establecimiento de las condiciones paleoclimáticas para estimar la producción de ^{36}Cl en atmósfera y suelo y su entrada en el sistema. Este problema puede soslayarse aplicando datos de estimaciones experimentales.
- En caso de existir uranio y/o torio en el acuífero, ha de analizarse su contenido y hacer una corrección de edad en función del ^{36}Cl producido por neutrones de la radiactividad natural.
- Para controlar la aplicabilidad del método y los resultados obtenidos es necesario controlar la posible mezcla con otras aguas más modernas mediante la determinación de otros isótopos de vida media más corta, tritio y carbono-14, así como analizar el contenido en cloruros y los demás iones fundamentales al objeto de controlar la aportación de cloro (no radiactivo) por disolución de sales en el terreno.

- La posibilidad de medida en tamden espectrómetro de masas acelerado de Van der Graaff, hace posible su aplicación a pequeñas muestras de 1 ó 2 litros de agua.
- Los primeros resultados provisionales de la aplicación de datación mediante ^{36}Cl en el Terciario detrítico de Madrid, pone de manifiesto la aplicabilidad de la técnica, si bien no se ha llegado todavía a una datación fiable. La relación con datos de otros isótopos, ^3H , ^{14}C , ^{18}O , son coherentes, así como los datos y conocimientos hidrogeológicos que tenemos del acuífero.
- Como continuación de estos trabajos para llegar a la posibilidad de una datación más exacta nos proponemos establecer las condiciones paleoclimáticas y ensayar el método con muestras en condiciones más sencillas donde intervenga un menor número de variables.
- Aunque no se conoce la existencia de indicios de uranio o torio en el acuífero, se han detectado anomalías que son acordes con el ambiente geoquímico, por lo que deberá estudiarse la posible producción de ^{36}Cl en el acuífero por existencia de neutrones en el medio natural.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la lectura y sugerencias a este escrito a los Dres. Llamas Madurga, de la Universidad Autónoma de Madrid; Plata Bedmar, del Laboratorio de Isótopos del G. A. N. O. P. U., y Trilla Arrufat, de la Universidad Autónoma de Barcelona.

BIBLIOGRAFIA

- BENTLEY, H. W.: *Some comments on the use of chlorine-36 for Dating Very Old Ground Water. Proceeding, Workshop on Dating Old Ground Water, Report.* March 16-18, 1978. The University of Arizona, pp. 102-111 (1978).
- CATALÁN LAFUENTE, J.: *Química del Agua.* Edit. Blume. Madrid, 355 pp. (1969).
- CUSTODIO, E.: *Hidrogeoquímica.* Cap. 10. En *Hidrología Subterránea.* T. 1 de Custodio y Llamas, pp. 1005 a 1091. Ed. Omega, Barcelona (1973).

- DAVIS, R., and O. A. SCHAEFFER: *Chlorine-36 in Nature.* Ann. N. Y. Acad. of Sci. 62 pp., 107-121 (1955).
- FREEZE, R. A., y CHERRY, J. A.: *Groundwater.* Edit. Prentice-Hall. Inc. N. Y. U. S. A., 604 pp. (1979).
- GOVE, H. E.: *Isotope Detection Using Accelerators. Proceeding Workshop on Dating Old Ground Water, Report.* March. 16-18, 1978. The University of Arizona, pp. 115-118 (1978).
- HEM, D. J.: *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Geological Survey Water.* Suppli Paper, 1473. Washington, U. S. A. (1970).
- KRAUSKOPF, K. B. C.: *Introduction to geochemistry.* Ed. McGraw-Hill, Book Company, N. Y., U. S. A., p. 617 (1979).
- LÓPEZ VERA, F.: *Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.* Memorias del IGME núm. 91 (1977), 277 pp. (1975).
- LÓPEZ VERA, F.: *Estudios geológicos e hidrogeológicos sobre la Fosa media del Tajo.* Bol. Geol. Min. núm. 88, pp. 401-416 (1977 a).

- LÓPEZ VERA, F.: *Geoquímica de las aguas del Terciario detrítico de Madrid, en relación con el acuífero subterráneo.* Estudios Geológicos, I. L. M., pp. 1, 33, pp. 52-54 (1977 b).
- LÓPEZ VERA, F.; LERMAN, J. C. and ...: *A preliminary Isotopic Reconnaissance of the Madrid Basin Aguifer.* Memorias 26. Congreso Geológico Internacional. París, 1980 (1980).
- PURSE, K. H.: *Suggested Instrumental Imponements at the University of Rochester. Proceeding Workshop on Dating Old Ground Water, Report.* March. 16-18, 1978. The University of Arizona, pp. 100 (1978).
- RANKAMA, K.: *Isotope Geology.* Pergamon Press. L. T. D. London, 535 pp. (1954).
- SHAEFFER, O. A.; S. O. THOMPSON, and N. L. LARK: *Chlorine-36 radioactivity in rain.* J. Geophys. Res. 65, pp. 1013-1016 (1960).
- TAMERS, M. A., and C. RONZANI: *Naturally accuring chlorine-36.* Atompraxis 15, pp. 433-437 (1969).

Recibido: Marzo 1980

Determinación de ciclos geomorfológicos mediante análisis estadístico. Aplicación a la zona de Don Benito (Badajoz)

Por F. RECREO (*), R. SOLA (*) y J. TENA (**)

RESUMEN

La implantación de un programa de computadora llamado TOPO, como traducción de las teorías de SCHEIDEGGER y CULLING, permite identificar la superposición de ciclos geomorfológicos en una región. Su utilización, en el caso concreto de la zona de Don Benito (Badajoz), ha proporcionado información sobre la existencia de tres ciclos erosivos sobrepuestos, con límites definidos en cotas próximas a los 360 y 420 m.

ABSTRACT

The computer programme TOPO, translation of the SCHEIDEGGER and CULLING's theories permits the identification of the super-position of the morphological cycles in a determined area. Utilized over the Don Benito (Badajoz) region, it supplies information about three consecutive erosive cycles, with defined limits in the vicinity of approximately 360 and 420 m.

INTRODUCCION

La analogía existente entre los procesos termodinámicos y los geomorfológicos fue ya establecida en 1962 por LEOPOLD y LAUGBEIN. Posteriormente, SCHEIDEGGER demostró que esta analogía alcanzaba un alto significado y que era posible la aplicación de los mismos tratamientos estadísticos para ambos sistemas, expresando esta idea en el postulado que dice: «Siempre que un sistema sea una combinación de sistemas componentes, o subsistemas, que oscilan o fluctúan, y tal que en dicho sistema exista una cierta magnitud que sea constante de movimiento definida y no negativa, bajo condiciones de equilibrio, dicha cantidad está canónicamente distribuida entre los subsistemas componentes; y en condiciones de no equilibrio, suponiendo una regresión lineal en las fluctuaciones antedichas y reversibilidad a escala microscópica, la magnitud de que se habla está sujeta a la ecuación de difusión con un

tensor de difusibilidad simétrico. A este tensor lo denominaremos "coeficiente de difusión".»

Según esto, puede expresarse una equivalencia o correspondencia entre las ecuaciones que regulan tanto los procesos termodinámicos como los geomorfológicos, y así tenemos:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right]$$

Procesos termodinámicos

$$\frac{\partial H}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right]$$

Procesos geomorfológicos

SCHEIDEGGER, para desarrollar su teoría geomorfológica, estudia «fenómenos» en función de la pendiente. En el caso de un proceso de erosión fluvial sabemos que existe un equilibrio entre la forma del talud y el agua que circula por su cauce.

Por observación directa se sabe que la cantidad de materia que transporta por unidad de volumen, C, es proporcional a la cantidad de agua,

pero, a la vez, es proporcional a la pendiente puntual del talud o cauce, S, por el que discurre.

En una primera aproximación, se puede expresar ambas proporcionalidades de este modo:

$$V \propto C \quad \dots \quad V \propto S$$

Por otra parte, la experiencia nos dice que, en el talud, la variación de la altura se debe a defecto o aporte de masa, por erosión o por deposición. Aplicando este razonamiento a un perfil topográfico $h = f(x)$, e introduciendo la variable tiempo a la vez que suponemos como origen $x = 0$, y una lámina de agua con velocidad constante V, se alcanza la ecuación:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \gamma^2}{\partial x^2}$$

Donde γ es la evolución de la altura con respecto a la dirección x cambiada de signo, o lo que es lo mismo, la pendiente en cada punto cambiada de signo.

Esta ecuación básica coincide con una ecuación de difusión y viene a confirmar el postulado de SCHEIDEGGER antes enunciado.

CULLING, en su obra «Teoría Analítica de la Erosión», adopta como base del estudio de los fenómenos de erosión y transporte el supuesto de que el flujo de material es proporcional al gradiente de superficie, teoría análoga a la mantenida por FOURIER para la conducción del calor, y llega a la conclusión de que la relación flujo-gradiente de superficie no es exactamente lineal, pero que en una primera aproximación puede ser considerada como válida y especialmente útil en la elaboración de modelos.

Considerando la superficie topográfica como una función continua $H = f(x, y, t)$, cada uno de los puntos de esta superficie queda definido por un valor x e y, tal que $h = f(x, y)$ para un determinado tiempo t.

Si la función $h = f(x, y)$ es derivable, las derivadas parciales respecto a x e y, tomadas como componentes de un vector, definen en cada punto (x, y) un vector llamado «gradiente de H» expresado por:

$$\vec{\text{grad}} H = \frac{\partial H}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial H}{\partial y} \vec{j}$$

Si suponemos un material homogéneo e isotropo, el flujo estará dirigido según la normal al perfil en el punto P considerado. Si en dicho perfil la variación en altura es dh, el flujo material por unidad de tiempo vendrá dado por:

$$-K \left(\frac{dh}{dx} \right)$$

Y en el límite, cuando $dx \rightarrow 0$, tenemos que la componente x de ese valor será:

$$f(x) = -K \frac{\partial h}{\partial x}$$

De aquí la justificación del punto de partida de CULLING de que el flujo es proporcional al gradiente de H.

Siguiendo el desarrollo matemático de las ideas geomorfológicas de CULLING, al igual que se hace con la teoría de FOURIER, se alcanza, como etapa final, y para un estado estacionario, la conocida forma de la ecuación de LAPLACE.

$$\frac{\partial h}{\partial x^2} + \frac{\partial h}{\partial y^2} + \frac{\partial h}{\partial z^2} = 0$$

Esta ecuación ha sido estudiada exhaustivamente por su aplicación en otros campos, y no vamos a desarrollar aquí su resolución, pasando a utilizar directamente los ya muy conocidos resultados.

Vistos los desarrollos de los procesos geomorfológicos según las teorías de SCHEIDEGGER en función de la evolución de la pendiente, y de CULLING, que estudia la evolución de un ciclo de función de la variación de las alturas, observamos que en ambos casos se llega al establecimiento de una función continua y uniforme cuyas soluciones tienen fácil accesibilidad, y estos mismos razonamientos son los que constituyen la base del análisis geomorfológico que nosotros hemos efectuado por medio del programa TOPO, cuyo objeto y metodología se exponen al final de esta publicación.

En la primera parte, este programa trabaja con intensidades de relieve, utilizándose para el análisis los criterios de SCHEIDEGGER, ya que, como hemos visto, éste trabaja en función de la pendiente, estableciendo que $\gamma = f(I)$, donde γ es la pendiente e I los intervalos de altura.

En TOPO, consideramos unas celdas elementales

(*) Junta de Energía Nuclear. Departamento de Seguridad Nuclear.

(**) Departamento de Petrología. Universidad de Zaragoza.

de extensión ΔX e ΔY , asociando a cada celda (x, y) una altura máxima, mínima, o una combinación lineal de ambas, la media, de tal modo que para cualquiera de ellas,

$$h = f_1(x, y)$$

A la vez, asociamos a cada celda el valor que llamamos intensidad de relieve, IR, diferencia entre la altura máxima y mínima de cada celda, valor que dependerá de la extensión de la celda considerada.

Si tomamos una celda cuadrada y no prestamos atención a las direcciones X o Y al tomar las cotas, los valores $\Delta H/\Delta X$ y $\Delta H/\Delta Y$ son pendientes asociadas a cada celda en sentido absoluto.

Para una función bidimensional, la correspondencia entre ambos valores es biunívoca y la función uniforme, lo que nos permite establecer otra función:

$$IR = f_2(x, y)$$

que será una aproximación discreta a la función continua, al menos para un mismo ciclo erosivo, de las pendientes en cada punto que postula SCHEIDEGGER. Esta función, IR, es la que sustenta todo el programa de gradientes de TOPO. Siguiendo el criterio de CULLING, podemos tomar dicha f_2 como una función derivada de la función «superficie topográfica», $h = f_1(x, y)$, donde h es la altura de todo punto (x, y) .

Del mismo modo, la variación de IR entre punto y punto nos proporciona una $f_3(x, y)$ que denominamos «variación de la IR», y que podemos asimilar a la segunda derivada de la función primitiva $h = f_1(x, y)$.

Como el análisis se realiza separadamente para las alturas máximas, mínimas o medias de cada una de las celdas y como a cada altura h , que es la variable independiente, le corresponden una o más IR, la función no es uniforme. Agrupamos las celdas atendiendo a unos intervalos de altura prefijados y posteriormente asociamos a cada clase así definida un solo valor de IR, el que proporciona la media de los IR de cada una de las celdas incluidas en el intervalo, al que denominamos promedio de intensidad de relieve o PIR; de este modo hacemos la función uniforme, y si tomamos como función primitiva la así definida, tenemos una aproximación discreta a la función continua de SCHEIDEGGER.

Podemos ahora, en cada intervalo, definir una función $f_4(I)$ tal que se asemeja a la función derivada de la función PIR, y que llamamos GRAD (I). Esta función nos indicará la variación del PIR entre dos clases consecutivas en una dirección prefijada, lo que hace que pueda tomar valores positivos y negativos.

Asimismo, la variación de dicho gradiente vendrá expresada por otra función $f_5(I)$, a la que llamamos CAMBIO de GRADIENTE, que en el caso de considerar $\Delta x \rightarrow 0$, podemos asimilar a la segunda derivada de la función establecida por SCHEIDEGGER, continua para un mismo ciclo erosivo.

Cuando sobre la zona en estudio se superpongan dos o más ciclos erosivos, o simplemente la litología o estructura no sean homogéneas e isotopas tal como se especifica en el postulado, existirán discontinuidades que quedarán señaladas por alteraciones en los valores de la función; serán estas discontinuidades las que debemos analizar para definir los posibles ciclos erosivos.

APLICACION A LA ZONA DE DON BENITO (BADAJOZ)

Mediante la aplicación del programa TOPO se han estudiado los aspectos observados de cotas mínimas, máximas y medias, tomadas sobre celdas de 1 Km de lado proporcionadas por la malla de coordenadas Lambert, sobre las cuatro Hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional, correspondientes a Don Benito (778), Villanueva de la Serena (779), Oliva de Mérida (804) y Castuera (805), que representan aproximadamente 2.400 kilómetros cuadrados.

La salida del programa nos permite construir gráficos en los que se separan «tramos» limitados por unos índices de probabilidad mínimos de 75 por 100, deducidos a partir del gráfico del «Promedio de Intensidad de Relieve» o PIR.

Al efectuar las asociaciones más probables entre «tramos» consecutivos, con un nivel de fiabilidad mínimo determinado, se definen unos «ciclos». Estos ciclos se establecen tomando como hipótesis que «a lo largo de un ciclo geomorfológico único, no hay cambio significativo de gradiente» y siguiendo los criterios analíticos de SCHEIDEGGER y CULLING.

Según las teorías geomorfológicas, todo ciclo erosivo cumple una ecuación de continuidad. Como la intensidad de relieve, IR, es una variable que para un mismo ciclo tendrá una variación con la distancia, representable mediante una curva continua, se postula que toda discontinuidad que aparezca en dicha curva marcará un cambio morfológico, litológico o estructural.

Los estadísticos Desviación Media del PIR, Varianza y Coeficiente de Variación $1/V$, servirán para confirmar las discontinuidades existentes.

ANALISIS DE LAS MINIMAS

Se han diferenciado siete tramos a través del estudio de la curva de IR, curva de desviación del PIR, Gráficos de la Varianza, Coeficiente de variación $1/V$ y Curva de frecuencias.

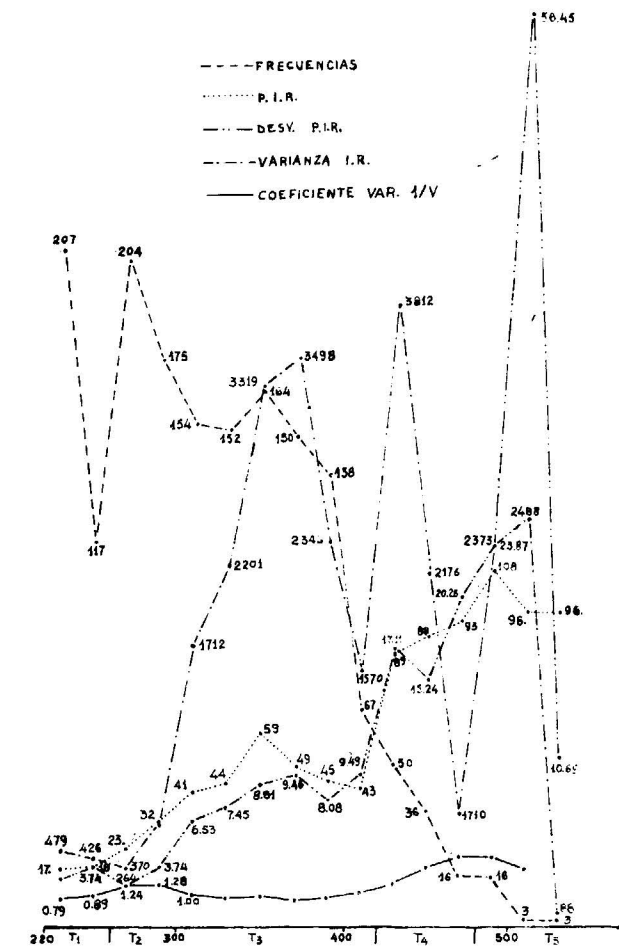


Figura 1.—Estadísticos datos de mínimas.

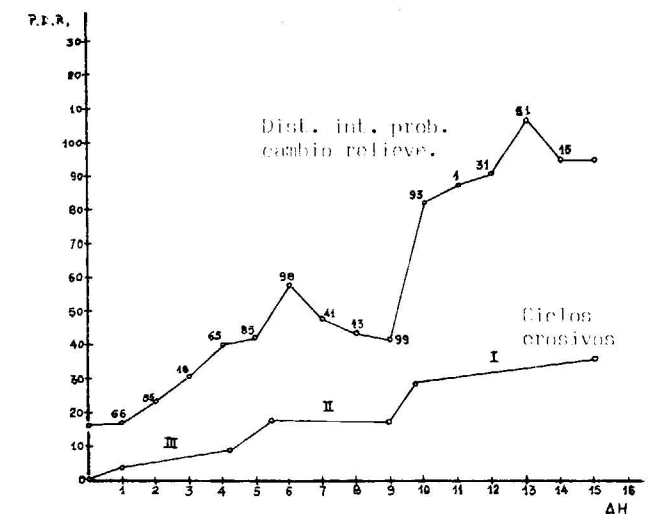


Figura 2.—Ciclos erosivos deducidos de datos de mínimas.

Tramo I

Abarca desde las cotas menores hasta los 240-260 m con valores del PIR sensiblemente iguales en los dos intervalos. En la separación con el siguiente intervalo la probabilidad de cambio significativo es del 66 por 100.

Con el estudio de la curva de desviación del PIR vemos que los errores al representar los puntos de este tramo son del 17,52 por 100 y 20,77 por 100 para cada uno de los dos intervalos, indicando la pequeña diferencia entre ellos la homogeneidad de todo el tramo.

Tramo II

Alcanza desde los 260 m hasta el intervalo 300-320, en que la probabilidad de cambio asociada es de 65 por 100 con valores del PIR de 23, 32 y 41 según una progresión aritmética de razón 9.

Los valores de desviación del PIR tienen un promedio muy aceptable del 11 por 100, con un máximo para el último de 16 por 100. Este máximo puede justificarse por la superposición de algunos puntos que realmente pertenezcan ya al tramo siguiente, error debido probablemente a la arbitrariedad del paso de malla, 1 km, quizá demasiado grande.

Tramo III

En el intervalo 320-340 se alcanza una probabi-

lidad de cambio del 85 por 100, por lo que consideramos este único intervalo como un tramo completo.

La desviación de la curva es del 16,93 por 100.

Tramo IV

Comprende un solo intervalo, el 340-360, pues la probabilidad asociada al cambio del PIR alcanza el 98 por 100, a la vez que los valores del PIR pasan de 44 a 59.

La desviación es semejante al tramo III, con un valor del 14,93 por 100.

Tramo V

Lo situamos desde el intervalo 360-380 hasta el 400-420, con un descenso continuado en el PIR desde 59 a 43 y una probabilidad de cambio significativo del 99 por 100.

Los valores de desviación de la curva del PIR toman los valores 19,31 por 100, 17,95 por 100 y 20,06 por 100, siendo mayor en los intervalos extremos porque, tal como hemos dicho, puede haber inclusión de puntos del tramo anterior y posterior por defectos de amplitud de malla.

Tramo VI

Abarca un solo tramo muy bien definido por la probabilidad asociada, que es del 95 por 100 para el comienzo y del 93 por 100 para el final. El valor del PIR tiene un brusco aumento entre los extremos, con valores de 43 y 89.

La desviación asociada es del 20,36 por 100.

Tramo VII

El PIR es muy constante y muy elevado en todo el tramo, con 93 m en alturas superiores a 440 m, subiendo en el intervalo 480-500 a valores de 108, con una probabilidad asociada del 51 por 100, máxima del tramo, ya que para el resto son bajas, del 1 por 100; 31 por 100; 15 por 100, lo que nos indica la gran homogeneidad de relieve de este tramo.

La desviación media es más irregular que en los tramos anteriores, con valores próximos al 20 por 100 y con valor bajo, sólo 11,10 por 100 para el último intervalo.

GRAFICO DE LA VARIANZA Y COEFICIENTE 1/V

Tal como se aprecia en el gráfico de MINIMAS, vemos que ambas curvas fluctúan ascendiendo o descendiendo de manera casi uniforme en cada uno de los tramos, ajustándose bastante bien a las divisiones hechas.

CURVA DE FRECUENCIAS

La mayor frecuencia se alcanza en los intervalos correspondientes a las menores cotas, excepto en el 240-260, donde se da un acusado mínimo de 117 puntos, mientras que los dos adyacentes tienen 209.

Los intervalos comprendidos entre 300 y 400 m están también suficientemente representados, descendiendo bruscamente la frecuencia por encima de dichas cotas.

CICLOS PARA LAS MINIMAS

Distinguimos tres ciclos, con las siguientes características:

Ciclo I

Está representado por una superficie de aproximadamente 75 km², agrupando los intervalos comprendidos entre 440 y 540 m. Los valores de los PIR son, para cada uno de los intervalos, 88, 93, 108, 96 y 96.

El coeficiente de variación 1/V sigue una tónica creciente hasta el intervalo 460-480, permaneciendo constante en el 480-500, para descender en 500-520.

La varianza decrece hasta un mínimo de 1.710 en el intervalo 480-500, para aumentar después hasta un máximo de 2.488 y descender bruscamente hasta el valor 88.

Ciclo II

Abarca los tramos comprendidos entre las cotas 360 y 440 m, con un nivel de probabilidad asociado del 93 por 100 y representando a una superficie de 405 km².

El PIR decrece de 49 a 43, para ascender en el último intervalo a 84.

El coeficiente 1/V sigue creciente, es más equilibrado que en ningún otro ciclo, sin que se presente ningún punto anómalo o de ruptura del ciclo.

La varianza es decreciente hasta el intervalo 400-420, donde hay un mínimo de 1.570, para aumentar después, alcanzando un máximo de 3.812.

En este ciclo se pueden diferenciar dos zonas: a) una llana, muy bien representada en extensión, pues abarca todos los intervalos del ciclo, excepto el 420-440, que constituye la que llamamos zona b) o zona de cuestas.

Ciclo III

Comprende las celdas de alturas mínimas comprendidas entre los 220 y 360 m, con un nivel de probabilidad de 98 por 100, y que supone una superficie de 996 km².

La varianza es creciente hasta alcanzar un valor de 3.319, con un mínimo en el intervalo 260-280, que se corresponde con un ligero aumento en el coeficiente 1/V.

El PIR oscila en este ciclo desde un mínimo de 17 a un máximo de 59 m, en el punto final.

Se podrían diferenciar dos tramos, con un 66 por 100 como coeficiente de probabilidad, quedando independizado de este modo el actual cauce del Guadiana.

En el ciclo pueden separarse dos partes: a) un llano, comprendiendo los 6 primeros intervalos, hasta 320-340 m., y b) una zona de cuesta, asimilada al intervalo 340-360 m.

Para MAXIMAS Y MEDIAS, el programa TOPO hace un estudio análogo al de MINIMAS, por lo que para evitar la prolijidad de datos solamente expondremos los resultados numéricos obtenidos como salidas de programa y las conclusiones a las que se han llegado en su discusión.

ANALISIS DE LAS MAXIMAS

Se han separado también siete tramos a partir de la curva de PIR.

Tramo I: De 220 a 300 m, con probabilidad de cambio del 73 por 100.

Tramo II: De 300 a 360 m, con probabilidad de cambio del 78 por 100.

Tramo III: De 360 a 380 m, con probabilidad de cambio del 85 por 100.

Tramo IV: De 380 a 440 m, con probabilidad de cambio del 86 por 100.

Tramo V: De 440 a 620 m, con probabilidad de cambio del 75 por 100.

Tramo VI: De 620 a 640 m, con probabilidad de cambio del 68 por 100.

Tramo VII: De 640 a 660 m.

Estos siete tramos se han interpretado como pertenecientes a tres ciclos:

Ciclo I

A partir de los 620 m y hasta las cotas más altas, las frecuencias de observaciones descienden mucho y la interpretación estadística hace difícil el aventurar un juicio fidedigno. Sin embargo, está muy bien definido el intervalo 600-620, con un nivel de probabilidad del 75 por 100.

Parece posible la existencia de un llano y una cuesta, que correspondería a un relieve residual.

Ciclo II

Se sitúan en él las celdas de alturas comprendidas entre 360 y 440 m, representando 476 km², y una probabilidad asociada del 86 por 100.

Tiene una zona de llano y una última zona de cuesta, con un PIR de 43.

Ciclo III

Comprende las menores alturas máximas, hasta el intervalo 340-360, con un nivel de probabilidad del 87 por 100.

La frecuencia asociada al ciclo es de 836 km², y el coeficiente de variación 1/V presenta unas inflexiones que, al igual que ocurre con las mínimas, podrían señalar el nivel erosivo correspondiente al actual cauce del Guadiana.

ANALISIS DE LAS MEDIAS

Tramo I: Hasta los 280-300 m, con probabilidad de cambio del 98 por 100.

Tramo II: De 300 a 320 m, con probabilidad de cambio del 99,99 por 100.

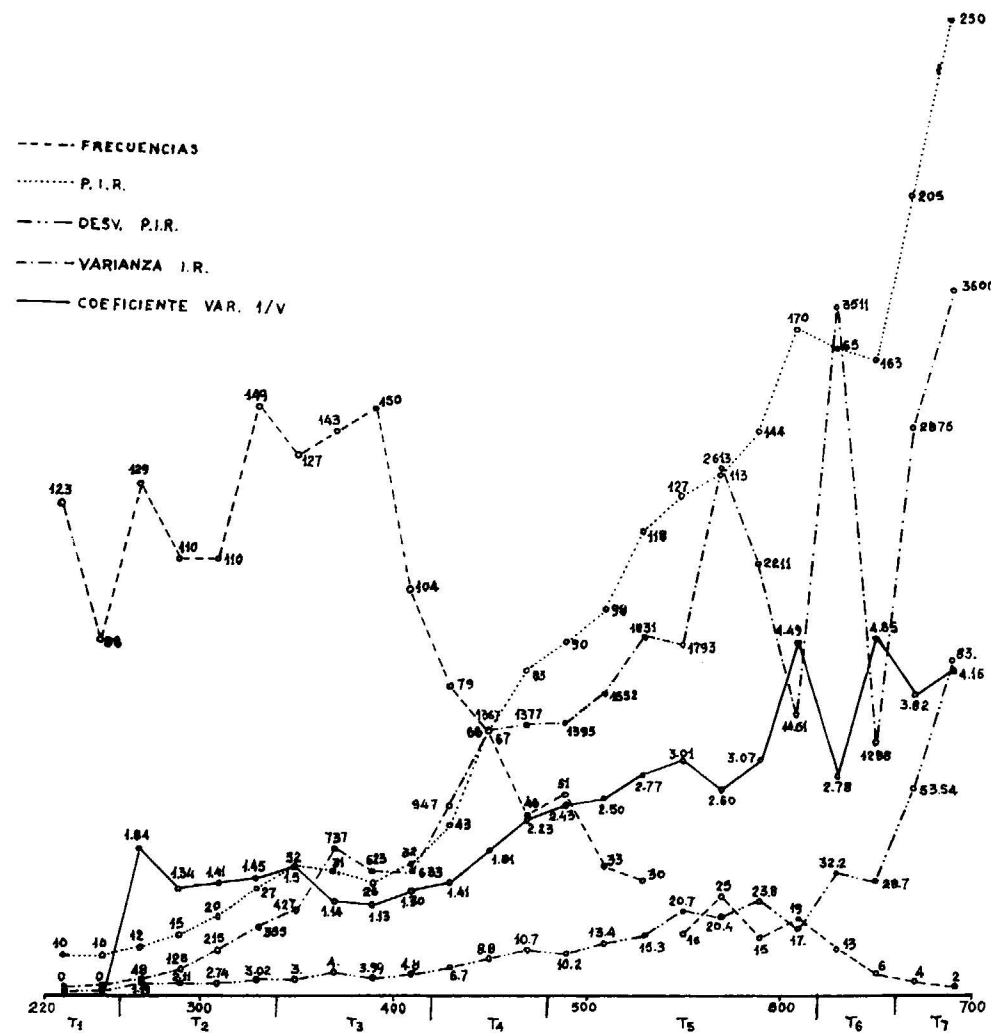


Figura 3.—Estadísticos datos de máximas.

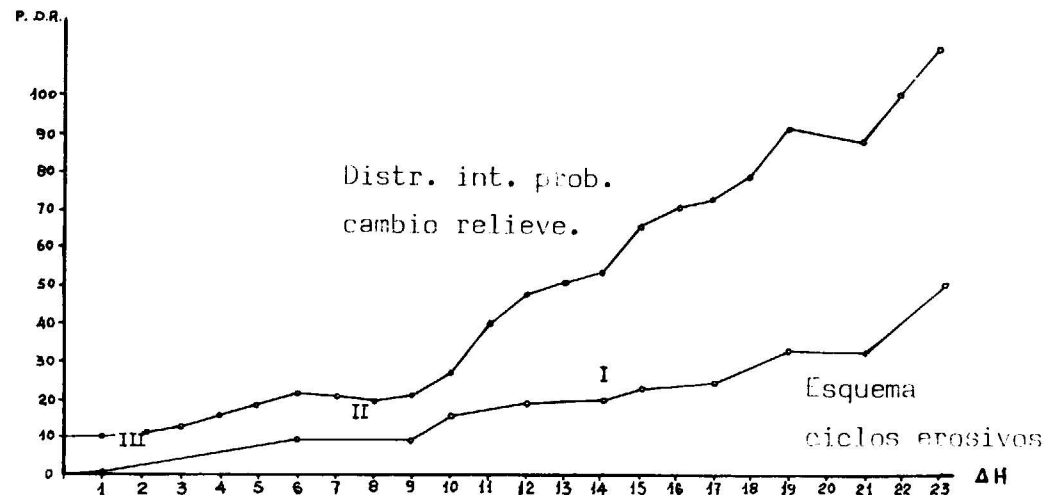


Figura 4.—Ciclos erosivos deducidos de máximas.

Tramo III: De 320 a 340 m, con probabilidad de cambio del 82 por 100.

Tramo IV: De 340 a 360 m, con probabilidad de cambio del 68 por 100.

Tramo V: De 360 a 380 m, con probabilidad de cambio del 91 por 100.

Tramo VI: De 380 a 420 m, con probabilidad de cambio del 68 por 100.

Tramo VII: De 420 a 440 m, con probabilidad de cambio del 73 por 100.

Tramo VIII: De 440 a 460 m, con probabilidad de cambio del 75 por 100.

Tramo IX: De 460 a 500 m, con probabilidad de cambio del 81 por 100.

Esta gran diferenciación de tramos queda reducida también a tres unidades cuando los agrupamos para constituir ciclos:

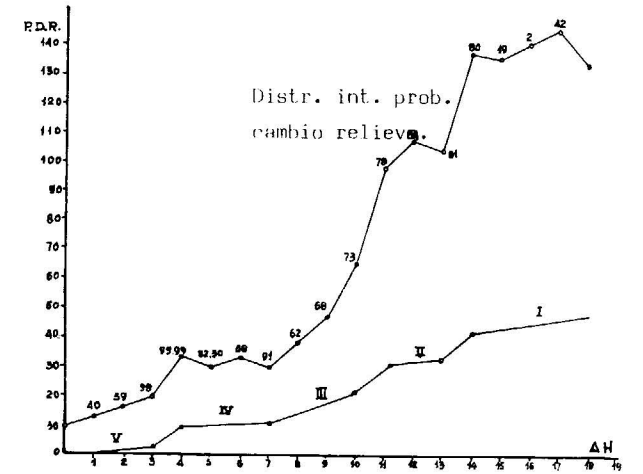


Figura 6.—Ciclos erosivos deducidos de medias.

Ciclo I

La frecuencia asociada es de 109 km², representando a las medias mayores de 460 m, con una probabilidad entre 78 y 80 por 100.

También aquí aparece como posible la existencia de un último ciclo residual, que podría ser aclarado por el estudio de celdas tomadas con una malla más densa. Sin embargo, no hay que olvidar que en las formas de relieve es de gran importancia la litología, que en nuestro caso está constituida por cuarcitas muy resistentes a la erosión, por lo que es muy poco probable que se alcanzara una mayor definición de los ciclos que la aquí expuesta.

Ciclo II

La frecuencia asociada al ciclo nos da una superficie de 879 km², con probabilidad del 87 por 100, y comprende medias entre 320 y 460 m.

El promedio de PIR nos define dos zonas: a) una, en que el PIR se sitúa entre 30 y 33, y otra, b) en que el PIR aumenta progresivamente hasta 107, correspondiendo a una zona de cuesta.

Ciclo III

El nivel de probabilidad asociado a este ciclo es el mayor de todos los obtenidos, con un valor de 99,99 por 100. Abarca 5 intervalos desde 220 a 320 m y representa a una superficie de 662 km².

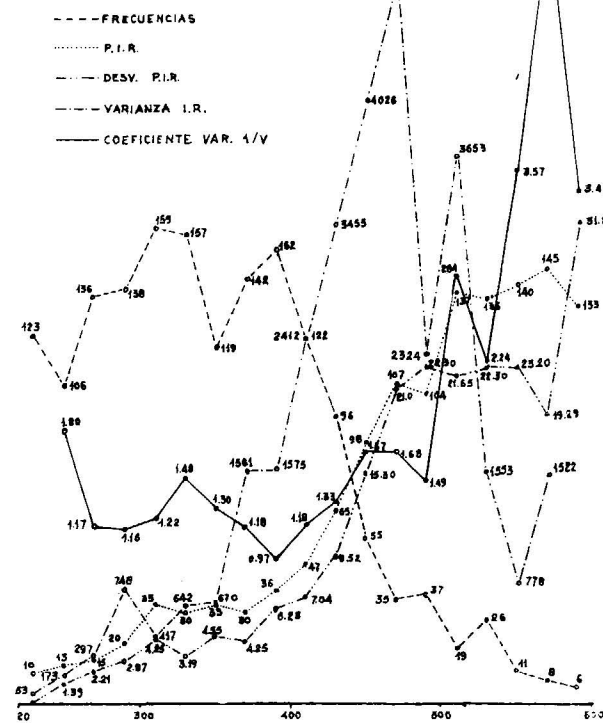


Figura 5.—Estadísticos datos de medias.

CONCLUSIONES

Hemos definido para los tres tipos de alturas, máximas, mínimas y medias, tres ciclos, los I, II y III, numerados del más antiguo al más moderno, todos ellos apoyados en nivel de probabilidad mayor del 75 por 100, y que en el caso del III alcanza el 99,99 por 100 y el 93 por 100 para el II.

	MAXIMAS	MEDIAS	MINIMAS
CICLO I	680 a 400-420	520-540 a 420-440	520-540 a 420-440
CICLO II	400-420 a 320-340	420-440 a 340-360	420-440 a 340-360
CICLO III	320-340 a 220-240	340-360 a 220-240	340-360 a 220-240

Cada uno de los ciclos presenta dos zonas diferenciadas: zona de llano, caracterizada por un PIR prácticamente constante, y zona de cuesta, en la que el PIR es creciente.

Los niveles erosivos correspondientes a los ciclos anteriores se ajustan extraordinariamente a los establecidos por el Dr. D. Francisco HERNÁNDEZ-PACHECO en su trabajo «Ensayo de la morfogénesis de la Extremadura Central», publicado en Notas y Comunicaciones del IGME, en 1947.

PROGRAMA «TOPO»

INTRODUCCION

El programa tiene como objeto el análisis de la distribución espacial de las variables geológicamente móviles. Estas variables deberán ajustar su cinética a la ecuación del transporte.

El análisis estadístico de la distribución de los valores que toma cada una de dichas variables en un determinado marco espacial permitirá, de una parte, una aproximación discreta a la función continua que describe el transporte, y de otra discriminar las áreas de influencia de los sucesivos procesos removilizadores que, eventualmente, hayan podido afectar la manifestación instantánea de las variables móviles, desde la última etapa de homogeneidad alcanzada por éstas.

Así, toda discontinuidad, inferida estadísticamente, bien por el coeficiente de variación, bien por la probabilidad de cambio de gradiente, supondrá una modificación en la distribución de la variable que se considera móvil.

Estos ciclos II y III son, además, los más ampliamente representados en la zona, pues entre ambos suponen 1.500 km² sobre el total de 2.400.

A modo de resumen, indicaremos los límites que definen cada uno de los ciclos deducidos, separadamente, del análisis de los datos de alturas máximas, mínimas y medias de cada celda:

METODO

En síntesis, el programa realiza un análisis estadístico de la distribución de los valores de la variable móvil en un espacio coordenado bidimensional.

La unidad de desmuestra será un elemento de superficie de dimensión dado, a_i , y cada celda deberá poseer, al menos, un valor de observación.

Esto permite:

1.º Calcular la variable estadística «Recorrido», que se define como la diferencia entre los valores extremos leídos sobre cada unidad, a_i : $R = M - m$.

2.º Calcular el valor medio de los observables por celda, $\bar{m} = (M + m)/2$.

3.º Obtener las medias aritméticas y geométricas de los parámetros: M , m , \bar{m} y R .

4.º Establecidos unos intervalos de clase sobre dichos parámetros, calcula la distribución de frecuencias de éstos respecto a otros intervalos de clase definidos sobre R .

5.º Para cada intervalo de clase definido sobre M , m y \bar{m} , calcula:

- Valor promedio del recorrido.
- Varianza del mismo.
- Coficiente de variación $1/V$.
- Cambio de gradiente.
- Desviación típica del cambio de gradiente.

El programa permite construir un histograma o curva de distribución de las frecuencias de cada uno de los estadísticos anunciados, frente a los correspondientes intervalos en que se considera dividido el rango de variación de los valores de la variable móvil.

BIBLIOGRAFIA

- CULLING, W. E. H.: *Analytical theory of erosion*. The Jour. of Geol., 68 (1960).
- HERNÁNDEZ PACHECO, F.: *Ensayo de la morfogénesis de la Extremadura Central*. N. y C. del IGME, 17 (1947).

HERNÁNDEZ PACHECO, F.: *El relieve de las zonas hercínicas peninsulares de la Extremadura Central*. Libro Jubilar, 1, IGME (1950).

MAC CAUGHEY: *Essay in Geomorphology*. G. H. Dury, New York, American Elsevier (1966).

SCHEIDEGGER, A. E.: *Theoretical Geomorphology*. Springer Verlag, Berlín, N. Y. (1970).

SOLÁ FARRÉ, R.: *Un ensayo de aplicación de los acontecimientos geomorfológicos al análisis metalogénico*. Trabajo realizado para optar al grado de Licenciado en C. Geológicas. Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid (1972).

TENA CALVO, J.: *Análisis estadístico de las formaciones uraníferas del yacimiento de El Lobo en Don Benito (Badajoz)*. Memoria de Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid (1977).

Recibido: Junio 1978

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Mineralogía y mineralogénesis de los depósitos de talco de la Serranía de Ronda (Málaga).

Parte II. Mineralogía.

Por M. RODAS (*), E. GALAN (**) y A. LA IGLESIA (***)

RESUMEN

La mineralogía y composición química de los principales depósitos de talco de la Serranía de Ronda ha sido investigada por difracción de rayos X, microscopía de luz transmitida y reflejada, microscopía electrónica, termogravimetría, espectroscopía de infrarrojos, microsonda electrónica, fluorescencia de rayos X y absorción atómica.

La esteatita está compuesta esencialmente por talco (25 a 90 por 100), clorita (talco-clorita) y serpentina, y como minerales accesorios, carbonatos (calcita, dolomita, magnesita), cuarzo e impurezas metálicas. En algunos casos, también la tremolita puede ser un constituyente importante de la esteatita.

Se ha establecido además la distribución de estos minerales en relación con la geometría de los depósitos, así como la correlación mineralogía-geoquímica.

ABSTRACT

The mineralogy and chemical composition of the most important talc deposits of the Serranía de Ronda (Betic Cordilleras) have been investigated by XRD, TG, IRS, TEM, microscopy (transmitted and reflected light), electron-probe microanalysis, X-ray fluorescence and atomic absorption spectroscopy.

The steatite rocks are mainly composed by talc (25-90 per 100), chlorite (talc-chlorite) and serpentine, and as accessories, carbonates (calcite, dolomite, magnesite), quartz and ores. Sometimes, tremolite is an important component of these talc deposits.

The spatial distribution of these minerals in relation with the deposit geometry has been also established as well as the mineralogy-geochemistry correlation.

1. INTRODUCCION

La investigación mineralógica y geoquímica de los depósitos de talco seleccionados para este estudio es la base, junto con los datos de campo, para el establecimiento de las condiciones de formación de estas mineralizaciones.

Los materiales recogidos para este fin están descritos en la Parte I de este trabajo (***), los cuales han sido tomados a lo largo de secciones normales a las direcciones de los filones e intersec-

tando en todos los casos a las mineralizaciones y a las rocas encajantes. La relación de materiales se especifica a continuación de forma sintética (tabla I) y para su descripción y situación puede consultarse el trabajo anterior.

2. METODOS EXPERIMENTALES

2.1. INTRODUCCION

El trabajo experimental ha consistido en el estudio mineralógico y químico de los materiales anteriormente reseñados.

La composición mineralógica ha sido investigada por las siguientes técnicas experimentales:

a) Difracción de rayos X; b) Termogravimetría; c) Espectroscopía de infrarrojos; d) Microscopía

TABLA I
Relación de materiales

Yacimiento	Siglas	Naturaleza
Por Fin	M-30, M-29	Serpentina con nódulos y fisuras de carbonatos.
	M-27	Serpentina.
	M-26, M-28	Talco.
	M-31, M-33	Carbonatos con talco.
Marina	M-32	Carbonatos.
	M-58	Serpentina con fisuras rellenas de carbonatos.
	M-59	Cuarzo.
	M-63, M-61, M-64, M-60, M-62	Talco.
Inesperada	M-23, M-21	Serpentina.
	M-19, M-20, M-22	Talco.
	M-24	Serpentina.
	M-25	Serpentina.
Pérez Brian	M-68, M-67	Serpentina.
	M-70	Talco con tremolita y clorita.
	M-71, M-73	Talco.
Rafaela	M-72	Serpentina.
	M-67	Serpentina.
	M-76, M-78, M-79	Serpentina.
M. ^a del Pilar	M-74, M-75, M-77	Talco.
	M-1, M-5, M-6	Serpentina.
	M-7	Talco.
Costa del Sol	M-3, M-2, M-4	Talco.
	M-17	Serpentina.
	M-16	Serpentina alterada a talco.
Majestuosa	M-12	Serpentina talquizada.
	M-15, M-10, M-13, M-9	Talco.
	M-14	Serpentina con minerales fibrosos.
Km 5,2 carretera a Benahavis	M-47, M-51, M-46, M-48	Serpentina.
	M-45, M-49, M-50	Talco.
	M-52	Serpentina.
	M-55, M-53	Serpentina talquizada.
	M-54	Serpentina talquizada con fisuras rellenas de talco.
	M-56	Carbonatos.

electrónica; e) Microscopía de luz transmitida, y f) Microscopía de luz reflejada.

La estimación cualitativa y cuantitativa de los elementos mayoritarios y de algunos minoritarios, así como de las sustituciones isomórficas que

existen en los filosilicatos, se ha efectuado mediante fluorescencia de rayos X, análisis químico por vía húmeda y microsonda electrónica.

2.2. DIFRACCION DE RAYOS X

a) Análisis cualitativo

Las muestras preparadas en la forma habitual se rodaron en un aparato Philips modelo 1130-1050-1051, equipado con contador de centelleo y unidad discriminadora. La radiación empleada fue la K_{α} del Cu con filtro de Ni, se trabajó a 25 mA y 35 Kv, empleando el método de polvo. A veces se prepararon agregados orientados para un mejor estudio de los filosilicatos existentes.

Para la identificación de las distintas fases se utilizaron básicamente las fichas A.S.T.M. y los datos recogidos por BROWN (1961).

En la determinación del tipo de clorita y teniendo en cuenta las recomendaciones de BAYLEY (1972), se ha empleado el método de BRINDLEY (1961) para la medida del número de átomos de Al de la capa tetraédrica, la ecuación de ALBEE (1962) para el cálculo del Al octaédrico, y el número de átomos de Fe^{2+} se ha calculado a partir de la ecuación de VON ENGLEHARDT (1942) usando el valor $d(060)$ para determinar el parámetro b . A partir de los resultados anteriores y empleando los diagramas de HEY (1954) se han clasificado las diversas cloritas estudiadas.

Mediante el método de PETRUK (1964) se ha calculado el grado de asimetría, y de acuerdo con la relación $I_{002} + I_{004}/I_{003}$ corregida (1), se ha obtenido el número de átomos pesados que hay en la capa octaédrica de la clorita, para según el método de POZZUOLI et al (1973) determinar el poder reflectante del tipo de clorita presente.

En el estudio de las serpentinas se ha usado gel de sílice como diluyente, en proporciones entre el 30 y el 40 por 100 para evitar la orientación. Para su identificación se han tenido en cuenta, además, los trabajos de DELGADO RODRÍGUEZ (1956), WHITTAKER y ZUSSMANN (1956), BASTA y ABELKADER (1969), BRINDLEY y SOUZA SANTOS (1971) y SOUZA SANTOS y SOUZA SANTOS (1978).

$$(1) \quad I_{003} \text{ corregida} = I_{003} \text{ asimétrica} \times \frac{55,5^2}{(55,5 - \text{«grado asimetría»} \times 12,3)^2}$$

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

(**) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

(***) Bol. Geol. y Min. Núm. XCI. T. III. Mayo-Junio 1980.

(***) Grupo de Físico-Química Mineral del C. S. I. C., Madrid.

b) Análisis cuantitativo

Se ha efectuado una estimación cuantitativa de las fases presentes mediante esta técnica utilizando para ello las intensidades de ciertas reflexiones y los poderes reflectantes relativos de los distintos minerales para las reflexiones elegidas (1).

En el caso de la clorita se ha usado como poder reflectante el valor de 0,5 en diagramas de polvo, para la reflexión (003) $a \approx 4,7 \text{ \AA}$, que es el que corresponde a talco-clorita, variedad determinada en todos los casos.

El poder reflectante de la tremolita fue calculado por LÓPEZ AGUAYO et al (1974), precisamente para muestras del yacimiento de talco «Costa del Sol», obteniendo un valor entre 0,6 y 0,7 para la reflexión (110) $a \approx 8,4 \text{ \AA}$, referido a caolinita pM como 1. En nuestro caso, se ha tomado el valor de 0,6, puesto que se ha usado caolinita tipo T, como 1, cuyo poder reflectante es mayor que el de la caolinita pM.

En cuanto a los poderes reflectantes del talco y serpentina, se han obtenido partiendo de mezclas en proporciones variables de ambos minerales y usando moscovita como standard interno para la construcción de las curvas de calibrado. Se ha escogido moscovita como standard porque es un filosilicato muy parecido estructuralmente al talco, con una reflexión (002) muy próxima a la (001) de ese mineral y no está presente en las asociaciones mineralógicas de los yacimientos en estudio. El análisis químico de esta moscovita, procedente de una pegmatita granítica, está dado en la tabla II.

En las mezclas patrón se ha empleado talco procedente del yacimiento «Por Fin» (tabla II) y la serpentina del yacimiento «Costa del Sol», caracterizada por DRX y TG. Las proporciones utilizadas para su preparación se dan en la tabla III.

En las figuras 1 y 2 se representan las relaciones $\frac{I_{\text{talco}}}{I_{\text{moscovita}}}$ e $\frac{I_{\text{talco}}}{I_{\text{serpentina}}}$ en función del porcentaje de talco presente en las mezclas.

Las intensidades se han calculado midiendo las alturas de las reflexiones siguientes: talco

(1) Los valores usados están todos referidos a caolinita, tomado como 1 para la reflexión de 7 \AA .

TABLA II
Análisis químico de la moscovita y el talco (M-26) empleados para la medida de los poderes reflectantes

	Moscovita	Talco (M-26)
SiO ₂	43,90	60,82
Al ₂ O ₃	38,03	0,24
Fe ₂ O ₃	0,40	0,12
FeO	—	2,16
NiO	—	0,178
CuO	—	0,054
MnO	—	0,018
MgO	0,20	30,54
CaO	0,28	0,08
K ₂ O	7,25	0,10
Na ₂ O	0,40	0,60
H ₂ O 110°	—	0,21
H ₂ O 1.000°	4,5	4,80
SUMA TOTAL	98,24	99,46

TABLA III
Mezclas utilizadas para la construcción de las curvas de calibrado

	Moscovita	Talco	Serpentina
Mezcla 1	50	40	10
Mezcla 2	50	30	20
Mezcla 3	50	20	30
Mezcla 4	50	10	40

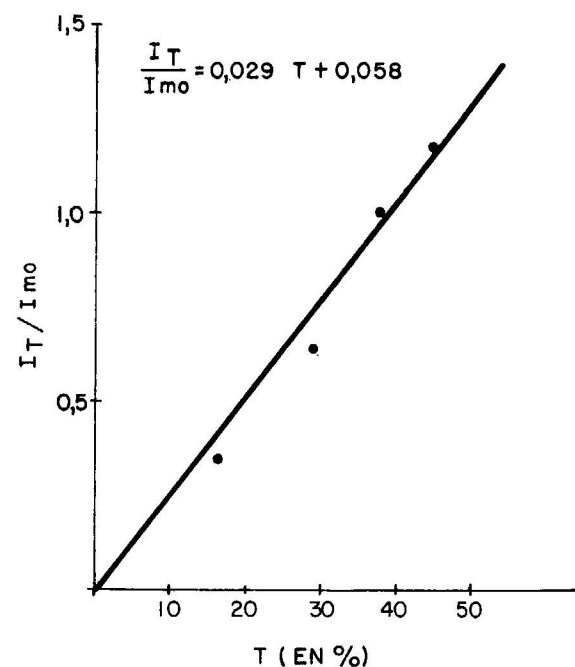


Figura 1.—Curva de calibrado de las mezclas talco-moscovita.

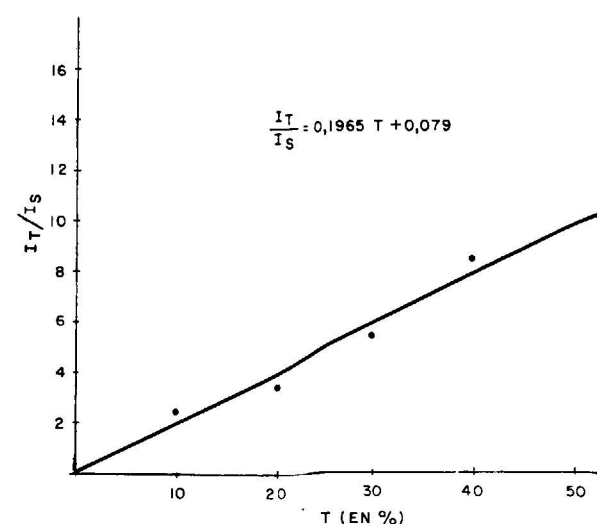


Figura 2.—Curva de calibrado de las mezclas talco-serpentina. Se ha empleado moscovita como diluyente al 50 por 100.

(001) $a \approx 9,4 \text{ \AA}$, serpentina (001) $a \approx 7,3 \text{ \AA}$ y moscovita (002) $a \approx 9,94 \text{ \AA}$, a partir de sus diagramas de polvo. Se ha introducido un factor de corrección que tiene en cuenta las fluctuaciones debidas al difractor, en cada determinación. En las figuras 1 y 2 se muestran también las ecuaciones de regresión de las rectas calculadas por el método de mínimos cuadrados. La pequeña ordenada en el origen confirma la reproductibilidad de la experiencia y demuestra la orientación al azar de los cristales.

El porcentaje de error en la determinación se ha calculado por el método usual, empleando como variables la medida de las intensidades y usando para el error cuadrático medio la expresión:

$$M = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n(n-1)}}$$

$$\delta = I_{\text{experim.}} - I_{\text{teorica}}$$

$n = \text{número de términos considerados.}$

Para la recta de la figura 2 se ha obtenido un error probable de 4,2 por 100, valor que está dentro de los límites establecidos por AYLLÓN (1975) para la aplicación de este método.

Para conseguir mayor rapidez en las determinaciones cuantitativas de las fases minerales se han calculado las relaciones de intensidades entre talco-serpentina y talco-moscovita, ambas en proporción 1 : 1 (poder reflectante). Para normalizar es-

tos valores y los tomados de la bibliografía se han referido los primeros al resultado obtenido a partir de una mezcla 1 : 1 de moscovita-caolinita, en la que se ha tomado como 1 el poder reflectante de la caolinita tipo T, $a \approx 7 \text{ \AA}$. En la tabla IV se dan los valores obtenidos para los poderes reflectantes de los minerales estudiados.

TABLA IV
Poderes reflectantes obtenidos para talco, serpentina y moscovita frente a caolinita ordenada (método de polvo)

Minerales	Espaciados	Reflexión	Poder reflectante
Talco	9,4	001	3,64
Serpentina	7,3	001	0,73
Moscovita	9,94	002	2,8
Caolinita	7,1	001	1,0

Hay que hacer notar que los valores obtenidos para talco y serpentina difieren de los calculados por LÓPEZ AGUAYO et al (1974), probablemente porque estos autores, como se comentó ya, lo refieren a una caolinita desordenada cuyo poder reflectante es menor que el de la caolinita ordenada, y porque emplean cuarzo como standard interno, que no es un mineral laminar y dificulta la homogeneización de las mezclas.

Un hecho muy significativo y anómalo respecto a los datos bibliográficos existentes es el poder reflectante obtenido para la moscovita frente a la caolinita. El valor de 2,8 para moscovita frente a 1 para caolinita bien ordenada es enormemente alto.

Actualmente son objeto de investigación estos datos, empleándose distintos tipos de moscovitas con distintos orígenes, tamaños de partículas, etc., para establecer su generalidad o en su caso limitaciones y variaciones.

2.3. ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO

Para la obtención de los termogramas se ha utilizado un equipo de análisis térmico de la Technical Equipment Corporation, modelo D-400, provisto de una termobalanza Cann. La velocidad de calentamiento ha sido de 10° C por minuto y la

cantidad de muestra empleada de 10 mg, aproximadamente, realizándose las experiencias en atmósfera estática de aire.

Partiendo de los datos suministrados por ALEXANDRE y ALVAREZ ESTRADÀ (1949) para el talco de Almería y de CAILLÈRE y HENIN (en McKENCIE, 1957) para cloritas y serpentinas, se ha dividido la curva termogravimétrica en los siguientes intervalos de temperatura:

- de 25-250° C, correspondiente a la deshidratación de la serpentina.
- Desde 250-700° C, en cuyo intervalo ocurre la deshidratación de la serpentina y la deshidroxilación de la capa brucítica de la clorita.
- Superior a los 750° C, en que comienza la deshidroxilación del talco y de la capa octaédrica de la clorita.

En muestras puras de serpentina de estos yacimientos, se ha encontrado para la pérdida en el segundo intervalo un valor de 10,84 por 100. En el caso de la clorita se ha asignado a la pérdida máxima el valor de 9,74 por 100, calculado teóricamente a partir de la fórmula de talco-clorita. En el tercer intervalo consideramos una pérdida teórica de 4,74 por 100, correspondiente a la deshidroxilación del talco y un 3,24 por 100 debido a la deshidroxilación de la capa octaédrica de la talco-clorita.

De esta forma se puede calcular el contenido de estos minerales en cualquiera de las muestras analizadas empleando las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} 4,74x + 3,24y &= A \\ 9,74y + 10,84z &= B \\ x + y + z &= 100 \end{aligned}$$

Donde: x = porcentaje talco, y = porcentaje clorita y z = porcentaje serpentina; B = porcentaje pérdida en el intervalo 250-700° y A = porcentaje pérdida en el intervalo 750-1.000°.

2.4. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS

Con el objeto de estudiar las posibles sustituciones de Mg por cationes pesados (fundamentalmente Fe, Ni, Cr, etc.) en la capa octaédrica de los talcos y serpentinas, se ha recurrido a la espectroscopía de infrarrojos. Asimismo, esta técnica se ha usado también para análisis mineralógicos cualitativos.

Se han obtenido espectros de infrarrojos de muestras seleccionadas de cada yacimiento utilizando un aparato Perkin Elmer modelo 225 con doble haz, preparando pastillas con BrK. Para el estudio de la región entre 4.000 y 3.200 cm^{-1} se empleó fluoroluble como diluyente. En la identificación e interpretación de las curvas de IR se han tenido en cuenta especialmente los trabajos de STUBICAN y ROY (1961), WILKINS e ITO (1967) y RUSSELL, FARMER y VELDE (1970), como asimismo el atlas de VAN DER MAREL y BEUTELSPACHER (1976) y los datos recopilados por GASDEN (1975).

2.5. MICROSCOPIA ELECTRONICA

Una serie de muestras representativas de cada yacimiento se han observado por microscopio electrónico para identificar fases que por las técnicas anteriores podían ofrecer dudas. Aunque para el reconocimiento del talco no es una técnica de utilidad porque su morfología no es exclusiva, para la serpentina, por el contrario, es muy útil, ya que puede llegarse a la determinación de la especie fibrosa y a la medida de características tales como longitud y anchura de las fibras, que tienen indudable interés técnico. A este respecto ha sido de gran utilidad el trabajo de SOUZA SANTOS y SOUZA SANTOS (1978), así como los datos recogidos por BEUTELSPACHER y VAN DER MAREL (1968) y GARD (1971).

La observación y obtención de microfotografías de las muestras se ha hecho mediante los microscopios electrónicos Philips modelos E.M. 300 y E.M. 200. Se han estudiado en visión directa previa dispersión en agua destilada con ultrasonidos, y preparadas mediante la técnica habitual.

2.6. MICROSCOPIA DE LUZ TRANSMITIDA

En cada yacimiento se ha seleccionado una serie de muestras para su estudio óptico, especialmente de las rocas encajantes del talco, de algunas serpentinas talquíferas y de talcos en los que el grado de alteración y dureza han permitido su preparación en lámina delgada. Esta técnica de análisis mineralógico ha sido muy útil, particularmente para la identificación de minerales accesorios que no fueron determinados por difracción de rayos X. Pero, en general, dado el grado de alteración en que se encuentran las muestras es-

tudiadas, la medida de propiedades ópticas se ha visto dificultada. Sin embargo, para el estudio de las relaciones paragenéticas, sucesiones, alteraciones y texturas, este tipo de análisis ha sido decisivo.

2.7. MICROSCOPIA DE LUZ REFLEJADA

De los minerales metálicos que aparecen en la masa talquizada se han preparado probetas pulidas para la observación con el microscopio de luz reflejada. Dado el pequeño tamaño de las menas metálicas, así como el grado de alteración que presentan, los datos obtenidos sirven sólo de orientación.

2.8. FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Se ha utilizado la fluorescencia de rayos X para la detección y cuantificación relativa de los elementos Ni, Fe, Cu, Mn, Ca, Al, Mg, Na, K y Si. Para la preparación de las pastillas se utilizaron aproximadamente 3 g de polvo, homogeneizados y tamizados por el tamiz 270 de la serie A.S.T.M. Se compactó en una prensa Herzog, modelo HTP-20, empleándose una carga máxima de 18.000 kg. Los diagramas se obtuvieron en un espectrómetro Philips semi-automático, modelo PW-1410, de tres Kw, y un generador modelo PW-1140. En la tabla V se resumen las condiciones experimentales. Los elementos pesados fueron analizados con un cristal analizador de LiF (200) y se utilizaron KAP, ADP y PE para los elementos ligeros.

TABLA V
Condiciones de trabajo empleadas en el espectrómetro de fluorescencia de rayos X

Elemento	Tubo	Cristal	Contador	Kv	mA	Vacio	Colimador
Fe	Cr	FLi	FL+C	30	20	No	Fino
Ni	Cr	FLi	FL	60	40	No	Fino
Cu	Cr	FLi	FL	60	40	Sí	Fino
Ca	Cr	PE	FL	60	40	Sí	Grueso
Al	Cr	KAP	FL	60	40	Sí	Grueso
Mg	Cr	ADP	FL	60	40	Sí	Grueso
Si	Cr	PE	FL	60	40	Sí	Grueso

Con objeto de estudiar la distribución relativa de los elementos en cada yacimiento, se ha realizado una determinación cuantitativa de éstos por fluorescencia de rayos X. Para resolver el problema que plantea el diferente efecto matriz entre las muestras y los patrones, se han empleado precisamente las muestras M-26 y M-33 como patrones, previamente determinada su composición por análisis químico, según los métodos descritos en el siguiente apartado.

2.9. ANALISIS QUIMICO POR VIA HUMEDA

La disolución de las muestras se ha llevado a cabo por los métodos usuales: fusión alcalina con CO_3Na_2 y disgregación ácida con mezcla fluorhídrica (VOINOVICH, 1964). La estimación cuantitativa de Ni, Cu, Mn, Ca, Fe, Al, Mg, Na y K se ha realizado en espectrofotómetro de absorción ató-

mica PYE UNICAN, modelo SP-90, usando llamas de aire-acetileno y nitroso-acetileno. La determinación de Na y K se ha realizado en el mismo aparato por emisión.

Para evitar en lo posible errores debido al efecto matriz, se han preparado los distintos patrones de los elementos usando silicatos naturales. Para la determinación de SiO_2 se sometió otra porción de muestra a fusión alcalina con NaOH, solubilizándose la sílice y formando a continuación el complejo reducido sílico-molibdico (color azul), en el que se determinó la densidad óptica de la solución coloreada con un espectrocolorímetro.

2.10. MICROSONDA ELECTRONICA

Con el fin de determinar la naturaleza de las sustituciones de Mg por cationes pesados en las

capas octaédricas de talcos y serpentinas, evidenciadas por espectroscopía infrarroja, se han analizado muestras prácticamente puras de estos minerales por microsonda electrónica. Se ha empleado para dichos análisis una microsonda Jeol modelo 50 A.

3. RESULTADOS

3.1. DIFRACCION DE RAYOS X

En la tabla VI se presentan los resultados del análisis mineralógico por difracción de rayos X.

TABLA VI

Composición mineralógica por difracción de rayos X

Yacimientos que arman en serpentina

Yacimiento	Talco	Clorita	Serpentina	Tremolita	Dolomita	Cuarzo
Inesperada	X	X	X	—	—	—
Pérez Brian	X	X	X	X	—	—
Rafaela	X	X	X	—	—	—
María del Pilar	X	X	X	X	X	X
Costa del Sol	X	X	X	X	—	—
Majestuosa	X	X	X	—	—	—

Yacimientos en contacto con pizarras y gneises o mármoles

Yacimiento	Talco	Clorita	Serpentina	Calcita	Dolomita	Magnesita	Cuarzo
Por Fin	X	X	X	—	X	X	X
Marina	X	X	X	X	X	—	X
Km. 5,2 carretera Benahavis	X	X	X	X	X	—	—

Como puede observarse, los minerales fundamentales son talco, clorita, serpentina y tremolita, apareciendo en algunos yacimientos indicios de micas, cuarzo y plagioclasas.

El tipo de clorita corresponde en todos los casos estudiados al término talco-clorita, según la clasificación de HEY (1954), o bien, de acuerdo con las recomendaciones del Comité Internacional de Nomenclatura de la AIPEA en su Reunión de 1978, se puede denominar como clinocloro. La fórmula mineralógica obtenida para una clorita procedente del yacimiento Por Fin, es la siguiente:



Las talcochloritas de los otros yacimientos tienen fórmulas químicas muy parecidas, puesto que sus difractogramas son similares en intensidades relativas y valores de sus reflexiones basales.

La variedad de serpentina, de acuerdo con el estudio difractométrico, corresponde al tipo antigorita en todos los yacimientos. El estudio por microscopía electrónica de estas serpentinas pa-

rece confirmar también que se trata de antigoritas, ya que presentan cristales tabulares de longitud entre 0,25 y 3 μ , propias de esta variedad serpentínica.

Los minerales asbestíferos, abundantes en los depósitos «Costa del Sol» y «Pérez Brian», han sido caracterizados mediante sus diagramas de Laüe como pertenecientes a la serie tremolita-actinolita, próximos al término tremolítico.

En los yacimientos Por Fin y Marina los carbonatos se sitúan preferentemente en los hastiales, la clorita y serpentina presentan una relación inversa, abundando a ambos lados de la mineralización de talco, que se concentra en la parte central del filón. Esta distribución mineralógica es bastante simétrica en el yacimiento Por Fin; sin embargo, en el yacimiento Marina, la simetría no es tan clara, debido a que el talco aparece mezclado con fragmentos de serpentina irregularmente transformados. La clorita, aunque con una distribución irregular a lo largo del yacimiento, parece concentrarse en las zonas centrales próximas al

talco. La serpentina, sin embargo, ocupa posiciones más próximas a los hastiales. En estos dos yacimientos, la tremolita y plagioclasas que aparecen esporádicamente están relacionadas con el talco y los gneises, respectivamente.

Los hastiales de los yacimientos Inesperada, Pérez-Brian, Rafaela, María del Pilar, Costa del Sol y Majestuosa, están constituidos fundamentalmente por serpentina. En los yacimientos Inesperada y Majestuosa los minerales están distribuidos simétricamente respecto a la máxima concentración de talco y clorita que ocupa la zona central del yacimiento. En el yacimiento Inesperada aparecen ocasionalmente pequeños filones de cuarzo, irregularmente distribuidos, lo que justifica la alta proporción de este mineral encontrado en algunas muestras. Los restantes yacimientos no presentan leyes de distribución simétricas respecto a la geometría del filón.

En los yacimientos Pérez-Brian, Rafaela, María del Pilar y Costa del Sol, donde también la máxima concentración de talco se sitúa en el centro del yacimiento, la distribución espacial de clorita y tremolita no es simétrica respecto al talco. En el caso del yacimiento María del Pilar, la clorita

aparece en la zona central asociada al talco y la tremolita se sitúa preferentemente en los hastiales y el cuarzo no presenta ninguna regularidad en su distribución, debido a que aparece aprovechando fracturas sin una dirección ni posición preferente.

La distribución mineralógica en el denominado yacimiento Km 5,2, no es simétrica en detalle respecto al talco, debido posiblemente al alto grado de fracturación que afecta a la zona. El talco y la clorita se sitúan preferentemente en el centro del yacimiento, los carbonatos en los hastiales y la serpentina no guarda relación con la morfología del depósito.

3.2. ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO

Los resultados del análisis mineralógico cuantitativo por difracción de rayos X se han comprobado en algunas muestras de cada yacimiento empleando el análisis termoponderal. En la tabla VII se comparan resultados obtenidos en la cuantificación por DRX y TG. Como puede apreciarse, la similitud entre unos y otros valores es grande.

TABLA VII

Análisis cuantitativo por difracción de rayos X y termogravimetría

Muestra	Talco		Clorita		Serpentina		Cuarzo	
	DRX	TG	DRX	TG	DRX	TG	DRX	TG
M-26	90	95	10	5	—	—	—	—
M-61	60	55	25	25	15	20	—	—
M-19	40	35	35	40	—	—	25	25 (1)
M-23	—	—	—	—	100	100	—	—
M-67	—	—	—	—	95	100	—	—
M-77	25	23	60	65	15	12	—	—
M-2	50	55	45	40	—	—	5	5 (1)
M-10	60	50	40	50	—	—	—	—
M-17	—	—	—	—	100	100	—	—
M-45	60	70	40	30	—	—	—	—

En la figura 3 se representan las curvas termoponderales de las muestras M-26, M-61, M-19 y M-23 correspondientes, respectivamente, a los yacimientos Por Fin, Marina e Inesperada las dos últimas; en la figura 4 se muestran las curvas correspondientes a las muestras M-67, yacimiento Pérez Brian, M-77, Rafaela, y M-2, María del Pilar,

y en la figura 5 aparecen las curvas de los yacimientos Costa del Sol, M-10 y M-17, y Majestuosa, M-45. En la tabla VIII se relacionan las pérdidas de peso experimentadas por las muestras en los distintos efectos térmicos observados y su asignación a transformaciones de deshidratación y deshidroxilación de los distintos minerales pre-

TABLA VIII

Análisis termoponderal de las distintas muestras estudiadas

Muestra	% pérdida 20-250 °C	% pérdida 250-800 °C	Fase cristalina	% Pérdida 800-1.100 °C	Fase cristalina
M-26	—	0,48	5 Cl	4,66	5 Cl, 95 T
M-61	0,69	5,74	25 Cl, 20 Ser.	8,86	25 Cl, 55 T
M-19 (1)	—	3,89	40 Cl	2,95	35 T
M-23	3,02	10,40	100 Ser.	—	—
M-67	2,80	10,60	100 Ser.	—	—
M-77	0,5	7,5	65 Cl, 12 Ser.	10,60	65 Cl, 23 T
M-2 (2)	3,32	3,96	40 Cl	7,79	40 Cl, 55 T
M-10	1,08	4,87	50 Cl	8,70	50 Cl, 50 T
M-17	2,15	11,32	100 Ser.	—	—
M-45	1,20	2,92	30 Cl	7,07	30 Cl, 70 T

(1) 25 % de cuarzo calculado por diferencia.
 (2) 5 % de cuarzo calculado por diferencia.
 Cl: clorita; Ser: Serpentina; T: talco.

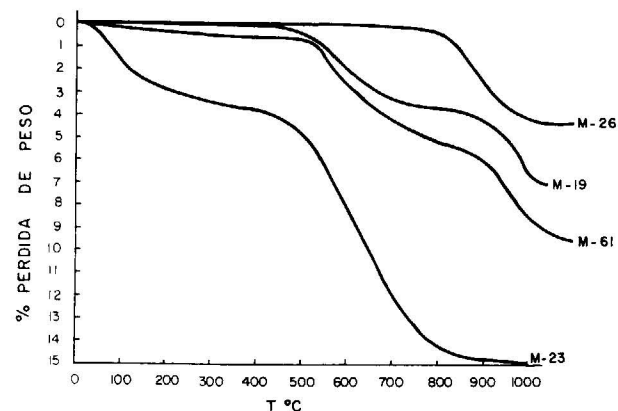


Figura 3.—Termogramas de las muestras M-26, M-61, M-19 y M-23.

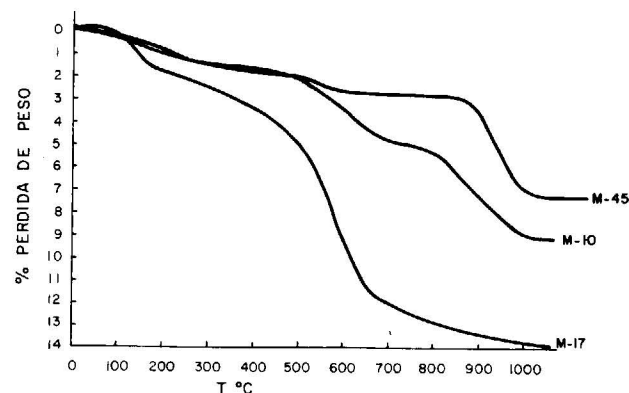


Figura 5.—Termogramas de las muestras M-10, M-17 y M-45.

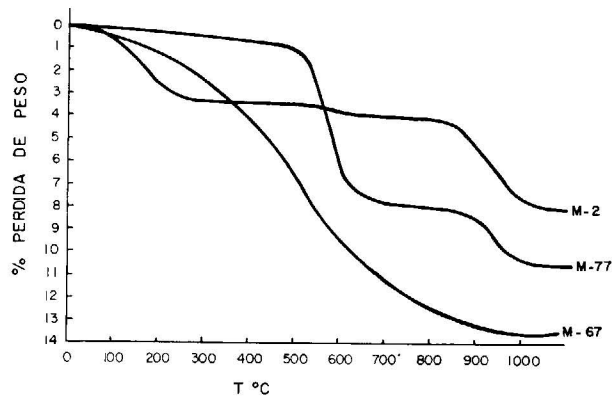


Figura 4.—Termogramas de las muestras M-67, M-77 y M-2.

sentés, así como los porcentajes deducidos cada uno de ellos, de acuerdo con la discusión expuesta en los métodos experimentales.

3.3. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS

En la figura 6 a se presentan los espectros de infrarrojos de las muestras M-26 y M-23 y M-19 de los yacimientos Por Fin e Inesperada.

Los espectros correspondientes a las muestras M-26 y M-19 presentan dos bandas entre 3.675 y 3.659 cm^{-1} , características de la agrupación (OH-Mg) y de la agrupación $2\text{Mg} + \text{M}^{2+}$, siendo M un

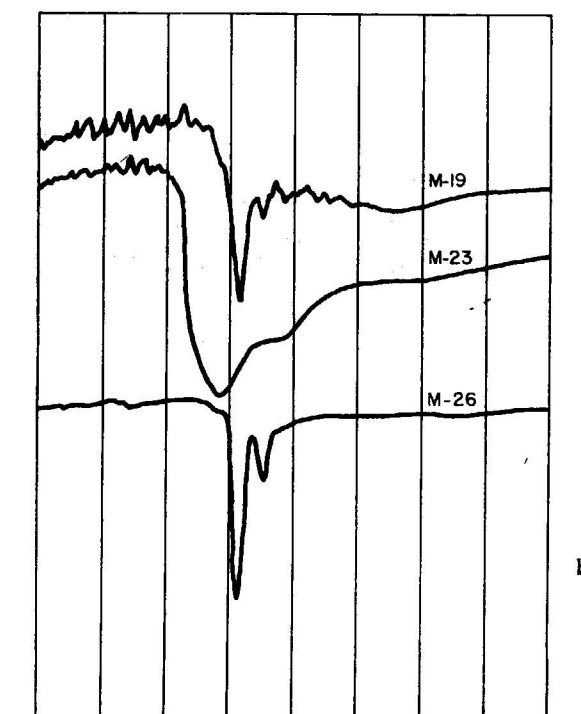
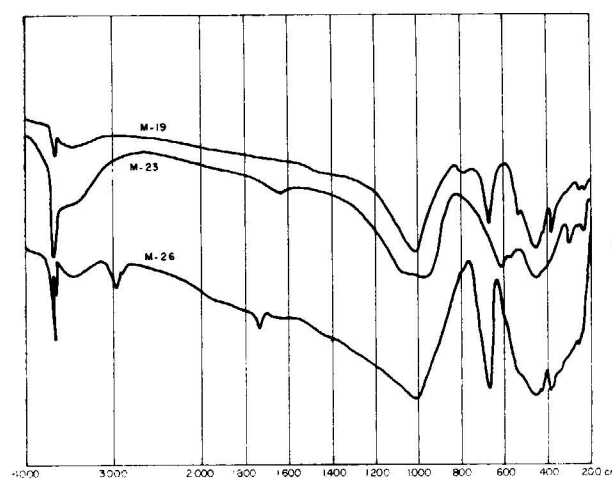


Figura 6.—a) Espectros de infrarrojos de las muestras M-26, M-23 y M-19 realizados con bromuro potásico. b) Espectros de infrarrojos de las mismas muestras realizados con fluorolube.

cación pesado que se encuentra sustituyendo parcialmente al Mg. Para investigar estas regiones y observar de acuerdo con los resultados de WILKINS e ITO (1967) las posibles sustituciones de Mg por otros cationes divalentes, se han preparado las muestras con fluorolube (fig. 6 b). A 1.020 cm^{-1}

aparece otra banda propia de una vibración de tensión de Si-O y una tercera a 685 cm^{-1} , correspondiente, según RUSSELL et al (1970) a una vibración de deformación Si-O. Finalmente, la serie de bandas de la zona entre $600 \text{ y } 350 \text{ cm}^{-1}$ son típicas vibraciones de una capa trioctaédrica.

De acuerdo con los datos de STUBICAN y ROY (1961), la banda de 450 cm^{-1} corresponde a una vibración de la agrupación Si-O-Mg y las bandas que aparecen hacia los $3.400 \text{ y } 1.630 \text{ cm}^{-1}$ son propias del agua que lleva el BrK empleado en la preparación de las pastillas.

Los espectros de la muestra M-23 del yacimiento Inesperada son típicos de una serpentina pura. En esta muestra no se han observado sustituciones.

En la figura 7 se presentan los espectros de infrarrojos de las muestras M-2 y M-74 correspondientes a los yacimientos María del Pilar y Rafaela. No se han observado sustituciones de Mg por cationes pesados en la región entre $3.700 \text{ a } 3.400 \text{ cm}^{-1}$. En el espectro de la muestra M-2 aparecen bandas entre $3.540 \text{ y } 3.420 \text{ cm}^{-1}$ debidas a la existencia de clorita. El resto del espectro es semejante a los ya descritos.

En la figura 8 aparecen los espectros de las muestras M-10 y M-45, de los yacimientos Costa del Sol y Majestuosa. Se ha podido observar en las bandas a $3.659 \text{ y } 3.642 \text{ cm}^{-1}$ ($2\text{Mg} + \text{M}$ y $1\text{Mg} + 2\text{M}$), sustituciones de Mg por cationes pesados divalentes (Fe, Ni, Co, Mn, etc.).

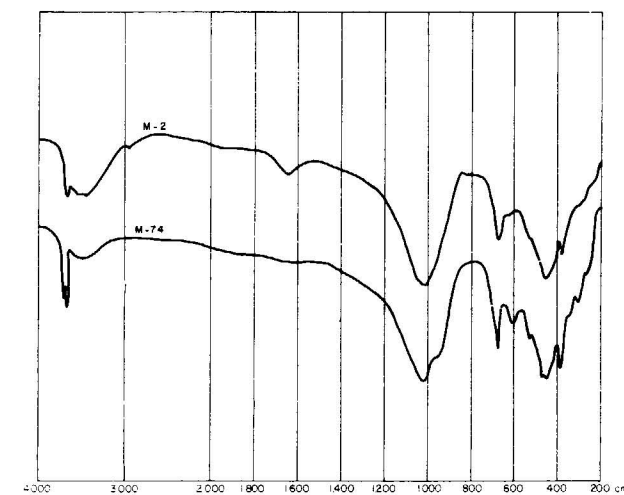


Figura 7.—Espectros de infrarrojos de las muestras M-2 y M-74 realizados con bromuro potásico.

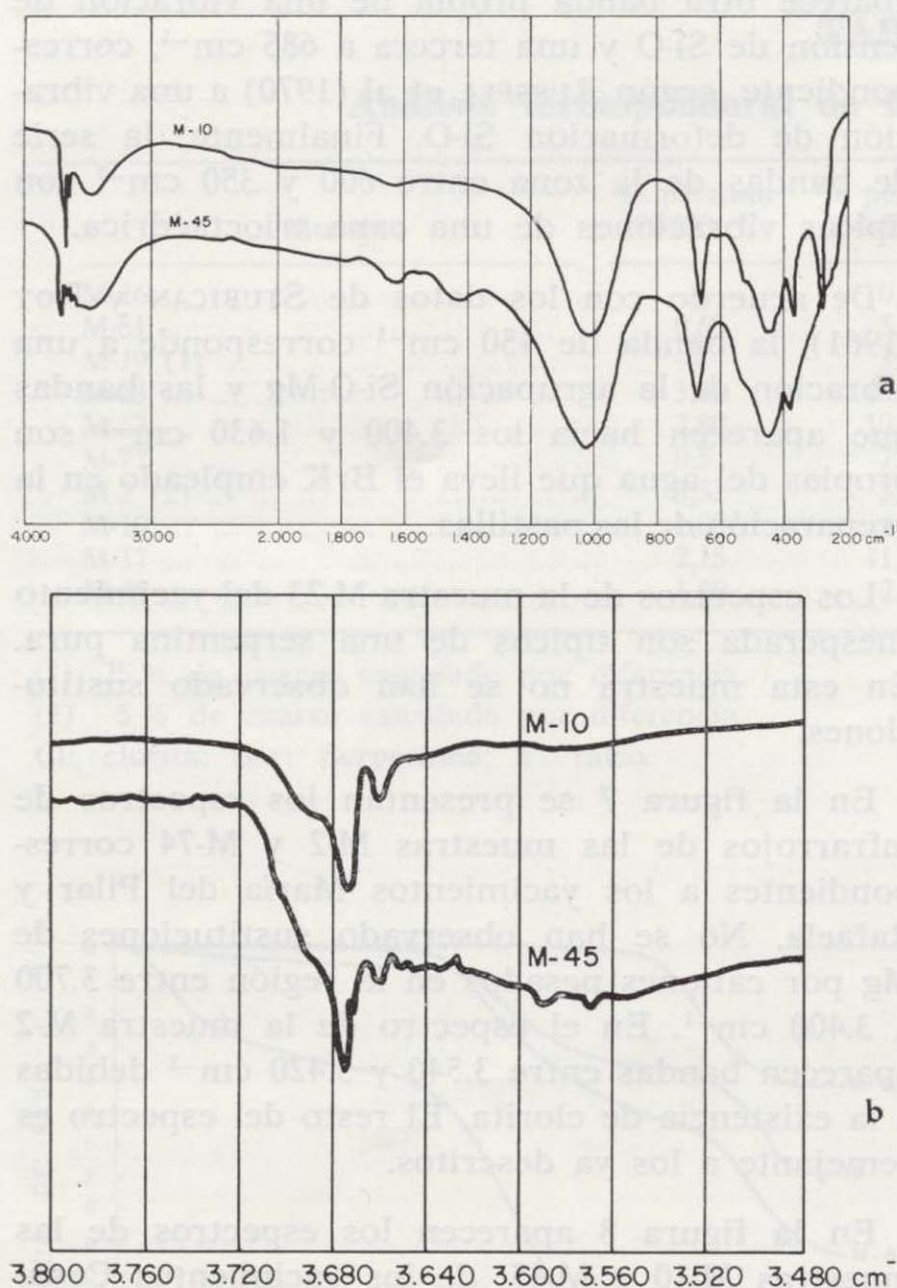


Figura 8.—a) Espectros de infrarrojos de las muestras M-10 y M-45 realizados con bromuro potásico. b) Espectros de infrarrojos de las mismas muestras realizados con fluorolube.

3.4. MICROSCOPIA OPTICA Y ELECTRONICA

En el estudio óptico realizado por microscopía de luz reflejada se ha comprobado la existencia de granos de pirita, idiomorfos, que a veces se presentan como inclusiones en magnetita, la cual se encuentra alterada en los bordes a goethita. También se puede encontrar goethita en agregados cristalinos de tamaño submicroscópico rodeando a minerales transparentes. A menudo, se encuentran grietas rellenas de hematites que rodean a granos de cromita aislados. Los granos de espinela estudiados corresponden a una variedad ferrífera. Las esteatitas presentan restos de piroxenos rómbicos cloritizados de la serie enstatita-hiperstena.

El contacto del talco con materiales carbo-

natados es por fractura, presentando estos carbonatos una textura micrítica con porosidad elevada de tipo interpartícula.

En las rocas más duras, de tipo serpentínico, se encuentra la estructura mallada típica de la variedad antigorita, en la que la magnetita se distribuye a lo largo de fracturas. Los relictos de anfíboles que aparecen corresponden a la serie tremolita-actinolita. En aquellas muestras en que estos relictos son más abundantes, la textura de la serpentina y el talco es fibrosa.

Las figuras 9 y 10 son microfotografías de microscopio electrónico de las muestras M-26 y M-54, correspondientes a los yacimientos Por Fin y Km 5.2, respectivamente, en las que se observa

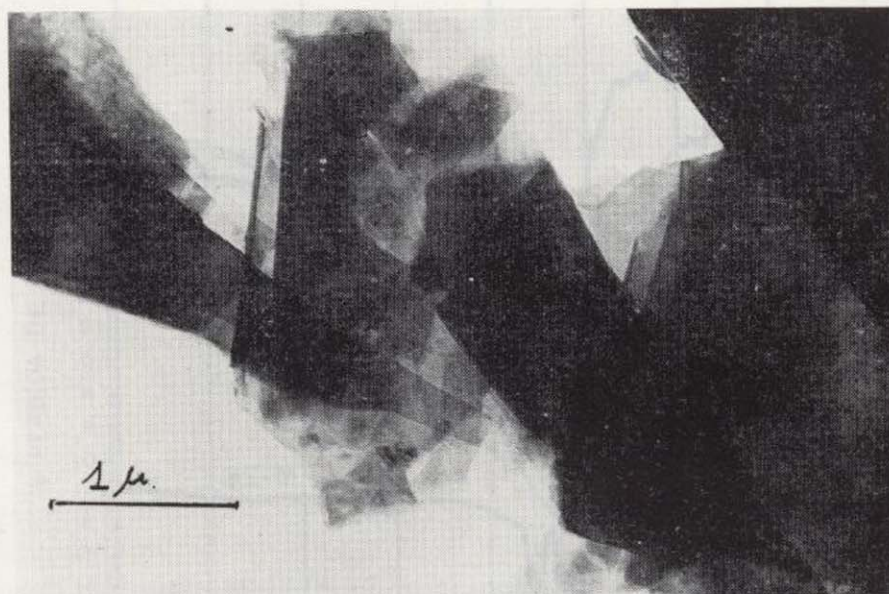


Figura 9.—Yacimiento Por Fin: Muestras M-26. Cristales de talco con aspecto micáceo observados al microscopio electrónico.



Figura 10.—Yacimiento km 5,2: muestra M-54. Cristales de talco.

el aspecto micáceo típico del talco. El tamaño de partícula es muy variable, desde 1,90 a 5 μ . En estas muestras también existen bastones de antigorita mezclados con los cristales de talco.

Las figuras 11 y 12 son microfotografías de la muestra M-19, del yacimiento Inesperada, compuesta de talco y serpentina. En la figura 11 se observan láminas de talco y cristales de serpentina, que tienen una forma irregular alargada con tendencia a formar listones que oscilan de 1,3 a 3,1 μ de longitud. En la microfotografía de la figura 12 aparecen bastones de antigorita. En la figura 13 se presentan las microfotografías de la muestra M-23 del yacimiento Inesperada, compuesta por serpentina fundamentalmente. El tamaño de los bastones medido en las microfotografías oscila entre 0,25 y 2 μ de longitud.



Figura 13.—Yacimiento Inesperada: muestra M-23. Cristales tabulares de antigorita.

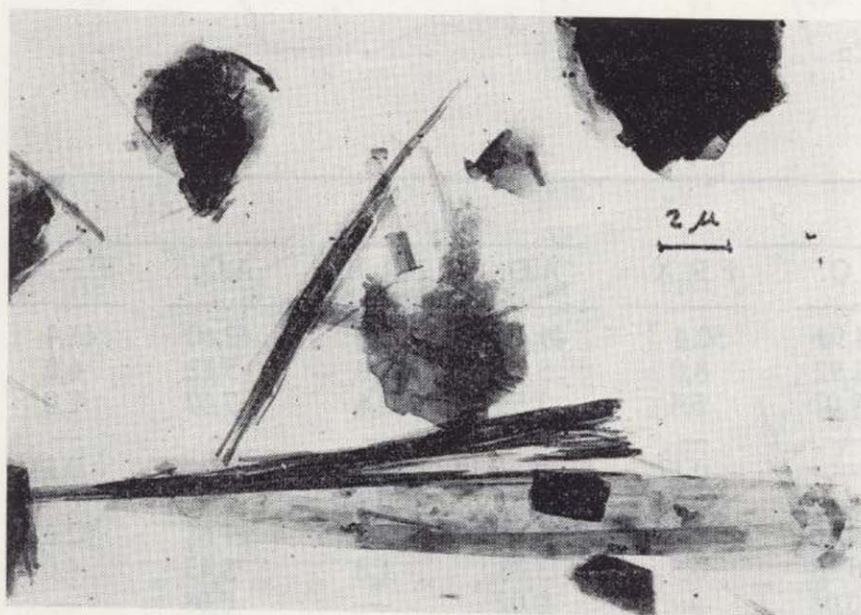


Figura 11.—Yacimiento Inesperada: muestra M-19. Cristales laminares de talco y bastones de serpentina.

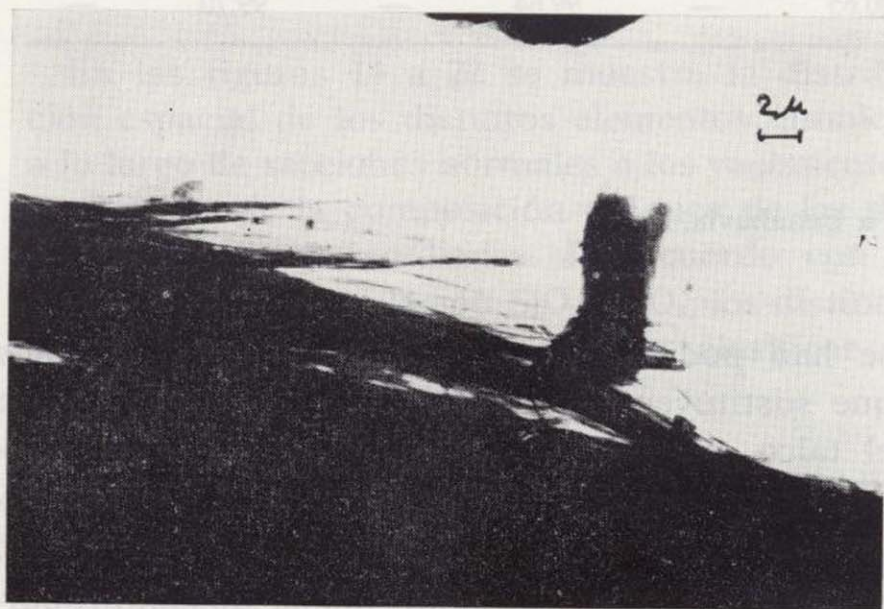


Figura 12.—Yacimiento Inesperada: Muestra M-19. Cristales fibrosos de serpentina.

3.5. ANALISIS QUIMICO

El análisis químico sistemático de los materiales se ha realizado por fluorescencia de rayos X, como técnica rápida de trabajo.

Dada la importancia del efecto matriz en la determinación cuantitativa por fluorescencia de rayos X de los distintos elementos componentes de una muestra, se han empleado como sustancias patrones algunas muestras procedentes de los yacimientos. Por tanto, al tener una composición química similar, patrones y muestras a analizar, no se ha tenido en cuenta el problema del efecto matriz.

Las muestras patrones se han analizado por técnicas de vía húmeda relacionando las distintas intensidades de las líneas de fluorescencia con el porcentaje de cada elemento. Las muestras empleadas como patrones son las denominadas M-26 y M-33, procedentes del yacimiento Por Fin, cuya composición aparece en la tabla IX. En cada muestra se han determinado los siguientes elementos por vía húmeda: SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , H_2O , Na_2O , NiO , CuO , MnO .

Se han controlado los resultados obtenidos por fluorescencia de rayos X, realizando algunos análisis químicos por vía húmeda, en muestras de varios yacimientos escogidos al azar. Estos resultados se muestran en la tabla IX. Al ser bastante alta la concordancia entre los dos tipos de resultados, se justifica el uso de los datos obtenidos por fluorescencia en los estudios de distribución de elementos en los yacimientos.

TABLA IX

Análisis químicos obtenidos por vía húmeda y fluorescencia de rayos X

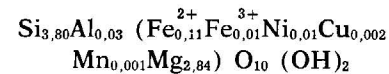
	1		2		3		4		5		6	
	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.
SiO ₂	60,82	66,25	50,88	51,4	56,94	61,0	47,08	46,3	52,24	51,7		
Al ₂ O ₃	0,24	11	2,86	4	7,53	12	6,90	7	6,25	9		
Fe ₂ O ₃	0,12	6,64	3,65	2,7	2,26	1,8	4,50	3,5	3,45	1,2		
FeO	2,16	n.a.	—	n.a.	—	—	—	—	n.a.	—		
NiO	0,178	0,181	—	0,17	—	0,16	—	0,08	n.a.	0,08		
CuO	0,054	0,031	—	0,00	—	0,05	—	0,01	n.a.	0,01		
MgO	30,54	2,60	30,84	34	23,64	26	25,90	37	25,06	40		
CaO	0,08	1,53	2,95	1,0	1,82	1,0	0,98	0,5	0,67	0,5		
K ₂ O	0,10	2,63	0,08	—	0,27	—	0,12	—	0,06	—		
Na ₂ O	0,60	1,42	0,18	—	0,12	—	0,23	—	0,25	—		
Na ₂ O 110°	0,21	1,94	0,21	—	0,17	—	4,23	—	0,69	—		
H ₂ O 1.000°	4,80	5,88	8,03	—	6,64	—	9,61	—	7,59	—		
SUMA TOTAL	99,46	99,78	99,68	—	99,39	—	99,35	—	99,26	—		

1 = M-26 (Ta, Cl) (empleada como patrón) Yacimiento Por Fin.
 2 = M-33 (Ta, Cl, Ser, Q) (empleada como patrón) Yacimiento Por Fin.
 3 = M-61 (Ta, Cl, Ser) Yacimiento Marina.
 4 = M-19 (Ta, Cl, Q) Yacimiento Inesperada.
 5 = M-71 (Ta, Cl, Ser) Yacimiento Pérez-Brian.
 6 = M-74 (Ta, Cl, Ser) Yacimiento Rafaela.

	7		8		9		10		11	
	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.	A.Q.	F.R.X.
SiO ₂	57,08	54,1	49,94	46,2	44,98	50,4	49,46	52,4	42,60	41,4
Al ₂ O ₃	3,10	5,0	6,80	6,0	11,92	8,0	5,12	5,0	5,12	6,0
Fe ₂ O ₃	2,27	1	2,26	5,0	5,07	5,4	3,58	2,6	7,07	7,0
FeO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	—	0,08	—	0,34	—	0,17	—	0,20	—	0,14
CuO	—	0,02	—	0,02	—	0,03	—	0,01	—	0,10
MgO	29,62	30,0	23,64	31,0	25,80	24,0	25,96	22,0	27,68	32,0
CaO	0,42	0,1	1,82	1,0	0,86	0,5	3,08	1,8	3,43	4,0
K ₂ O	0,06	—	0,27	—	0,08	—	0,02	—	0,08	—
Na ₂ O	0,34	—	0,12	—	0,16	—	0,39	—	0,22	—
H ₂ O 110°	0,33	—	0,17	—	1,79	—	4,25	—	3,38	—
H ₂ O 1.000°	6,53	—	6,64	—	1,99	—	7,88	—	12,70	—
SUMA TOTAL	99,75	—	99,30	—	100,65	—	99,64	—	99,70	—

7 = M-77 (Ta, Cl, Ser) Yacimiento Rafaela
 8 = M-2 (Ta, Cl) Yacimiento María del Pilar.
 9 = M-10 (Ta, Cl) Yacimiento Costa del Sol.
 10 = M-45 (Ta, Cl) Yacimiento Majestuosa.
 11 = M-54 (Ta, Cl, Ser, Cal) Yacimiento Km 5,2 Carretera a Benahavis.

A partir de los porcentajes moleculares analizados en la muestra M-26, talco del yacimiento Por Fin, se ha caculado la siguiente fórmula química en base a 11 oxígenos para el talco:



Mediante estudios por microsonda electrónica,

se han podido determinar los cationes pesados que sustituyen al magnesio en la serpentina y en el talco, ya evidenciados por IR. Se ha comprobado que la serpentina contiene una alta proporción de hierro y trazas de níquel y cromo. Por el contrario, el talco presenta mucha menos proporción de hierro y níquel, no apareciendo cromo en su estructura.

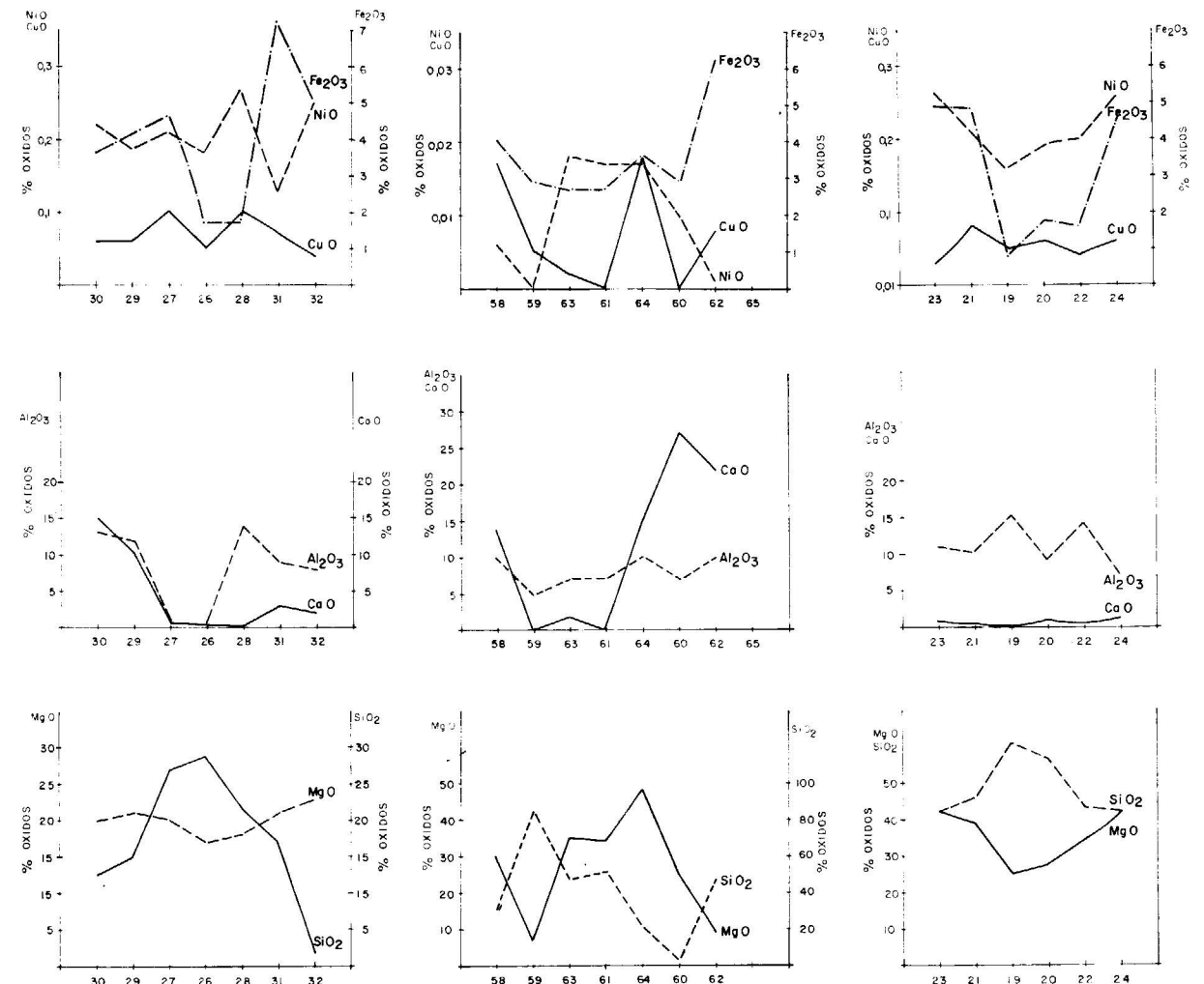


Figura 14.—Yacimiento Por Fin: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

Figura 15.—Yacimiento Marina: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

Figura 16.—Yacimiento Inesperada: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

En las figuras 14 a 22 se muestra la distribución espacial de los distintos elementos químicos a lo largo de secciones normales a los yacimientos, en función de la composición química de las distintas muestras estudiadas. De acuerdo con la distribución de la relación SiO₂/Al₂O₃, los distintos yacimientos estudiados se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- a) Aquellos cuya relación SiO₂/MgO presenta una distribución aproximada a la gaussiana, con el máximo coincidente con la zona central del filón.
- b) Aquellos cuya relación SiO₂/MgO permanece

constante a lo largo del yacimiento o es irregular.

Al primer tipo corresponden los yacimientos Por Fin, Majestuosa, Pérez Brian, María del Pilar e Inesperada. El ejemplo más típico de esta distribución lo constituye el yacimiento Por Fin (figura 14). El aumento de la relación SiO₂/MgO está ligado con el aumento de la concentración de talco.

Dentro del segundo tipo se pueden encuadrar los yacimientos Marina, Rafaela, Costa del Sol y Km. 5,2, precisamente aquellos en que el talco aparece con una distribución anárquica o junto a bloques de serpentina.

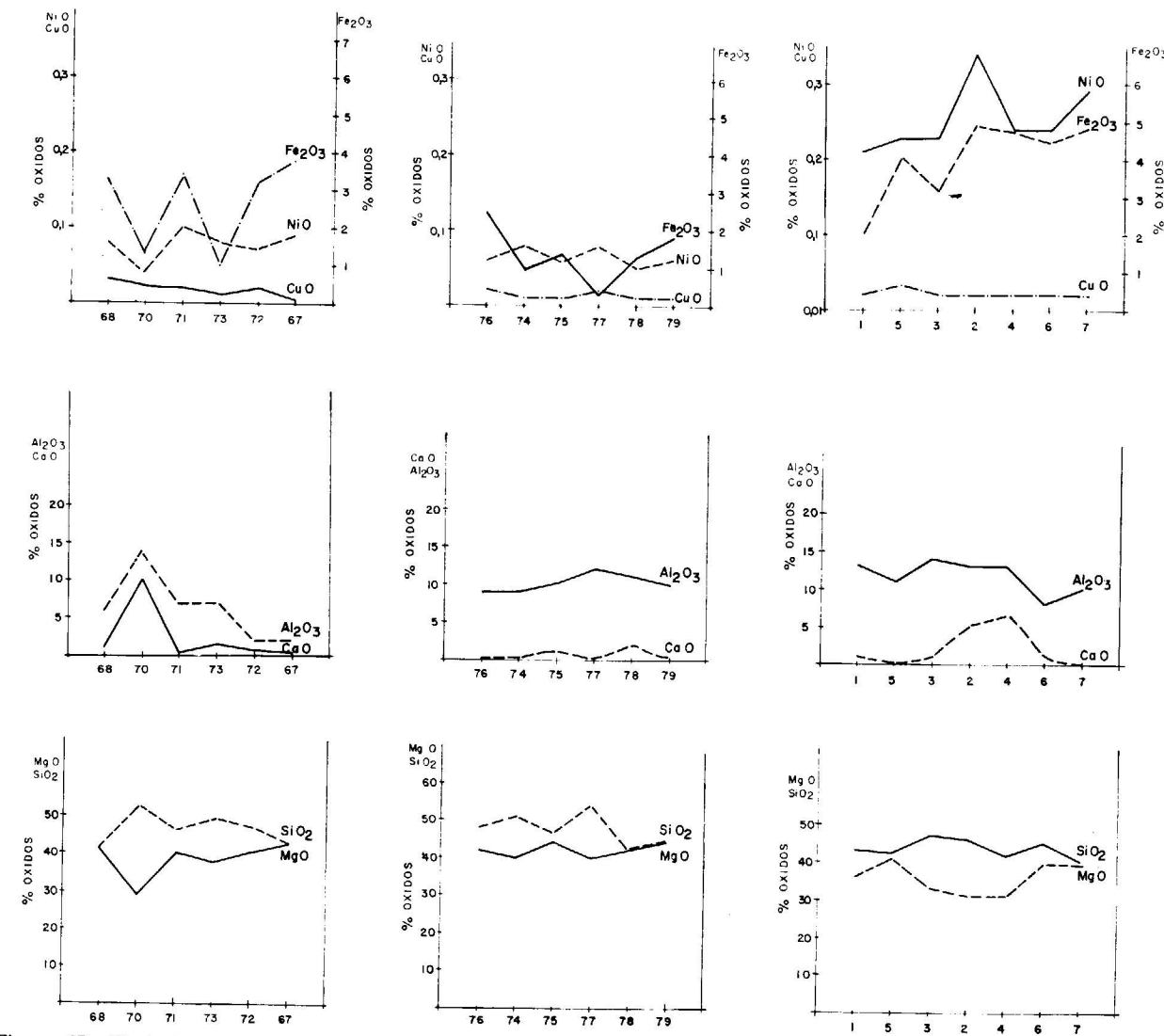


Figura 17.—Yacimiento Pérez-Brian: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

Figura 18.— Yacimiento Rafaela: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

Figura 19.—Yacimiento María del Pilar: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

La distribución de aluminio y calcio está relacionada con la presencia en los yacimientos de clorita y de carbonatos y tremolita, respectivamente.

La distribución de Fe es bastante compleja; en general aparece en los hastiales de los yacimientos asociado a serpentina y a dolomita. La distribución del Cu es muy constante en todos los yacimientos, no pudiendo asignarse una correlación preferencial con ningún mineral. Por último, no puede tampoco establecerse una ley de distribución del níquel en estos yacimientos. Los que

presentan un mayor contenido en este elemento son: María del Pilar, Costa del Sol, Majestuosa y Km. 5,2, y su relación con la mineralogía no es clara, excepto en el caso de los depósitos María del Pilar y Costa del Sol. En el primero, las mayores concentraciones de níquel aparecen ligadas a altos contenidos de clorita y talco y en el segundo a serpentina.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista mineralógico, la estea-

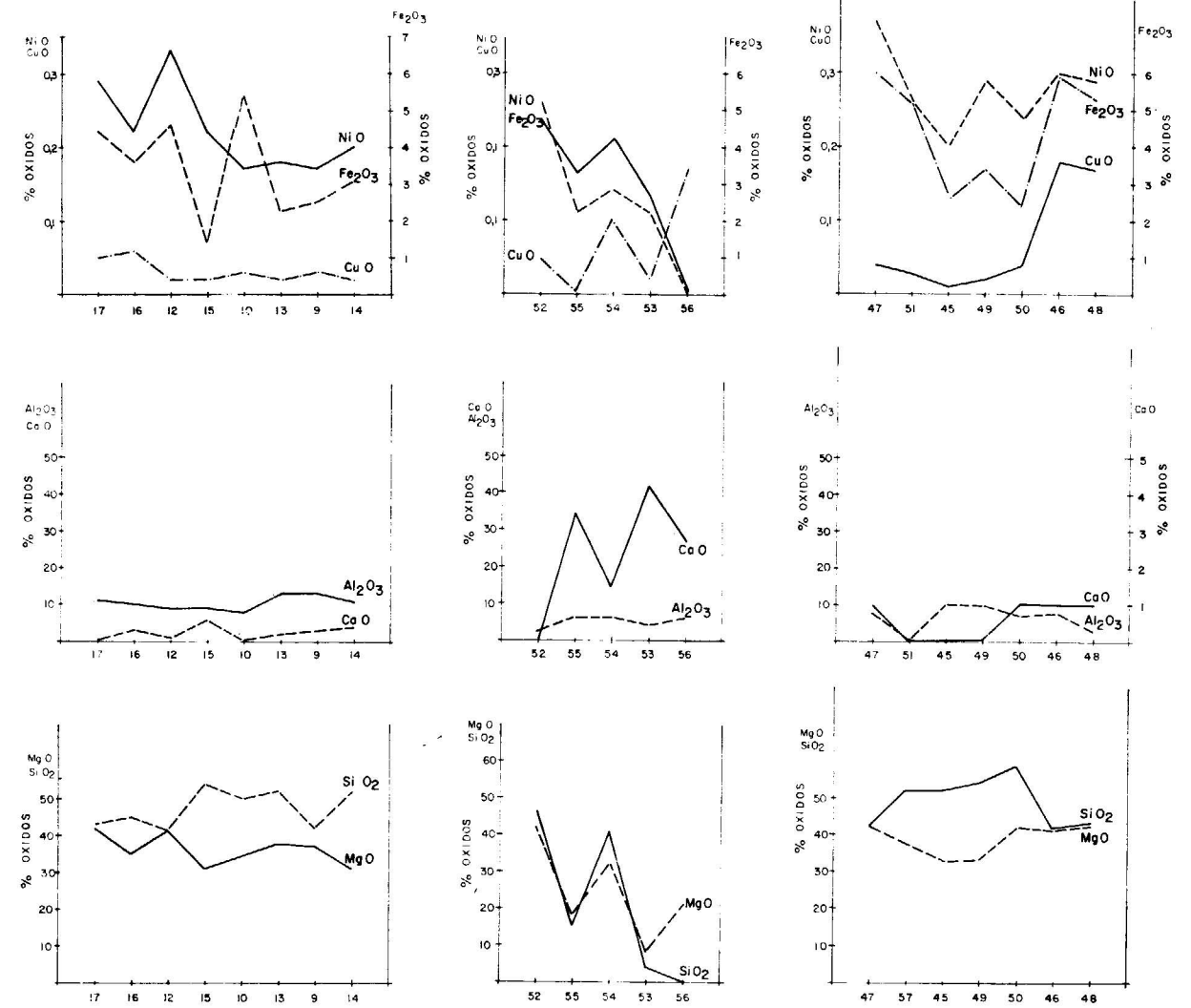


Figura 20.—Yacimiento Costa del Sol: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

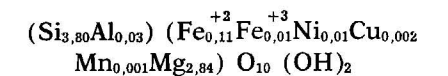
Figura 21.—Yacimiento Majestuosa: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

Figura 22.—Yacimiento km 5,2: Distribución de elementos según una sección normal al depósito.

tita que se ha explotado en estos depósitos está compuesta por talco, en proporciones variables del 25 al 90 por 100 (normalmente entre el 40 y 60 por 100), clorita y trozos diseminados de serpentina alterada. En algunos casos, complementa esta composición la tremolita, cuyas propiedades y aspecto son parecidos a las del talco y como minerales secundarios y no siempre presentes se encuentran carbonatos (calcita, dolomita y magnesita), cuarzo e impurezas metálicas (pirita, magnetita, goethita, hematites y cromita).

Los cristales de talco se presentan como láminas

que oscilan de 2 a 5µ. Su fórmula química es próxima a:



contiene en su capa octaédrica sustituciones de Mg por Fe⁺⁺ y Ni, fundamentalmente.

La clorita está siempre presente en todas las mineralizaciones estudiadas y es del tipo talco-clorita, o sea, muy rica en magnesio y con cierta sustitución tetraédrica de Si por Al.

En las serpentinas de los diferentes yacimientos de talco estudiados, sólo se ha reconocido claramente la presencia de antigorita, aunque con textura fibrosa se presenta la tremolita y a veces el talco. Los cristales fibrosos de antigorita miden de 0,24 a 3,1 μ de longitud.

Los anfíboles identificados en estos depósitos han sido siempre de la serie tremolita-actinolita, próximos a la tremolita y no a la actinolita, como se ha citado en asociación con estos talcos.

La serpentina se encuentra siempre muy alterada a talco, especialmente en los trozos encontrados en el seno de la masa de esteatita. Estos bloques, al ser cortados, muestran la sucesiva alteración de serpentina a clorita y a talco.

De hecho, en la serpentina (también en el talco se pueden reconocer piroxenos rómbicos, espinelas, magnetita, cromita, hematites, pirita y, a veces, anfíboles y carbonatos.

Cuando el talco arma en serpentina exclusivamente, existe una distribución simétrica de los minerales respecto a la geometría del filón, concentrándose la mayor riqueza de talco en el centro, y hacia ambos lados o de modo progresivo aumentan las impurezas de clorita y serpentina, que llegan a ser máximas en los hastiales, donde además pueden aparecer cuarzo y tremolita. Si el talco está en contacto tectónico entre serpentina y pizarras, gneises o mármoles, no existe una simetría tan perfecta a ambos lados de la zona central talquizada y hacia los hastiales aparecen carbonatos y cuarzo (sobre todo en el lado de caja no serpentínico). También en este mismo caso puede aparecer tremolita.

La correlación mineralogía-quimismo es bastante clara. Normalmente, en los casos de mayor simetría hay un aumento de la relación sílice/magnesio hacia el centro con respecto a los hastiales (yacimientos Por Fin, Majestuosa, Pérez Brian, María del Pilar e Inesperada) y en los demás esta relación permanece constante o cambia irregularmente.

El aluminio va ligado a la presencia de clorita y suele presentar dos máximos a ambos lados del centro ocupado por el talco y a corta distancia de los contactos con la roca de caja. La distribución del hierro es bastante compleja, pero, en general, va asociado a la serpentina, y aparece más concentrado en los hastiales de los depósitos

asociados a serpentinas. El calcio se concentra en los carbonatos y tremolita. La distribución del cobre es muy constante en todos los yacimientos, no pudiendo asignarse una correlación preferencial con ningún mineral. Para el níquel tampoco puede establecerse una ley de distribución; los que presentan un mayor contenido en este elemento son los depósitos denominados María del Pilar, Costa del Sol, Majestuosa y Km 2,5, pero su relación con la mineralogía sólo es clara en el yacimiento María del Pilar, en que aparece ligado a altos contenidos de clorita y talco, y en el yacimiento Costa del Sol, que está relacionada con la serpentina. Finalmente, el cromo está presente en la serpentina y no en el talco.

BIBLIOGRAFIA

- ALEBE, A. L.: *Relationships between the mineral association, chemical composition and physical properties of chlorite series*. Amer. Mineral. 47, 851-870 (1962).
- ALEIXANDRE, V., y ALVAREZ ESTRADA, D.: *Estudio físico-químico de varios talcos españoles y de algunas masas cerámicas esteatíticas*. Anal. R. Soc. Esp. Fis. y Quím., 45, serie B, 1075-1104 (1949).
- AYLLÓN, M.: *Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de algunos minerales accesorios de la arcilla según el método de standard interno*. Tesis doctoral. Facultad de Geológicas. Universidad Complutense de Madrid (1974).
- BAILEY, S. W.: *Determination of chlorite compositions by X-Rays spacings and intensities*. Clay and Clay Mineral., 20, 381-388 (1972).
- BASTA, E. Z., and ABDEL KADER, M. Sc.: *The mineralogy of Egyptian serpentines and talc-carbonates*. Mineral. Mag., 37, núm. 287, 395-408 (1969).
- BEUTELSPACHER and VAN DER MAREL, H. W.: *Atlas of electron microscopy of clay minerals and their admixtures*. Elsevier, Amsterdam (1969).
- BRINDLEY, G. W.: *Clorite minerals*. In the «X-Ray identification and crystal structures of clay minerals». (G. Brown, Ed.) Chap. 6, pp. 242-296, Mineralogical Soc. London (1961).
- BRINDLEY, G. W., and SOUZA SANTOS, P. de: *Antigorite - Its occurrence as a clay mineral*. Clays and Clay minerals, 19, 187-191 (1971).
- BROWN, G.: *X-Ray identification and crystal structure of clay minerals*. Mineralogical Soc. London (1961).
- CAILLERE, S., et HENIN, S.: *The chlorite and serpentine minerals*. In «The Differential Thermal Investigation of Clays» (R. C. Mackenzie, Ed.), Chap. VIII, 221-224, Mineralogical Soc., London (1957).
- DELGADO, M.: *Una nueva variedad de antigorita en el barranco de S. Juan (Granada)*. Anal. Edaf. Fisiol. Veg., 15, 189-229 (1956).
- GARD, J. A. (Ed.): *The electron-optical investigation of clays*. Mineralogical Soc., London (1971).
- GASDEN, J. A.: *Infrared spectra of minerals and related inorganic compounds*. Butterworths, London (1975).
- HEY, H. H.: *A new review of the chlorite*. Mineral. Mag., 30, 277-293 (1954).
- LÓPEZ AGUAYO, F.; CABALLERO, M. A.; LA IGLESIA, A., y MARTÍN VIVALDI, J. L. JR.: *Estudio mineralógico del talco de Cancelada (Málaga)*. Estudios Geol., 30, 463-470 (1974).
- PETRUK, W.: *Determination of the heavy atom content in chlorite by means of the X-Ray diffractometer*. Amer. Mineral., 49, 61-71 (1964).
- POZZUOLI, A.; MATTIAS, P., e GALÁN, E.: *Mineralogía di sedimenti abruzzesi*. Periodico di Mineralogia, XLI, 611-655 (1973).
- RUSSELL, J.; FARMER, V. C., and VELDE, B.: *Replacement of (OH) by (OD) in layer silicated and identification of the vibrations of these groups in infra-red spectra*. Mineral. Mag., 37, 869-879 (1970).
- SOUZA SANTOS, H., e SOUZA SANTOS, P.: *Estudos comparativos de amiantos por microscopia electrónica*. Cerámica, 24 (98), 77-90 (1978).
- STUBICAN, V., and ROY, R.: *A new approach to assignment to infrared absorption band in layer-structure silicates*. Z. Kristallog., 115, 200-214 (1961).
- VAN DER MAREL and BEUTELSPACHER: *Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures*. Elsevier, Amsterdam (1976).
- VON ENGLEHART, W.: *Die strukturen von Thuringit, Bevalit und Chamosit und ihre stillung in der Chloritgruppe*. Z. Kristallog., 104, 142-159 (1942).
- WHITAKER, E. J. W., and ZUSSMAN, J.: *Characterization of serpentine minerals by X-Ray diffraction*. Mineral. Mag., 31, 107-126 (1956).
- WILKINS, R. E., and ITO, J. C.: *Infrared spectra of some synthetic talcs*. Amer. Mineral., 52, 1649-1661 (1967).

Recibido: Enero de 1979.

Las rocas plutónicas de Colmenar Viejo (Madrid)

Por G. OCHOA RUIZ DE ZUAZO (*)

RESUMEN

Se realiza un estudio petrológico, en el que se comprueba que las rocas plutónicas existentes en las proximidades de Colmenar Viejo (Madrid), son de composición adamellítico-granodiorítica.

Por el estudio de estas rocas y de los materiales encajantes se comprueba que se han originado en un proceso de granitización de alta temperatura, en el que los «focos térmicos» se encontraban muy próximos. Su génesis está relacionada con la segunda fase de deformación hercínica del Sistema Central, que parcialmente ha borrado las estructuras de las rocas encajantes ya metamorfizadas en la primera fase de deformación de este Sistema.

SUMMARY

By means of a petrological study, we have stabilised that the plutonic rocks which appear near Colmenar Viejo (Madrid) have an adamellites-granodiorites composition.

The accurate analysis of these rocks, and of the adjoining rocks materials, demonstrates that the same rocks have their origin in a high temperature granitization process; in this process, the «termic focuses» were very near. We establish, that the genesis of the whool, is related with the second phase of the hercinic deformation of the Central System which has, partially, effaced the structure of the adjoining rocks, metamorphiced in the first phase of deformation of the same System.

I. INTRODUCCION

En este trabajo se estudian las rocas adame-llíticas y granodioríticas que se encuentran en las proximidades de Colmenar Viejo. Estas rocas plutónicas están situadas al N, NE, E, SE y NO del mencionado núcleo de población, y aparecen representadas en el mapa geológico adjunto, realizado por el autor de este trabajo en el año 1958. En este plano no se representan los numerosos diques, tanto ácidos como básicos, que atraviesan el conjunto rocoso y que serán objeto de otro trabajo. De las fallas y fracturas se representan exclusivamente las que se consideran más representativas.

La zona de estudio está situada 30 Km al N de Madrid, en las estribaciones meridionales de la

Sierra de Guadarrama. Las rocas plutónicas quedan limitadas por materiales neísicos mediante contactos de falla, exceptuando la parte sur del afloramiento que queda recubierta por sedimentos arcósicos del Terciario Superior. La superficie que se estudia forma parte de las Hojas del Mapa Topográfico Nacional 509 (Torrelaguna) y 534 (Colmenar Viejo), y está atravesada principalmente por las carreteras Madrid-Colmenar Viejo, Colmenar Viejo-Miraflores, Colmenar Viejo-San Agustín y Colmenar Viejo-Guadalix de la Sierra.

El estudio petrológico ha sido facilitado por las frecuentes canteras existentes para la explotación de los materiales pétreos. El afloramiento al que corresponden estas rocas, forma parte de un gran batolito que se extiende ampliamente por la Sierra de Guadarrama.

Entre los trabajos realizados hasta la fecha sobre estas rocas, destacan el de PRADO, C. (1864), que describe ampliamente los granitos de la pro-

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

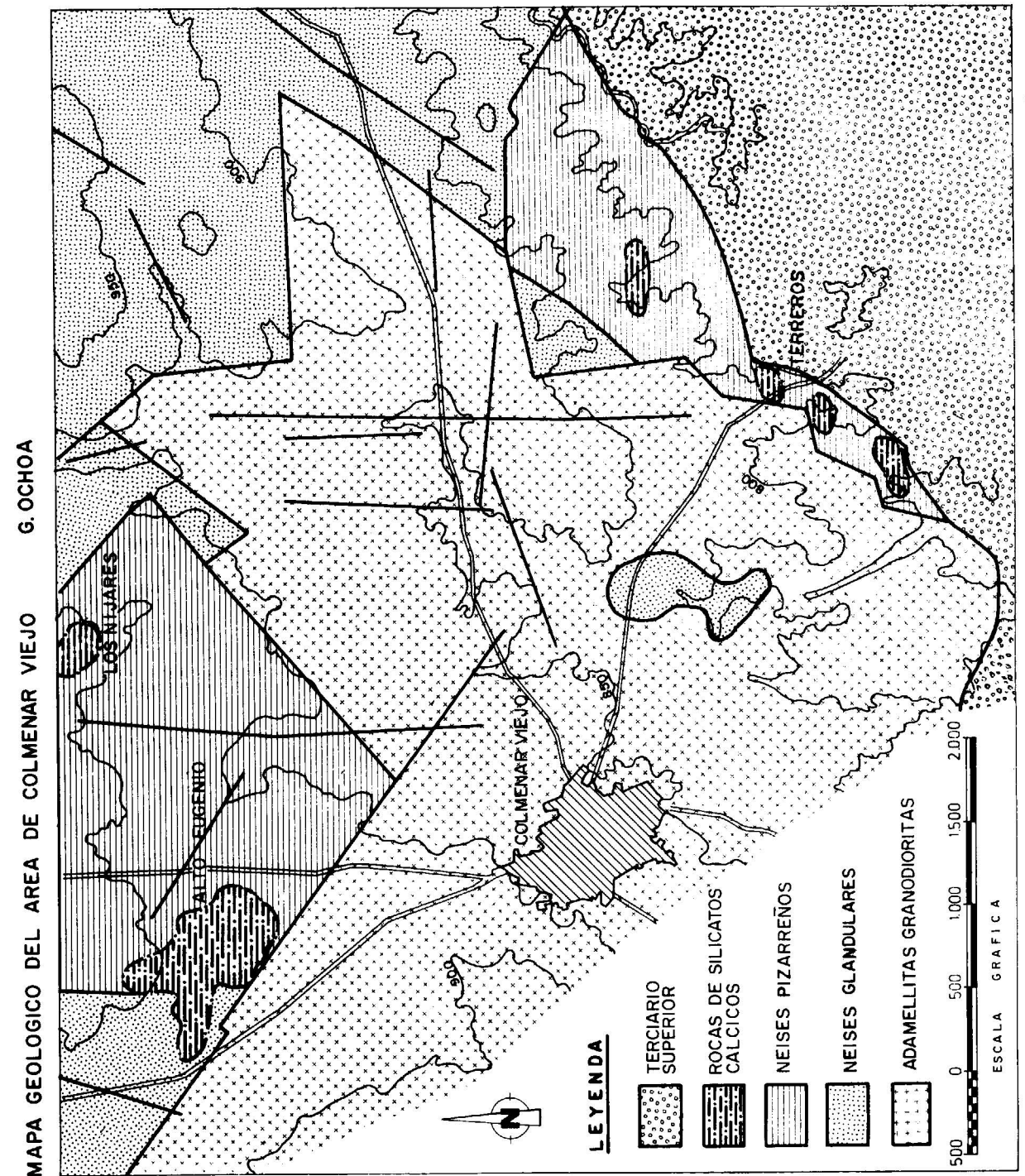


Figura 1

vincia de Madrid, aunque cita muy pocos datos concretos sobre el área que nos ocupa. En la memoria de la Hoja 509 (Torrelaguna) (1959), se dedican cuatro páginas a su descripción, aunque los contactos descritos del área granítica no coinciden en su mayoría con los representados en el plano geológico que acompaña a la memoria. Se incluyen tres análisis modales de las rocas graníticas y se describen someramente las texturas y composición mineralógica fundamentales. PÉREZ REGODÓN, J. (1970), hace mención principalmente de las diferentes direcciones de fractura que separan las rocas plutónicas de los neises encajantes, y APARICIO et al. (1975) hacen algunas citas sobre la zona que se estudia.

II. CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS

Las rocas plutónicas se ponen en contacto con los materiales neísicos mediante fallas, lo que da lugar a unos límites bruscos y francamente rectilíneos, exceptuando la zona correspondiente al arroyo de Tejada, al E-SE de Colmenar Viejo, en la que por quedar muy próxima al techo del batolito se conservan algunos afloramientos de neis con transición gradual a las rocas plutónicas.

Los contactos de falla entre una y otra formación aparecen localmente algo inyectados por cuarzo, siendo frecuente observar junto a estas fallas cómo el neis toma un aspecto aplítico, en el que en muchas ocasiones resulta difícil observar los rudimentos de los planos de foliación.

Las rocas plutónicas son de grano medio a grueso, a veces algo porfídicas, con fenocristales idiomorfos de feldespato potásico, frecuentemente maclado según Karslbaad. El color y tamaño del grano varía en distancias muy reducidas, dando a este conjunto rocoso un aspecto heterogéneo en observación de campo. No obstante, en el laboratorio se ha comprobado que todas ellas tienen composición adamellítica o granodiorítica, según la clasificación de Nockolds, con variaciones considerables que las aproximan en unos casos a granitos calco-alcalinos y en otros a tonalitas.

No se ha observado una clara separación en el terreno de las rocas adamellíticas y granodioríticas, por lo que hay que admitir variacio-

nes bruscas de uno a otro tipo de roca, existiendo todos los términos de transición imaginables. Únicamente en las proximidades del Embalse de



Figura 2.—Roca granítica en la que aparecen algunos fenocristales con tendencia al idiomorfismo.

Santillana, es donde para todas las muestras estudiadas se ha encontrado composición adamellítica.

En la mayor parte del área granítica los enclaves y gabarros son poco abundantes, sobre todo los primeros, a excepción de la pequeña zona localizada al E-SE de Colmenar Viejo, en el arroyo de Tejada, en la que pueden observarse con abundancia poco frecuente una extraordinaria variedad de enclaves y gabarros que en algunos puntos llegan a constituir una auténtica agmatita.

Los tamaños de estos xenolitos o relictos son muy variables. Los bloques de gran tamaño apa-

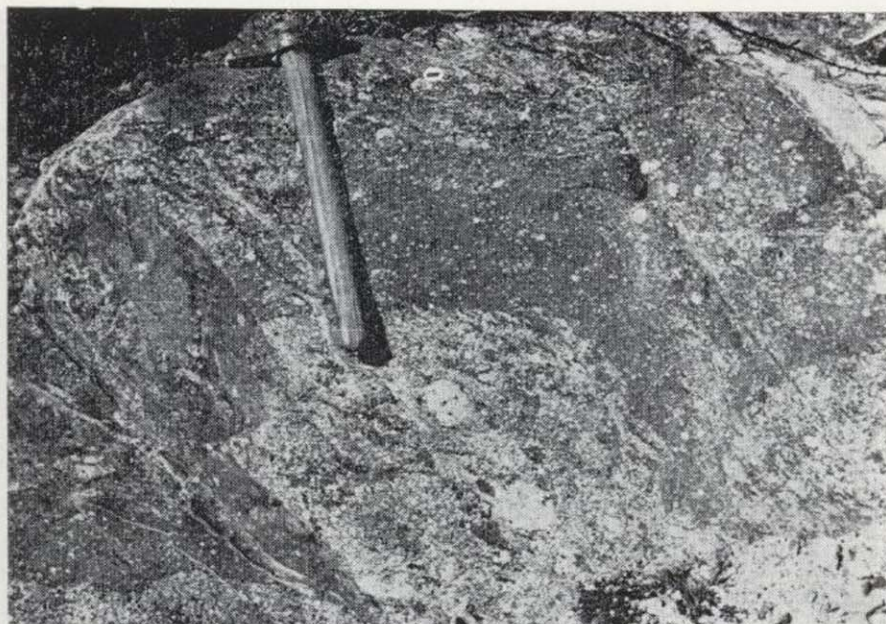


Figura 3.—Procesos de feldespatización con estructuras relictas. Nebulita neísica.



Figura 4.—Segregaciones pegmatíticas divagantes y nacientes en rocas agmetíticas, en las que puede apreciarse que la génesis se ha realizado por un claro proceso de feldespatización.

recen frecuentemente «digeridos», de tal manera que constituyen una roca de transición de tipo nebulítico, que podría denominarse tanto neis granítico como granito neísico, ya que presenta una serie de caracteres intermedios e indefinidos entre los dos tipos de roca. En este caso de bloques de tamaño muy considerable no se observa nunca la formación de gabarros, sino que aparecen como enclaves o como masas a medio digerir.

Estos xenolitos corresponden a dos tipos de neises, uno grandular y otro pizarreño, como corresponde a los neises existentes en las proximidades, y que se pueden ver en la cartografía. Dichos enclaves aparecen a veces desorientados, llegando a observarse la desorientación en algunos que distan menos de 10 cm. Sin embargo, este hecho no puede utilizarse como dato que apoye su génesis magmática, puesto que en algunos de ellos existen intensos repliegues de pequeña escala que pueden muy bien explicar la desorientación existente, tanto si son magmáticos, como si se han formado por procesos ultrameta-mórficos.

Los xenolitos más pequeños, en general menores de un metro cúbico, aparecen en forma de enclaves, o en forma de gabarros indistintamente, y entre unos y otros existen todos los términos de transición, pudiendo observarse en numerosísimos ejemplos, cómo los gabarros se forman a partir de los enclaves neísicos de relativamente poco tamaño, por una segregación de la mayor parte de los elementos cuarzofeldespáticos, unida a una recristalización del conjunto residual en el que hay un gran predominio de materiales ferromagnésicos (biotita), produciéndose simultáneamente una tendencia al redondeamiento.

Algunas veces estos gabarros aparecen rodeados por un característico «frente ácido», aunque desde luego no es el caso general, puesto que en la mayoría de las ocasiones no se observan diferencias apreciables entre el granito que está en íntimo contacto con el gabarro, y el que se encuentra a varios metros de distancia.

En este área granítica del arroyo de Tejada son muy frecuentes los granitos porfídicos con fenocristales que alcanzan hasta 6 cm de longitud máxima. Estos fenocristales de gran tamaño puede observarse que proceden sin ninguna duda de los fenoblastos existentes en el neis glandular,



Figura 5.—Enclaves néisicos transformándose en gabarros, y procesos de feldespatización en estos últimos.

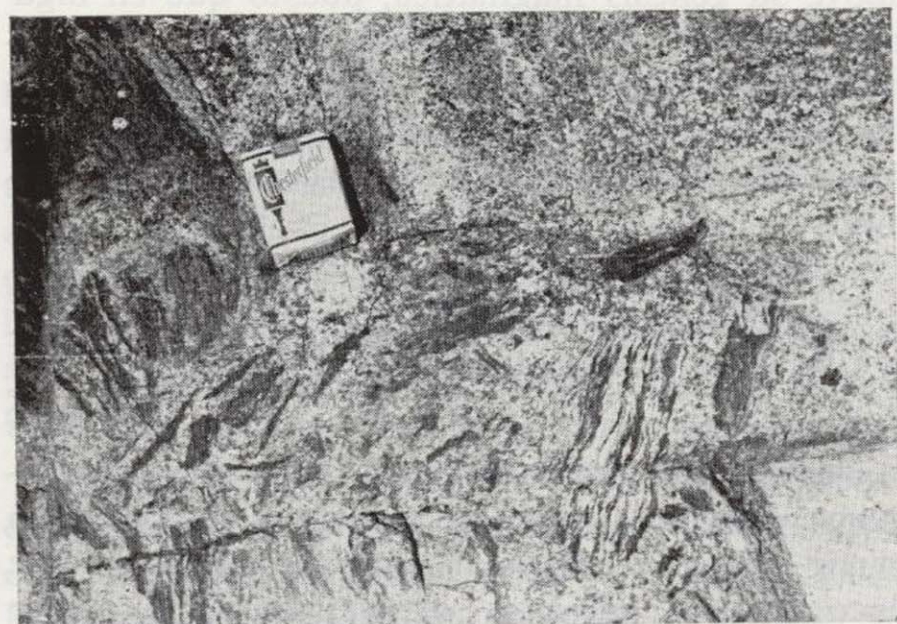


Figura 6.—Estructuras residuales desorientadas, en las que puede apreciarse los procesos de granitización.

que ha sido digerido parcial o totalmente, conservándose en este último caso únicamente los fenoblastos, que son los clásicos «dents de cheval».

Para el estudio de esta formación porfídica, se pueden seguir en el terreno todas las transiciones graduales, ya que las glándulas existentes en los grandes enclaves se conservan, cuando el neis se transforma en «roca nebulítica», y al ir pasando ésta a verdadera y típica roca plutónica, se siguen viendo los mismos fenoblastos, que terminan por quedar empastados en una matriz granítica. Si estas transiciones no se observan de-

tenidamente en numerosos puntos, estos «fenoblastos» pueden confundirse con verdaderos fenocristales de neoformación.

Esta estructura porfídica presenta algunas características diferentes a los otros granitos porfídicos del área de Colmenar Viejo, pues aquí los fenocristales son en casi todos los casos de mayor tamaño que en el resto de la zona. También son en general más abundantes y con distribución menos homogénea, dándose las máximas concentraciones en los sitios en que se encuentran los grandes enclaves que ya se han digerido, como se ve por las frecuentes estructuras «fantasmas».

Los fenocristales mencionados es frecuente que presenten la típica macla de Karlsbaad, característica de los fenoblastos de ortosa micropertítica existente en los neises glandulares encajantes. Son bastante idiomorfos en sección, pero al observarlos enteros tienen el aspecto algo redondeado de las glándulas néisicas. Siempre son menos idiomorfos que los verdaderos fenocristales.

En este conjunto plutónico de la zona suroccidental de San Pedro, es relativamente frecuente que las adamellitas y granodioritas, en zonas muy localizadas, hayan sufrido procesos de sienitización.

Estos procesos están siempre relacionados con zonas de falla y fractura. Cuando ha tenido lugar este fenómeno, las adamellitas y granodioritas adquieren tonalidades rosadas o rojizas siguiendo la dirección de las fallas. El cuarzo desaparece gradualmente, y en algunos casos llegan a transformarse en auténticas sienitas.

La transformación es observable en el terreno con toda claridad, correspondiendo a las zonas centrales de las fallas la máxima sienitización, que va disminuyendo paulatina y perpendicularmente al plano de falla, pasando por granitos rosados a las adamellitas y granodioritas normales.

En estas rocas se comprueba al microscopio que tienen muy poca proporción de cuarzo o carecen totalmente de él. La biotita se ha transformado completamente en clorita, a veces de neoformación, sin guardar ninguna relación pseudomórfica con la biotita preexistente, ya que es vermicular o esferulítica.



Figura 7.—Granito porfídico denominado «dents de cheval». Se pueden apreciar los fenoblastos todavía no afectados por el proceso de granitización.

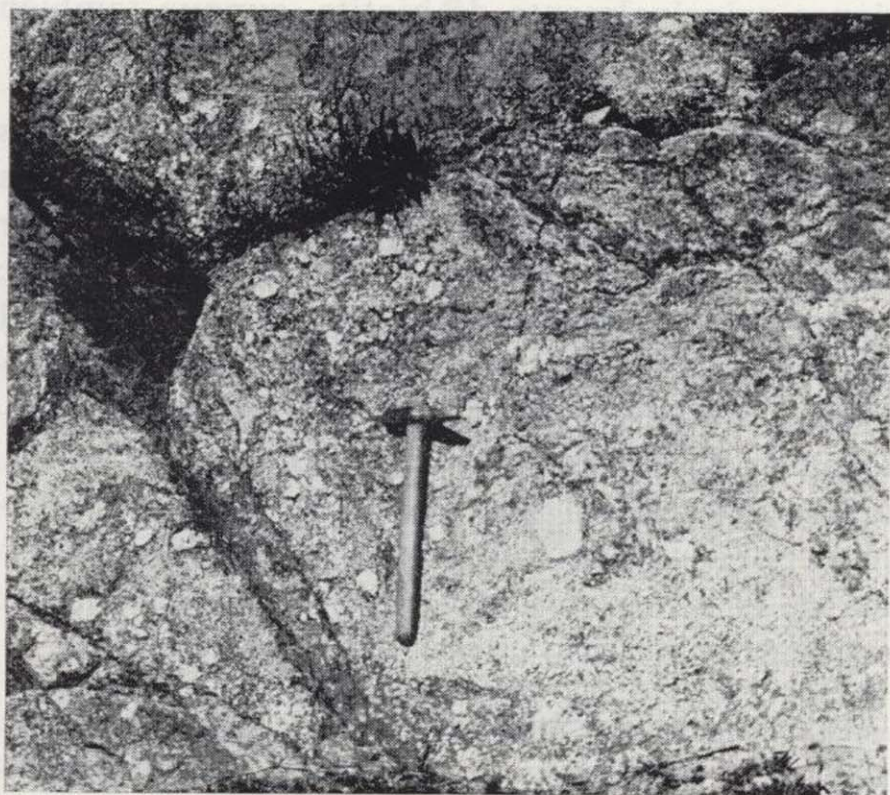


Figura 8.—«Dents de cheval».

El color rojizo que han adquirido los feldespatos, parece muy probable que se origine por un fenómeno de schillerización al penetrar los óxidos de hierro procedentes de la transformación biotita-clorita, en los espacios interreticulares de los feldespatos.

También se observa con toda claridad cómo las plagioclasas son sustituidas metasomáticamente por feldespato potásico, a través de una serie de estructuras típicas de reemplazamiento, tal y como han observado SAN MIGUEL ARRIBAS, A., y FERNÁNDEZ POLO, S. A. (1959), en las zonas de sienitización de la costa brava catalana.

Por este metasomatismo potásico la mayoría de las rocas formadas son auténticas sienitas, y no monzonitas, como correspondería a la composición mineralógica de las rocas de que proceden, por una simple emigración del cuarzo. En las secciones delgadas estudiadas, aunque no se ha efectuado un análisis modal, se observa por tinción diferencial un claro predominio del feldespato potásico sobre las plagioclasas.

En este grupo de rocas sienitizadas es muy frecuente la epidota, hasta el extremo de que en zonas muy localizadas y de dimensiones reducidas, se llegan a formar rocas que se podrían denominar epidotitas. También hay que admitir que los fenómenos cataclásticos han originado una emigración del cuarzo, que pudiera ser el que ha dado origen a los diques y vetas de este mineral, que con frecuencia se hallan íntimamente relacionados con estas rocas, como el que se encuentra en el Km 1 de la carretera que va de Colmenar Viejo a Guadalix de la Sierra.

Para que se realicen estos procesos de sienitización, aparte de la emigración del cuarzo tiene que existir un aporte de potasio (posiblemente de zonas próximas), ya que el aumento de feldespato potásico parece que es mayor que el que se ha producido en la transformación biotita-clorita, que según CHAYES, F. (1959), un gramo de biotita puede liberar suficiente cantidad de potasio para formar más de medio gramo de feldespato potásico.

Las rocas encajantes de este afloramiento corresponden a dos tipos de neises de características muy diferentes (migmatíticos, generalmente glandulares, y pizarreños), que han sido delimitados con gran exactitud en el mapa geológico que

se adjunta. Únicamente en la parte sur del área cartografiada, las rocas plutónicas quedan recubiertas por sedimentos del Terciario Superior.

Los neises pizarreños han sido confundidos por algunos autores con micacitas, aunque en el mismo campo se puede observar, en sección perpendicular a la foliación, su considerable cantidad de feldespato, y al microscopio se comprueba que por el porcentaje de feldespatos que poseen son indiscutiblemente neises pizarreños.

Las calizas cristalinas y rocas de silicatos cálcicos que se encuentran en la zona, asociados casi exclusivamente a los neises pizarreños, no están nunca en contacto directo con las adamellitas y granodioritas. En la zona del Alto Eugenio, donde la cartografía se ha realizado con gran precisión, se ha comprobado que existe una estrecha banda de neises que separan las rocas graníticas de las calizas cristalinas.

Estos neises pizarreños cambian constantemente de dirección y buzamiento y están totalmente atravesados por materiales aplítico-pegmatíticos, que hacen recordar una estructura agmatítica a gran escala.

Este tipo de neises es litológicamente muy diferente de los materiales «encajantes», y en ellos no parece haberse originado ningún proceso de feldespatización metasomática, ya que el volumen de feldespatos que contienen puede justificarse perfectamente por una diferenciación metasomática, con excepción de las aplitas y pegmatitas que los atraviesan.

En la mineralogía de estas rocas conviene destacar que, por una parte, los feldespatos no son excesivamente abundantes. Las plagioclasas tienen un 25 por 100 de An y están macladas según la ley de Albita. Para el feldespato potásico, en numerosos cristales estudiados se ha obtenido una media de $2V\alpha = 66^\circ$. En algunos casos presenta micropertitas. El cuarzo es siempre alotriomorfo y con gran frecuencia aparece asociado con la moscovita formando texturas simplectíticas. Biotita y moscovita son en general muy abundantes, dominando en la mayoría de las ocasiones la primera sobre la segunda, que a veces se presenta simplemente como mineral accesorio. La silimanita se encuentra en la mayoría de las muestras

estudiadas, y se presenta tanto en forma fibrolítica como constituyendo pequeños prismas de gran idiomorfismo. Con frecuencia coexisten los dos tipos de silimanita.

Los minerales que se consideran de mayor interés petrogenético dentro de los neises pizarreños, son la andalucita y la cordierita, presentándose de una forma constante, y ponen de manifiesto unas condiciones de metamorfismo muy diferentes a las de la «unidad oriental» del macizo metamórfico de San Pedro, OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G. (1976). La andalucita se presenta a veces en cristales de gran tamaño, casi siempre alterada en las zonas de borde y de microfractura a sericita, pero con mayor frecuencia aparece dentro de cristales de moscovita en la que destaca en forma de pequeños islotes muy marcados por las características ópticas.

Como minerales accesorios se han observado circón, turmalina, clorita pseudomórfica de biotita, apatito y mineral opaco.

Los neises migmatítico-glandulares se caracterizan por la presencia de abundantes y frecuentes fenoblastos de feldespato potásico, que corresponden a ortosa micropertítica en todos los casos en que se ha determinado el valor del ángulo de los ejes ópticos, para el que se ha obtenido una media de valores de 66° . Estos fenoblastos están frecuentemente maclados según la ley de Karlsbaad, y dentro de ellos son frecuentes las inclusiones principalmente de biotita, aunque también las hay de cuarzo y plagioclasa.

Las plagioclasas están macladas según las leyes de Albita y Albita-Ala, predominando la primera con una media en el porcentaje de An del 25 por 100. Cuando aparecen macladas según la ley de Albita-Ala, el porcentaje en An es del 30 al 31 por 100. La biotita es muy abundante, subidiomorfa, encontrándose a veces parcialmente transformada en clorita. La moscovita, aunque escasa, existe con relativa frecuencia. El cuarzo y feldespato potásico son los minerales más alotriomorfos de estas rocas. Como minerales accesorios se encuentran apatito, circón, esfena y epidota.

Es muy interesante destacar la frecuente presencia de andalucita y silimanita con características análogas a las descritas para los neises pizarreños.

III. COMPOSICION

La composición de estas rocas se ha determinado mediante análisis modal. Los resultados obtenidos, aunque con variaciones considerables, hacen incluir estas rocas, según la clasificación de Nockolds, en el grupo de las adamellitas y granodioritas. Los valores obtenidos expresados en tantos por ciento, se representan en los CUA-

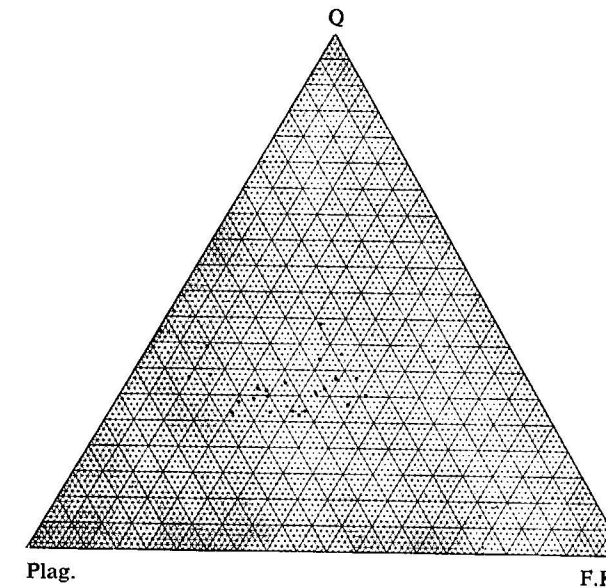


Figura 9.—Las granodioritas de Colmenar Viejo (Madrid).

G. Ochoa Ruiz de Zuazo

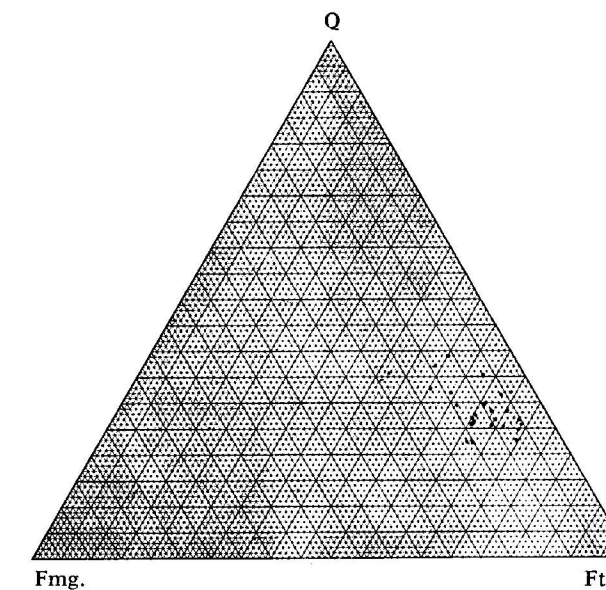


Figura 10.—Las granodioritas de Colmenar Viejo (Madrid).

G. Ochoa Ruiz de Zuazo

DROS I, II y III. En ellos puede apreciarse, debido al contaje de puntos, que algunos minerales accesorios, aunque son constantes en todas las muestras, no aparecen representados en los cuadros.

De estos valores, el cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, se han recalculado a ciento y proyectado en un triángulo (fig. 9), para poder apreciar las variaciones de la relación cuarzo-plagioclasa-feldespato potásico.

También se ha proyectado en un triángulo el cuarzo, los minerales ferromagnésicos y los feldespatos (fig. 10).

La dispersión de los puntos en estos diagramas, indica una gran heterogeneidad para estas rocas adamellíticas y granodioríticas, que por una parte se aproximan a los granitos calcoalcalinos y por otra a las tonalitas.

IV. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS Y MINERALOGICAS

Estas rocas tienen textura granuda hipidiomorfa, a veces porfídica.

Los cristales de plagioclasa y biotita son idiomorfos o subidiomorfos. El cuarzo en algunos casos presenta una ligera tendencia al idiomorfismo, pero en general es francamente alotriomorfo, aunque el mineral de alotriomorfismo más acusado, cuando no se presenta en fenocristales, es el feldespato potásico, que en todos los casos se adapta a los espacios libres dejados por los demás cristales.

Las características mineralógicas de estas rocas son las siguientes:

Plagioclasa

Es el componente más abundante. Los cristales idiomorfos o subidiomorfos, están maclados polisintéticamente y a veces presentan zonalidad, que en ocasiones llega a ser muy manifiesta, observándose en este caso un mayor idiomorfismo en las zonas internas. El tamaño es variable, pero en general están bien desarrolladas y con relativa frecuencia incluyen pequeños cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita, apatito, circón, mineral opa-

CUADRO I

Análisis modal de las adamellitas de Colmenar Viejo

Prep.	Puntos	Plag.	Feld. Potas.	Cuarzo	Biot.	Clorita	Epidota	Apatito	Circón	Mosc.	Opaco
3.661	3.506	32,26	28,01	26,73	4,06	7,82	0,83	0,23	0,06		
3.623	3.713	31,90	30,37	28,52	8,43	0,59		0,06	0,03		0,09
3.588	3.453	35,70	25,71	22,32	15,59	0,35	0,08	0,17			0,08
1.784	5.088	26,07	38,88	25,18	8,90	0,79		0,06		0,03	0,09
2.724	3.709	27,72	36,35	31,89	2,53	0,73				0,78	
2.722	3.921	26,63	38,69	28,39	3,80	1,60				0,79	0,10
2.740	4.768	30,50	32,01	31,20	2,54	2,57	0,11	0,06		0,96	0,05

CUADRO II

Análisis modal de las adamellitas de Colmenar Viejo

Prep.	Puntos	Plag.	Feld. Potas.	Cuarzo	Biot.	Clorita	Epidota	Apatito	Circón	Mosc.	Opaco
2.739	3.696	26,97	30,25	35,54	6,46	0,69	0,03	0,03	0,03		
3.694	2.395	26,48	23,27	38,97	9,89	0,76				0,50	0,13
1.115	3.300	28,42	25,50	32,00	8,51	5,42		0,09	0,03		0,03
3.562	3.703	30,80	36,90	26,65	5,21	0,37		0,02	0,05		
3.632	2.673	38,58	34,46	25,78	4,63	0,50					0,05
2.796	2.571	38,98	29,77	24,74	5,05	0,58		0,07	0,04	0,77	
3.625	4.195	27,10	38,60	28,74	3,76	1,14				0,54	0,12

CUADRO III

Análisis modal de las granodioritas de Colmenar Viejo

Prep.	Puntos	Plag.	Feld. Potas.	Cuarzo	Biot.	Clorita	Epidota	Apatito	Circón	Mosc.	Opaco
1.108	4.119	45,50	11,20	29,08	12,79	1,15		0,09		0,19	
3.630	3.561	42,01	7,89	32,54 ⁺	15,95	1,27	0,09	0,14			0,11
3.575	4.648	37,25	23,54	29,65	8,72	0,66	0,06	0,10			0,02
1.779	4.262	39,68	21,05	25,80	5,86	6,31	0,91	0,28			0,11
1.755	5.191	40,91	19,53	27,52	11,88	0,03	0,05	0,02		0,03	0,03
3.569	4.195	39,45	20,78	27,00	11,29	1,16	0,09	0,21	0,02		
1.102	4.439	45,03	17,39	22,13	13,47	1,69	0,09	0,15	0,05		

co, sericita y epidota. Las de biotita, que a veces forman textura poiquilítica, pueden estar parcial o totalmente alteradas a clorita. La sericita, que también forma con frecuencia textura poiquilítica, y la epidota, son minerales de neoformación originados al alterarse las plagioclasas.

La zonalidad pone de manifiesto las diferencias de composición química entre las distintas zonas, que en uno de los cristales medidos llega a ser del 19 por 100 An. El caso general es que la disposición de las zonas sea normal, y presenten un núcleo más básico, frecuentemente esponjoso y alterado, y una serie de zonas que van siendo más ácidas al aproximarse al borde del cristal. Estas zonas cuanto más extensas son, están poco o nada alteradas. A veces corresponde con gran exactitud la alteración con el zonado, siendo una línea muy neta la que las separa, lo que indica también la diferencia de composición química entre unas y otras.

La estructura esponjosa, además de en el núcleo, se ha observado en algunos cristales en zonas intermedias, lo que unido a las posiciones de extinción de otros cristales que no han podido medirse con la platina universal hace suponer que en estas rocas, además del zonado normal existen algunos casos de zonado oscilatorio. Esta estructura esponjosa pone de manifiesto fenómenos de exolución entre distintos tipos de plagioclasa.

En los bordes de las zonas externas es muy frecuente ver estructuras mirmequíticas, que indican un crecimiento del cristal.

Las estructuras zonales son debidas a procesos posteriores a la formación del cristal, y no a una variación de la composición química del medio durante la formación de la plagioclasa.

Por las medidas realizadas mediante la platina universal (CUADRO IV), siguiendo los métodos de

CUADRO IV

Plagioclasas del área de Colmenar Viejo

Prep.	Roca	Cristal	% An	Ley
1.784	Adamellita	A	42 % B.T.	Albita
		B	44 % B.T.	Albita
		C	40 % B.T.	Albita
3.625	Adamellita	A	31,5 % B.T.	Ab.-Ala
		B	33 % B.T.	Ab.-Ala
2.724	Adamellita	A	32 % B.T.	Ab.-Ala
		B	31 % B.T.	Ab.-Ala
3.588	Adamellita	A	31 % B.T.	Ab.-Ala
		B	35 % B.T.	Albita
2.722	Adamellita	A	21 % B.T.	Karlsbad
		B	28 % B.T.	Ab.-Ala
3.694	Adamellita	A zona Int.	27 % B.T.	Ab.-Ala
		A zona Ext.	25 % B.T.	Ab.-Ala
1.779	Granodiorita	A	35 % B.T.	Albita
		B	35 % B.T.	Albita
1.102	Granodiorita	A zona Int.	35 % B.T.	Albita
		A zona Ext.	25 % B.T.	Ab.-Ala
3.630	Granodiorita	A	31 % B.T.	Ab.-Ala
		B	28 % B.T.	Ab.-Ala
1.755	Granodiorita	A	27 % B.T.	Ab.-Ala
		B	19 % B.T.	Karlsbad
3.575	Granodiorita	A	28 % B.T.	Ab.-Ala
		B	26 % B.T.	Ab.-Ala
		C	21 % B.T.	Karlsbad

REINHARD (1951) y KOHLER (1923, 1924 y 1949), y los diagramas de VAN DER KAADEN (1951), REINHARD (1931) y TERTSCH (1942), se ha comprobado que los porcentajes en An son muy variables y siempre de baja temperatura. Las leyes de macla encontradas han sido las de Albita, Albita-Ala y Karlsbaad. Es interesante observar que a partir del 35 por 100 An la ley es siempre de Albita; entre 35 y 25 por 100 An es Albita-Ala, y los que quedan por debajo de este valor presentan la ley de Karlsbaad.

Estas distintas leyes parecen indicar que existe un cambio de ley de macla con la composición en los diferentes cristales. En algunas muestras se han encontrado para un mismo cristal un cambio de ley de macla para distintas zonas. Este hecho ya ha sido observado en otras rocas de la región que se estudia, IBARROLA, E., OCHOA, G. y AGOSTINI, L. (1961); este cristal tiene el inconveniente de que $\alpha\alpha$ están muy próximas en la proyección estereográfica, y aunque por el diagrama se obtiene la ley de Albita-Ala, podría discutirse la posibilidad de que fuese la ley de Albita.

La media total de los porcentajes de An, presenta el inconveniente de la zonalidad de los cristales y de que las medidas se han efectuado en distintas zonas, no obstante se considera que el número total de cristales medidos es suficientemente representativo y corresponde a un 30 por 100 An.

Con gran frecuencia, las plagioclasas aparecen sericitizadas o saussuritizadas parcialmente, siendo las zonas más afectadas por esta alteración las centrales. Cuando están sericitizadas, es frecuente que presenten textura poiquilítica muy característica, con cadacristales bien definidos, que se pueden observar sin grandes aumentos, pero es más frecuente la sericitización en la que aparecen agregados de sericita que no se pueden diagnosticar con facilidad. Cuando aparecen saussuritizadas, a veces se pueden distinguir entre los minerales la epidota y la sericita.

Es un dato interesante que, en algunos cristales alterados, al ser tratadas las preparaciones con ácido fluorhídrico y cobaltinitrito sódico, aparecen teñidas pequeñas superficies. Se observan pequeños cristalillos con diferente orientación óptica que el cristal de plagioclasa. No son inclusiones con bordes netos, sino que mediante una transición gradual, se pasa de la plagioclasa

al feldespato potásico, y parecen corresponder a un proceso antipertítico incipiente.

Feldespato potásico

El feldespato potásico existe en todas las rocas de la serie granitos-granodioritas en proporciones variables. Es francamente alotriomorfo cuando no forma fenocristales, y tiene frecuentes inclusiones de biotita, plagioclasa, cuarzo, moscovita, clorita y agujas de rutilo. Generalmente están finamente pertitizado por delgadas vénulas, que en algunos casos son de tamaño algo importante y puede comprobarse que son de plagioclasa, probablemente albita por las maclas polisintéticas que presenta, aunque por el reducido tamaño no se ha hecho ninguna determinación con la platina universal. Es frecuente que tenga extinción ondulante. En ocasiones forma con el cuarzo asociaciones micropegmatíticas.

Algunas veces la ortosa forma fenocristales de algunos cms de longitud máxima, bastante idiomorfos, que siempre engloban cristalillos de los demás componentes minerales.

En numerosas muestras se ha determinado el valor del ángulo de los ejes ópticos, mediante la platina universal. Los valores obtenidos en 40 cristales (fig. 11), varían de $2V\alpha = 52^\circ$ a $2V\alpha = 80^\circ$,

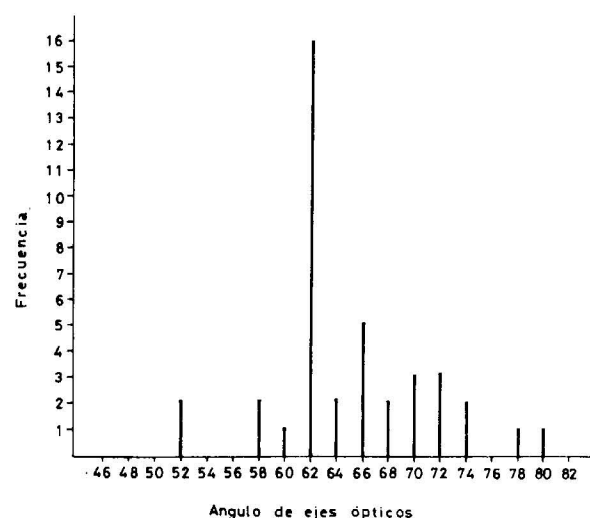


Figura 11.—Histograma de la distribución del $2V\alpha$ en los cristales de feldespato potásico de las rocas de la serie adamelítica-granodiorítica de Colmenar Viejo.

teniendo 16 el valor $2V\alpha = 62^\circ$ y la media de todos ellos es también $2V\alpha = 62^\circ$. Estos valores, según TUTTLE, O. F. (1952), y MACKENZIE, W. S. y SMITH, J. V. (1956) permiten clasificarlos como ortoclasa micropertítica, ya que los cristales con $2V\alpha$ de 78° y 80° no deben considerarse como microclinas máximas, por no presentar nunca las maclas reticuladas, características de las microclinas de fuerte triclinismo, sino la de Karlsbaad con bastante frecuencia.

La composición para el valor medio de $2V\alpha = 62^\circ$ es Or 70, obteniéndose para los términos extremos Or 80 para $2V\alpha = 52^\circ$ y Or 47 para $2V\alpha = 80^\circ$.

Una pequeña parte del feldespato potásico se ha formado en la transformación biotita-clorita, CHAYES, F. (1955). Este feldespato potásico es escaso y se encuentra en pequeños cristales, que siempre aparecen íntimamente asociados con la clorita.

Biotita

La biotita, idiomorfa o subidiomorfa, tiene pleocroísmo muy marcado, que varía de α amarillento claro, a $\beta = \gamma$ castaño oscuro. El ángulo de ejes ópticos $2V\alpha$ es de 0° o muy próximo a este valor.

En estos cristales son muy frecuentes las inclusiones de circón, que forman un característico halo pleocroico, y las de apatito, que cuando no está incluido en la biotita, suele presentarse en zonas próximas a esta mica. En las secciones basales se observan agujas de rutilo.

Muchas láminas de biotita están en contacto o íntimamente asociadas con haces de fibrolita, que parece muy probable representen xenolitos o relictos metamórficos de los neises próximos.

En algunas muestras se han observado cristales con las líneas de exfoliación retorcidas, presentando en estos casos extinción ondulante, lo que indica que la roca ha estado sometida a fuertes tensiones.

Es frecuente que la biotita esté cloritizada y que coexistan en la misma sección delgada cristales sin alterar, otros transformados completamente en clorita y otros en los que únicamente aparece transformada parte de la biotita. Tam-

bién puede observarse, aunque excepcionalmente, la transformación de la biotita en moscovita.

En la transformación biotita-clorita, además de la formación de cristalillos de feldespato potásico se forma mineral opaco, esfena y epidota, que quedan como inclusiones o en los bordes del mineral, aunque se localizan de preferencia en los planos de exfoliación de la mica.

En muchos cristales de biotita, que están parcialmente cloritizados, se ve la esfena únicamente en las zonas cloritizadas, mientras que en el resto no existe nada de esfena. También puede observarse que la cantidad de opacos, esfena y epidota están en mayor proporción cuanto más cloritizado está el cristal. En unos casos hay gran cantidad de opacos y no hay esfena ni epidota, e inversamente cuando estos minerales son muy abundantes no existen los opacos. Pero lo más frecuente es que coexistan en cantidades intermedias.

La presencia de esfena indica que se libera el titanio de la biotita, por lo que es muy probable que el mineral opaco segregado sea ilmenita.

Cuarzo

El cuarzo se presenta en cristales alotriomorfos, aunque en algunas secciones delgadas se ha comprobado cierta tendencia al idiomorfismo. Generalmente es cataclástico con extinciones ondulantes y en mosaico.

Presenta inclusiones de biotita, feldespato potásico, plagioclasa y apatito, aunque es probable que algunas de ellas no sean verdaderas inclusiones, sino la consecuencia de la observación en un solo plano. Las microinclusiones son abundantísimas y generalmente líquidas con burbuja gaseosa, a veces móvil. Estas microinclusiones suelen estar orientadas o presentar una tendencia a la orientación.

Clorita

Se presenta como producto de alteración de la biotita, seudomórfica con ella, aunque es muy frecuente que coexistan en un mismo cristal localizándose preferentemente la clorita en los bordes y flecos de las láminas de biotita.

Es ópticamente negativa con pleocroísmo, que varía de α amarillo claro a $\beta = \gamma$ verde. Presenta las inclusiones citadas en la transformación biotita-clorita, más las propias de la biotita, conservando los circones el halo radiactivo.

También se observa clorita en proporción muy reducida y únicamente en algunas muestras sienitizadas, como mineral de neoformación con estructura vermicular o esferulítica.

Moscovita

La moscovita existe en cantidades muy pequeñas. En algunas ocasiones se forma a partir de la biotita, y se presenta en láminas de buen tamaño; en otros casos forma estructuras simplectíticas con el cuarzo, o se presenta en pequeñas láminas como producto de la alteración de otros minerales, en cuyo caso parece más exacto darle el nombre de sericita.

Cordierita

Aparece este mineral con relativa frecuencia. En casi todos los casos está muy alterada a pinnita y otras veces no queda ningún residuo de cordierita, pudiendo sospecharse que existió por la presencia de esta mica.

Silimanita

Aunque en pequeña proporción es bastante constante. En general está íntimamente asociada con la biotita y siempre corresponde a la variedad fibrolita.

Epidota

Cuando procede de la alteración normal de otros minerales es de pequeño tamaño y alotriomorfa. En las zonas de fractura sienitizadas se suele presentar abundante en cristales muy bien desarrollados, idiomorfos o subidiomorfos. Con gran frecuencia aparece asociada a la clinzoisita.

Otros minerales accesorios, que ya han sido citados y se presentan en todas las muestras estudiadas son el apatito, circón y opacos.

V. HIPOTESIS GENETICAS

Los materiales granítico-granodioríticos que se encuentran en las proximidades de Colmenar Viejo están relacionados con las rocas metamórficas descritas anteriormente. Por las características de estos neises se comprueba que se han originado en un ambiente de gradiente geotérmico alto, por lo que se debe admitir (OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G., 1976) que son posteriores a la segunda fase de deformación hercínica del Sistema Central, y se han formado en un proceso de granitización metasomática en el que los «focos térmicos» se encontraban relativamente próximos a la superficie. Génesis diferente a la existente en zonas situadas inmediatamente al E de la que nos ocupa LAS GRANODIORITAS DE EL MOLAR (MADRID), OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G., 1979 (en prensa).

La proximidad de estos «focos térmicos», produjo un nuevo metamorfismo de elevada temperatura y bajas presiones (polimetamorfismo) sobre los materiales metamorfizados en la primera fase de deformación del Guadarrama, que está caracterizado en esta zona occidental del Macizo de San Pedro por la considerable presencia de cordierita y andalucita. Posteriormente a este metamorfismo, tuvo lugar una intensa granitización, claramente postcinemática, en la que se originaron estas rocas plutónicas, y se feldespatizaron en gran parte las rocas metamorfizadas anteriormente. Esta feldespatización ha borrado de forma muy patente las huellas del metamorfismo anteriormente citado, por la desaparición total o parcial de la andalucita, cordierita y silimanita, al reaccionar estos minerales con los elementos que las han metasomatizado, y únicamente se conservan como minerales relictos.

La dispersión existente en la distribución de los puntos de las fig. 9 y 10, parece apoyar una génesis de granitización metasomática.

VI. CONCLUSIONES

1.^a Las rocas plutónicas existentes en las proximidades de Colmenar Viejo son adamellitas y granodioritas según la clasificación de Nockolds, sin límites precisos que permitan separarlas, aproximándose en unos casos a granitos calcoalcalinos y en otros a tonalitas.

2.^a La composición mineralógica es fundamentalmente análoga a la de las rocas de la serie granítico-granodiorítica existentes en el resto del Sistema Central.

3.^a La génesis de este conjunto de rocas adamellítico-granodioríticas, se considera que está relacionada con la segunda fase de la orogenia Hercínica, a diferencia de las existentes en el área de El Molar, OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G. (1979), y en otras pequeñas áreas del Sistema Central Español que están en estudio.

4.^a Estas rocas graníticas se han originado cuando los «focos térmicos» se encontraban muy próximos, lo que dio origen a un polimetamorfismo en las rocas encajantes, como se pone de manifiesto en la mineralogía de estas rocas, aunque parcialmente haya sido «borrado» por procesos metasométicos correspondientes a una clara formación postcinemática.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAD, J. M.: *Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español*. Memorias Inst. Geol. Min. Esp., t. 88 (1975).
- CHAYES, F.: *Potash feldspar as a by-product of the biotite-clorite transformation*. J. Geol., V. 63, pp. 75-82 (1955).
- IBARROLA, E.; OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G., y AGOSTINI, L.: *Cambio de leyes de macla con la composición en los cristales zonales de plagioclasa*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (g), V, 59, pp. 49-61 (1961).
- IGME: «Mapa Geológico de España 1:50.000, Torrelaguna». Núm. 509, p. 99.
- MACKENCIE, W. S. and SMITH, J. V.: *The alkali feldspars. III An optical and X-ray Study of high-temperature feldspars*. Am. Mineral, 41, pp. 405-427 (1956).
- OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G.: *Estudio geológico del macizo metamórfico de San Pedro (Madrid)*. Tesis Doctoral. Univ. Zaragoza (inédito) (1976).
- OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G.: *Las granodioritas de El Molar (Madrid)*. Bol. Geol. Min. (en prensa) (1979).
- PÉREZ REGODÓN, J.: *Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid*. Mem. del Inst. Geol. Min. de España, tomo 76, p. 183 (1970).
- PRADO, C. del: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta Superior de Estadística, p. 219 (1864).
- REINHARD, M.: *Universaldrehtisemethoden*. Basel (1931).
- SAN MIGUEL ARRIBAS, A., y FERNÁNDEZ POLO, J. A.: *Observaciones sobre la génesis de los pórfidos graníticos*. Est. Geol., V, XV, núm. 41-44, pp. 335-343 (1959).
- TERTSCH, H.: *Zur Hochtemperatro Optik basischer Plagioklase*. Min. Petr. Mitt., V, 54, pp. 193-217 (1942).
- TUTTLE, O. F.: *Optical studies on alkali feldspers*. Am. Jour. Sei. Bowen, Vol, pp. 553-567 (1952).
- VAN DER KAADEN, G.: *Optical studies on natural plagioclase feldspars with high and low temperature opties*. Utrech (1951).

Recibido: Septiembre de 1979.

INFORMACION

Noticias

CONTAMINACION

DEPOSITO DE RESIDUOS EN EL ESPACIO

Un depósito de residuos en el espacio, podría constituir a largo plazo, una alternativa rentable a un almacenamiento terrestre intermedio o definitivo de las enormes cantidades de residuos peligrosos, de los que en todo el mundo se producen por lo menos 500 variedades diferentes.

El ingeniero Peter Natenbruk, propone la utilización de un transporte espacial pesado recuperable de dos cuerpos para trasladar y situar los residuos, sin hacer escala intermedia, en una órbita terrestre que podría oscilar entre 5.000 y 30.000 kilómetros de altura. De dicha órbita, en la que probablemente podrían acumularse sin peligro más de mil años, tendrían las generaciones futuras la posibilidad de traerlos de nuevo a la Tierra para su posible reaprovechamiento.

El transporte pesado propuesto, mezcla de tecnología convencional y de la recuperabilidad del sistema «Shuttle», podría llevar consigo tres contenedores de 6,5 metros de longitud y unos 25.000 kilogramos de peso. Anualmente no serían necesarios más que quince lanzamientos al espacio. Pero depositar en la misma órbita idéntica cantidad serían necesarios 45 vuelos del sistema «Shuttle» con un solo contenedor cada vez.

AGUAS SUBTERRANEAS

¿CUENTA CON AGUA SUFICIENTE EL NUEVO VALLE DE EGIPTO?

Las reservas subterráneas de agua descubiertas en el Sahara se cifran en muchos billones de metros cúbicos, pero repartidas por toda la superficie del gran desierto africano formarían una capa acuífera cuya altura oscila, según los expertos, entre 3 y 15 metros.

Una parte de dicha agua procede de las fases pluviales de la última glaciación, lo que significa para todo oasis creado artificialmente, el peligro de que sus disponibilidades de agua terminen por acabarse en un futuro próximo e incluso inmediato.

Un riesgo de tal índole parece amenazar el «Proyecto Nuevo Valle» en el Oeste egipcio, iniciado en 1956. Se pretende crear una «paralela verde» a unos 250 kilómetros al oeste del valle del Nilo. Allí se extiende a partir de El Kharga una serie de profundas depresiones con numerosos oasis en dirección Sur, debajo de las cuales abunda el agua subterránea. Solamente en El Kharga se han descubierto 13 horizontes freáticos, que llegan hasta una profundidad de 600 metros.

Cada vez son mayores las dudas acerca de si las reservas de agua constatadas alcanzan realmente para la totalidad del proyecto, pues ya a principios de la década de los 70 comenzó a ponerse de manifiesto en los pozos de control un descenso paulatino del nivel del agua subterránea.

Las investigaciones han confirmado que dichas reservas tienen casi siempre más de veinte mil años de antigüedad, es decir, son pleistocénicas o correspondientes al período glacial, y que en contraposición a las aguas subterráneas del Sahara Central, apenas han experimentado un incremento digno de mención, derivado de las precipitaciones en la época geológica más reciente.

Las informaciones de numerosas fotos desde satélites, compulsadas, proporcionaron rápida y eficazmente nuevos conocimientos sobre las condiciones geológicas de aquel territorio, hasta el Sudán y en dirección a Libia. Se sabe ahora que la «arenisca nubienne» de esta extensa zona, considerada antes como muy «homogénea», consta de siete paquetes distintos de estratos como mínimo, los cuales forman a su vez una enorme depresión cerrada, en la que supuesto un consumo intenso de agua en la región del Nuevo Valle, podría afluir agua subterránea nueva desde el Sur. No está todavía claro, si el gradiente descubierto bastaría para suplir debidamente el déficit de las reservas de agua del Nuevo Valle motivado por un mayor consumo de las mismas, y si es de esperar asimismo una afluencia de las zonas saharianas del Sudán y Libia.

El consumo de agua «fósil» y la expansión demográfica en el Nuevo Valle tienen límites establecidos ya de antemano, para no correr el albur de que los nuevos oasis vuelvan a ser desertizados al cabo de unos decenios. Es muy posible que el agua fósil del territorio resultase más útil desde el punto de vista de la economía nacional empleándola para la explotación de los yacimientos de los fosfatos inmediatos a El Kharga, dada también su condición de «agotable», que destinarla a la producción agrícola.

REUNIONES CIENTIFICAS

SESION PLENARIA DE LA INHIGEO

Durante los días 8 al 11 de julio de 1980, se celebró en París la reunión plenaria de la «Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas» (INHIGEO), patrocinada por la Unión Internacional de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias y por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

Las actividades científicas estuvieron agrupadas en tres temas: 1.1—Evolución de las ideas, de las técnicas y de los métodos en las Ciencias de la Tierra con 14 comunicaciones. 2.1—El desarrollo de las Ciencias de la Tierra hasta la muerte de Cuvier (1832), comprendiendo sólo los trabajos de lengua francesa en los intercambios científicos internacionales, con 15 comunicaciones. 2.2—Historia de la Tectónica hasta el 13.º Congreso Geológico Internacional de Bruselas (1922), con 13 comunicaciones científicas.

En el grupo primero 1.1, hubo dos aportaciones españolas, la del Dr. López de Azcona titulada «La geología en el Mundo Hispánico hasta la muerte de Cuvier», y la del Dr. Vía Boada enunciada «Participación española en la génesis de los congresos geológicos internacionales», donde destacó la labor desarrollada por el Dr. Vilanova y posteriormente por el Dr. Almera, en la génesis de la organización de los congresos geológicos internacionales.

En el mismo grupo se incluyeron comunicaciones como la titulada «La carta geológica de Francia-Evolución reciente». Fue una lástima que por el Instituto Geológico y Minero de España, o por la Comisión Nacional de Geología, no se hubiese presentado una brillante comunicación análoga, referente a España, pues nuestros mapas geológicos y mineros, lo merecen por su calidad. A este tema se le da un interés preferente en estos momentos, como lo demuestra la reunión convocada en Budapest del 21 al 26 de septiembre de 1980, donde se tratará el «Desarrollo de los mapas geológicos y geocartografía en relación con los progresos en el campo de la geología».

Estas reuniones plenarias de la INHIGEO se celebran los años múltiplos de 4, en las sedes de los Congresos Geológicos Internacionales, y entre éstas, tienen lugar sesiones científicas bienales.

Se procedió a la reelección del rol de la Comisión, para el período 1980-1984. En la parte rectora fue reelegido el Académico López de Azcona, a la que pertenece desde su organización en Erevan (1967), y como miembros correspondientes de España, los Drs. Valle Menéndez y Solé Sabaris.

Destacaron la necesidad de promocionar estas actividades entre más países, pues actualmente sólo pertenecen 21: Alemania Democrática, Alemania Federal, Argentina, Australia, Bulgaria, Canadá, Checoslovaquia, China, Irlanda, España, Estados Unidos de Norteamérica, Francia, Holanda, Gran Bretaña, Hungría, Italia, Japón, Polonia, Suecia, Suiza, URSS. La creación en cada uno de estos países, en donde todavía no exista, una Comisión Nacional de Historia de las Ciencias Geológicas, fomento de los estudios e investigaciones en este campo de la historia.

Para la sesión plenaria programada en Moscú (1984), se aprobó como temario básico «La historia de la Mineralogía», destacando su desarrollo como una rama importante de las ciencias geológicas, y su período precoz (antes del siglo XX), con los problemas atrayentes de cristalografía y cristalografía de los minerales.—L. DE A.

NOVENA. CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE HISTORIA DE LA CARTOGRAFIA

Se celebrará en Pisa, Florencia y Roma, del 30 de mayo al 5 de junio de 1981 la Novena Conferencia Internacional sobre Historia de la Cartografía. La inscripción debe hacerse antes del 31 de julio de 1980.

PRIMERA REUNION DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENACION DEL TERRITORIO

Durante los días 19 a 24 de mayo de 1980 se celebró en el paraninfo del Palacio de La Magdalena (Santander) la I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio.

La convocatoria tenía los siguientes objetivos fundamentales: 1) Poner de manifiesto el interés y alcance que tiene el conocimiento de las Ciencias Geológicas dentro del trabajo pluridisciplinar que el tema requiere y su nivel de aplicación actual. 2) Plantear la necesidad de empezar a elaborar documentos cartográficos que contemplen los últimos logros en investigación, de manera que puedan ser interpretados por otros profesionales ajenos a los estudios del Medio Físico. 3) Elevar las conclusiones derivadas de las sesiones científicas y los coloquios, a los Organismos y organizaciones pertinentes.

ENERGIA

LAS CENTRALES DE CARBON DEL FUTURO

La central térmica con hulla del futuro, no será contaminante y su construcción se ha iniciado recientemente en Völklingen, en el Sarre, por parte de Las Minas del Sarre y entrará en servicio a mediados de 1980. Esta central modelo, con una potencia instalada de 230 megavatios, será menos contaminante, y permitirá la utilización de hulla de calidad baja, con gran cantidad de material no útil y elevado contenido en azufre, que, en otro caso, no se conceptuaría más que como residuos carentes de toda utilidad.

El aire exterior absorbido por el compresor de la turbina de gas, comprimido y, por tanto, precalentado, pasa por una superficie de calentamiento situada en un lecho fluidizo, alcanzando de esta manera casi la temperatura de trabajo necesaria. Entonces sólo hace falta añadir un poco de gas de coque para alcanzar la temperatura definitiva de entrada en la turbina.

La energía térmica liberada en la combustión de lecho fluidizado se hace llegar a la turbina de gas como aire caliente, y al generador de vapor como gas de humo. De la potencia total de la central, que asciende a 230 megavatios, 195 corresponden aproximadamente a la turbina de vapor y 35 a la de gas.

En las dos unidades de combustión de lecho fluidizado se quema el material todavía combustible, separado tras un complicado y costoso proceso de tratamiento del carbón, con un aprovechamiento mucho más racional de la hulla.

El elevado contenido en azufre, del gas de humo, del lecho fluidizado, se reduce drásticamente en el proceso de combustión, mediante el aditamento de materias adecuadas, como, por ejemplo, dolomía, que están en condiciones de fijar el azufre. El resto se separa en un dispositivo de desulfuración de humos, con una notable capacidad de depuración, mientras que un electrofiltro se encarga de absorber el polvo de los humos. Los productos

residuales del dispositivo de desulfuración y de las instalaciones de combustión son objeto de aprovechamiento. Los primeros suministran yeso para la industria de la construcción, mientras que las instalaciones de combustión proporcionan ceniza, que puede emplearse en la construcción. El calor residual de «escaso valor» tanto del circuito de vapor como de los gases de humo que van a parar a una torre de refrigeración en la que está instalado el dispositivo de desulfuración, se aprovecha para los sistemas de calefacción a distancia. Los gases de humo depurados se mezclan con el aire de la torre de refrigeración, distribuyéndose en la atmósfera, mejor de lo que sería posible a través de una chimenea. Gracias al circuito cerrado de refrigeración con una torre de tiro natural que apenas produce emanaciones de humo, se evitará un calentamiento del agua del río Sarre.

LAS RESERVAS MUNDIALES DE URANIO

Las reservas de uranio del mundo —salvo en los países de economía dirigida— se cifran actualmente en unos cinco millones de toneladas, conjeturándose la existencia de otros 6,6 a 14,8 millones. Una comparación entre las reservas totales y el consumo de uranio, estimado en un reciente estudio sobre la Evaluación internacional del ciclo del combustible (INFCE) tanto para una utilización alta como baja de la energía nuclear, revela que en el primer caso habría que comenzar ya hacia el año 2000 con un aprovechamiento industrial en escala grande, generalizado en todo el mundo, de los reactores regeneradores rápidos. Supuesto un consumo bajo, podría salirse del paso con los sistemas actuales de los reactores de agua ligera y agua pesada, utilizados ya a escala industrial, hasta los comienzos del próximo siglo, que es cuando habría que comenzar con los reactores regeneradores. Para el lapso comprendido entre la actualidad y el año 2000 calcula el estudio sobre la base de un análisis de los programas energéticos de las grandes naciones industrializadas de economía no dirigida, que estarán en funcionamiento de 20 a 30 reactores regeneradores.

MODALIDADES DE AHORRO DE URANIO

Científicos del Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe estudian nuevas posibilidades de un mejor aprovechamiento del uranio como combustible. Mientras que con la utilización de reactores regeneradores rápidos el ahorro se hace sentir a largo plazo, las ideas expuestas en la reunión anual «Técnica Nuclear 80», celebrada en Berlín, sobre un nuevo tipo de reactor podrían contribuir a que ese ahorro se produjese mucho antes.

Se estudian los supuestos técnicos para la realización de un reactor de agua a presión que merced a una tasa de conversión muy elevada —es decir, la capacidad de producir el combustible plutonio 239 a partir del uranio 238— daría lugar a que durasen mucho más las reservas conocidas de uranio.

En contraposición de desarrollos norteamericanos similares, que recurren a un circuito de combustible de torio-uranio 233 y con el que se consiguen ahorros similares, el nuevo tipo de reactor alemán utiliza el circuito de combustible uranio-plutonio, con el que ya funcionan

los reactores convencionales de agua ligera. Las plantas ya existentes de reactores de agua a presión pueden, pues, modificarse. Esta nueva concepción puede convertirse en realidad con relativa rapidez.

Los ahorros se consiguen mediante el empleo de un enriquecimiento del combustible nuclear de 7 a 7,5 por 100 de plutonio u —en lugar del 3 por 100 hasta aquí usual— 8 por 100 de uranio 235, mediante un empaquetamiento mucho más denso de las barras del combustible. De esta manera sería posible quintuplicar el aprovechamiento del combustible en los reactores actuales de agua ligera mediante una mayor producción de plutonio.

INVESTIGACION ESPACIAL

COLECTOR DE ENERGIA SOLAR

Para recibir un flujo constante de energía, procedente de la solar, se discute desde 1968 la propuesta de enviar al universo un colector de energía solar y emitir, permanentemente y de manera concentrada, la energía a la Tierra. Los rayos solares deben ser recogidos en dos grandes superficies, cada una de 5 x 7 kilómetros, e inmediatamente por medio de células fotoeléctricas de silicio convertidas en energía eléctrica. La producción neta de 5.000.000 de kilovatios planificada en este modelo corresponde por ejemplo a la de una gran central térmica.

¿Cómo se trae la energía a la Tierra? La solución muy discutida y tal vez la más sencilla técnicamente parece ser la de la conversión de la electricidad en microondas. Con un generador de microondas se pueden alcanzar grados altos de rendimiento de hasta 90 por 100. Las microondas son irradiadas a la Tierra por una antena redonda (diámetro aproximado 1 kilómetro). La antena y las superficies portadoras de células solares están fijadas en un mástil de unos 100 metros de diámetro.

El satélite se estaciona a una altura de alrededor de 3.600 kilómetros sobre la Tierra, donde gira sincrónicamente con ella. A esta distancia y con esta velocidad de rotación, la fuerza centrípeta de la Tierra sobre el satélite y la centrífuga de éste son de la misma magnitud. En esta posición geostacionaria en el universo, su ensombrecimiento por la Tierra y con ello una interrupción de su actividad ascenderá diariamente a unos 70 minutos a medianoche.

Como frecuencia de las microondas se proponen 2,5 GHz. Para evitar daños térmicos, se mantienen a nivel alto el perfil de la radiación de microondas y con ello a nivel bajo la densidad de producción con 200 mW/cm². Queda aún por probar si esa frecuencia no representa un peligro para los sistemas biológicos. Las microondas serían recibidas en la Tierra por una antena de 10 kilómetros de diámetro e inmediatamente convertidas por medio de elementos rectificadores en energía eléctrica y estarían listas para el consumo. La amplia superficie cubierta por la antena podría ser destinada a fines agrícolas. Las antenas pueden ser construidas con mallas amplias, de manera que pase un 80 por 100 de la luz. Se podrían realizar tareas agrícolas bajo una antena semejante montada a algunos metros de la superficie de la Tierra. También en la rectificación, es decir en la conversión de las microondas en energía eléctrica, surgen nuevamente pérdidas; se espera un grado

de rendimiento del 82 por 100. Esta fábrica modelo debe brindar al consumidor por lo menos durante treinta años 5.000.000 de kilovatios. Para cubrir la actual demanda de energía de los EE. UU. mediante fábricas solares se necesitaría enviar al espacio alrededor de 70 satélites de este tipo. En caso de que se siguiera fomentando este proyecto, los técnicos dan como plazo de puesta en funcionamiento al año 2000.

El funcionamiento de estas fábricas no significaría ningún perjuicio para la ecología, tal como es el caso de las centrales de carbón o nucleares, suponiendo que la frecuencia de transmisión de las microondas empleada no sea crítica para los sistemas biológicos.

NUEVOS ESTUDIOS DE LA RADIACION ESPACIAL

Los astrónomos podrán actualmente observar radiaciones de calor extremadamente débiles; por medio de un detector desarrollado por científicos del Proyecto de Investigación Laser de la Sociedad Max Planck y por investigadores de la Universidad de Munich, el cual reacciona a la radiación en la zona infrarroja con una sensibilidad de 1.000 a 10.000 veces a la de todos los aparatos empleados hasta ahora. Los «Átomos espaciales», cuya existencia la predijo hace más de cincuenta años el sabio sueco Robert Rydberg, sirven de mecanismo repleto de energía.

El detector consigue este considerable incremento de la sensibilidad frente a los demás instrumentos de medición conocidos, cuando se trata de demostrar determinados cuantos de radiación en la zona infrarroja extrema o incluso en la de las ondas radioeléctricas. Después que científicos del futuro Instituto Max Planck de Óptica Cuántica han probado la capacidad de trabajo del nuevo detector, se concentran actualmente en experimentos orientados a su construcción para la aplicación práctica en el gran radiotelescopio de Bonn/Effelsberg. Para los astrónomos que trabajan con telescopios ópticos en la zona infrarroja, este desarrollo resulta igualmente de gran importancia. Pero también en la investigación de la fusión nuclear, en las observaciones de la estratosfera, en la investigación de materiales y en otros campos, podría tener gran importancia la nueva técnica detectora.

¿TUVIERON LOS PLANETAS UN ORIGEN FRIO?

Los cosmoquímicos realizaron últimamente nuevos descubrimientos sobre el tema del origen del sistema solar y del Sol. La investigación cosmotécnica de la composición elemental de las rocas de las procedencias más diversas —Tierra, Luna y meteoritos— pone claramente de manifiesto que no todas tienen un origen común en el tiempo y en el espacio. Los meteoritos y los asteroides representan más bien formas de materia muy elemental y primigenia, mientras que las rocas de fusión difieren en numerosas peculiaridades en todos los planetas semejantes a la Tierra. Los resultados de los minuciosos análisis espectrométricos del meteorito «Allende», de más de dos toneladas, precipitado en 1969 sobre México, demuestran una composición muy desigual, con numerosas inclusiones «exóticas» de rocas, en la que su composición isotópica difiere

claramente de la del roquedo circundante. Estas llamativas diferencias no se pueden explicar como consecuencia de procesos físico-químicos de desagregación ocurridos durante la fase de solidificación de la roca en estado fluido.

Estos descubrimientos conducen a la conclusión de que el origen de los planetas semejantes a la Tierra —Mercurio, Venus, Marte y también la misma Tierra— así como los asteroides, lunas, meteoritos y cometas proceden de un gas originario frío, anterior a la existencia del Sol.

Las fases de formación de estos cuerpos sólidos en torno al Sol por vía «fría», fueron reconstruidas por el profesor Heinrich Völk, del Instituto Max Planck de Física Nuclear (Heidelberg). Según él, a medida que avanza lentamente la condensación de la niebla solar fría primigenia, se producen micrometeoritos en forma de condensados primeros del gas matriz, que como consecuencia de yuxtaposiciones y de aglomeraciones derivadas de colisiones aumentan poco a poco de tamaño, hasta alcanzar proporciones que cabe ya calificar de planetarias. Esta vía, puede reconstruirse teóricamente, de un modo sorprendentemente seguro, utilizando los recursos de la hidrodinámica de colapso de gravitación de las nubes protoestelares de materia. Lo que en la actualidad preocupa a los científicos es cómo en el centro pudo surgir nuestro Sol en el centro de la nube en trance de aglomeración y condensación en la que tuvo su origen nuestro sistema planetario.

El profesor Johannes Geiss, del Instituto de Física de la Universidad de Berna, abogó asimismo por el origen frío de los planetas, argumenta principalmente, en el hecho, de que el deuterio está enriquecido en el agua del Océano Índico, así como en muestras de meteoritos, en un factor 10 frente al valor cósmico medio. Los isótopos pesados del nitrógeno manifiestan un empobrecimiento notable en comparación con el nitrógeno normal, si se toman como base valores cósmicos medios. Las observaciones radioastronómicas ponen de manifiesto que tales variaciones isotópicas hay que considerarlas como una consecuencia de reacciones químicas en el interior de las nubes oscuras interestelares, a partir de las cuales tuvo que comenzar a desarrollarse nuestro sistema planetario hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años.

Las inclusiones del gas noble neón en las rocas meteoríticas, y las inclusiones rocosas exóticas en el material del meteorito «Allende» necesitan una hipótesis adicional que permita su explicación. En este caso hay que dar por supuesto que las sustancias en cuestión se formaron, independientemente de la contracción solar de la niebla primigenia en las proximidades de un incidente cósmico provocado por una nova o una supernova, mezclándose más tarde en forma de condensados lanzados a nuestro sistema planetario y constituidos por la materia solar de la niebla primigenia.

Parece evidente, que un acontecimiento de tal naturaleza tuvo que coincidir cronológicamente con la formación del sistema solar, para que armonicen entre sí todos los datos y descubrimientos verificados hasta la fecha. Ello no necesita interpretarse como una simultaneidad cósmica de acontecimientos totalmente improbable. Tampoco cabe excluir la posibilidad de que ese fenómeno explosivo vecino haya sido el que provocó la formación de nuestro sistema solar, de manera similar que para la gestación de las gotas de lluvia a partir del vapor de agua de una nube, es indispensable un núcleo o germen de ionización.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
82	7379	4-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Málaga por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
84	7487	7-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
84	7488	7-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Palencia por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
86	7672	9-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
86	7672	8-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Palencia por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
92	8244	16-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Caducidad de concesiones.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara por la que se hace pública la caducidad de las concesiones mineras que se citan.
92	8244	16-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resoluciones de la Delegación Provincial de Logroño por las que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
92	8245	16-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Vizcaya por la que se hace pública la caducidad de las concesiones mineras que se citan.
94	8433	18-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
96	8612	21-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Avila por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
96	8623	21-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Ciudad Real por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
96	8632	21-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Lugo por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
98	8771	23-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
101	9115	26-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
101	9115	26-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
103	9302	29-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Corrección de errores de la Resolución de la Delegación Provincial de Palencia por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
104	9398	30-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de León por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
109	9787	6-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Lugo por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
111	9971	8-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Málaga por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
130	11909	30-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de 5 de diciembre de 1979, de la Delegación Provincial de Sevilla, por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
130	11910	30-V-80	I. y E.	RESOLUCION de 22 de febrero de 1980, de la Delegación Provincial de La Coruña, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
130	11916	30-V-80	I. y E.	RESOLUCION de 28 de marzo de 1980, de la Delegación Provincial de Gerona, por la que se hace pública la cancelación de los permisos de investigación minera que se citan.
130	11917	30-V-80	I. y E.	RESOLUCION de 30 de marzo de 1980, de la Delegación Provincial de Gerona, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
130	11917	30-V-80	I. y E.	RESOLUCION de 31 de marzo de 1980, de la Delegación Provincial de Oviedo, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
HIDROCARBUROS				
89	7945	12-IV-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 28 de febrero de 1980 sobre caducidad del permiso de investigación de hidrocarburos «Bureba» por vencimiento de su vigencia.
98	8830	23-IV-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 12 de marzo de 1980 sobre contrato por el que «CHEVRON», «CNWL», «CIEPSA», «PACIFIC» y «TEXSPAIN» ceden a «BP» una participación indivisa del 60 por 100 en el permiso de investigación de hidrocarburos «Delta-D».
105	9466	1-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 12 de marzo de 1980 sobre renuncia al permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Delta-1», situado en zona C, subzona a.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
110	9876	7-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 21 de marzo de 1980 por la que se declara extinguido el permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Santurde», por renuncia de sus titulares.
110	9677	7-V-80	I. y E.	ORDEN de 21 de marzo de 1980 sobre renuncia del permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Villafranca del Panadés».
112	10066	9-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Real Decreto 874/1980, de 22 de febrero, de otorgamiento de tres permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
113	10150	10-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 12 de marzo de 1980 sobre contrato de modificación de la fecha de entrada en vigor del aprobado por Orden ministerial de 19 de septiembre de 1979, entre los titulares de los permisos de investigación de hidrocarburos «Grumete-E» o «Grumete-F», y Convenios de operaciones y anexos contables.
114	10258	12-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Real Decreto 900/1980, de 22 de febrero, de otorgamiento de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona b).
114	10259	12-V-80	I. y E.	REAL DECRETO 901/1980, de 22 de febrero, de otorgamiento de dos permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a).
114	10262	12-V-80	I. y E.	REAL DECRETO 907/1980, de 21 de marzo, de otorgamiento de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona b) (Golfo de Cádiz).
130	11907	30-V-80	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 1 de abril de 1980 por la que se acepta a sus titulares la solicitud de renuncia parcial de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Grumete E» y «Grumete F».
RESERVAS				
86	7672	9-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de rocas bituminosas, en un área de las provincias de Santander, Oviedo, Palencia y Burgos.
92	8244	16-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de rocas bituminosas, en un área de las provincias de Murcia y Almería.
92	8244	16-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos minerales de volframio en un área de la provincia de Zamora.
92	8244	16-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos minerales de estaño en un área de la provincia de Zamora.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
103	9302	29-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos minerales de plomo, cinc, plata, antimonio, cobre y oro en un área de la provincia de Badajoz.
103	9302	29-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos minerales de plomo, cinc, plata, antimonio, cobre y oro en un área de la provincia de Cáceres.
113	10150	10-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Corrección de errores de la Orden de 15 de octubre de 1979 por la que se rectifican las órdenes de levantamiento de reserva a favor del Estado que no sean de todos los recursos de la Sección C).
117	10522	15-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de 13 de marzo de 1980, de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos minerales de plomo, cinc, plata, antimonio, cobre y oro en un área de la provincia de Cáceres.
117	10522	15-V-80	I. y E.	RESOLUCION de 13 de marzo de 1980, de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, por la que se cancela la inscripción número 92, «Zona San Cebrián de Muda», comprendida en la provincia de Palencia.
123	11134	22-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Corrección de errores de la Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de oro, plata, molibdeno y bismuto, en un área de las provincias de Córdoba, Sevilla y Badajoz.
PERSONAL				
112	10031	9-V-80	I. y E.	<i>Nombramientos.</i> —Orden de 5 de mayo de 1980 por la que se nombran funcionarios de nuevo ingreso en el Cuerpo de Ingenieros de Minas procedentes de la Escala Complementaria.
VARIOS				
49	4450	26-II-80	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca por la que se convoca concurso público de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
57	5156	6-III-80	J. del E.	<i>Recursos hidráulicos. Provincia de Almería.</i> —Ley 6/1980, de 3 de marzo, de actuaciones urgentes en materia de aguas en la provincia de Almería.
66	6033	17-III-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Córdoba y Ciudad Real.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
72	6531	24-III-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita.
77	6956	29-III-80	I. y E.	<i>Programa Siderúrgico Nacional.</i> —Real Decreto 558/1980, de 21 de marzo, sobre ordenación del sector siderúrgico.
86	7672	9-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita, de las provincias de Córdoba, Jaén y Ciudad Real.
86	7672	9-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita, de las provincias de Badajoz y Cáceres.
86	7672	9-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita, de las provincias de Córdoba y Jaén.
86	7672	9-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Badajoz por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
88	7812	11-IV-80	Jef. Est.	« <i>Minas de Figaredo, S. A.</i> ».—Ley 11/1980, de 22 de marzo, sobre integración de « <i>Minas de Figaredo, S. A.</i> » en el sector público.
89	7934	12-IV-80	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don José María Folch Sedó de un aprovechamiento de aguas subálveas de un torrente innominado, en término municipal de San Cipriano de Villalta (Barcelona), con destino a riegos.
91	8159	15-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de La Coruña por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
93	8313	17-IV-80	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don José Antonio Caffarena Aceña de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Vélez, en término municipal de Vélez-Málaga (Málaga), con destino a riegos.
94	8431	18-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Burgos, Santander y Palencia.
94	8431	18-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Badajoz y Córdoba.
94	8431	18-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Badajoz por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
94	8432	18-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Cáceres por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
96	8622	21-IV-80	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Castellón de la Plana por la que se hace pública la relación de registros mineros cuyos terrenos han quedado francos.
96	8632	21-IV-80	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Pontevedra por la que se indican los registros mineros cuyos terrenos han quedado francos.
98	9772	23-IV-80	OP. y U.	<i>Contaminación de las aguas.</i> —Orden de 14 de abril de 1980 por la que se regulan medidas para corregir la contaminación de las aguas.
100	9026	25-IV-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita, de las provincias de Huesca y Lérida.
107	9606	3-V-80	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guipúzcoa por la que se hace público el registro minero cuyo terreno ha quedado franco.
108	9694	5-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permiso de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Teruel y Zaragoza.
111	9971	8-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Orense por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan.
111	9991	8-V-80	I. y E.	<i>Delegación Provincial de Cáceres.</i> —Concurso de registros mineros que han quedado francos.
113	10167	10-V-80	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Corrección de erratas de la Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento de un permiso de exploración de las provincias de Badajoz y Córdoba.
113	10151	10-V-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se cancela la inscripción número 50, «Zona Pirineo Central», comprendida en las provincias de Huesca, Lérida, Barcelona y Gerona.
113	10152	10-V-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se cancela la inscripción número 101, «Los Villares», comprendida en la provincia de Jaén.
113	10152	10-V-80	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se cancela la inscripción número 75, «Zona Cantábrica Sur», comprendida en las provincias de Oviedo, León, Palencia y Santander.
125	11294	24-V-80	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de 10 de marzo de 1980, de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la concesión a favor de los Ayuntamientos de Palafolls, Malgrat, Santa Susana, Canet de Mar, San Pol de Mar y Arenys de Mar de tres aprovechamientos de aguas públicas subálveas del río Tordera, en término municipal de Palafolls (Barcelona).
125	11294	24-V-80	OP. y U.	RESOLUCION de 11 de marzo de 1980, de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la concesión de un aprovechamiento a favor de los Ayuntamientos de Palafolls, Malgrat, Santa Susana, Canet de Mar, San Pol de Mar y Arenys de Mar de aguas públicas subálveas del río Tordera, en término municipal de Palafolls (Barcelona).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

MARÍA ANGELES GARCÍA DEL CURA: *Las sales sódicas, calcosódicas y magnéticas de la Cuenca del Tajo*. 2 vols. (185 folios), ilustr. y 42 fotogrf., 30 cm. Beca Fundación Juan March, 3-VII-1979.

Tras una introducción dedicada a la importancia económica del sulfato sódico y a las sales sódicas, calcosódicas y magnéticas se estudia la geología regional de la zona central de la cuenca del Tajo y se sintetizan los datos obtenidos en el análisis de 260 muestras pertenecientes a varios sondeos. Seguidamente se aborda la mineralogénesis de las sales sódicas, mediante diagramas de equilibrio de fases y se exponen las zonas de indicios salinos en la Cuenca del Tajo.

Asimismo se estudia la prospección, valoración y explotación de las facies de sales sódicas, en un intento de contribuir a un aprovechamiento más racional de los recursos naturales.

MARIANO MARZO CARPIO: *Estratigrafía del Buntsandstein de los Catalánides*. 32 folios, map. pleg., 30 cm. Beca Fundación Juan March, 16-X-1978.

Basándose en trabajos anteriores sobre la estratigrafía del Triás de los Catalánides, se ha realizado una investigación que, en contraste con la generalización aplicada a la totalidad de los afloramientos del Buntsandstein de los Catalánides, lleva a cabo una diferenciación de una serie de sectores o dominios estratigráficos, cada uno de los cuales se caracteriza por una sucesión estratigráfica particular.

En esta perspectiva se describe sucesivamente la estratigrafía de dichos sectores (Central de la Cordillera Prelitoral, Borde W del Macizo de Garraf y Provincia de Tarragona), aportando finalmente una síntesis litoestratigráfica y conclusiones relativas a la cronoestratigrafía.

MARÍA GUILLERMINA GARZÓN HEYDT: *Metodología de la cartografía geomorfológica. Su interés científico y aplicado*. 155 folios, 8 maps. pleg., 28,5 cm. Beca Fundación Juan March, 8-V-1978.

Se estudia el concepto de mapa geomorfológico como modelo de representación y estudio de la configuración del relieve, con una crítica de sus posibilidades actuales y sus limitaciones. De acuerdo con un distinto enfoque taxonómico y práctico, se distingue entre una cartografía analítica o teórica y una cartografía sintética o aplicada.

Se analizan los distintos sistemas de representación utilizados en cartografía teórica, basados en su mayor parte en criterios morfogénicos, y la necesidad de un amplio

trabajo previo en colaboración, para el caso de la adecuación de un modelo determinado para la Península. En cartografía sintética aplicada se ha utilizado fundamentalmente el sistema de definición de unidades geomorfológicas, o en general, de áreas con propiedades homogéneas, determinadas básicamente por el propósito por el cual se construye el mapa.

VARIOS AUTORES: *Geología de la parte norte del Macizo Ibérico*. Cuad. del Sem. de Est. Cera. de Sargadelos, número 27, El Castro (La Coruña), 1979, 312 págs. y 7 láms.

Esta obra es una edición homenaje al Dr. Isidro Parga Pondal, promovida por algunos de sus colaboradores, con motivo del cincuentenario de sus actividades científicas, en los campos de la geoquímica y geología de Galicia.

Comienza con una presentación de R. Capdevila, donde destaca su obra geoquímica, la investigación geológica en Galicia y la influencia de Parga en el desarrollo de la investigación geológica del Noroeste. En esta presentación me recuerda muchos de los puntos en que colaboré con Parga, dado que al ser designado Jefe de la Redacción Geológica, propuse a la Dirección del Instituto (1945), y ésta lo aceptó, su designación como Colaborador, por suponer, como fue la realidad, nos podría prestar una interesante ayuda en la confección del Mapa Geológico, actividad iniciada (1950) a los pocos años, con la Hoja Geológica de Lage, 1/50.000 (1953).

Muchos más aspectos se podrían añadir a la presentación, entre ellos, por estar inédito, mencionaremos que al designar a Parga como Académico Numerario de la Sección de Ciencias de la Real Academia de Doctores, programaba como tema del discurso de ingreso el «Ollo de Sapo», el cual no llegó a terminar. Para su contestación me había designado la Academia, donde inicié una serie de investigaciones sobre la intensidad de la coloración de los cuarzos del «Ollo de Sapo», en función de la temperatura a que estuvieron sometidos. Después de determinar la longitud de onda de la coloración violacea de los cuarzos, estudiamos la disminución de la intensidad del color con su incremento de temperatura, lo que permitió llegar a la conclusión de que la intensidad de coloración es un indicador de la temperatura máxima a que estuvo sometida la formación.

Los trece trabajos que completan la obra son:

1. P. M. ANTHONIOZ et A. FERRAGNE: *Le Précambrien polymétamorphique allochtone du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique, témoin d'une nappe de charriage calédonienne?*
2. C. T. BALDWIN: *A comparison of the stratigraphy and depositional processes in the Cambro-Ordovician rocks of the Cantabrian and West Asturian-Leonese Zones, N. W. Spain.*

3. P. BARD: *Contribution au problème de la signification des ceintures métamorphiques dans les orogènes antémésozoïques: éléments d'approche dans la virgation Galicio-Armoricaine.*
4. J. M. A. BUISKOOL TOXOPEUS, P. E. M. HAALBOS and F. A. VAN OVERMEEREN: *An outline of the petrology and structural geology of the Hercynian complex south of Vigo (Pontevedra, Spain).*
5. L. G. CORRETGE & FRANCISCO J. MARTÍNEZ: *Problemas sobre estructura y emplazamiento de los granitoides: aplicación a los batolitos hercínicos del Centro-Oeste de la Meseta Ibérica.*
6. E. DEN TEX: *El Zócalo Policíclico y su importancia en la evolución de la Cadena Varisca en Galicia Occidental.*
7. M. JULIVERT: *Algunas Bases para una Correlación Paleogeográfica entre los Macizos Hercínicos del Occidente de Europa.*
8. PHILIPPE MATTE et RAYMOND CAPDEVILA: *Tectonique en grands plis couchés et plissements superposés D'âge hercynien dans la série de Ordenes-Betanzos (Galice Occidentale).*
9. L. D. MINNIGH: *Tectonic and Petrographic aspects of and area SW of the Lalin unit (Prov. Orense and Pontevedra, NW Spain).*
10. P. SCHMIDT-THOME: *Nuevos testigos de una glaciación wuermiense extensa y de altura muy baja en el Noroeste de la Península Ibérica (Orense, España y Minho/Tras os Montes, Portugal).*
11. CARLOS TEIXEIRA: *Acerca da Idade das Rochas Graníticas Portuguesas.*
12. RAMÓN VEGAS: *Sedimentation and Tectonism in the Iberian massif prior to the Hercynian deformation (Late Precambrian to Silurian Times).*
13. ISABEL ZAMARREÑO: *Tipos y Distribución de facies en el nivel carbonatado del Cámbrico de España.*

L. DE A.

MINERIA

FRANCISCO XAVIER DE GAMBOA: *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*. Madrid MDCCLXI, 534 págs. y 3 láminas. Edición facsimil. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1980.

Por feliz iniciativa del Instituto Geológico y Minero de España se editó este facsimil, integrado por 2.500 ejemplares numerados, con el fin de difundir el conocimiento de la Historia de la Minería Española, con ocasión de las VI Jornadas Minerometalúrgicas celebradas en Huelva.

Precede a la obra una presentación del director del Instituto Geológico y Minero de España.

En la presentación a S. M. por el Lic. Gamboa de esta obra orientada a la minería de Nueva España, destaca como fines: «descubrir las raíces de los daños que padece la labor de las Minas y los remedios prácticos, y nuevos medios de su adelantamiento, que la larga experiencia y manejo de estos negocios me ha hecho adquirir».

En la R. C. de Carlos III (S. Ildefonso, 1771-sept.-19) se transcribe: «la nueva colección de sus noticias, y distintas explicaciones de todas, y cada una de sus Ordenanzas, abrazan no sólo el Derecho privado de mis Vasallos para la dirección, economía, determinación de sus

controversias, Registros, Denuncias, Posesión y lo demás de que se forma la Jurisprudencia Metálica, sinó también el Derecho Público de mi Real Soberanía, en quanto mira a los expresados Comentarios al mayor aumento de Minas, facilidad de sus labores, crecimiento de mi Real Hacienda, y felicidad del Comercio, y del Estado». Este documento es suficiente para apreciar el interés histórico de la obra, la cual fue valorada (Madrid, 1771-dici-24) en 868 maravedís, o sea, unos 124 reales.

En 26 capítulos recoge las 83 Ordenanzas en vigor del Nuevo Cuaderno de la Recopilación de Castilla de 1642. El capítulo XII tiene un apéndice sobre la geometría subterránea, usada en las minas de Europa.

Dedica el capítulo XXVII al significado de algunas voces de la Minería de la Nueva España y el XXVIII es un índice de Asientos de Minas de la Nueva España y de las Cajas Reales que reconocen su plata. Completa la obra un índice alfabético, muy útil, de las cosas notables contenidas en la obra.

Cita Gamboa, en su prólogo, entre las obras que «no se puede contar para el uso común de los Metálicos» la de Plinio, por estar escrita en «Idioma Latino». Es lástima que por su residencia en Nueva España, no pudiese conocer la versión española de la «Historia Natural» de Cayo Plinio Segundo (Como 23-Pompeya 79), redactada por el Lic. Gerónimo de Huerta, e impresa en Madrid en dos tomos (1629), obra clasificada como muy rara.

Deseamos, cuantos nos dedicamos a la Historia de las Ciencias, que la magnífica labor iniciada con el Limón y seguida con el Gamboa, sea completada en la primera oportunidad con el Plinius.—L. DE A.

JOACHIM TÖPPLER-HORST SCHÖLER: *Aparatos fotogramétricos para la industria minera*. Rev. Jena, 1980, núm. 1, páginas 23 a 28.

En las explotaciones mineras, subterráneas y a cielo abierto, tiene cada vez más importancia la cubicación del producto arrancado. En la comunicación se trata de las mejoras esenciales logradas con fotogramas, tanto desde tierra, como desde avión.

Con estas técnicas, los trabajos del exterior se reduce a la medición topográfica de los puntos de apoyo y verificación. Dada la rapidez del registro, las variaciones de situación del frente son insignificantes. El objeto se mide a distancia, posibilidad de gran importancia en zonas movilizadas como escombreras. El fotograma es un documento objetivo y permanente, y tiene múltiples aplicaciones como geología, hidrogeología, planificación, etc.

Expone a continuación los tres tipos de equipos puestos a punto: terrestre, aéreo y a corta distancia.

Esbozan todas las posibilidades de aplicación de los referidos sistemas fotogramétricos en el campo de la industria minera. Suponen que con la generalización gradual de estos sistemas, se abrirán aplicaciones totalmente desconocidas. Sostienen que los tres sistemas pueden emplearse con ventaja en la industria minera y arrastran ahorros esenciales de tiempo y de costes en comparación con las técnicas clásicas. Todos los equipos están totalmente previstos, para usar también fotografía en color, con lo que son utilizables para otras aplicaciones en el campo de la minería.—L. DE A.

AGUAS SUBTERRANEAS

J. M. LÓPEZ DE AZCONA, F. BELLOT RODRÍGUEZ, M. A. CARRASCO SALAZAR y A. DE FUENTES CASTELL: *Estudios sobre el Balneario de Solán de Cabras* (2.ª edición). Real Acad. de Farmacia, 46 págs., 1980.

Agotada en pocos meses, la primera edición de este libro (1978), se procedió a la actualización en una segunda edición. La obra está patrocinada por la «Comisión para el estudio de las aguas mineromedicinales», presidida por el Dr. Ing. de Minas López de Azcona. Esta obra es la penúltima de las editadas, está encuadrándose la de Lanjarón y en preparación la de Carabaña.

Después de una presentación donde se destacan los objetivos de la Comisión, se tratan los temas siguientes, específicos del manantial y establecimiento balneario estudiados: Historia, Geología, Establecimiento, Aspecto analítico de las aguas. El tapiz vegetal, Farmacodinamia, Indicaciones terapéuticas.

ANTONIO PULIDO BOSCH: *Aportación al conocimiento de la hidrogeología de los alpujárrides y sus bordes en el extremo occidental de Sierra Nevada*. 2 vols. (189 folios y 123 folios con cuadros), ilustr., 30 cm. Beca Fundación Juan March, 20-II-1980.

Con este estudio se pretende poner de manifiesto la gran potencialidad hidrogeológica que tienen los materiales carbonatados alpujárrides del borde de Sierra Nevada, entre Güejar-Sierra y Lanjarón. Para ello, y tras cuantificar las precipitaciones, temperaturas, evapotranspiraciones potencial y real, y las aportaciones de los ríos y su régimen, se definen las características geométricas e hidráulicas de los embalses subterráneos, las características físico-químicas de sus aguas, y el funcionamiento hidrogeológico, deduciéndose la existencia de un «flujo local», en relación con los ríos que surcan el área, y un «sistema de flujo intermedio», en relación con la turbera de Padul. Finalmente, se señalan una serie de factores más favorables en donde ubicar captaciones para abastecer la demanda actual y futura de agua, también cuantificada en este estudio, las cuales permitirán, asimismo, la regulación de parte de los recursos hídricos de Sierra Nevada.

MINERALOGIA

MARTO VENDRELL SAZ: *Propiedades ópticas de minerales absorbentes y su relación con las propiedades eléctricas*. 235 folios, ilustr. Beca Fundación Juan March, 22-X-1979.

Se estudia el comportamiento óptico de los materiales absorbentes para metales y semiconductores de incidencia industrial.

Con el método ya perfeccionado y automatizado se han obtenido las reflectancias en dos medios distintos, lo que posibilita el cálculo de las constantes ópticas (índice de refracción y coeficiente de absorción) y a partir de éstas las constantes eléctricas (ϵ_1 y ϵ_2). De todas estas constantes se han obtenido las curvas de dispersión desde 250 mm. hasta 1.100 mm., es decir: ultravioleta, visible o infrarrojo próximo.

Se comparan estos datos con los ya existentes en bibliografía anterior y se presentan unas tablas comparativas.

Con estos datos se aborda un intento de establecer un comportamiento general en función del tipo de enlace de cada mineral, con el que se llega a tres tipos compuestos distintos, y se establece un comportamiento óptico del mineral en función de la frecuencia.

VICENTE CORTÉS GALEANO: *Efecto de los fluoruros procedentes de la contaminación atmosférica sobre los materiales pétreos empleados en la construcción de obras arquitectónicas monumentales*. 360 folios, 7 hojs. pleg. ilustr., 30 cm. Beca Fundación Juan March, 3-X-1978.

En el trabajo se plantea la necesidad de realizar experiencias que permitan decidir sobre la importancia y características de la posible alteración de materiales pétreos de obras monumentales por fluoruros, en niveles de concentración próximos a aquéllos en atmósferas urbanas. Se han realizado ciclos de alteración artificial *acelerada* de muestras de piedra de diferentes características, mediante una cámara de simulación atmosférica, dotada de la correspondiente instalación aneja para la generación dinámica de una atmósfera contaminada con fluoruro de hidrógeno.

Se señalan, como importantes logros del trabajo, las nuevas líneas de investigación abiertas en el campo de la acción destructiva de la contaminación atmosférica, especialmente en lo referente a determinados aspectos físico-químicos implicados en los procesos de alteración, y se aporta la nueva metodología de trabajo experimental establecida para abordar la especial problemática implicada.

GEOGRAFIA FISICA

DAVID SERRAT I CONGOST: *Estudio y cartografía geomorfológica detallada (1/50.000) de los modelados glacial y periglacial del Pirineo Oriental (Macizos del Puigmal y Costabona)*. 262 folios, map., 28,5 cm. Beca Fundación Juan March, 16-X-1978.

Aplicando por primera vez en España la metodología de Cartografía Geomorfológica del Prof. Jean Tricart a una región montañosa con un modelado predominantemente periglacial y retoques glaciales, a una escala de detalle (gran escala) de 1:50.000, se ha realizado un trabajo cuyos resultados generales sobre la evolución geomorfológica cuaternaria del Pirineo Oriental son los siguientes: a) Una pulsación glacial con glaciares de valle, durante la cual se produjo, en los valles no ocupados por los hielos, una importante regularización de las vertientes de tipo periglacial (Würm II o III); b) Una nueva pulsación glacial de clima seco, con formación de glaciares rocosos y abundantes derrubios al pie de los escarpes en los valles no regularizados (Tardiglacial del Würm); y c) Una dinámica periglacial actual generalizada por encima de los 2.000 metros, estudiándose con detalle las diferentes manifestaciones de este tipo de modelado.

Al mismo tiempo se han analizado los posibles efectos de las glaciaciones anteriores al Würm, así como la influencia de los niveles de erosión somitales existentes sobre las sobrealimentaciones nivales eólicas, tanto würmienses como actuales.

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, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua española 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.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

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 modificación alguna, adición o supresión 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 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito 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

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 1.—1.º Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa, 1.500 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 × 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción.

Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

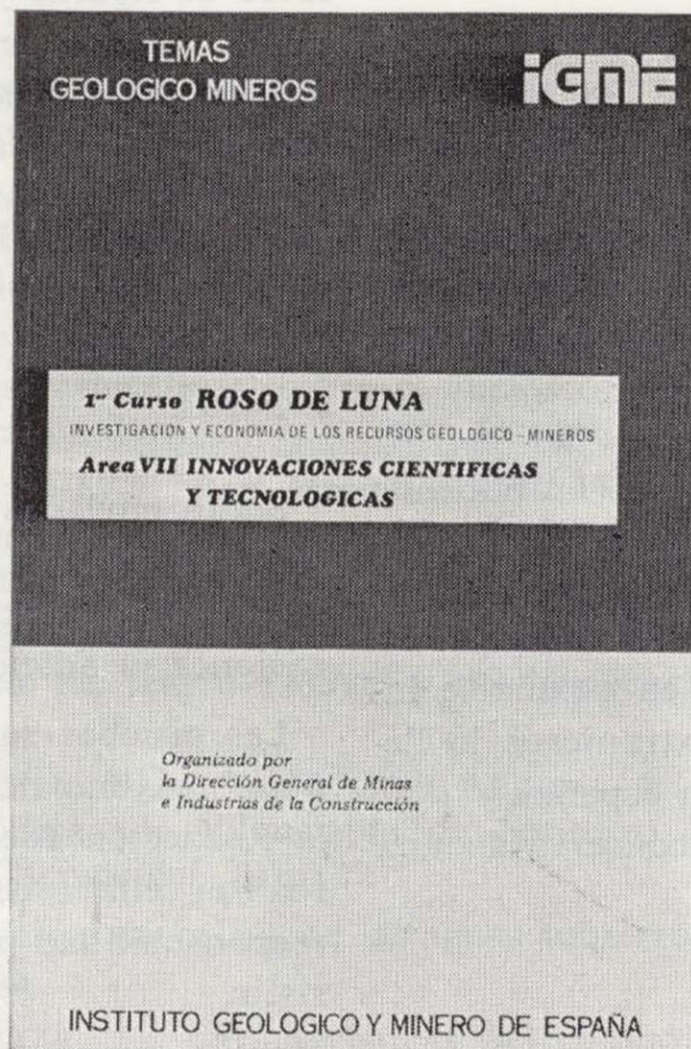
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros.

Area IV. Desarrollo Minero y Minerolúrgico.

Area V. Aspectos legales.

Area VI. Minería y medio ambiente.

Area VII. Innovaciones Científicas y Tecnológicas.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 500 ptas.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico - Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

Una breve descripción de la geología de España, proporciona el marco general en que se distribuye sus depósitos minerales. Estos son descritos según regiones o distritos mineros, cuando se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común. Cuando esto no es posible, se les agrupa, por lo general, siguiendo un criterio genético.

Una sucinta exposición geológico-metalogénica precede, generalmente, a las características generales de cada uno de los depósitos minerales tales como: morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc. Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral, respecto al resto de los de la misma sustancia.

A continuación extractamos su contenido:

1. INTRODUCCION.

2. LA GEOLOGIA.—Dominio Hercínico: El Macizo Hespérico. **Dominios de plataforma y cordilleras de tipo intermedio:** Las Depresiones Terciarias de la Meseta, La Cordillera Ibérica, La Cuenca del Ebro, Las Cadenas Costeras Catalanas. **Dominio Alpino:** La Cordillera Bética, La Cordillera Pirenaica, La Cordillera Vasco Cantábrica. **Sistemas de fosas.**

3. DEPOSITOS MINERALES. Cobre: Distrito de Santiago de Compostela: Yacimientos tipo Arinteiro y tipo Fornás. **Oro. Plomo-Cinc:** Distritos de Cartagena, de Linares-La Carolina-Santa Elena, distrito de Santander: Reocín, Aliva. Distrito de Huelva-Sevilla: Minas de Aznalcóllar, de Sotiel, de Río Tinto, de San Telmo, de Lomero-Poyato, María Luisa y Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva) Distrito de Lugo. **Plata. Estaño-**

Volframio: Minas de Penouta (Orense), de Laza (Orense), de San Finx (La Coruña), de Santa Comba (La Coruña), de Monteneme (La Coruña), Casualidad-Calabor (Zamora), Depósito de Barruecopardo (Salamanca), Mina de Golpejas o mina Bellita (Salamanca), Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca), Depósito de tipo aluvial. Mina «El Cubito» (Salamanca), Mina El Trasilón (Cáceres), Depósito de tipo aluvial. Mina «Santa María» (Cáceres), Mina «La Parrilla» (Badajoz), Depósitos de Sn. de la Sierra de Cartagena.

Bismuto: Distrito de Córdoba.

Mercurio. Antimonio: Distrito de Alburquerque Herrera del Duque. **Uranio:** Depósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y de Don Benito (La Serena, Badajoz).

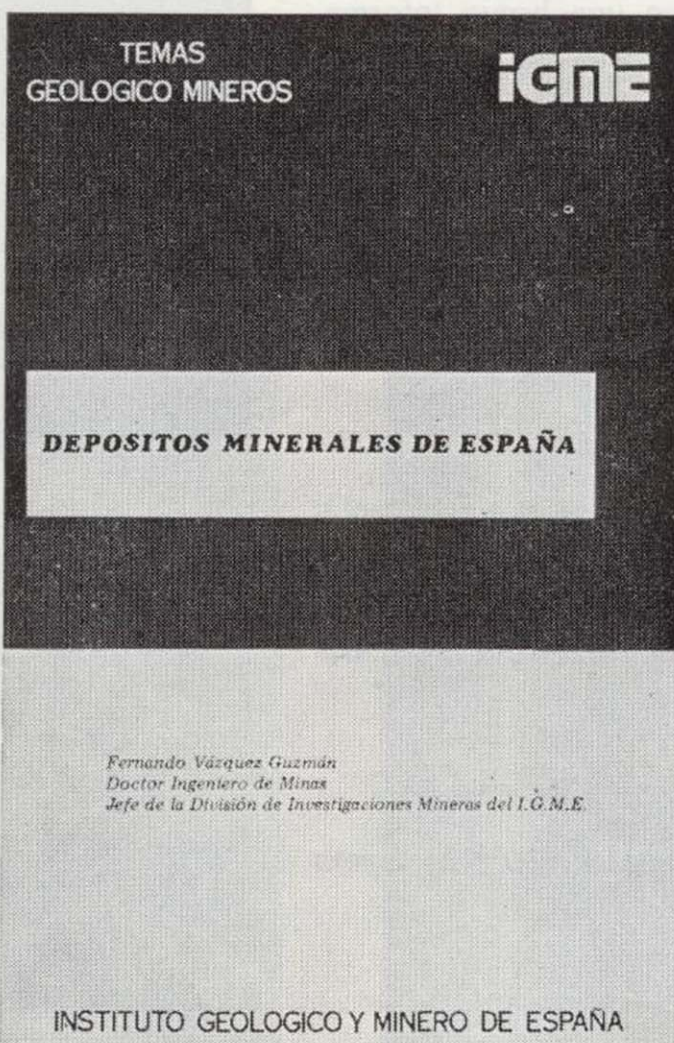
Hierro: Distrito Norte: Areas de Ortuella-Somorrostro (Vizcaya), Area SE de Bilbao (Vizcaya), Area de Sopuerta (Vizcaya), Area de Hoyo-Covarón y Dícido (Vizcaya-Santander). Distrito Noroeste:

Yacimientos de coto Wagner y Vivaldi. Distrito Centro-Levante: Minas de la Compañía Minera de Sierra Menera, S. A. Distrito Sudoeste (Huelva-Badajoz-Sevilla): Minas de Cala, Mina de Teuler, Mina de San Guillermo-Colmenar - Santa Justa, Mina Monchi, Mina del Cerro del Hierro. Distrito Sudeste: Minas del Marquesado y de Alfique.

Titanio. Aluminio. Piratas: Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Minas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Suria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina Guillermin, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Estroncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugui (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

4. AGRADECIMIENTOS.

5. BIBLIOGRAFIA.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 3.—I.ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 500 ptas.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro» en la Península Ibérica. Dicha reunión se celebró en Granada en octubre de 1978, y fue organizada por los Departamentos de Cristalografía y Mineralogía de las Universidades de Bilbao y Granada.

El contenido del presente número queda esquematizado como sigue: En primer lugar aparece una breve información relativa a algunas de las investigaciones que actualmente se están llevando a cabo por parte de diversas Instituciones y Empresas Mineras.

Así, en relación con los **Sectores N y NW** de la Península, se están estudiando:

- Mineralizaciones de hierro de la zona Astur-Leonesa.
- Areniscas oolíticas del Devónico Superior de la zona Cantábrica y areniscas ferruginosas de San Pedro.
- Mineralizaciones de hierro del Río Norte de Portugal.
- Hierros de Bilbao.
- Magnetitas de Eskolamendi (Lesaca).
- Yacimientos de hematites de Mina Ley (Vera de Bidasoa).
- Yacimientos filonianos de Siderita del área Cantábrica.
- Mineralizaciones de hierro Triásico en Morete del Jalón.
- Mineralizaciones oolíticas de la provincia de Zaragoza.

En el Sector SW:

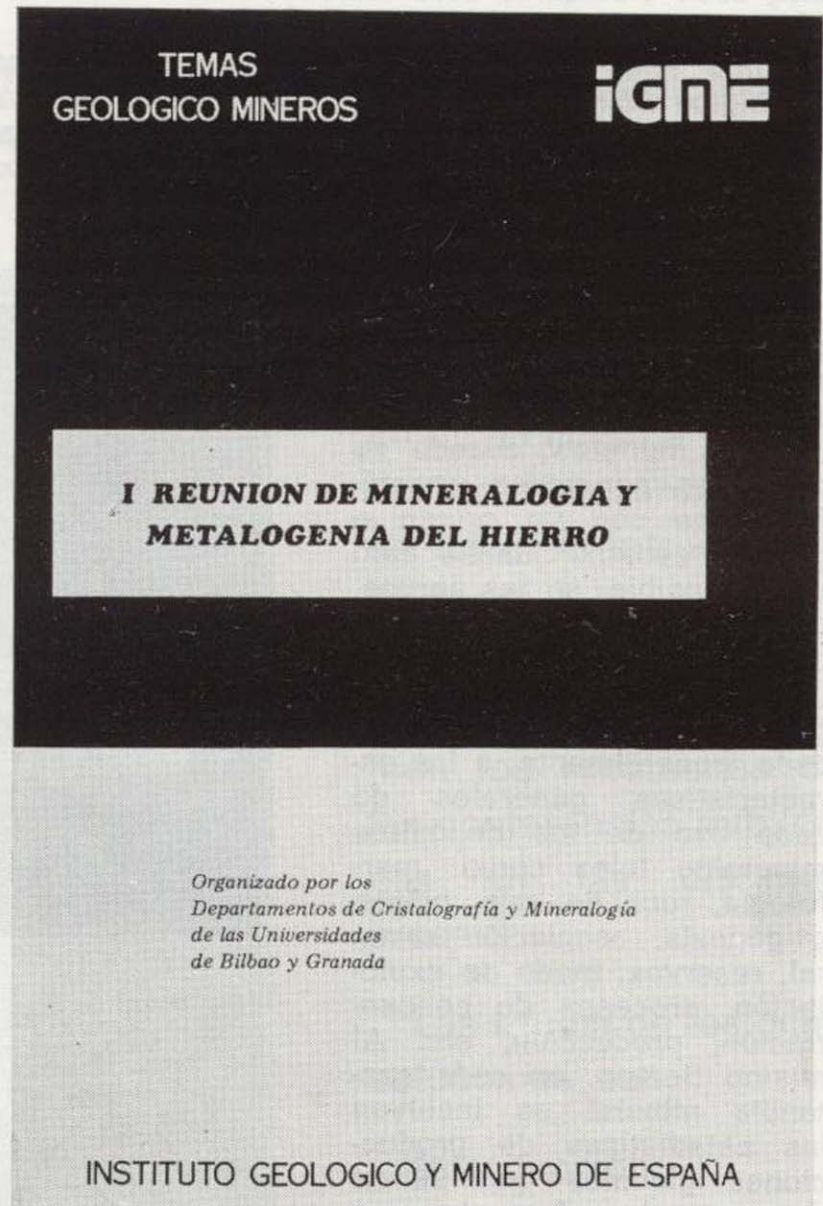
- Mineralizaciones de skarn Olivenza-Monesterio.
- La reserva de Alanis (Cerro Muriano).
- La reserva SW desde la provincia de Córdoba hasta la frontera de Portugal.

En el Sector SE:

- Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en el Trías Subbético.
- Mineralizaciones de hierro de la zona del Marquesado y sectores adyacentes.
- Mineralizaciones de hierro en los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride de la zona Bética s. str.
- Mineralizaciones de hierro (hematites) al norte de Orgiva, en el Trías Alpujárride a lo largo del contacto con el Complejo Nevado-Filábride.
- Mineralizaciones de hierro y cobre de carácter filoniano en el sector de Santa Constanza, en micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride.

En segundo lugar, y de acuerdo con el índice que a continuación se expresa, aparecen los trabajos que se presentaron en la citada reunión:

1. Algunos aspectos acerca de la génesis de las mineralizaciones de hierro de la comarca del Marquesado del Cenete y sectores adyacentes (Zona Bética, provincia de Granada). Por: J. Torres Ruiz, L. Pérez del Villar y P. Fenoll Hach-Alí.



2. Mineralogía y diagénesis de los carbonatos zonados de los yacimientos de hierro de Bilbao. Por: Javier Arostegui, Jean Paul Fortuné y Francisco Velasco.
3. Estudio de los yacimientos de hierro de Porcía, Tapia de Casariego (Asturias). Por: C. Fernández del Valle y Carlos J. Fernández.
4. Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en las cercanías de Baena (Córdoba). Por: L. García Rossell, J. Torres Ruiz y P. Fenoll Hach-Alí.
5. Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. Por: F. Velasco y J. M. Amigó.
6. Metalogenia y Geología de las mineralizaciones de hierro oolítico del NW de la Península. Por: R. Lunar Hernández.
7. Mineralogía y Mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara) Por: C. Fernández-Nieto y F. Arrese Serrano.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

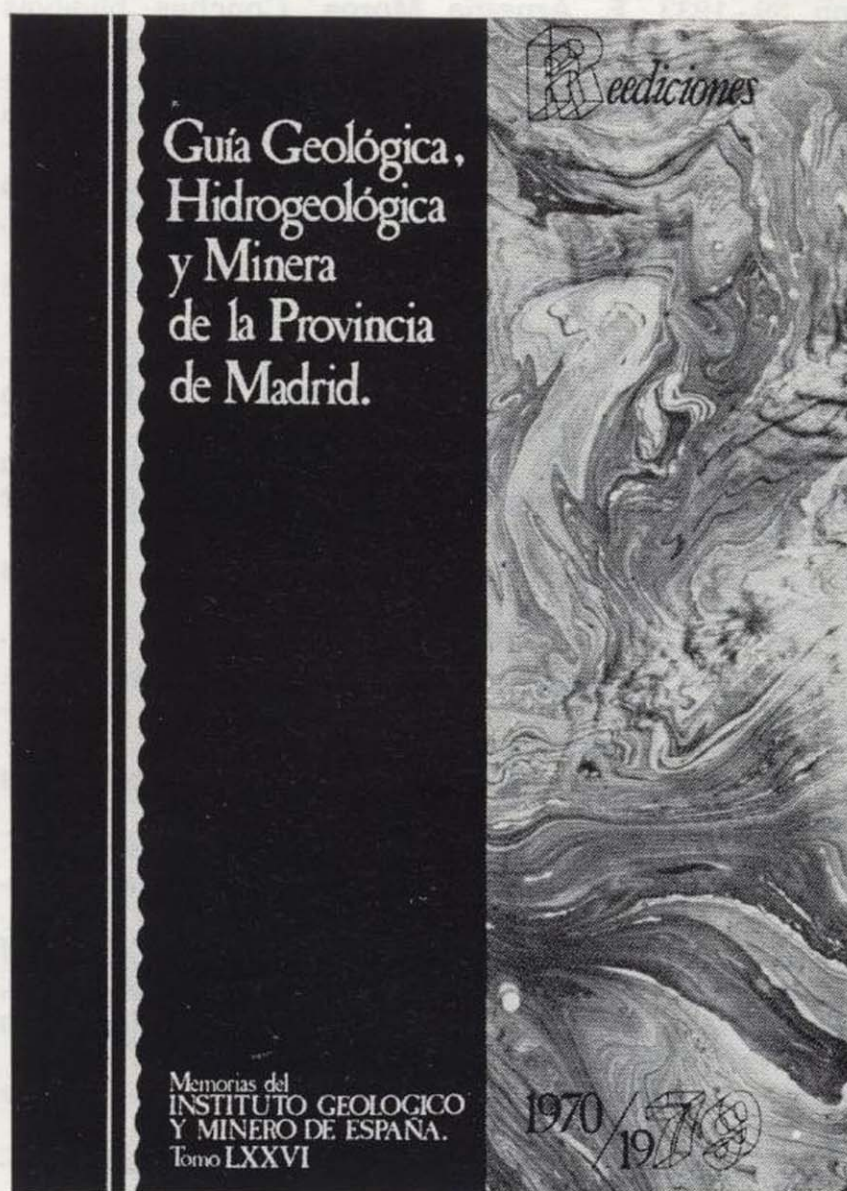
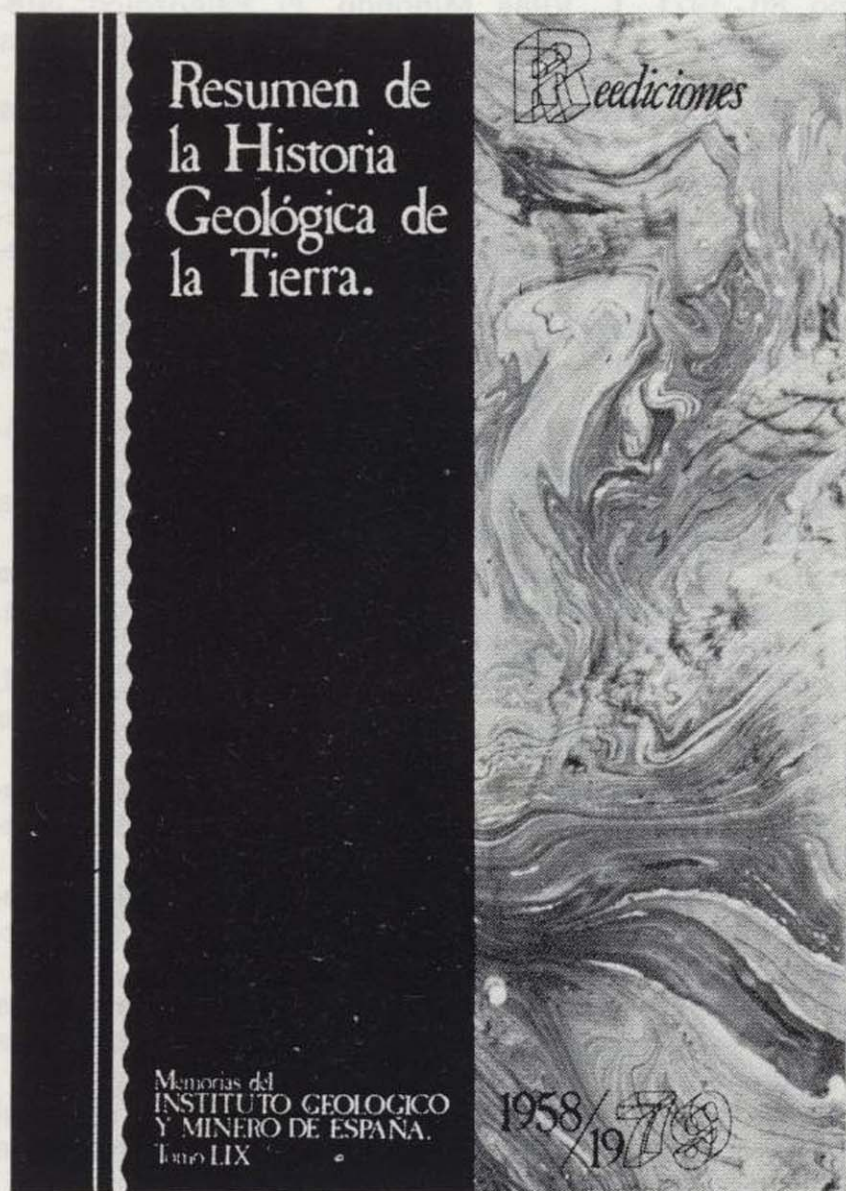
COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación y dentro de su Departamento de Publicaciones, lanza una nueva colección que, bajo

Esta colección se inicia en este año de 1979 con cuatro títulos, número que irá ampliándose en los próximos años.

Los títulos elegidos para este inicio han sido los siguientes:



el título genérico de Reediciones, recoge las más importantes obras publicadas por el IGME a lo largo de su existencia, que agotadas en el transcurso del tiempo, pondrá así nuevamente a disposición del público interesado una serie de títulos de gran demanda, en moderna reproducción facsímil, en formato 21 x 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

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

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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 500 ptas.; extraordinario (*), 1.000 ptas.; especial (**), 1.500 ptas.

- Tomo 26 - 1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 36 - 1929. **F. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40 - 1933. **J. García 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. **Febrei Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **J. M.ª Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65 - 1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66 - 1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 67 - 1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69 - 1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70 - 1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrénées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71 - 1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72 - 1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73 - 1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74 - 1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75 - 1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 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 Gulpúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80 - 1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (*) - 1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (**). 1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (*) - 1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (*) - 1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86 - 1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87 - 1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88 - 1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª 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.
- Tomo 92 - 1978. **Andrés Pérez Estaun**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93 - 1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.
- Tomo 94 - 1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón**. Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.
- Tomo 95 (*) - 1979. **Antonio Pulido Bosch**. Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nor-Oriental (Provincias de Valencia y Alicante).
- Tomo 96 - 1979. **Luisa Martínez Chacón**. Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.
- Tomo 97 (**). 1979. **Tomás Rodríguez Estrella**. Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liótor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de 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.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Area del Valle del Tíetar 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, Fuentespaída (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 Huelde-laencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca (Málaga).
- Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos. Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)

MEMORIA - RESUMEN

(Publicación de la Colección - Informes)

Precio del ejemplar: 500 ptas.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, como organismo dedicado a la investigación, consciente de su responsabilidad y de su dilatada experiencia en el campo de las aguas subterráneas, inició en el año 1970, con carácter urgente, la investigación hidrogeológica del país, bajo el «PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS», encuadrado dentro del «PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA».

Dada la complejidad de los trabajos a realizar y ante la IMPOSIBILIDAD de atender simultáneamente a todo el Territorio Nacional la PLANIFICACION de la investigación basada en los criterios de:

- Terminar las investigaciones en curso.
- Cuantificar los recursos subterráneos de cada región.
- Conocer los problemas más urgentes.

se encaminó al estudio de las grandes áreas con problemas más urgentes eligiéndose entre ellas la provincia de ALMERIA, como una de las regiones de España más deficitaria de agua.

En el período 1971-1975 se han realizado simultáneamente los siguientes proyectos de investigación:

- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL JUCAR.
- Cuenca ALTA del JUCAR Y SEGURA.
- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL SEGURA.
- Cuenca ALTA Y MEDIA DEL GUADIANA.
- Cuenca SUR-ZONA OCCIDENTAL (Málaga).
- Cuenca SUR-ZONA ORIENTAL (Almería).
- Baleares,

y se terminaron los estudios de la Cuenca del Guadalquivir, iniciándose los estudios de la Cuenca del Duero. Por tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

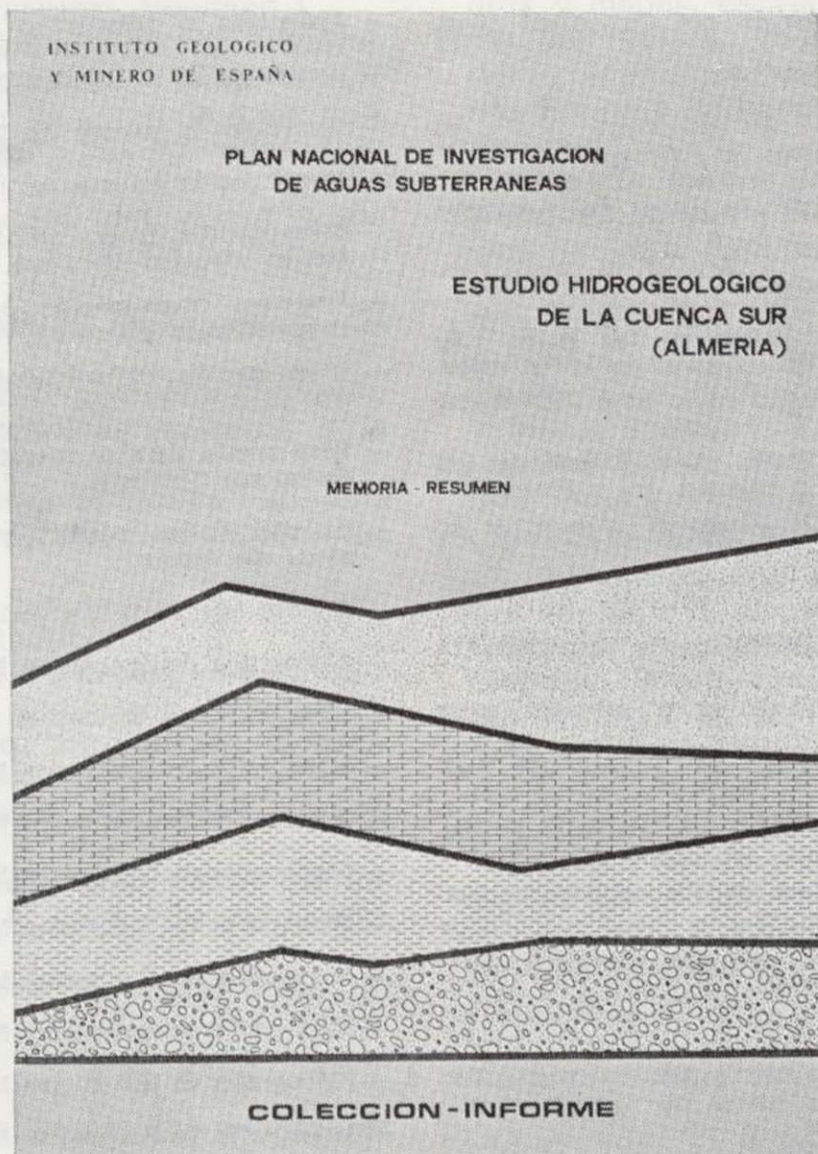
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA - RESUMEN.

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| INFORME I | Marco geográfico y económico. |
| INFORME II | Climatología e hidrología. |
| INFORME III | Demanda. |
| INFORME IV | Planes hidráulicos. |
| INFORME V | Campo de Dalías. |
| INFORME VI | Cuenca del Andarax. |
| INFORME VII | Cuencas del Almanzora y Antas. |
| INFORME VIII | Cuenca del Aguas. |
| INFORME IX | Cuenca del Adra. |
| INFORME X | Campo de Níjar. |

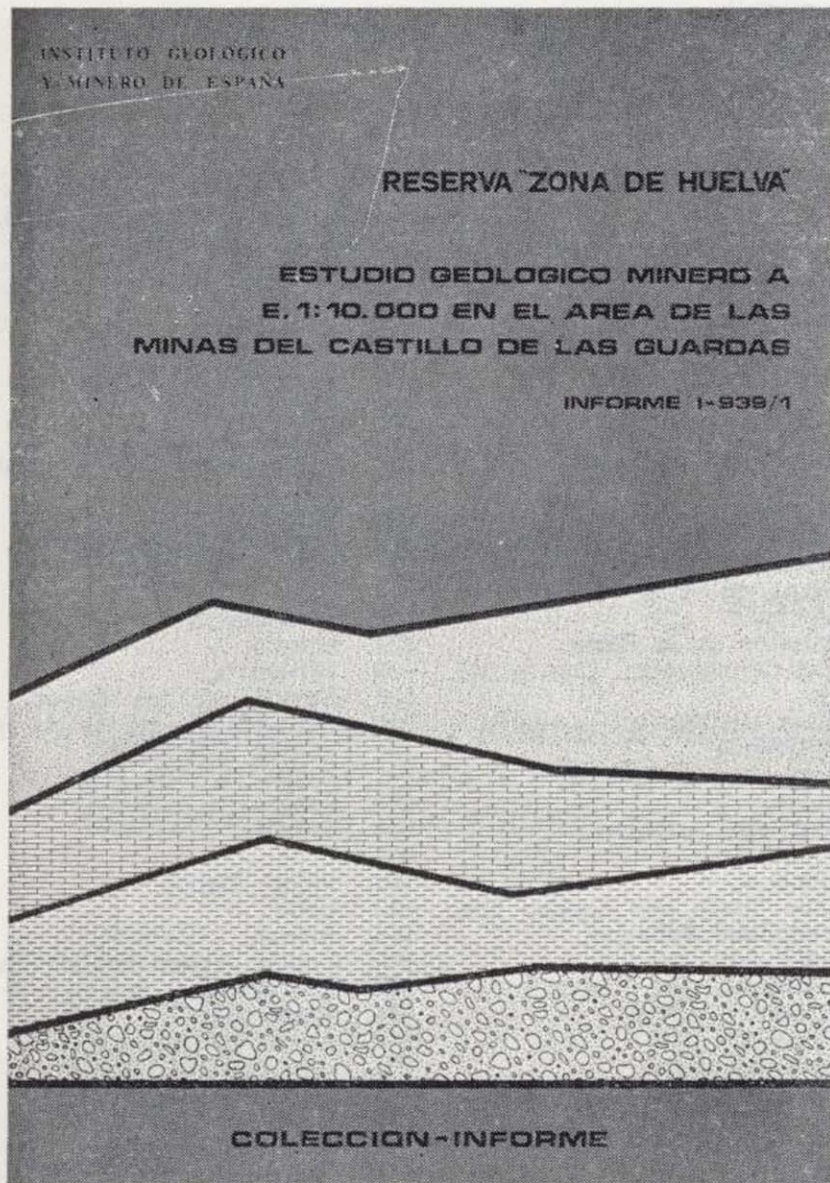


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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



**RESERVA ZONA HUELVA
(Colección - Informes)**

- 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
- 2 - Estudio Geológico y Minero a 1:50.000 en la hoja 958: Puebla de Guzmán.
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4 - Estudio Geológico y Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
- 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
- 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
- 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
- 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
- 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
- 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
- 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
- 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
- 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

**COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA
(Colección - Informes)**

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

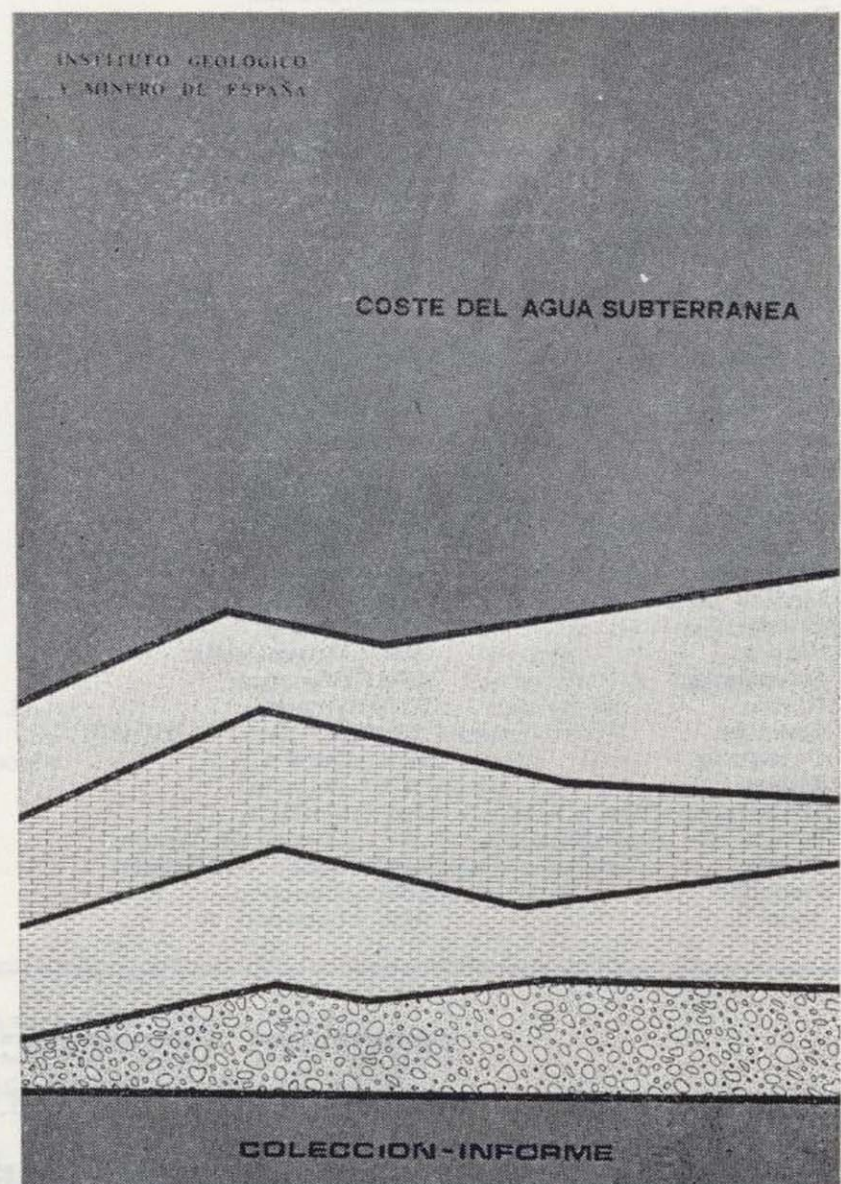
El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000
2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

1. Cariño.	143. Navascués.	613. Camarena de la Sierra.
2. Cillero.	154. Lalín.	614. Manzanera.
3. San Ciprián.	155. Chantada.	615. Alcora.
6. San Salvador de Serantes.	159. Bembibre.	616. Villafames.
7. Cedeira.	168. Briviesca.	617. Faro de Oropesa.
8. Vivero.	169. Casalarreina.	631. Ocaña.
9. Foz.	175. Sigües.	632. Horcajo de Santiago.
12. Busto.	187. Orense.	635. Fuentes.
13. Avilés.	188. Nogueira de Ramuín.	636. Villar del Humo.
14. Gijón.	204. Logroño.	637. Landete.
15. Lastres.	205. Lodosa.	638. Alpuente.
21. La Coruña.	207. Sos del Rey Católico.	639. Jérica.
22. Puente de Umme.	225. Ribadavia.	640. Segorbe.
23. Puentes de García Rodríguez.	226. Allariz.	641. Castellón de la Plana.
24. Mondoñedo.	236. Astudillo.	642. Islas Columbretas. Con la 641.
27. Tíneo.	237. Castrogeriz.	659. Lillo.
28. Grado.	239. Pradoluengo.	663. Valera de Abajo.
29. Oviedo.	240. Ezcaray.	664. Enguifanos.
30. Villaviciosa.	243. Calahorra.	685. Mira.
33. Comillas.	244. Alfaro.	686. Chelva.
34. Torrelavega.	245. Sádaba.	687. Villar del Arzobispo.
35. Santander.	263. Celanova.	688. Sagunto.
36. Castro Urdiales.	264. Gínzola de Limia.	689. Moncófar.
37. Algorta.	274. Torquemada.	690. Santa María del Campo Rus.
38. Bermeo.	275. Santa María del Campo.	691. Mottilla del Palancar.
39. Lekeitio.	277. Salas de los Infantes.	692. Campillo de Altobuey.
40. Jaizquibel.	278. Canales de la Sierra.	693. Utiel.
41. Irún.	282. Tudela.	694. Chulilla.
47. Villalba.	300/301. Lovios.	696. Burjasot.
48. Meira.	302. Baltar.	718. Iniesta.
49. San Martín de Oscos.	320. Tarazona de Aragón.	719. Venta del Moro.
51. Belmonte de Miranda.	321. Tauste.	720. Requena.
52. Proaza.	329. Pons.	722. Valencia.
53. Mieres.	330. Cardona.	740. Villarrobledo.
57. Cabezón de la Sal.	331. Pulgredig.	741. Minaya.
58. Los Corrales de Buelna.	336. Portela d'Home.	744. Casas Ibáñez.
59. Villacarriedo.	351. Oivega.	761. Llanos del Caudillo.
60. Valmaseda.	362. Calaf.	763. Socuélamos.
61. Bilbao.	363. Manresa.	767. Carcelén.
62. Durango.	364. La Garriga.	788. El Bonillo.
63. Éibar.	391. Igualada.	789. Lezuza.
64. San Sebastián.	392. Sabadell.	794. Canals.
65. Vera de Bidasoa.	393. Mataró.	796. Gandía.
66. Maya del Baztán.	394. Calella.	814. Villanueva de la Fuente.
72. Lugo.	417. Espugna de Francoí.	815. Robledo.
73. Castroverde.	418. Montblanch.	816. Peñas de San Pedro.
74. Fonsagrada.	419. Villafranca del Panadés.	820. Onteniente.
78. Pola de Lena.	420. Hospitalet de Llobregat.	821. Huesca.
83. Reinoso.	421. Barcelona.	823. Jévea.
84. Espinosa de los Monteros.	446. Valls.	826. Cheles.
85. Villasana de Mena.	447. Villanueva y Geltrú.	827. Alconchel.
86. Landaco.	448. Prat de Llobregat.	828. Barcarrota.
87. Elorrio.	473. Tarragona.	831. Zalamea de la Serena.
88. Vergara.	492. Segura de los Baños.	832. Monterrubio de la Serena.
90. Sumbilla.	493. Ollite.	842. Liéto.
91. Valcarlos.	494. Calanda.	846. Castilla.
91 bis. Mendizar.	495. Castellserás.	851. Rabito.
95. El Pino.	510. Marchamalo.	852. Villanueva del Fresno.
96. Arzúa.	517. Argenta.	853. Burguillos del Cerro.
97. Guntín.	518. Montalbán.	856. Maguilla.
98. Baraña.	519. Aguaviva.	871. Elda.
108. Las Rozas.	520. Peñarroya de Tastavins.	872. Alicante.
109. Villarcayo.	545. Morella.	884. La Carolina.
110. Medina de Pomar.	546. Ulldecona.	885. Santesteban del Puerto.
111. Orduña.	547. Alcanar.	887. Orcera.
112. Vitoria.	569. Mosqueruela.	890. Calasparra.
113. Salvatierra.	570. Albocácer.	891. Cleza.
115. Gulina.	571. Vinaroz.	893. Elche.
116. Garralda.	571 bis. Con la 571.	894. Cabo de Santa Pola.
117. Ochagavía.	582. Getafe.	903. Montoro.
135. Sedano.	583. Arganda.	905. Linares.
136. Oña.	584. Mondéjar.	906. Ubeda.
137. Miranda de Ebro.	593. Cuevas de Vinromá.	907. Villacarrillo.
138. Puebla de Arganzón.	594. Alcalá de Chisvert.	908. Santiago de la Espada.
139. Eulate.	606. Chinchón.	909. Nerpio.
141. Pamplona.	607. Tarancón.	910. Caravaca.
142. Aoiz.	612. Ademuz.	911. Cehegín.

Precio de cada ejemplar: 700 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:25.000 (TENERIFE)

2.ª Serie. 1.ª Edición (proyecto MAGNA)

Precio del ejemplar: 700 ptas.

1.096. II	Tejina.	1.104-1.105. I-IV	Santa Cruz de Tenerife.	1.118-1.124. II-I	Valle de San Lorenzo.
1.096. III	Valle Guerra.			1.118-1.124. III-IV	Los Cristianos.
1.097. III-IV	Punta de Anaga.	1.111. I-IV	Güimar.	1.119. III	Las Montañas.
1.104. II	Barranco Hondo.	1.118. I	Granadilla de Abona.	1.119. IV	Lomo de Arico.
1.104. III	La Orotava.	1.118. IV	Adeje.		
1.104. IV	Tacoronte.				

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000
1.ª Serie (a extinguir)

Consta de Hoja y Memoria descriptiva. La edición completa se compone de 1.130 hojas, a extinguir. Esta 1.ª Serie tiene su continuación en la 2.ª Serie, Proyecto MAGNA. En existencia las siguientes:

Precio del ejemplar: 500 ptas.

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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 800 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000). Agotados los números 10, 38, 45 y 84-85.

Metalogenético:

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

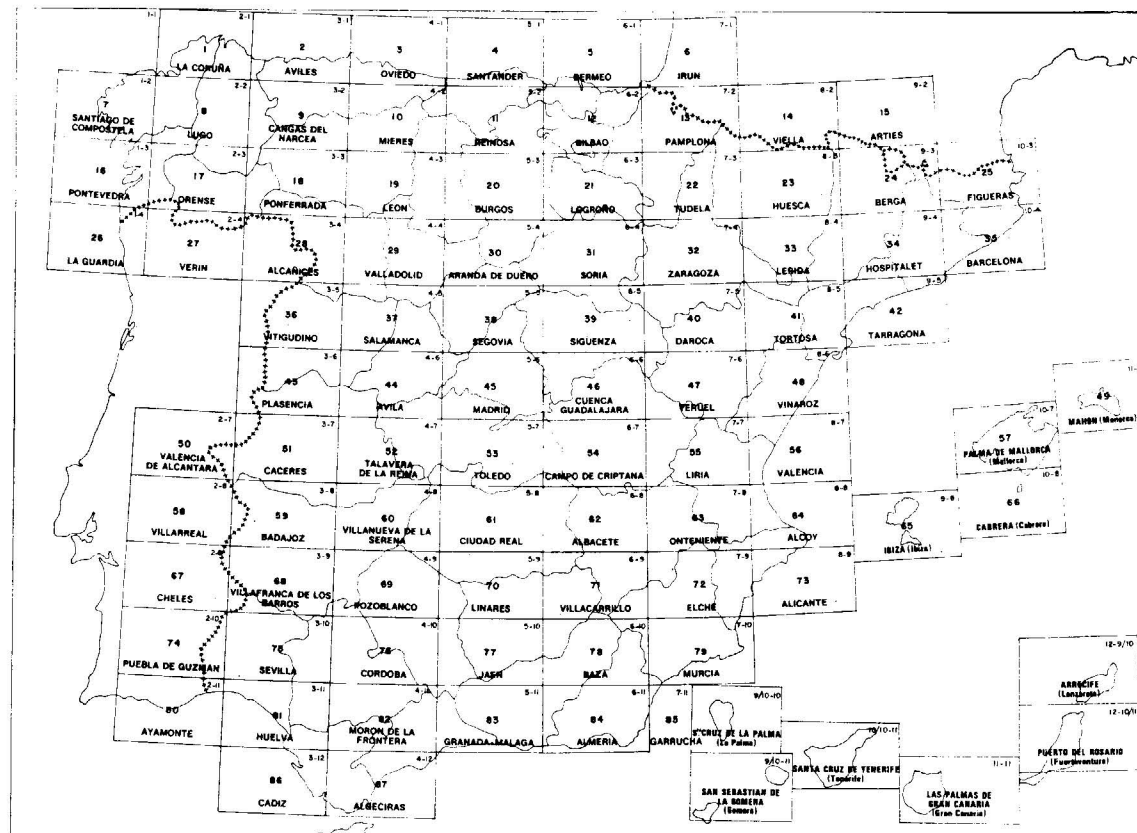
Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar. 600 ptas. Hoja y Memoria.

De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar. 600 ptas. Hoja y Memoria.

División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

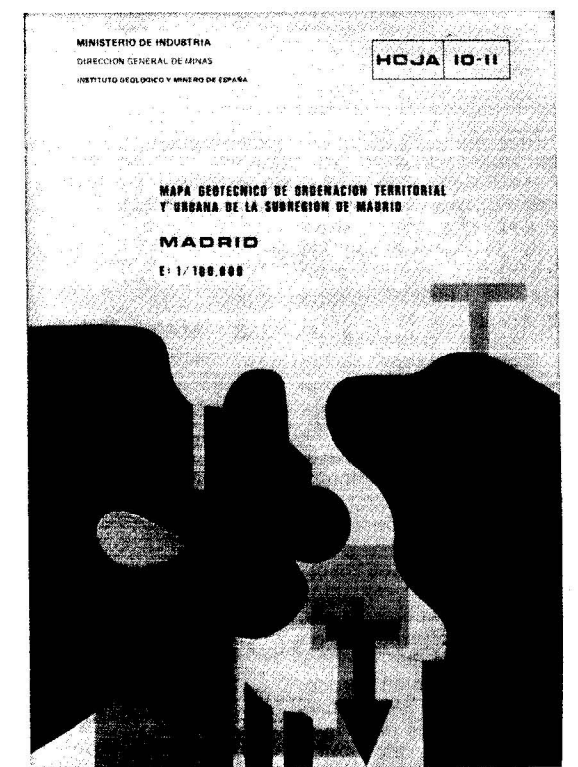
Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

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

Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

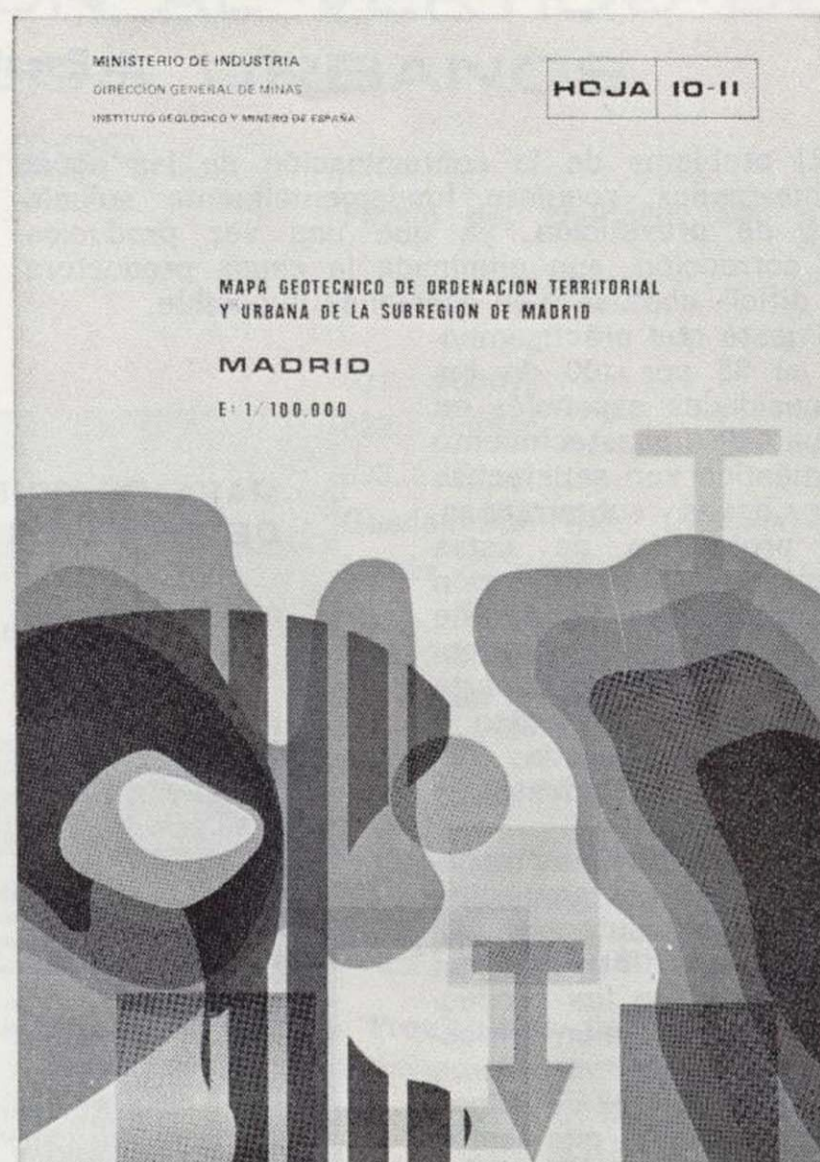
Hoja n.º		Hoja n.º	
8/11	Avila de los Caballeros.	10/9	Riaza.
8/12	Arenas de San Pedro.	10/10	Torrelaguna.
8/13	Talavera de la Reina.	10/11	Madrid.
9/10	Segovia.	10/12	Getafe.
9/11	San Lorenzo de El Escorial.	10/13	Mora.
9/12	Navalcarnero.	11/9	Sigüenza.
9/13	Toledo.	11/10	Brihuega.
		11/11	Guadalajara.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

Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

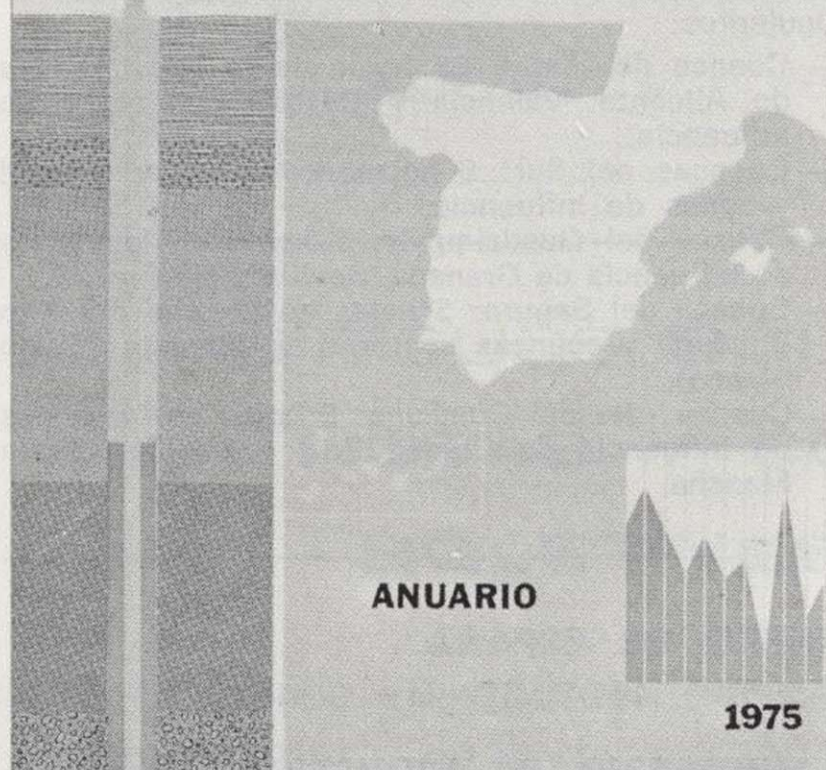
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS

CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR



1975

Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

Precio: 500 ptas.

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aun eliminada la causa productora, es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que estos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamental, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 («B. O. del E.» del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas,

ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son mucho más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1:50.000, comprende los siguientes:

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblos de la Mancha.

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

BURJASOT HOJA 696

Escala, 1:50.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

Precio: 500 ptas.

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aun eliminada la causa productora, es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que estos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamental, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 («B. O. del E.» del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas,

ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

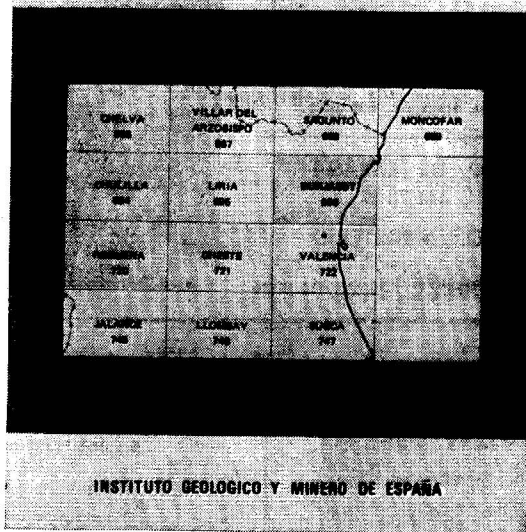
El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son mucho más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1:50.000, comprende los siguientes:

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblos de la Mancha.

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

BURJASOT HOJA 595



MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

E. 1:50.000

Hojas publicadas:

Precio del ejemplar: 500 ptas.

571. Vinaroz.	720. Requena.	821. Alcoy.
640. Segorbe.	722. Valencia.	822. Benisa.
641. Castellón de la Plana.	724. Lluçmajor.	823. Jávea.
668. Sagunto.	737. Villarrubia de los Ojos.	Guadalhorce Bajo (Málaga).
669. Moncófar.	746. Llombay.	Llanos de Antequera, zona occidental.
671. Inca.	747. Sueca.	1.023 Llanos de Antequera, zona oriental.
696. Burjasot.	760. Daimiel.	
698. Palma.	795. Játiva.	
699. Porreres.	796. Gandía.	

OTRAS PUBLICACIONES CARTOGRAFICAS

Mapas Geológicos Varios

	Ptas.
— Geológico de la Isla de Fuerteventura - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	500
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000	500
— Petrográfico y estructural de Galicia - Esc. 1:400.000	500
— Litológico de España - Escala 1:500.000	2.000
— Sismotécnico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	300

Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 500 ptas.
1/2. La Coruña.	
4. Costa de Santander y Vizcaya.	
9/10. Pontevedra, Lugo y Orense.	
11. León.	
12. Vizcaya y Burgos.	
14. Pirineo Leridano y Oscense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000

En existencia los siguientes: Ejemplar: 500 ptas.

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

Mapas Geológicos - Escala 1:1.000.000

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

Mapa Metalogénico de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 500 ptas.
La colección completa consta de 17 hojas y memorias referidas a las siguientes sustancias:

Hoja n.º	Hoja n.º	Hoja n.º
1. Aluminio.	7. Flúor.	13. Níquel.
2. Azufre.	8. Fosfatos	14. Oro,
3. Bismuto.	9. Hierro.	15. Potasa-Sal común.
4. Plomo-Cinc.	10. Hulla.	16. Titanio.
5. Cobre.	11. Manganeseo.	17. Wolframio.
6. Estaño.	12. Mercurio.	

ANTIGUOS BOLETINES DEL IGME

NOTAS Y COMUNICACIONES

BOLETINES DE SONDEOS

Quedan algunos ejemplares de los antiguos Boletines del IGME (tomo, 500 ptas.), así como números de la revista «Notas y Comunicaciones» (100 ptas. número) y de los «Boletines de Sondeos» (100 ptas. fascículo).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

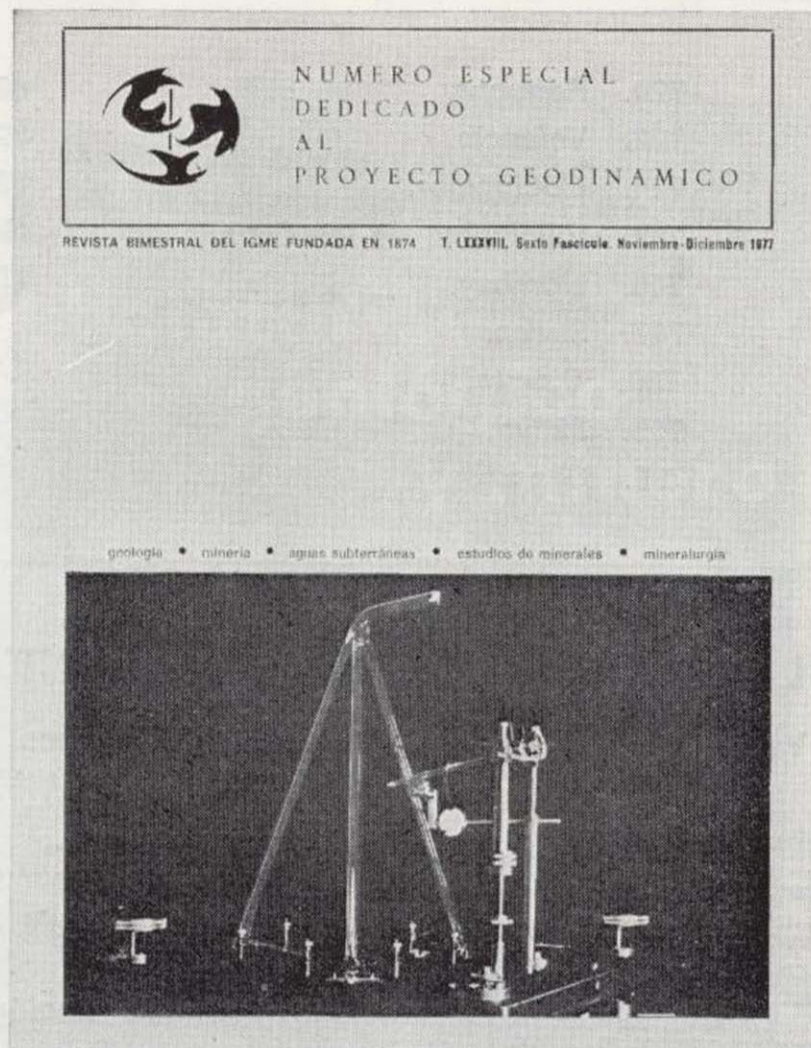
Precio: 300 ptas.

La consideramos como la publicación de mayor difusión del Instituto Geológico y Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral, que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.

El último tomo publicado es el 90, que corresponde al año 1979 (fascículos I al VI) y comprende trabajos de Geología, Minería, Aguas Subterráneas y de Estudios de Minerales y Rocas, que hacen un total de 636 páginas, incluidas las dedicadas a diversos temas de información, así como los índices por materias y autores de dicho tomo. También están publicados los fascículos I y II correspondientes al año 1980.



Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica industrias extractivas y de su beneficio

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)

ESPAÑA e IBEROAMERICA	1.400 ptas.
DEMÁS PAISES	1.500 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País

Fecha

FIRMA

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 · Tel. 416 85 50* · MADRID-2
Portal de Castilla, 46 · Tel. 22 36 04* · VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 · Majadahonda (MADRID)