

En este número:

- Un dique de tendencia sienítica en la provincia de Avila.
- Sur quelque Nérinées du Malm et du Néocomien de Cazorla province de Jaen, Espagne Meridionale (zone prébétique).
- El Cretácico superior del Picofrentes (Soria), Cadenas Celtibéricas (España).
- Estudio Geológico y Metalogénico en la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W. III. Tectónica.
- El sistema hidrogeológico del Boquerón (Albacete), contribución a su estudio con un bombeo de ensayo de larga duración.
- Petróleo y gas natural en el Mar del Norte. Noruega, sus posibilidades.
- Petrología del borde Norte del Batolito de «Los Pedroches» Venta de Azuel (Córdoba).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVI, Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1975

boletín

geológico

y minero

7801800

7801801

7801802

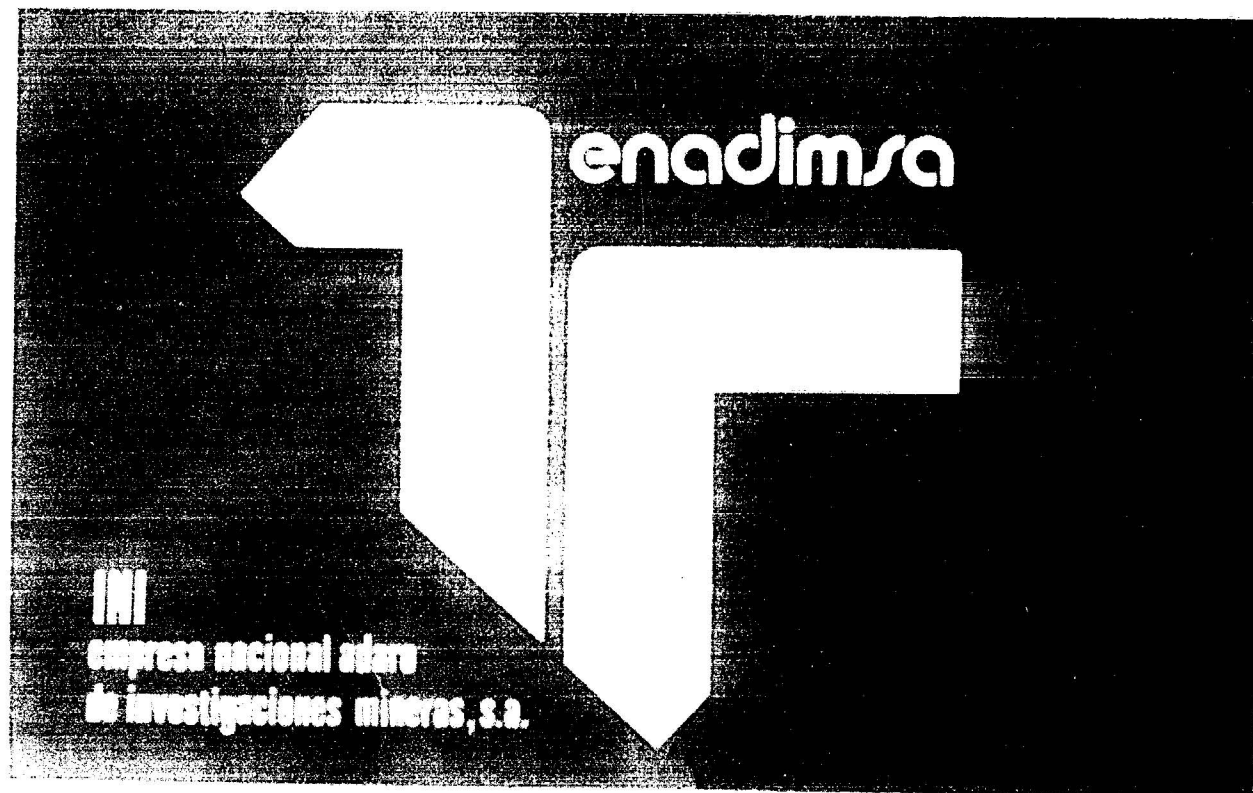
7801803

7801804

7801805

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**

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

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

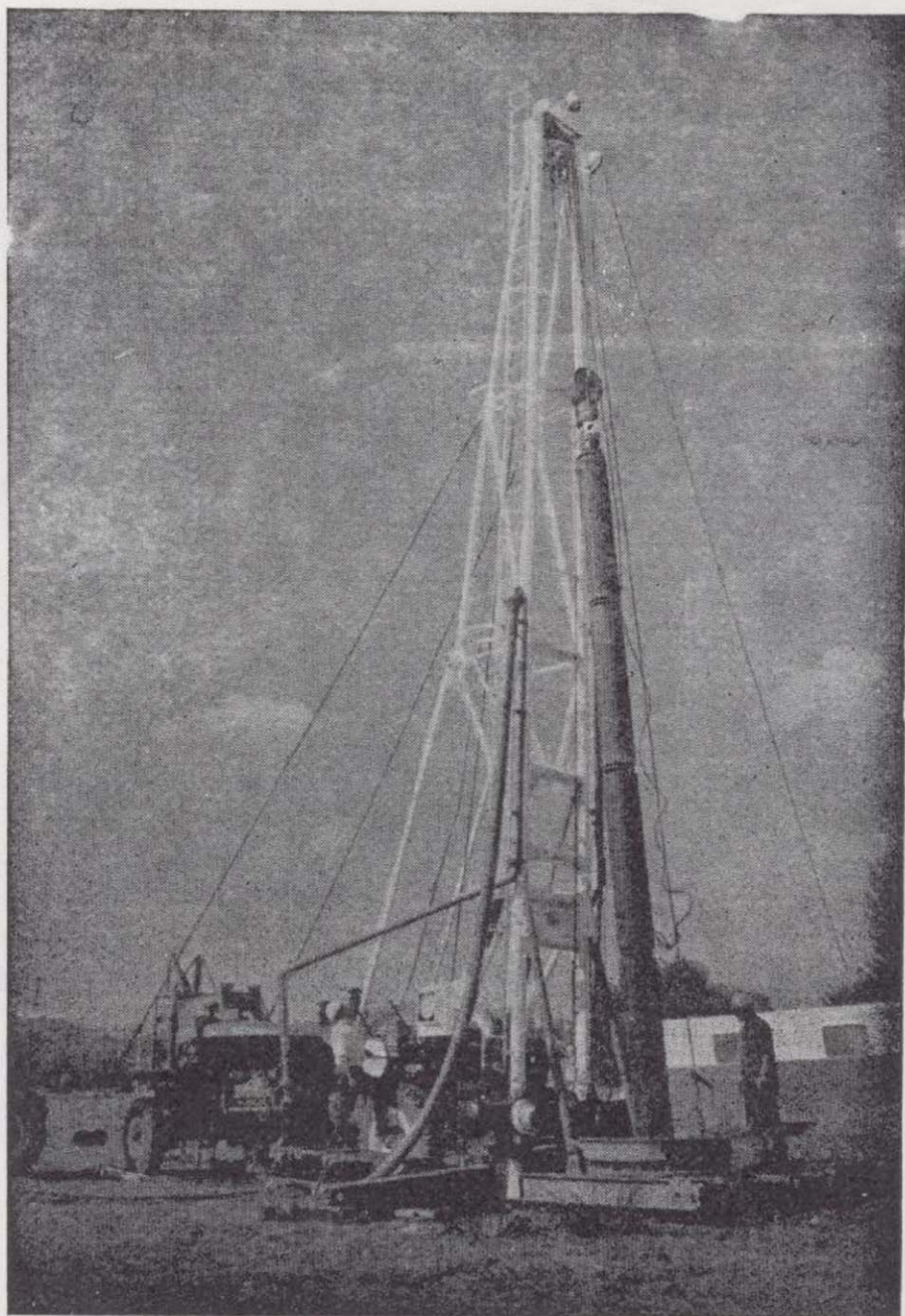
- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento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

AGUA Y SUELO, S. A.

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

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wiré-Line System».
Testigueso continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

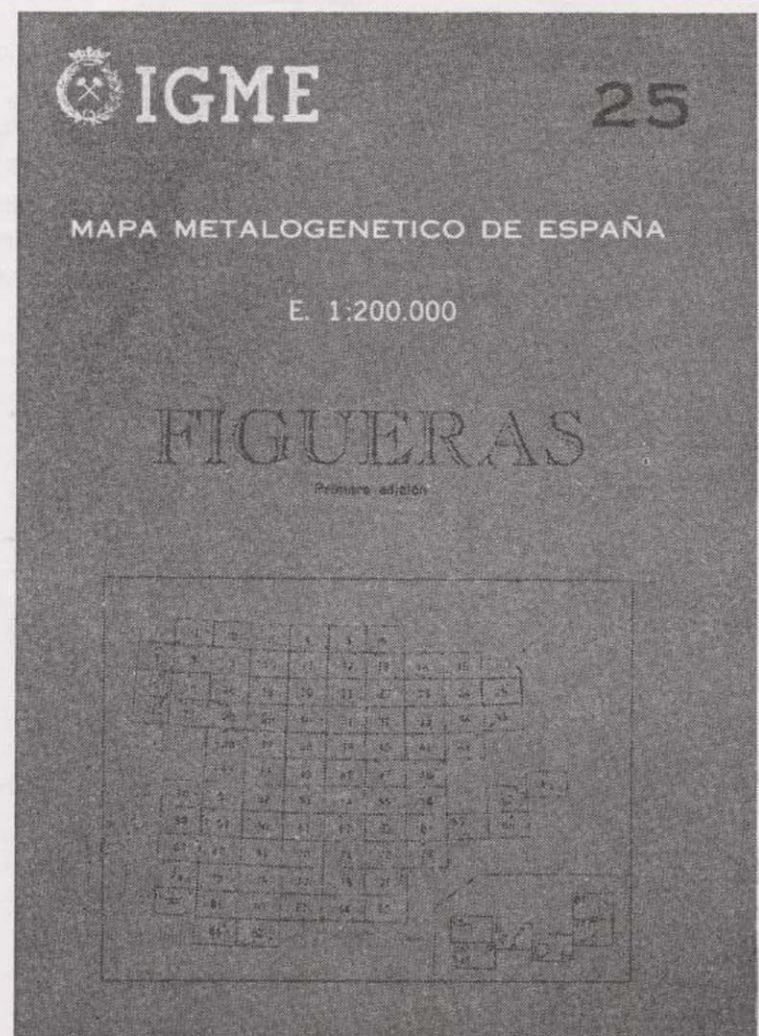
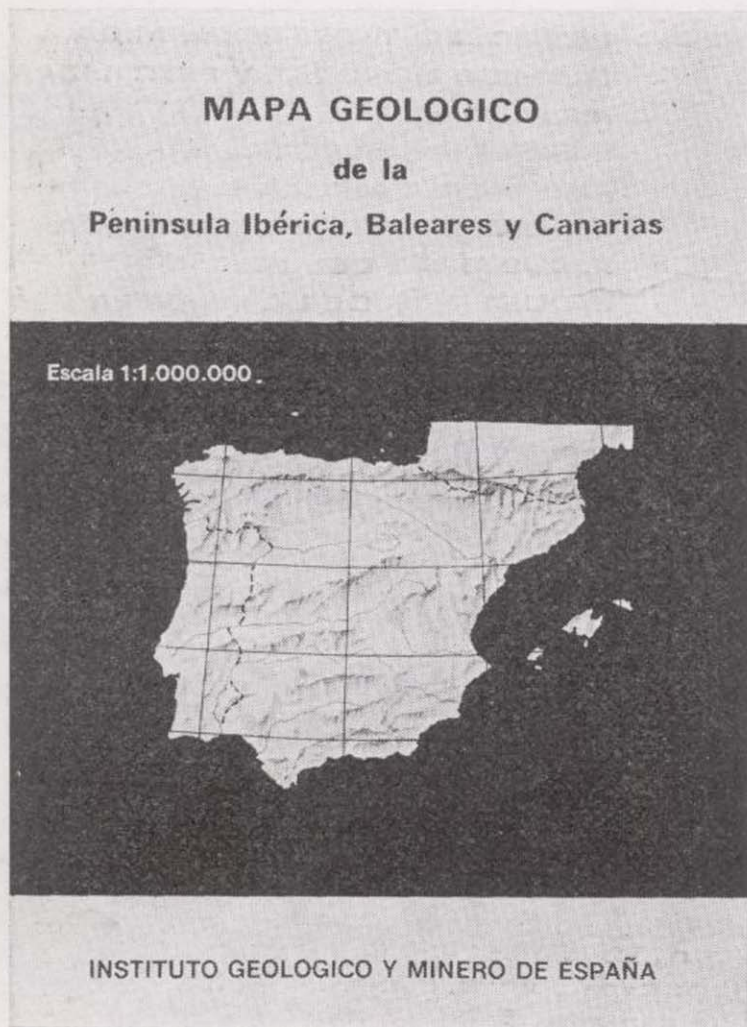
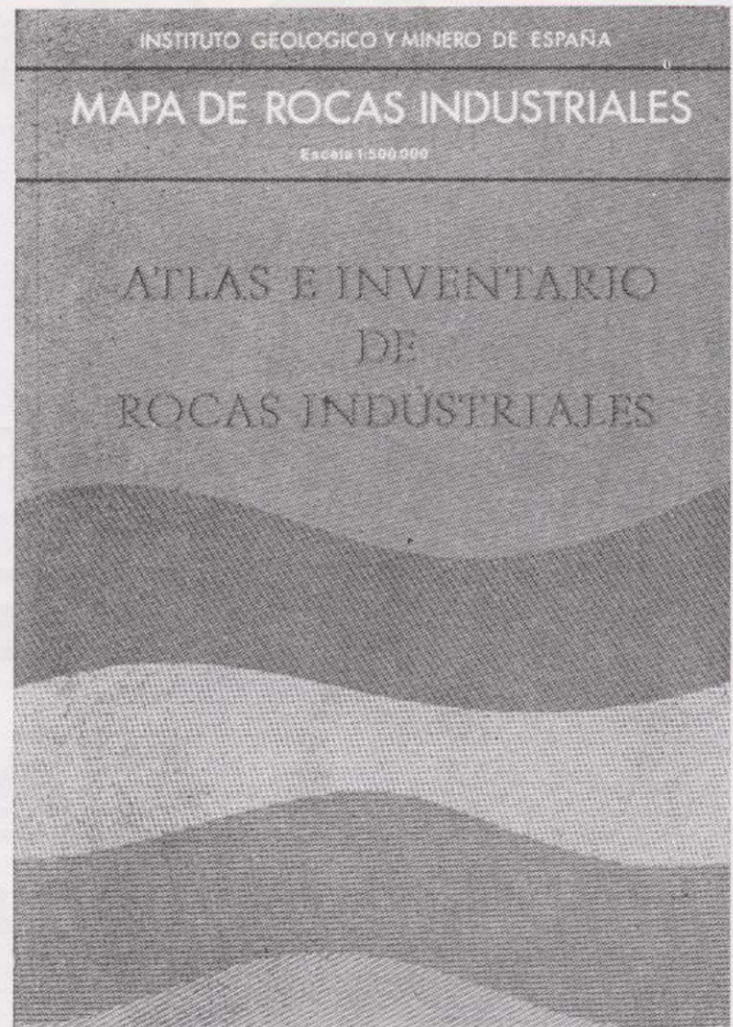
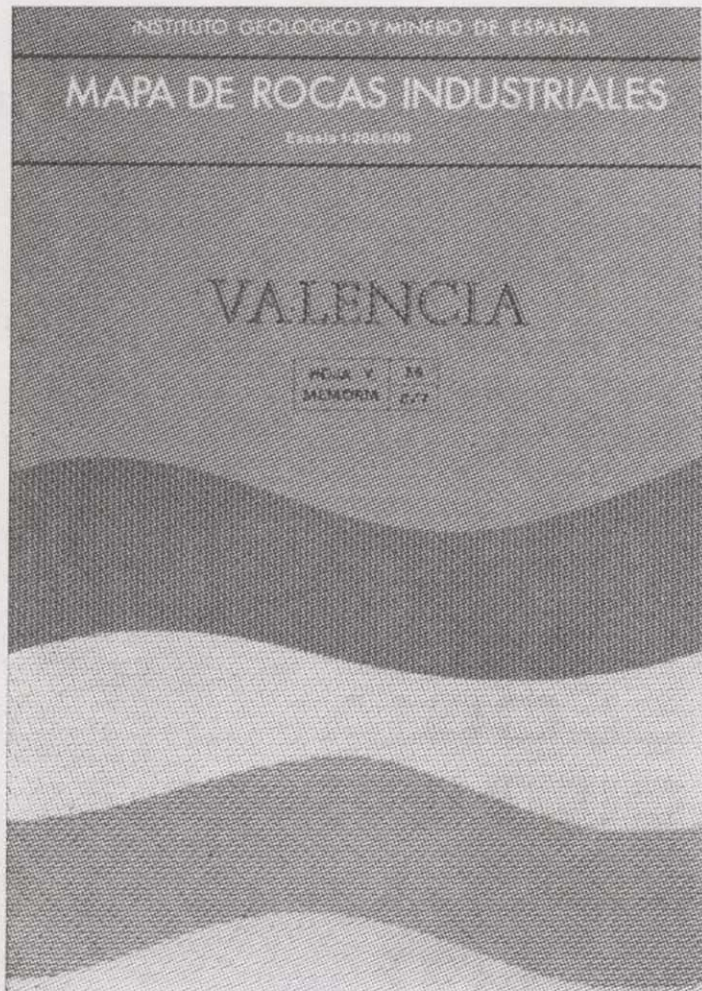
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

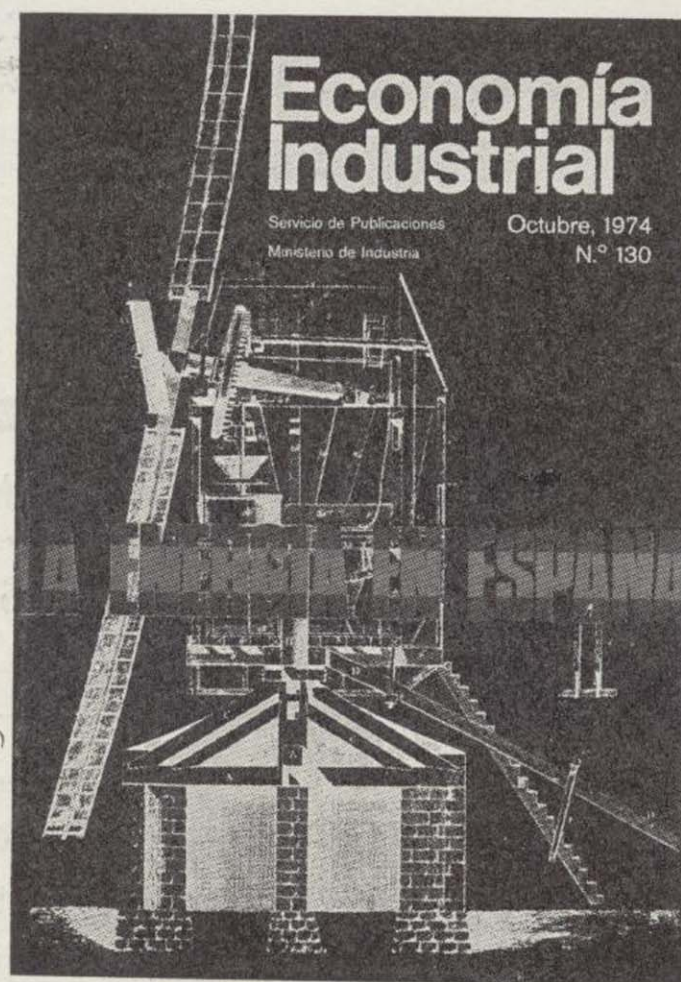
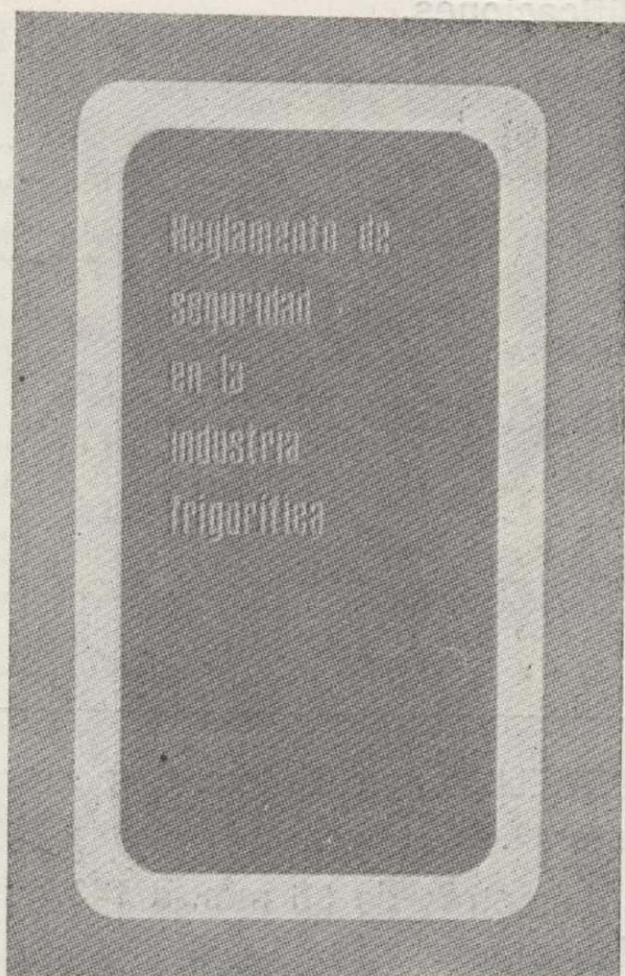
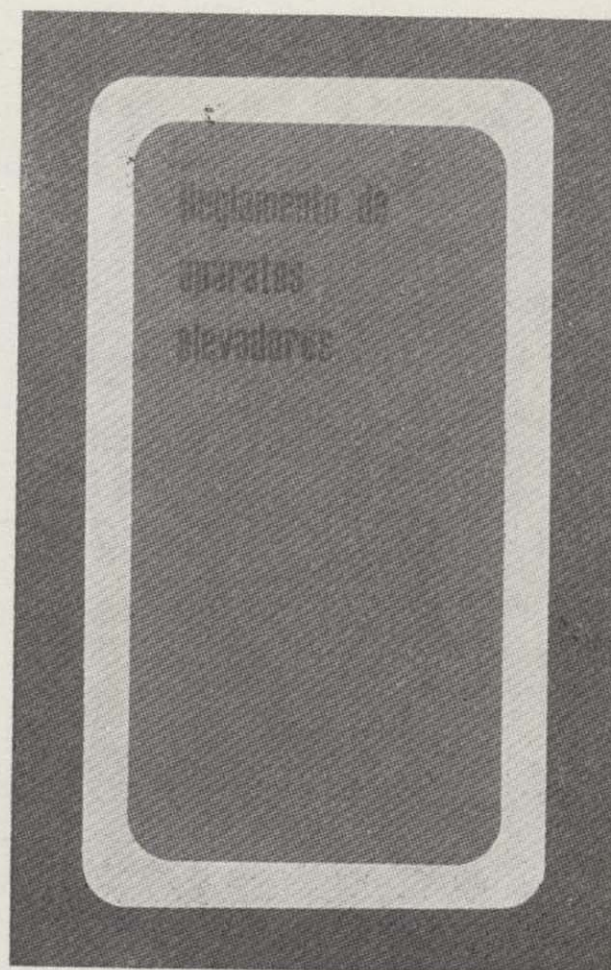
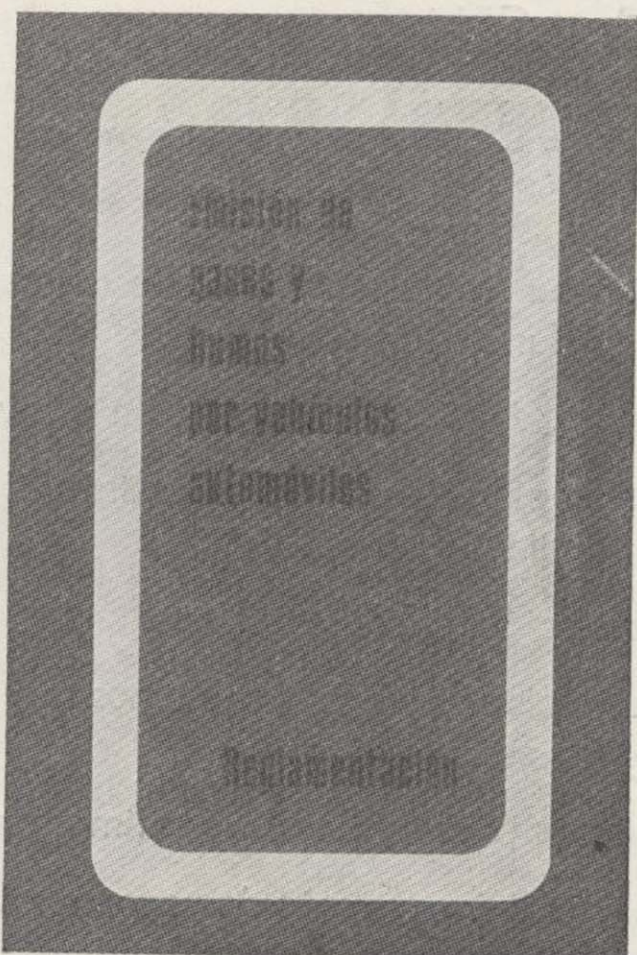
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

NUEVAS PUBLICACIONES

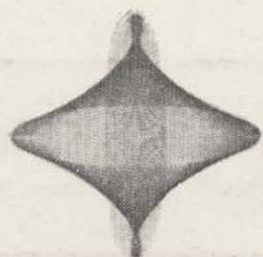


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

NUEVAS PUBLICACIONES

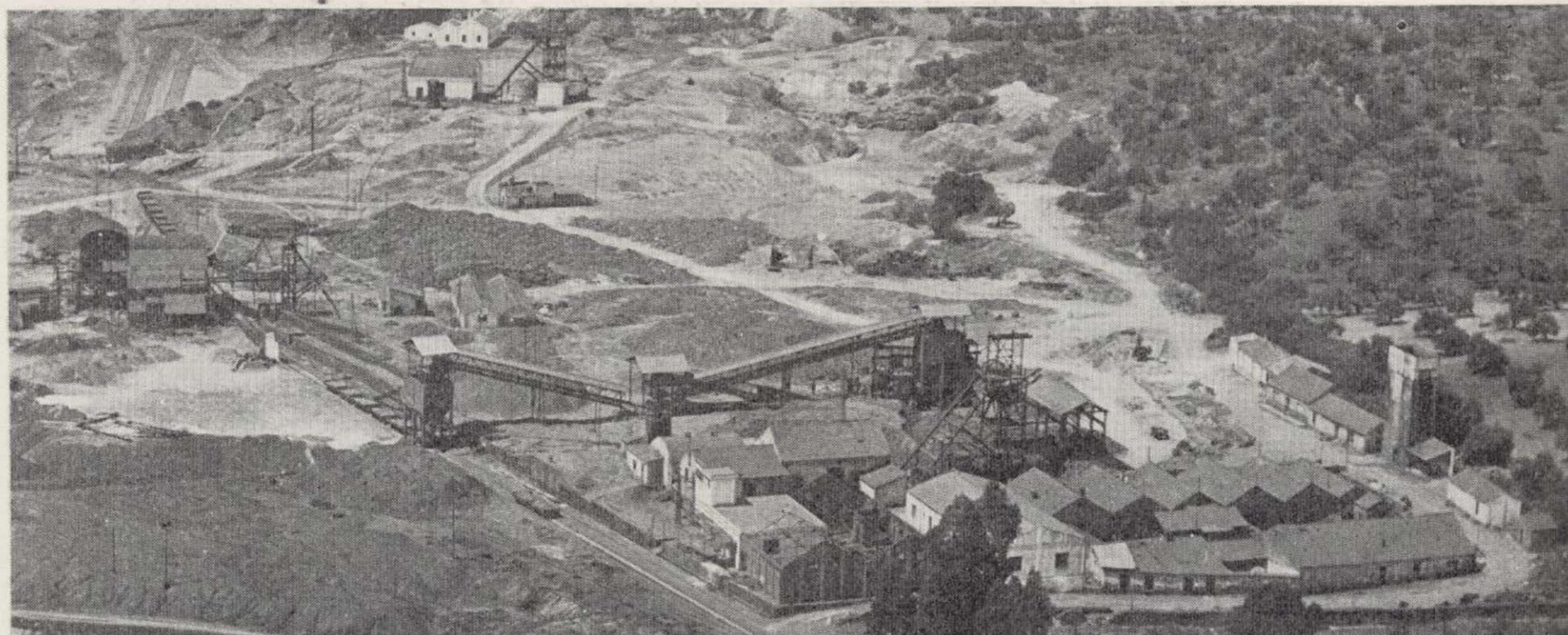


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1



INTECSA

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A.



PLANTA PILOTO DE PIRITAS Y PIROCLASTOS. AZNALCOLLAR (SEVILLA)

MINERIA

GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLORACIONES
MINERALURGIA

INGENIERIA CIVIL

CARRETERAS
FERROCARRILES
AEROPUERTOS
PUERTOS
OBRAS HIDRAULICAS
AGRONOMIA
MECANICA DEL SUELO
PUENTES
ESTRUCTURAS
ARQUITECTURA
URBANISMO
INGENIERIA SANITARIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

PETROLEO Y PETROQUIMICA
QUIMICA GENERAL Y FERTILIZANTES
METALURGIA
INGENIERIA ELECTRICA
INGENIERIA MECANICA
INGENIERIA TERMOMECANICA
INDUSTRIAS DEL FRIO
INDUSTRIAS DE LA MADERA
INDUSTRIAS ALIMENTICIAS
TECNOLOGIA DEL MEDIO AMBIENTE

ESTUDIOS ECONOMICOS

ESTUDIOS DE DESARROLLO REGIONAL
ORDENACION DEL TERRITORIO
DESARROLLO TURISTICO
ESTUDIOS SECTORIALES
ESTUDIOS DE VIABILIDAD
ESTUDIOS DE TRANSPORTES
ESTUDIOS ECONOMICO - FINANCIEROS

OFICINAS CENTRALES EN MADRID: C/ CONDESA DE VENADITO 1.
TELEFONOS: 4044000 - 4045100 - 4046100.
4047100 - 4048100.
TELEGRAMAS: INTECSAMA.
TELEX: 22473 INTSA - E.

DELEGACION EN BARCELONA: C/ COMPOSITOR BEETHOVEN.15.
" " CANARIAS: C/ VILLALVA HERVAS 9. STA. CRUZ DE TENERIFE.
" " MURCIA: C/ VILLALEAL 2.
" " VALENCIA: C/ CRONISTA CARRERES 9-11.

DELEGACIONES EN: PORTUGAL LIBIA ARGELIA. VENEZUELA ECUADOR BRASIL.

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 MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello 44 MADRID 1

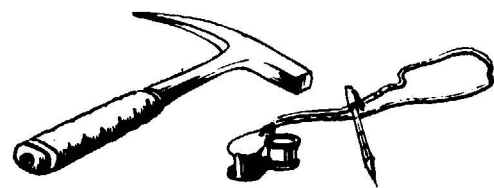


FINA IBERICA S.A

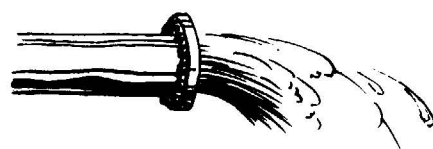
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

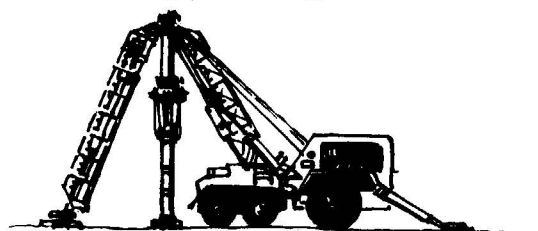
Tno. 2 5978 04



**Investigacion
Geologica**



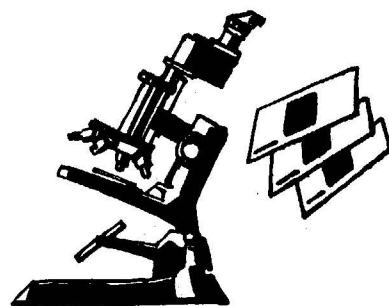
Hidrogeologia



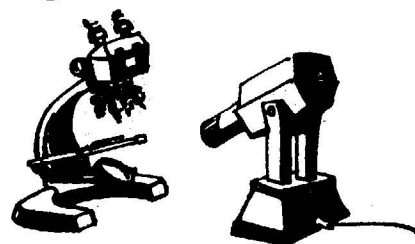
Perforacion



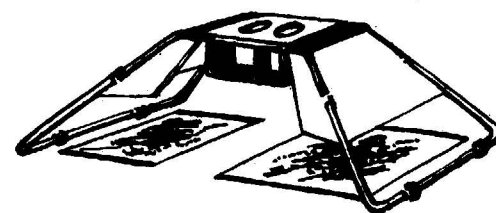
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio

COLECCION REGLAMENTOS

ESTA COLECCION RECOGE AQUELLAS DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS QUE REGULAN UNA MATERIA CONCRETA CON CARACTER GENERAL. ESTA INSPIRADA, POR UNA PARTE, PARA PUBLICAR LAS DISPOSICIONES DE USO MAS CORRIENTE, CON EL FIN DE AUMENTAR SU DIFUSION Y CONOCIMIENTO; DE OTRA, PRESENTANDO ESTAS DISPOSICIONES CON UN FORMATO Y CARACTERISTICAS QUE PERMITAN SU UTILIZACION EN CUALQUIER MOMENTO Y LUGAR

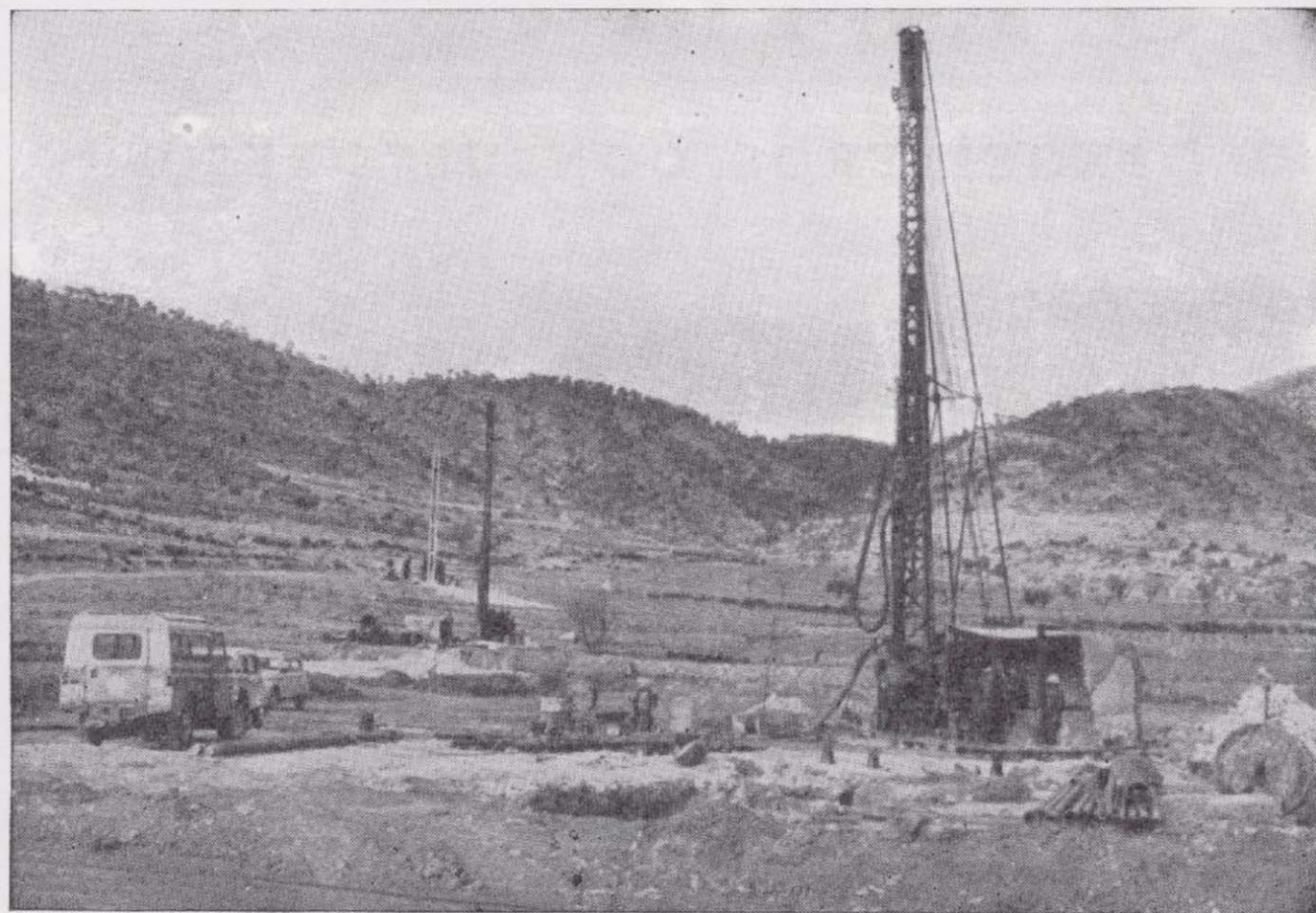
VOLUMENES PUBLICADOS

1. Reglamento de Minería (agotado).
2. Reglamento de Aparatos Elevadores.—1.ª, 2.ª edición (agotados).
3. Reglamento de Recipientes a Presión.—1.ª, 2.ª edición (agotados).
4. Reglamento de Recipientes a Presión.—Apéndice (agotado).
5. Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.—100 ptas.
6. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—1.ª edición (agotado).
7. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—1.ª edición (agotado).
8. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 30 ptas.
9. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—Apéndice, 30 ptas.
10. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados (agotado).
11. Normalización de Conservas Vegetales.—50 ptas.
12. Reglamento del Servicio Público de Gases Combustibles.—30 ptas.
13. Reglamento Electrónico para Baja Tensión.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
14. Normas básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados.—2.ª edición (agotado).
15. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—2.ª edición, 50 ptas.
16. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—3.ª edición, 60 ptas.
17. Reglamento de Aparatos Elevadores—3.ª edición, 50 ptas.
18. Reglamento de Aparatos que utilizan Combustibles Gaseosos.—60 ptas.
19. Emisión de Gases y humos por Vehículos Automóviles: Reglamentación.—25 ptas.
20. Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos.—50 ptas.
21. Reglamento de Recipientes a Presión.—3.ª edición, 75 ptas.
22. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados.—3.ª edición, 30 ptas.

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

CLAUDIO COELLO, 44, 1.º - MADRID-1

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

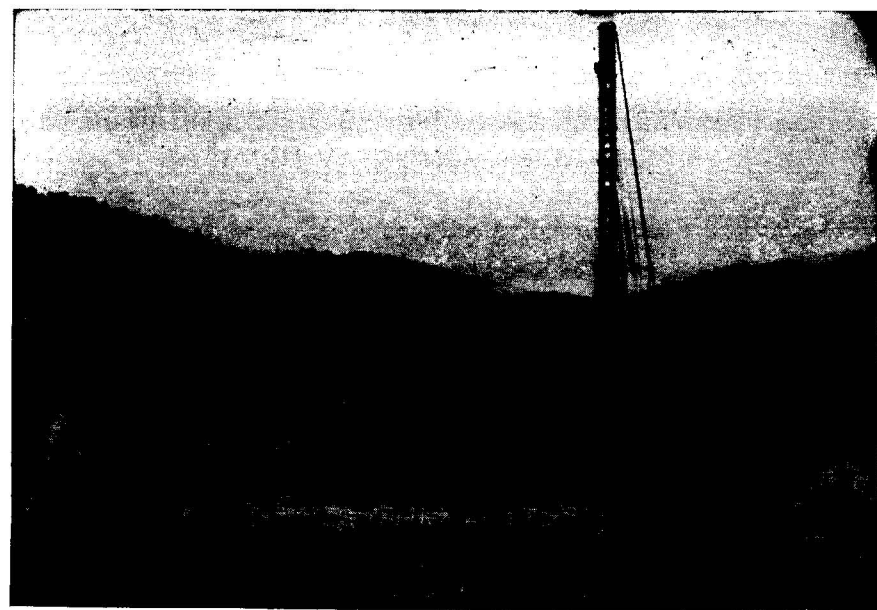
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

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)

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



Equipo de sondeo perforando a 400 m. con recuperación continua de testigo desde la superficie y colocación posterior de piezómetros.

El futuro de su explotación puede depender de una campaña de sondeos bien ejecutada... ¡Consúltenos!

**SONDEOS MINEROS
HIDROGEOLOGIA
INYECCIONES
BULONAJES Y ANCLAJES**

**PILOTES
PANTALLAS CONTINUAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA
MICROPILOTES
REVESTIMIENTOS DE RESINA
Y GUNITA
CONGELACION DE TERRENOS
ELECTRO-OSMOSIS**

Oficina Central: **MADRID-16**

Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

BARCELONA - 11
Villarreal, 200
Teléf. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO - 11
Gran Vía, 70
Teléf. 41 21 79

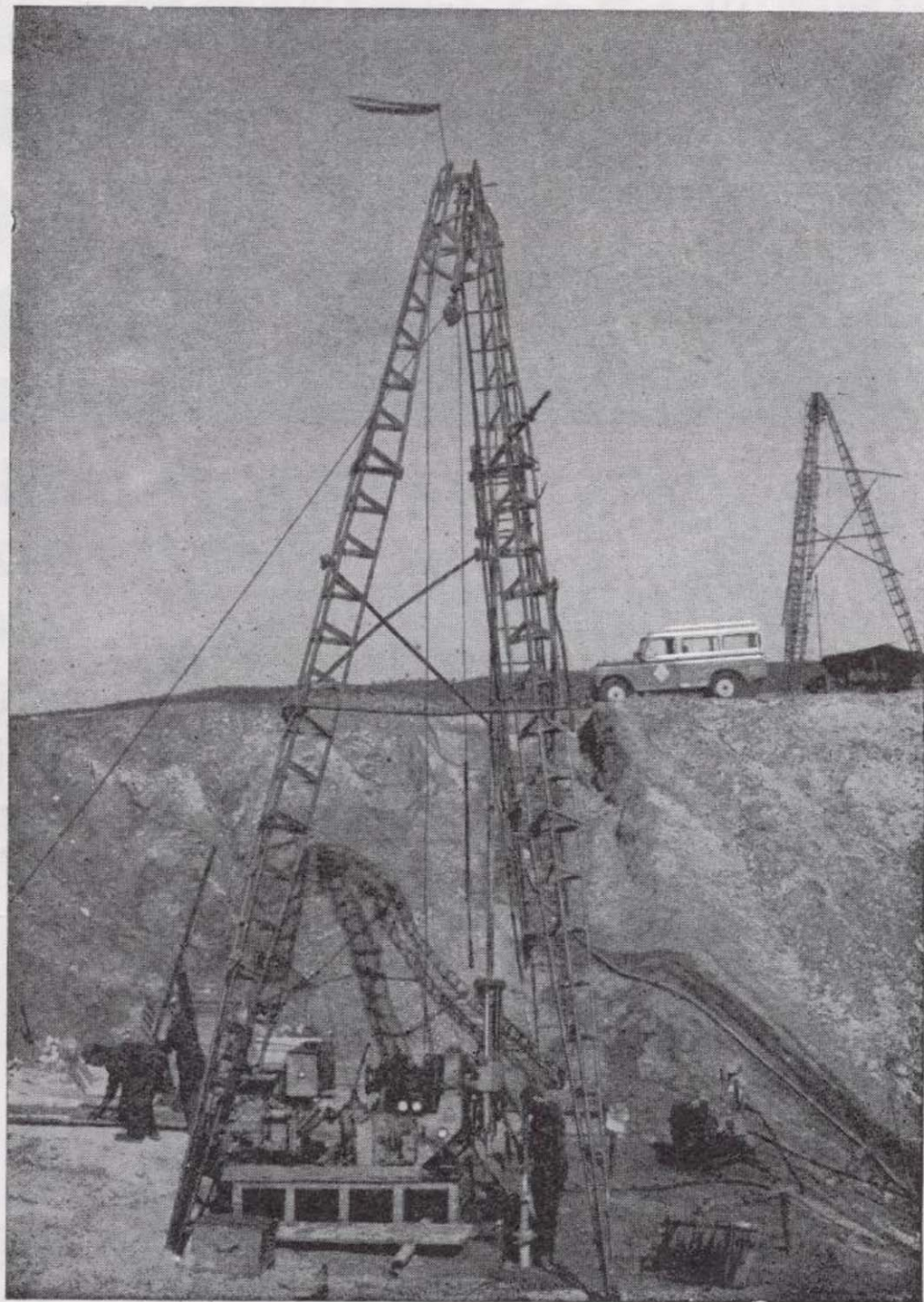
SEVILLA
Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88/90
Telex 72154 - RODIO e

VALENCIA - 9
Avda. Tirso de Molina, 14
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

STA. CRUZ DE TENERIFE
Pasaje de Peligros, 1
Teléf. 24 25 98

Representaciones: **BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN**

**TERRATEST
SU
AUXILIAR
EN LA
INVESTI-
GACION
MINERA**



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

TERRATEST, S. A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13



CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas y accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Útiles para perforación a percusión «Hard Metals», bocas de acoplamiento cónicos y roscadas, bocas para martillos de fondo, etc.
- Toda clase de equipos y materiales para sondeos y perforaciones.
- Sondas industriales para tomas de probetas. Cortadoras de juntas en pavimentos. Discos de diamante, etc.

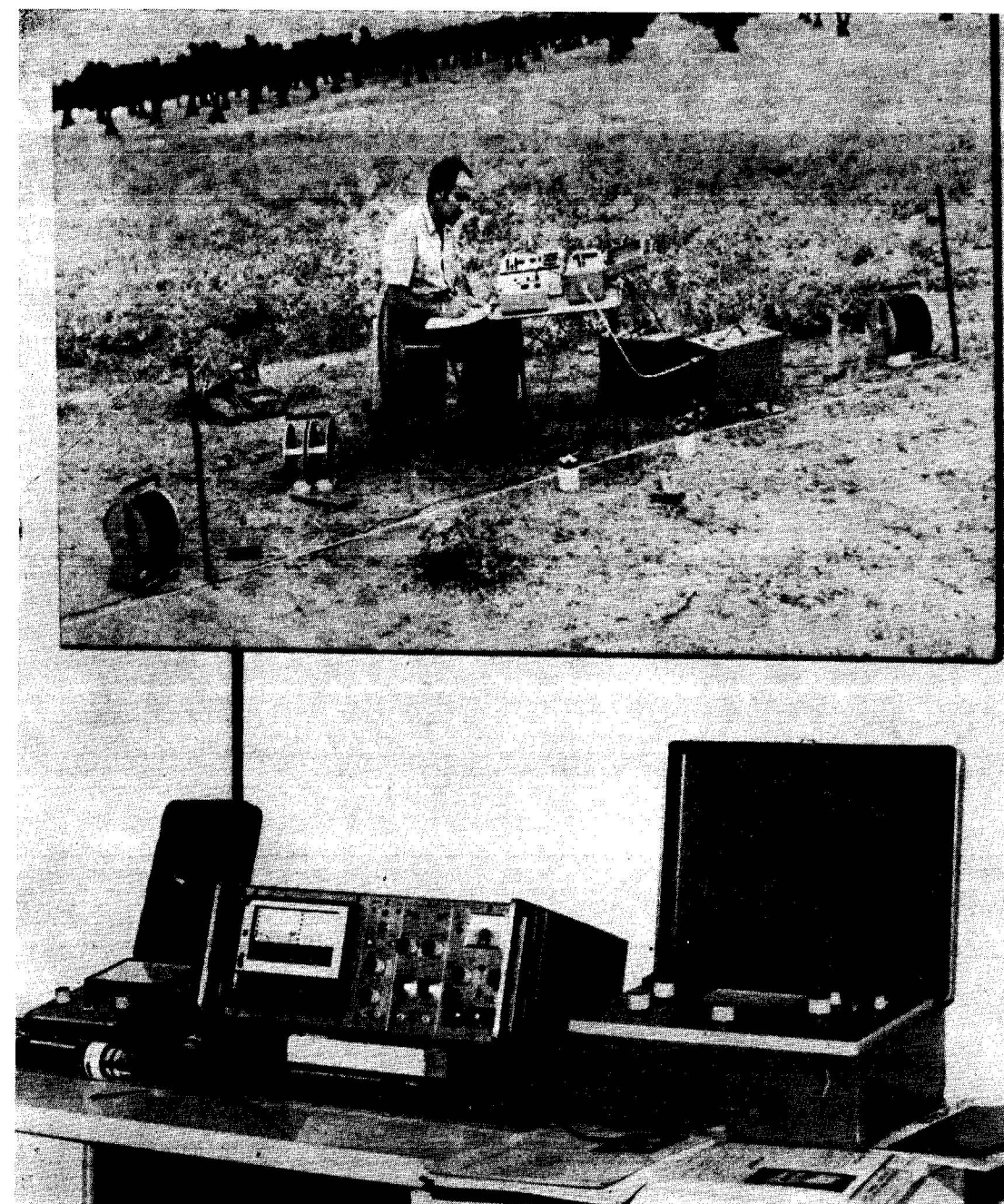
DIRECCION COMERCIAL:

ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º C

Telg. "CHRISTENSA"

MADRID-16. Tel. 250 34 04

GEOTRON, S. A.
INSTRUMENTAL DE GEOFISICA
Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 4 04 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

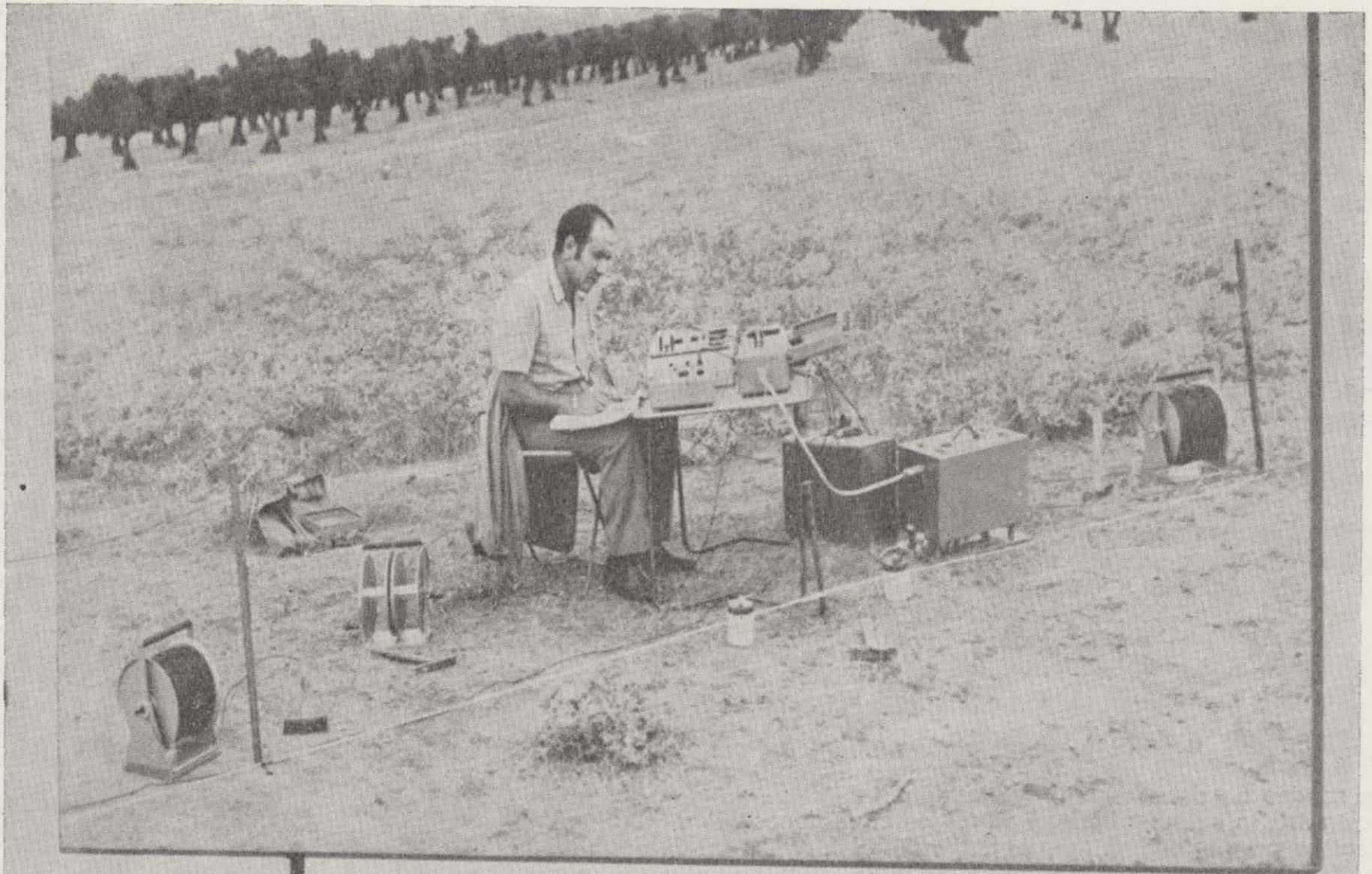
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

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

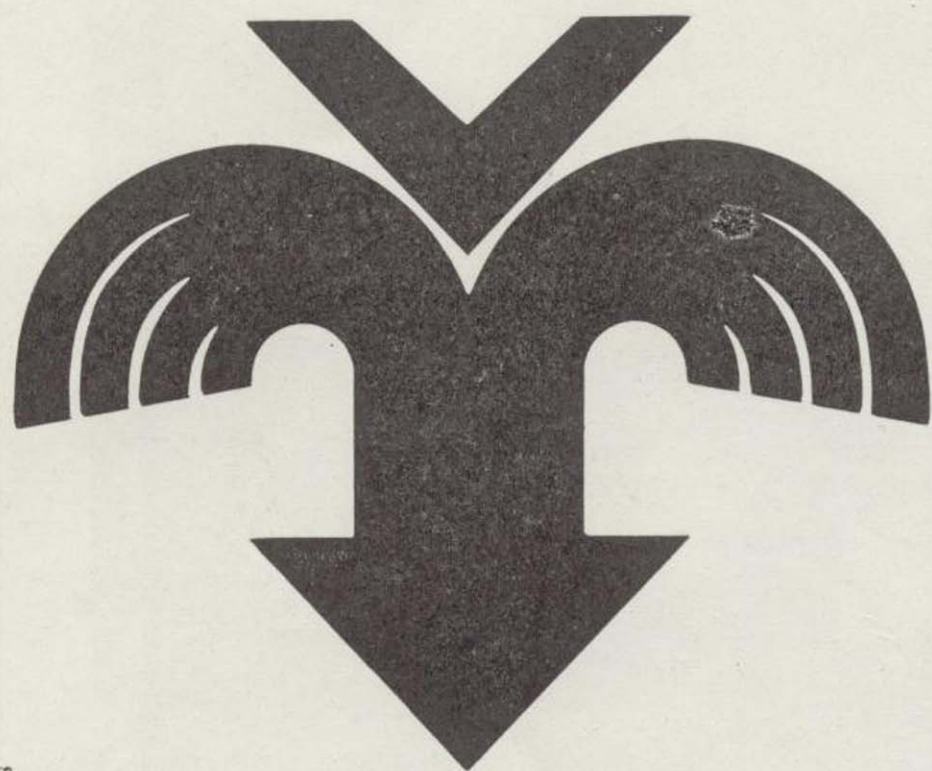
MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS



Trabajamos a fondo para encontrar el agua que Vd. necesita.

Pb-3

Un sondeo no debe ser una realización frustrada. Ha de estar hecho en debidas condiciones técnicas para el óptimo aprovechamiento de los acuíferos. Y esto sólo se consigue mediante capacidad técnica y experiencia.

Vegarada dispone de estos medios:

- Potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado:
 - a percusión
 - a rotación directa
 - a rotación con circulación inversa.
- Posibilidad de alcanzar la profundidad precisa con el diámetro más útil.
- Empaques de grava y filtros para evitar arenas en el sondeo.
- Desarrollo de los acuíferos mediante potentes equipos.
- Aforos y ensayos de bombeo por medio de grupos autónomos.
- Experiencia de más de veinticinco años en alumbramiento de aguas subterráneas.

Un sondeo bien hecho es a la larga un sondeo rentable. Y porque lo sabemos, ¡trabajamos a fondo!

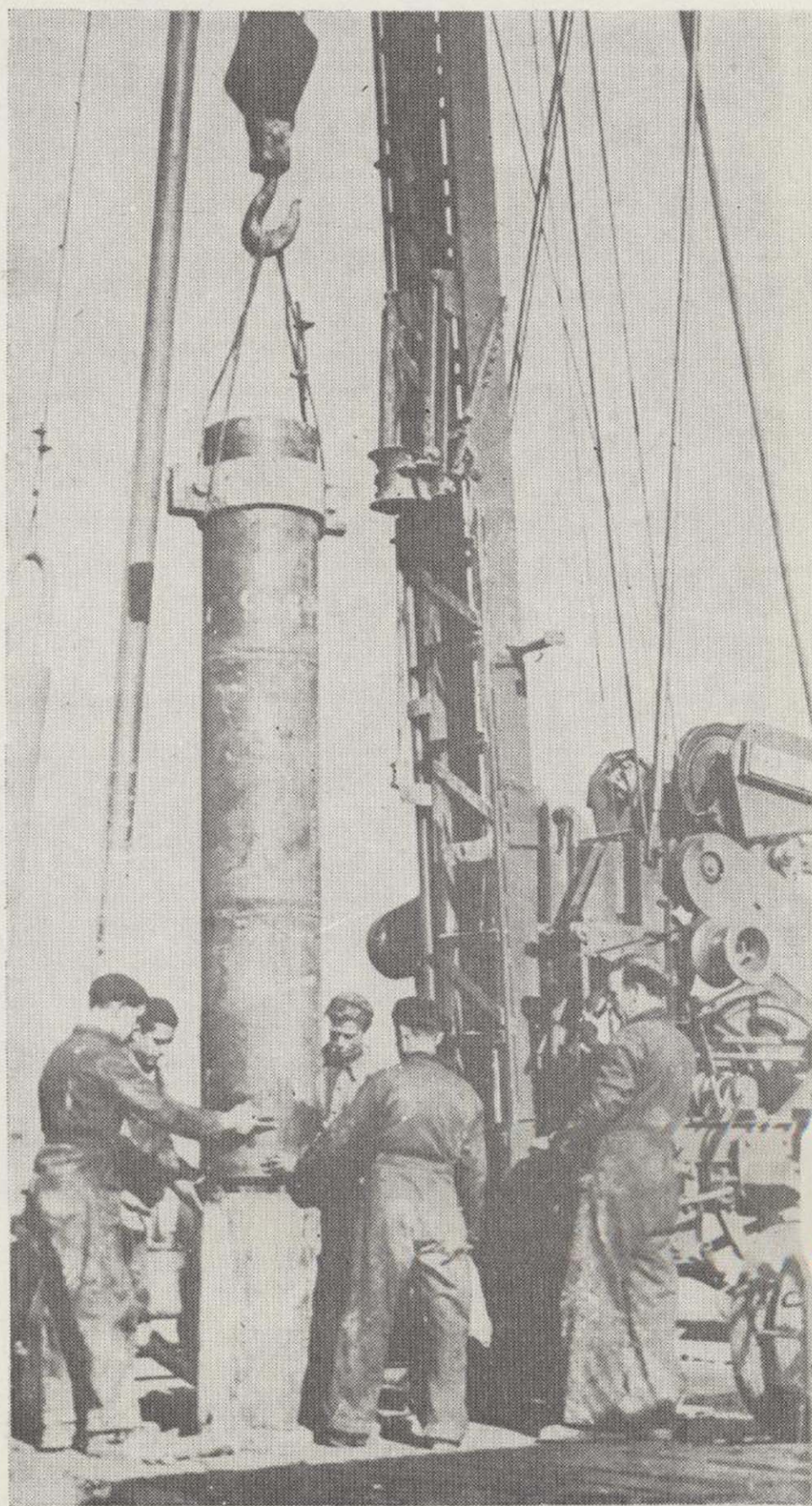
Vegarada
PERFORACIONES

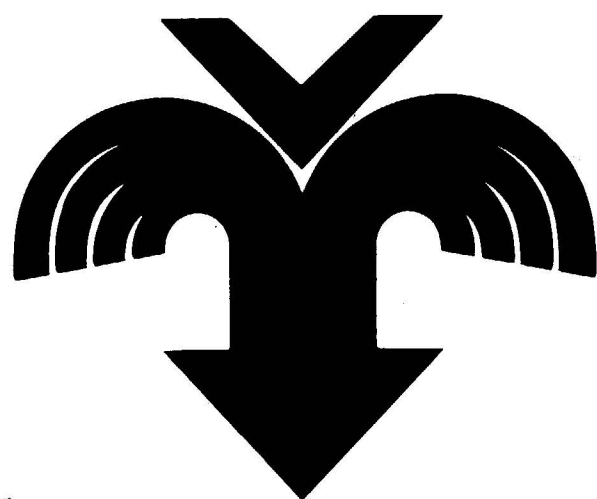


Guzmán el Bueno, 133

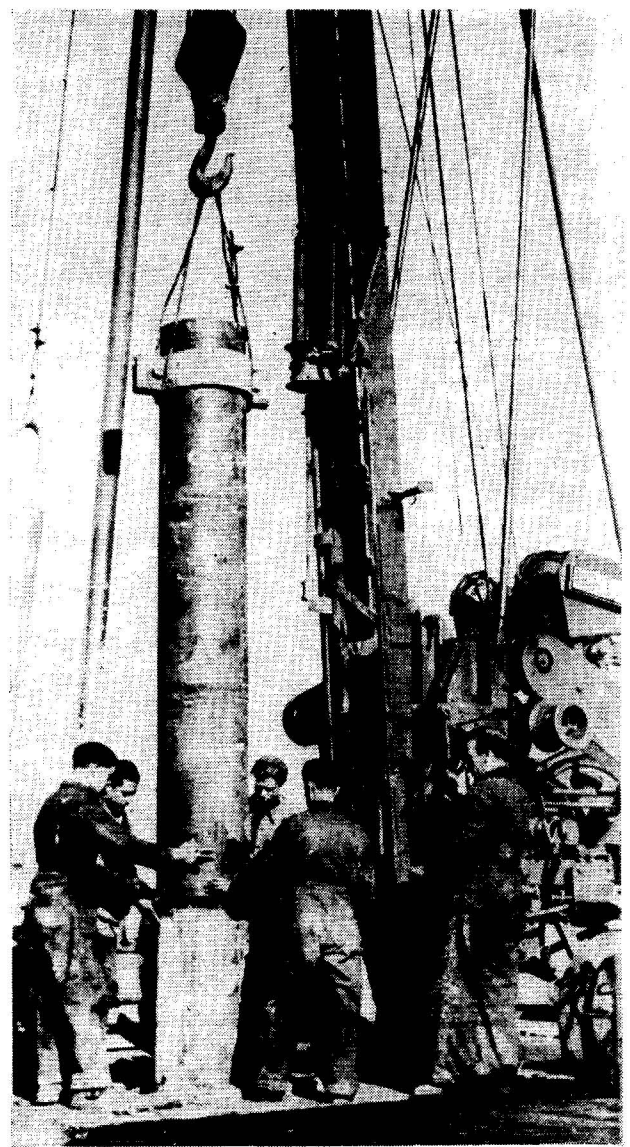
Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.

Delegaciones regionales en toda España





**Trabajamos
a fondo para
encontrar el agua
que Vd. necesita.**



Un sondeo no debe ser una realización frustrada. Ha de estar hecho en debidas condiciones técnicas para el óptimo aprovechamiento de los acuíferos. Y esto sólo se consigue mediante capacidad técnica y experiencia.

Vegarada dispone de estos medios:

- Potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado:

- a percusión
- a rotación directa
- a rotación con circulación inversa.

- Posibilidad de alcanzar la profundidad precisa con el diámetro más útil.
- Empaques de grava y filtros para evitar arenas en el sondeo.
- Desarrollo de los acuíferos mediante potentes equipos.
- Aforos y ensayos de bombeo por medio de grupos autónomos.
- Experiencia de más de veinticinco años en alumbramiento de aguas subterráneas.

Un sondeo bien hecho es a la larga un sondeo rentable. Y porque lo sabemos. ¡trabajamos a fondo!

Vegarada
PERFORACIONES



Guzmán el Bueno, 133

Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.

Delegaciones regionales en toda España

Tomo 86

Fascículo III

Mayo - Junio 1975

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	A. ARENILLAS PARRA, J. SAAVEDRA ALONSO y A. ARRIBAS MORENO: Un dique de tendencia sienítica en la provincia de Avila	1
	ALAIN FOUCAULT, HENRI y GENEVIEVE TERMIER: Sur quelques Néorinées du Malm et du Néocomien de Cazorla province de Jaén, Espagne Meridionale (zone prébétique)	12
	J. WIEDMANN: El Cretácico superior del Picofrentes (Soria), Cadenas Celtibéricas (España)	20
Minería	R. CASTROVIEJO: Estudio Geológico y Metalogénico en la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W. III. Tectónica	30
Aguas subterráneas	M. SENENT ALCNSO, L. LINARES GIRELA y J. BARBA-ROMERO: El sistema hidrogeológico del Boquerón (Albacete), contribución a su estudio con un bombeo de ensayo de larga duración	45
Energía	J. RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR y E. MUNTHE MORGENSTIERNE: Petróleo y gas natural en el Mar del Norte. Noruega, sus posibilidades	65
Estudio de Minerales y Rocas	J. D. MARTÍN RAMOS y M. RODRÍGUEZ GALLEGO: Petrología del borde Norte del Batolito de "Los Pedroches" Venta de Azuel (Córdoba)	69
Información	Guías de exploración para nuevas zonas y cinturones uraníferos.— Nota preliminar sobre el hallazgo de un yacimiento de magnetita en Guadalajara.—Noticias.—Mercado de minerales y metales.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	77

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-1

Teléfono 276 20 01

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

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

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Facies detriticas de borde del terciario continental de la fosa
del Tajo, Río Perales. Aldea del Fresno (Madrid).

Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-VI-1975.

Un dique de tendencia sienítica en la provincia de Avila

Por M. ARENILLAS PARRA (*), J. A. SAAVEDRA ALONSO (**) y A. ARRIBAS MORENO (**)

RESUMEN

Se estudia un dique de tendencia sienítica que discurre a lo largo de más de veinte kilómetros por las formaciones graníticas de la Serrota y la sierra de Avila. Sus características propias y las particularidades zonales que presenta, sirven para obtener consecuencias acerca de la petrografía y la tectónica del área estudiada. Es de especial interés la acción de la gran falla de Plasencia sobre el dique, cuyos efectos no parecen coincidir con los generalmente admitidos hasta ahora. Se publica por primera vez la datación geocronológica de la roca intruida en la citada fractura. Asimismo se apunta el interés que, en mineralogénesis, puede tener el mecanismo que ha dado lugar a la intrusión del dique estudiado.

ABSTRACT

The study is of a dyke with syenitic tendencies that runs for more than twenty kilometers through the granitic formations of the Serrota and Avila sierras. The characteristics of the dyke and the zonal peculiarities give rise to conclusions about the petrography and tectonics of the area studied. Of especial interest is the action of the Plasencia fault on the dyke, whose effects do not seem to coincide with those recognised until now. The geochronological dating of the rock intruded into the fracture cited is published for the first time. Also pointed out is the mineralogenetic interest in the mechanism that gave rise to the intrusion of the studied dyke.

INTRODUCCION.

Con ocasión de un recorrido por la Serrota, del puerto de Menga al de Villatoro, pudimos apreciar la existencia de cierta formación intrusiva de importancia en el collado que forman el pico del Belesar y la Peña Pajarita, ya en el descenso desde la cota máxima de la sierra, el Telégrafo (1), hacia el último de los puertos mencionados (Lámina 1).

(*) Cátedra de Geología aplicada a las obras públicas. Escuela T. S. de Ing. de Caminos, C. y P. Madrid.

(**) Departamento de Mineralogía. Universidad de Salamanca.

(1) Así conocido por los habitantes de la zona, si bien figura con el más genérico de Serrota en el Mapa Geográfico Nacional a escala 1:50.000, hoja núm. 555: Navatagordo.

La magnitud del dique y su disposición en el macizo granítico de la Serrota nos hizo pensar en su posible continuidad. Consultada la fotografía aérea del vuelo nacional a escala aproximada 1:30.000, comprobamos la existencia de una formación filoniana, de estructura similar a la encontrada y con la misma dirección, que destacaba al Norte, en la sierra de Avila. Los recorridos de campo y el estudio de las muestras obtenidas han permitido determinar la correspondencia de ambas formas y la existencia de un importante dique sienítico, que se detecta, a lo largo de unos veinte kilómetros, entre la Serrota y la vertiente norte de la sierra de Avila. Tales aspectos se tratan en este trabajo.

ESBOZO GEOLOGICO DEL AREA EN ESTUDIO.

La Serrota, el Valle Amblés y la sierra de Avila definen, de Sur a Norte, la zona en que se desarrolla el dique estudiado.

El conjunto forma parte del nudo de enlace de las más importantes sierras de Guadarrama y Gredos. Se encuentra entre las formas muy arrasadas de la sierra de Malagón, a levante—que es prolongación de la de Guadarrama—y la de Villafranca, a poniente, que sirve de enlace con la de Gredos, unión abierta por el cauce alto del Tormes. La Serrota al Sur y la sierra de Avila al Norte forman los bloques elevados que enmarcan la fosa tectónica del valle Amblés, en correspondencia con la depresión de Piedrahita, al Oeste, ocupada por el río Corneja.

El macizo de la Serrota es divisoria de aguas entre Duero y Tajo, divisoria compleja por la incidencia de la cabecera del Alberche. Este, al capturar al alto Tormes, ha aislado tanto a la mencionada sierra como a la Paramera y a la de los Baldíos de su inicial prolongación hacia Gredos por los puertos del Pico y de Pinillos donde, nuevamente, se dividen las aguas de los dos grandes ríos. En consecuencia, la vertiente Sur de la Serrota recoge escorrentías para estas dos cuencas mayores. Hacia el Este para el Tajo, por los arroyos del Puerto y de la Serradilla, que van al Alberche. Hacia el Oeste para el Duero, por los cauces del Belesar y de la Cruz del Valle, que forman el Corneja, y por el arroyo de las Hoyuelas que influye en aquél poco aguas abajo de la unión de los anteriores. Al Norte las aguas son del Duero por los arroyos de cabecera del Adaja y por éste mismo que brota sobre el puerto de Villatoro, alto que marca el límite extremo de la Serrota entre los valles del Adaja y del Corneja. Las aguas de éstos, en principio de dirección sensiblemente Este-Oeste y sentidos contrarios, acaban discurriendo hacia el Norte, en busca del Duero.

El valle Amblés sirve de cauce al alto Adaja, que lo aprovecha hasta las inmediaciones de Avila donde el río toma su definitivo rumbo, cortando las últimas estribaciones norteñas del Sistema Central para, cruzado el Terciario de la Moraña, unirse al Eresma en las proximidades del Duero.

La sierra de Avila cierra al Norte el conjunto estudiado y es, en esta zona, límite del Macizo Central frente al valle del Duero, cuyos depósitos alcanzan sus laderas septentrionales.

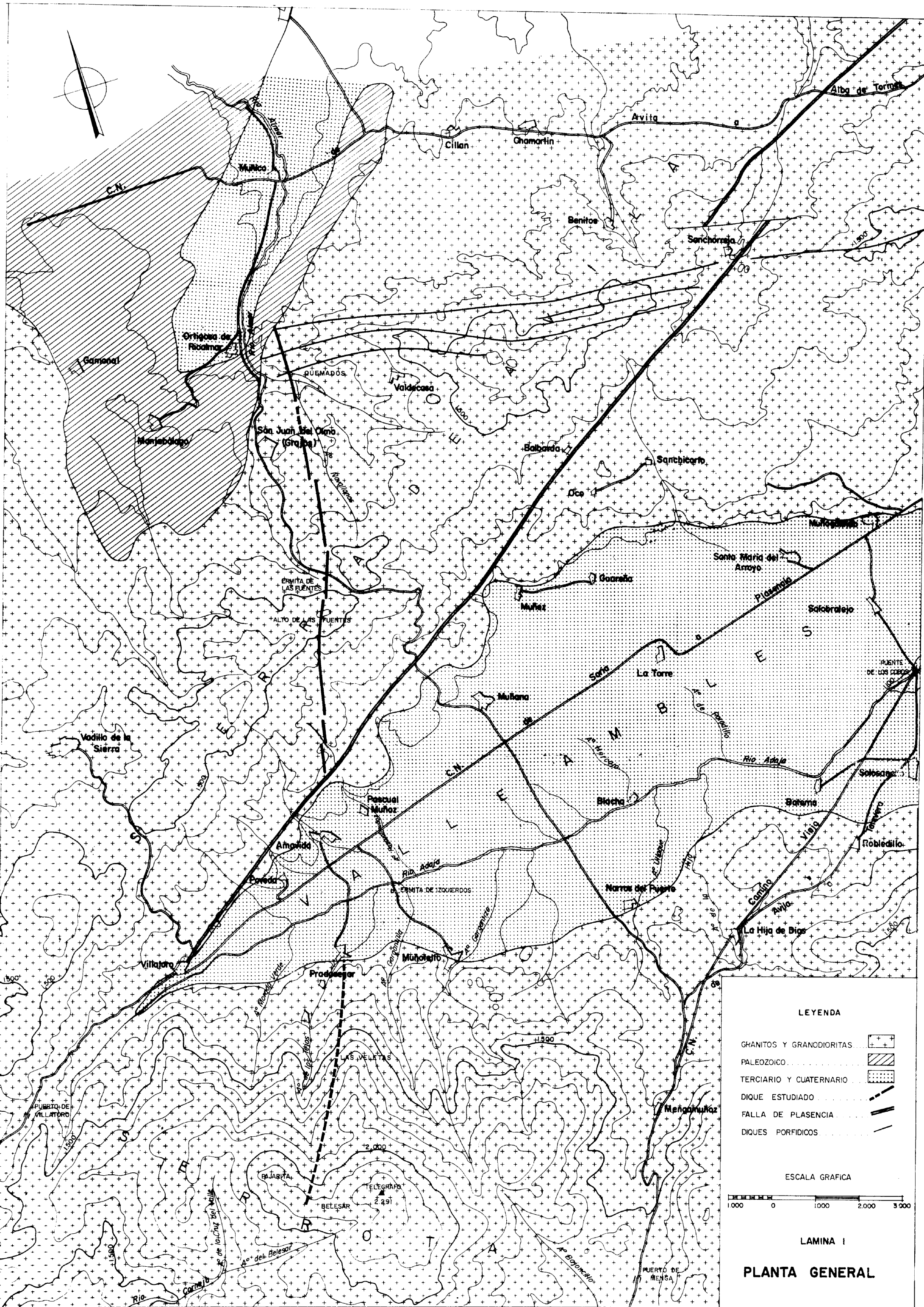
Los tres núcleos están caracterizados por los materiales que son normales en la parte central de la cordillera Carpetovetónica: granitos de gran extensión, Paleozoico metamórfico—en áreas de la sierra de Avila—y depósitos terciarios y cuaternarios—en la fosa tectónica del valle Amblés.

El conjunto descrito, como la mayor parte de esta zona central del Sistema Central, el ya referido enlace entre Guadarrama y Gredos, está muy poco estudiado. Hay que recurrir, todavía en muchos casos, a tratados clásicos como los de CASIANO DEL PRADO (1862) o MARTÍN DONAYRE (1879).

Los materiales más antiguos que afloran en la zona corresponden al zócalo paleozoico de la Meseta. Están constituidos principalmente, tanto en la Serrota como en la Sierra de Avila, por granodioritas y granitos de dos micas de tipo adamellítico. En el otro extremo de la historia geológica, el valle Amblés muestra depósitos postmesozoicos, mal delimitados, que pertenecen en su mayor parte a sedimentos terciarios de tipo detrítico-evaporítico, análogos a los que rellenan las depresiones generales de las cuencas mayores del Tajo al Sur y del Duero al Norte. En este sentido es de destacar la existencia de topónimos como el de Salobral que, en el eje del valle del Adaja, parece evidenciar la existencia de aguas sulfatadas, que se originarán a favor de las mencionadas evaporitas, probablemente miocenas. Los depósitos más modernos son escasos y dan lugar a algún nivel de terraza a lo largo del curso alto del Adaja y a formaciones de ladera y piedemonte, como son normales en todo el Sistema Central.

El batolito granítico que da carácter al área estudiada suele presentarse cruzado por gran variedad de rocas filonianas. Cuarzos, pórfidos y lamprófidios arman en el granito según dos o tres direcciones preferentes. Incluso se puede apreciar atravesando la sierra de Avila hacia el NE una formación más básica que las indicadas que corresponde al dique de Plasencia, cuya prolongación por la provincia de Avila han comprobado recientemente GARCÍA FIGUEROLA y CARNICERO (1973).

De entre todas estas formaciones filonianas destaca el dique a que aquí nos referimos. Su desarrollo es de considerable longitud y contrasta, por sus especiales características, con las otras formaciones similares del área. Ha llegado a determinar un cúmulo de historias y leyendas entre los habitantes



LEYENDA

- GRANITOS Y GRANODIORITAS
- PALEOZOICO
- TERCIARIO Y CUATERNARIO
- DIQUE ESTUDIADO
- FALLA DE PLASENCIA
- DIQUES PORFIDICOS

ESCALA GRAFICA

0 1000 2000 3000

LAMINA I

PLANTA GENERAL

de la región (2), lo que pone de manifiesto su peculiaridad. Incluso, es conocido por los lugareños con un nombre concreto que se extiende, con la única variante del género, desde el Ajada a la Moraña: el "risco" o la "risca". Tal denominación se emplea exclusivamente para designar al dique.

En cuanto a las direcciones de fracturación que se aprecian, hay dos evidentes y de gran influencia geomorfológica: la E-O, con variación al ENE-ONO y la NE-SO. La primera determina las grandes fosas tectónicas ocupadas por los ríos Adaja y Corneja y la segunda señala el emplazamiento del dique básico de Plasencia. Destacan también las direcciones N-S y NO-SE, que tienen un claro reflejo en la fracturación del granito y que llegan a marcas direcciones morfológicas preferentes. Especialmente la N-S señala la dirección general del río Almar —o Almiar (3)— y la de los principales afluentes de la margen derecha del Adaja. La NO-SE marca el recorrido de los tributarios del Adaja por margen izquierda, especialmente en cabecera.

Son de señalar las fallas que cruzan toda la zona hacia el NNE, dirección que aprovechan para su intrusión gran parte de los diques de cuarzo de la zona. Su edad, según CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS (1971), es tardiehercínica; se habrán originado entre el final del Carbonífero superior y el Pérmico. Es

(2) En Muñana hemos recogido la tradición de que el dique es la "huella que dejó la sangre que caía del manto de Cristo cuando recorrió esta parte". Y "dicen que viene de más allá de la Sierra (la Serrota) y entra en la Moraña por bajo de los terrones, donde se puede seguir también ya que por donde pasa no crece el trigo". (La realidad es que no hemos podido encontrarlo al Sur de la Serrota ni verlo entrar en la Moraña, pues perdemos su traza en la formación metamórfica de Muñico.)

En la ermita de las Fuentes el santero nos dio su versión: "La Virgen de las Fuentes y la de Izquierdos (capilla situada al Sur, en la margen derecha del Adaja) se pelearon, se insultaron (aquí la serie de insultos, que no son para reproducidos) y la de Izquierdos hirió a la de las Fuentes. Por eso la Virgen de las Fuentes tiene un ojo medio cerrado. (Efectivamente la imagen presenta grandes párpados superiores que cubren las pupilas.) Asustada, la Virgen de las Fuentes vino corriendo a refugiarse en la ermita, quedando un rastro de sangre donde ahora está la piedra roja".

(3) Así figura en algunos de los trabajos consultados. Por otra parte MADOZ, en su diccionario (Vid. Bibliografía) lo cita, en el artículo referente al pueblo de Ortigosa, como OLMAR, especificando que Almar es la denominación vulgar.

precisamente este rumbo el general del dique estudiado, si bien puede comprobarse, como más adelante se expone, la tendencia a virar al Norte de su tramo más septentrional. También esto pudiera explicarse, siguiendo a los autores citados, por la existencia de un giro hacia el Oeste, respecto al bloque de la margen meridional y derecha del Adaja, de toda la zona al Norte del valle Amblés. Volveremos más adelante sobre este aspecto.

DESCRIPCION DEL DIQUE.

La formación de que estamos tratando se extiende, en lo que hemos podido comprobar, a lo largo de más de veinte kilómetros, desde la cuerda de la Serrota hasta la vertiente norte de la sierra de Avila. La dirección general es NNE-SSO, con variación a N-S, si bien, como veremos, presenta giros locales a lo largo de su traza.

Pueden considerarse tres zonas de distintas características morfológicas. Un tramo meridional, desde los altos de la Serrota hasta el Terciario del Adaja; una zona central cubierta por los depósitos postmesozoicos del Valle Amblés; y, por último, la parte norte que desde el Terciario alcanza la formación paleozoica de Muñico (CAPOTE y VEGAS, 1968), en las proximidades de Ortigosa de Rioalmar (lámina 1).

En la primera de las zonas descritas, de unos seis kilómetros, el dique no se presenta a la vista de un modo continuo. Hay zonas en que no ha llegado a apuntar a través del granito y en otras queda enmascarado por los derrubios de ladera que cubren áreas extensas. Sin embargo, se puede seguir su curso, que queda señalado por notables afloramientos. Estos, en general derruidos por la erosión que en la zona ha alcanzado resultados similares tanto sobre los materiales del dique como sobre los granitos que lo enmarcan. En definitiva no da formas destacadas; de ahí la dificultad de seguirlo con ayuda de la fotografía aérea. Hemos podido detectarlo, partiendo de la mancha del alto de la sierra, ayudados por las indicaciones de los habitantes de la zona que conocen bien las motas de "piedra roja" que se presentan. La dirección media de esta parte es N 26° E que puede determinarse uniendo los principales afloramientos. Así, desde la cuerda de la Serrota atraviesa el arroyo de las Majadas y por

las laderas del cerro Pajarote, Lanchalisa (4) y las Veletas, dominando desde Oriente los dos barrios superiores de Pradosegar, desaparece bajo los sedimentos del valle Amblés a la altura del "barrio de abajo" del mencionado lugar. Poco antes de finalizar, el tramo vira ligeramente al Norte.

En la segunda zona el dique queda enmascarado—debe suponerse así dada su posterior continuidad—por los depósitos del valle del Adaja. La longitud escondida es de unos cuatro kilómetros.

El tercero y último tramo resulta ser el de mayor desarrollo, unos once kilómetros, y el de más clara definición. Límite meridional de esta parte son el Terciario del Adaja y la falla de Plasencia que es aquí donde corta al dique. Este destaca nuevamente a partir de la gran fractura del Jerte ya que al Sur los sedimentos del valle Amblés cubren las formaciones más antiguas. Se puede seguir de un modo continuado, desde que emerge con los granitos bajo la cobertera terciaria, hasta su terminación, creemos que definitiva, contra el Paleozoico de Muñico. Es la zona más característica, destaca claramente en el paisaje y es allí donde "el risco" es perfectamente conocido en todos los términos que atraviesa. Se presenta con anchura relativamente constante y formas que resisten claramente a la erosión, lo que le hace resaltar dentro del conjunto granítico encajante. Suele ofrecer un núcleo central, de cuatro a seis metros de anchura, que emerge hasta unos dos metros sobre el paisaje circundante. Lateralmente, a ambos lados, el terreno desciende suavemente en veinte o veinticinco metros, zonas donde empiezan a aflorar las lanchas graníticas de entre el material derrubiado.

El recorrido de este tramo último se inicia en término de Amavida, a Nordeste de la población y a unos mil quinientos metros de ella. En ese punto lleva la dirección correcta que le hace corresponder con la que apunta en Pradosegar, al Sur, antes de su tránsito oculto. Mantiene esta dirección, es decir N 15° E, hasta el arroyo de Pascualmuñoz a

(4) Nombre, correcto morfológicamente, que recibe en la zona frente al bastante ilógico de Lancha Salina que figura en el Mapa Geográfico Nacional a escala 1:50.000, hoja núm. 530: Vadillo de la Sierra. Son también de evidente exactitud geomorfológica los de Pajarote—cerro alto y macizo frente a la próxima y más esbelta forma de la Peña Pajarita—y las Veletas, incipiente "galayar" que corona uno de los contrafuertes principales de la sierra.

partir del cual, y después de unas discontinuidades de que luego se hablará, inicia un ligero giro al Este, para, por Cabrerizas y Lancha Mojada, tomar nuevamente la dirección N 26° E, que mantiene en su ascenso al Alto de las Fuentes (lámina 2). Allí abandona la cuenca del Adaja y pasa a la del río Almar, tributario del Tormes. Desde el alto desciende por la ladera y, tras un nuevo desplazamiento, enfila ha-

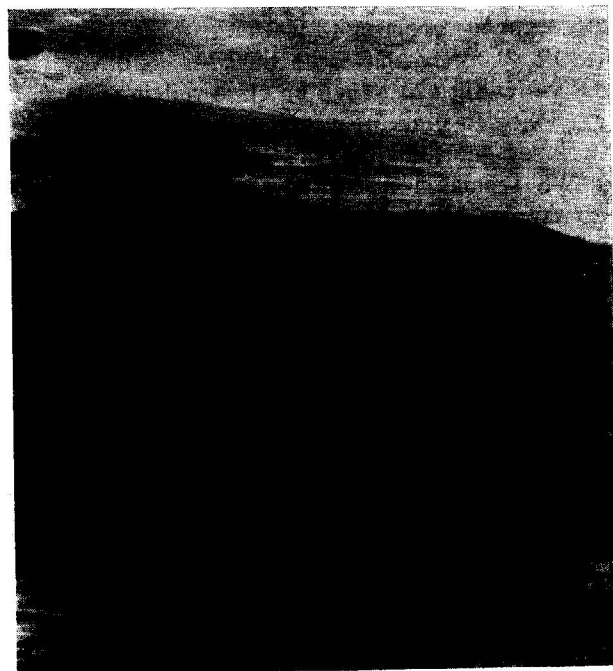


LÁMINA 2

El dique desde el alto de las Fuentes
Al fondo la Serrota.

cia la ermita de las Fuentes, situada exactamente sobre "la risca" y rodeada de navas y prados formados a favor de las numerosas fuentes que dan nombre a la zona. Al Norte de la ermita y después de cruzar la carretera de Muñana a Ortigosa de Rioalmar, el dique presenta nuevas discontinuidades y nuevo cambio de dirección, que se transforma en N-S, la que mantendrá, prácticamente hasta el final, desde la Fuente de los Piojos. De ésta continúa por la Islilla y la Cruz de Hierro, hasta donde se sigue con facilidad para, a partir de este último punto, proseguir en isleos y tramos erosionados hasta el cruce con el arrollo Navallanos, al Norte del tér-

mino de San Juan del Olmo (5). Nuevamente aflora "la risca" completamente y se sigue su traza por la ladera occidental del cerro de los Quemados—y no Quemado como indica la cartografía oficial— de donde desciende hacia el río Almar para encontrar la formación metamórfica de Muñico, a menos de un kilómetro de Ortigosa y al Este de la población, en llano de amplias navas que reciben las aguas de nuevas fuentes unidas al filón. Por el Paleozoico no ha sido posible seguir el dique si bien, en longitud de unos quinientos metros, se aprecia un resalto filar en el terreno, prolongación del "risco", que parece corresponder lógicamente con él. La menor competencia de los depósitos de esta zona y la mayor potencia de los derrubios de ladera pizarreños pueden haberlo enmascarado. Más al Norte no se ha visto, los lugareños consultados no saben de su existencia y, lo que ha sido una pista segura a lo largo del recorrido, las tapias ya no presentan los enclaves rojos, característicos más al Sur, justificados tanto por la proximidad del dique como por su fracturación natural en pequeños bloques de fácil manejo y aparejo.

A lo largo de todo su recorrido, el filón presenta formas claramente aristadas que destacan de los suaves lomos del bolerío berroqueño adyacente. El color es rojo-anaranjado intenso en superficie, si bien suele aparecer enmascarado por los líquenes gris verdosos que recubren la roca. A la fractura, interiormente se manifiesta con tono más rosado que viene a demostrar la oxidación indudable de la superficie expuesta.

Localmente puede apreciarse la existencia de una esquistosidad acusada cuya dirección es la propia del dique. Se comprueba que tal pizarrosidad tiene un reflejo evidente en el granito encajante en el que destacan las fracturas del mismo rumbo. En el filón la distancia entre litoclasas de esquistosidad es, normalmente, decimétrica si bien, en bastantes zonas, llega a ser centimétrica mientras que en el granito la separación de las fracturas equivalentes es mayor, como mínimo del orden del metro.

(5) Antiguo pueblo de Grajos, con nombre nuevo desde hace pocos años, según la costumbre, extendida por nuestra geografía, de buscar denominaciones más eufónicas a las tradicionales. Al menos en este caso el resultado parece estar menos en pugna con el entorno físico que el conseguido, en la provincia de Madrid, con los viejos Porquerizas y Chozas de la Sierra, transformados en los caprichosos Miraflores de la Sierra y Soto del Real



LÁMINA 3

Fracturación que se aprecia localmente en el dique.

Aunque es difícil de comprobar, por la abundancia de material derrubiado, en algunos puntos puede apreciarse el contacto entre los materiales del dique y los granitos o granodioritas. Dicho límite es neto en todos los casos estudiados y de clara disposición subvertical. En ninguna zona se han podido ver tránsitos de uno a otro material ni tampoco la existencia de enclaves de cada uno de los dos tipos de roca en el adyacente.

Un rasgo que sirve para seguir la traza del dique con facilidad, es lo continuado de la serie de fuentes, manaderos y navas que lo jalonan. Son manantiales de pequeño caudal y en gran número que brotan a favor de la discontinuidad que determina el dique en los granitos. Suelen ser puntos de agua que, con la lógica variación estacional de caudales, se mantienen todo el año, incluso en períodos de estiaje de años muy secos. Al Sur se inician con las fuentes de la margen derecha del arroyo de las Majadas o de los Tejos, en las proximidades de Pradosegar. Los más característicos son los del tramo septentrional donde destacan, de Sur a Norte, en Lancha Mojada, las Fuentes, Navallanos, los Piojos y las navas de Ortigosa donde finaliza el recorrido visible del dique. Son especialmente importantes los

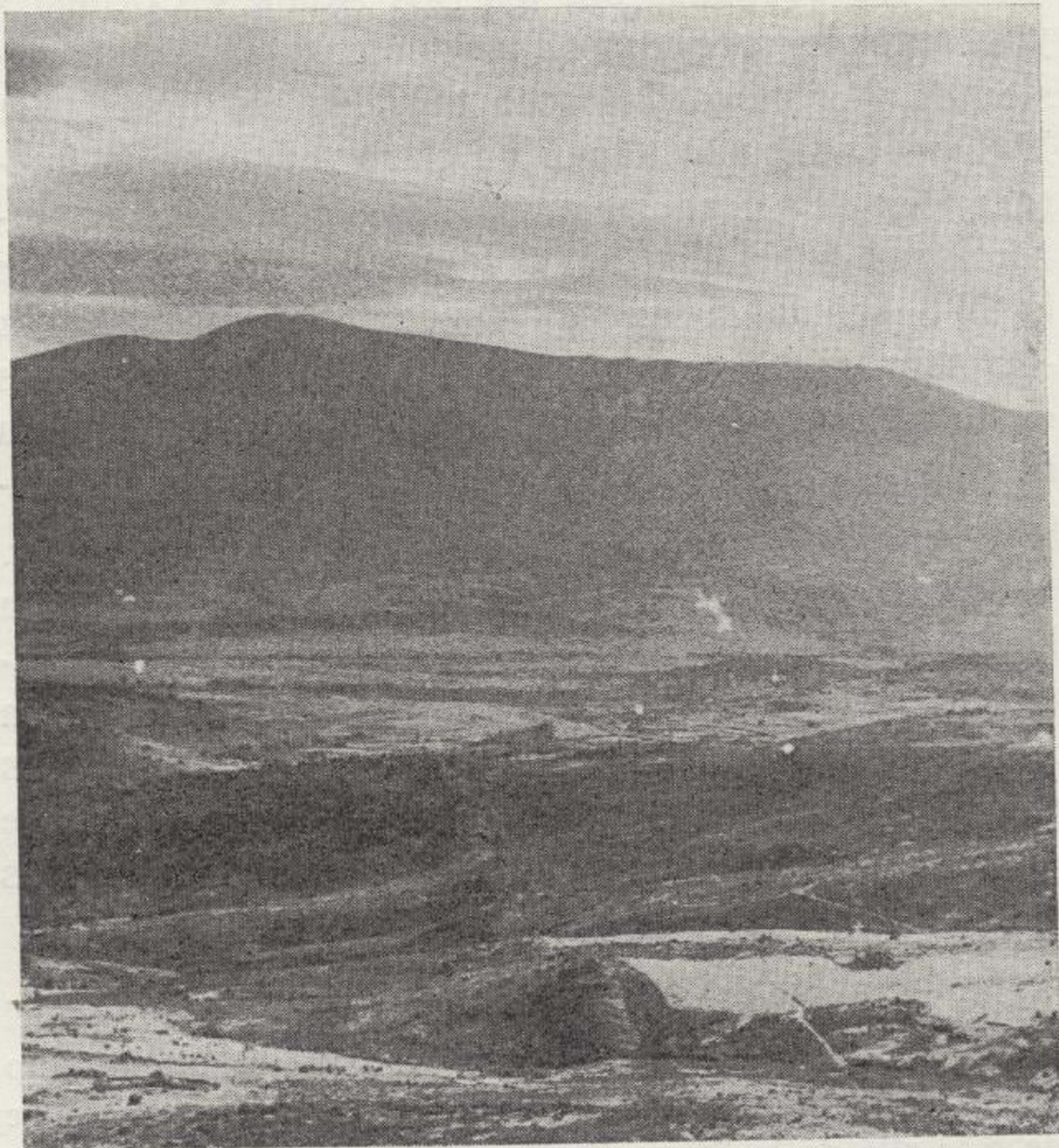


LÁMINA 2

El dique desde el alto de las Fuentes
Al fondo la Serrota.



LÁMINA 3

Fracturación que se aprecia localmente en el dique.

manaderos de las Fuentes que se prolongan del alto a la ermita del mismo nombre. Destacan allí una serie de pequeños manantiales aprovechados en su día para regar cultivos en bancales—viejas estructuras que todavía se aprecian a lo largo de la ladera granítica—que deben corresponder con áreas agrícolas de algunos de los antiguos despoblados que aún se recuerdan en la zona. Hoy riegan prados de fondo de valle que se extienden en torno a la capilla. Esta, construida sobre "la risca", dispone de dos fuentes en el recinto, ornamentadas de modo similar y fechada su arquitectura en la segunda mitad del siglo XVII. Su aprovechamiento es, indudablemente, mucho más remoto.

El conjunto del dique presenta, como ya se ha dicho, una serie de discontinuidades y puntos singulares. Los más característicos se ofrecen en el tramo al norte del Adaja y pueden ayudar tanto en el estudio de la tectónica de la zona como en la datación del dique que estudiamos. Así, por ejemplo, en el cruce con el arroyo de Pascualmuñoz presenta dos claros saltos, con desplazamientos en dirección NE-SO. El más meridional se sitúa en el propio barranco del cauce y el otro unos seiscientos metros al Norte. Estas discontinuidades, producidas según una dirección de fractura generalmente admitida como tardihercínica—coincide con la de implantación del dique de Plasencia (6)—mueven a fijar la intrusión del filón sienítico en una fase precoz de tal etapa de fracturación. Más adelante señalaremos otros aspectos que tienden a confirmar esta idea.

Abundando ahora en las causas de las discontinuidades mencionadas, se puede precisar que ambos desplazamientos parecen estar producidos por fracturas ligadas a la falla del Jerte. En efecto, tanto la proximidad—menos de quinientos metros la más lejana—como la dirección—son claramente subparalelas a la falla de Plasencia—parecen evidenciar su carácter de satélites con respecto a aquélla. En consecuencia resulta lógico suponer que ha sido el mismo proceso origen de la gran fractura de Plasencia el que ha determinado las discontinuidades señaladas en el filón sienítico. Incluso se aprecia que la más septentrional de las dos fallas satélites des-

plaza, también en sentido dextral, a un pequeño dique que, en dirección Este-Oeste, destaca ligeramente a occidente. Ahora bien, se ha admitido que la falla del Jerte produce, en las estructuras que interfiere, desplazamientos sinestrales lo que no ocurre en nuestro caso. Los saltos apreciados en el dique rojo señalan un evidente giro en sentido horario. Cabe entonces o reconocer menos constancia en los resultados de la acción de la fractura del Alentejo-Plasencia o bien, lo que parece más lógico, reconsiderar todo el proceso e intentar precisar en detalle los efectos observables, con todas las consecuencias que esto traerá consigo.

Más al Norte se presenta un nuevo punto de desgarré, entre Navallanos y la Fuente de los Piojos. Aquí el desplazamiento es hacia el Oeste y dada la correlativa variación hacia el Norte del rumbo general del dique a partir de esta zona, el movimiento puede estar justificado por el giro, en tal sentido, de la región al Norte del valle Amblés. Esta nueva discontinuidad confirma lo precoz de la intrusión que estudiamos dentro de una fase general tardihercínica de fracturación ya que, como perteneciente a tal fase, está datado el movimiento que produjo el giro mencionado (CAPOTE, 1973).

Otro aspecto a considerar, en relación con el dique, es su intersección con formaciones estructuralmente semejantes. Ya se ha indicado la interferencia con el dique de Plasencia. Más al Norte, cerca del Paleozoico de Muñico, se presentan otros tres filones de gran importancia que cruzan "la risca" en dirección sensiblemente E-O. Son de material porfídico, color gris claro y se prolongan durante muchos kilómetros hacia el Este, con variación a ESE a a no excesiva distancia del dique sienítico. El más noroeste incide en las pizarras de Muñico prácticamente en el mismo punto que lo hace "el risco", el central cruza unos quinientos metros al Sur y el meridional a otros seiscientos metros de este último, en la misma dirección.

Del estudio de las tres intersecciones parece desprenderse la mayor antigüedad de implantación del dique sienítico, que es interceptado por los otros. Se aprecia especialmente este fenómeno en el cruce con los diques extremos pues en la intersección con el central, la importante fracturación del material de ambos y la existencia de un mayor cúmulo de terreno derrubiado, no permite discriminar, en detalle, el proceso.

Es esta una nueva demostración de la precocidad de implantación del dique sienítico dentro de la

fracturación general tardihercínica. En efecto, tanto los diques de pórfido como los de cuarzo han intruido, en el área, durante un impreciso período posthercínico—a raíz de la orogenia hercínica—y se ha comprobado (CAPOTE, 1973) que los filones cuaríferos interrumpen a los de pórfido, es decir, éstos son más antiguos. Por un razonamiento similar con respecto a los diques sieníticos y porfídicos resulta la mayor antigüedad de aquél. En consecuencia, y mientras no pueda precisarse más sobre las distintas épocas de la fracturación tardihercínica del área, no parece aventurado admitir la pertenencia de la intrusión sienítica que es objeto de este trabajo a una etapa precoz de los reajustes posthercínicos.

ESTUDIO DE LAS MUESTRAS.

Se han estudiado unas cuantas muestras recogidas en distintos puntos del dique. Las conclusiones, según se detalla más adelante, son difíciles de establecer, especialmente en lo que se refiere al origen de la roca. Más aun si se tiene en cuenta la prácticamente inexistente bibliografía sobre materiales análogos al aquí estudiado, no sólo en áreas próximas a la de implantación del dique sino, de un modo general, en toda España. Incluso con la bibliografía extranjera tampoco se explica satisfactoriamente el proceso genético.

A efectos comparativos puede citarse el trabajo de UGIDOS (1973) sobre granitos rosa detectados en zonas limítrofes entre las provincias de Avila y Salamanca. Para este autor, apoyándose en datos de campo, petrológicos y geoquímicos, los mencionados granitos están ligados a fracturas precoces. Observa tránsitos muy graduales entre la roca que estudia y los granitos comunes de la zona. Asimismo aprecia deformaciones nítidas en las plagioclasas.

En nuestro caso, al microscopio se observa una roca de grano fino donde los relativamente raros cristales grandes están constituidos por feldespatos y biotita muy alterados. El color rojo-rosado se debe a finas partículas de óxido de hierro dispersas en toda la masa salvo en las plagioclasas. Se observa también una paragénesis antigua casi borrada, constituida por minerales accesorios: topacio, apatito, circón y cuarzo (?). Es posterior la aparición de los minerales esenciales: biotita y plagioclasas; al final cristalizó el feldespato potásico. Dentro del ciclo propiamente postmagmático se aprecia microclinización y, por último, un gran desarrollo de peque-

ños cristales de feldespatos alcalinos al tiempo que los feldespatos anteriores se seritizan profundamente y casi toda la biotita sufre fenómenos de cloritización o epidotización; apenas se ve cuarzo. En los bordes del dique el grano se hace más fino aun y el color ligeramente más verdoso. Aunque la alteración es muy intensa, no parecen evidenciarse deformaciones tan importantes como las descritas por UGIDOS en el trabajo citado. Tampoco, según antes ha quedado expuesto, puede haber duda del neto contacto entre la roca del dique y el granito encajante. Todo ello aleja nuestros resultados de los hasta ahora conocidos por otros estudios.

De los análisis de una muestra se han obtenido los datos que se indican en la tabla 1. Como puede apreciarse, la naturaleza de la roca es sienítica indudable y, por su carácter alcalino, es lógico el con-

SiO ₂	64,50	Zr	550
Al ₂ O ₃	15,20	Nb	80
Fe ₂ O ₃	3,26	Ga	20
CaO	1,05	Th	12
MgO	1,62	Sn	5
Na ₂ O	3,75	Pb	<10
K ₂ O	7,00	Ni	20
TiO ₂	0,62	Co	<10
P ₂ O ₅	0,15	Cu	<10
Volátiles	2,66	Zn	75
Total..	99,81	Y	28
		Sr	250
		Ba	710
		Rb	225
		Cs	20

TABLA 1

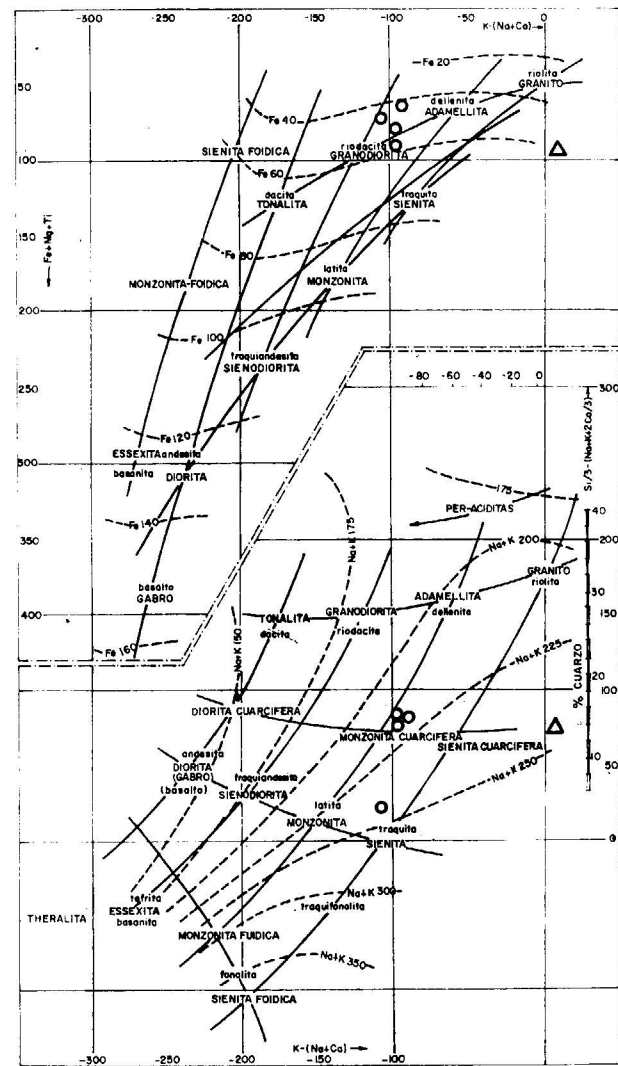
Composición química de la roca del dique. Oxidos en por ciento en peso. Elementos en parte por millón.

tenido relativamente alto de elementos trazas ácidos (POPOLITOV y KOVALENKO, 1973). Por el contrario son de destacar las proporciones evidentemente grandes de los elementos más básicos así como que los únicos de éstos que se presentan en cantidades notables—Ba, Sr, Rb y Cs—son los asociados químicamente con el potasio. En este último sentido apuntan también los numerosos minerales relictos que se aprecian en las muestras estudiadas. Es decir debe pensarse no en un magma sienítico juvenil sino en una roca primitiva de naturaleza granítica, la propia roca principal del batolito, que ha sufrido

(6) El profesor brasileño Dr. U. G. CORDANI, del Instituto de Geociencias e Astronomía de la Universidad de São Paulo, ha datado geocronológicamente la roca intruida a favor de la falla del Jerte y ha determinado una edad de 220 ± 13 millones de años. Se trata, pues, de una formación del Triásico medio inferior.

procesos de alcalinización y desilicificación acentuados.

Esta conclusión puede verse gráficamente en la lámina 4 donde se han indicado, en los diagramas de LA ROCHE (1964 y 1966), las posiciones de los granitos rosa—datos analíticos de UGIDOS en el trabajo citado—y de la roca aquí estudiada. En tales diagramas se utilizan tres parámetros: $Q[\text{Si}/3 - (\text{Na} + \text{K} + 2\text{Ca}/3)]$ es una medida de la sílice libre; $F[\text{K} - (\text{Na} + \text{Ca})]$ expresa la diferencia entre los contenidos de feldespatos potásicos y plagiocla-



LAMINA 4

Posición de las rocas del dique y de los granitos rosa en los diagramas químico-mineralógicos de La Roche.

○ Granito rosa ▲ Dique

sas; por último $B[\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti}]$ es proporcional al porcentaje de minerales ferromagnesianos. En mayúsculas se indican las posiciones medias de las rocas plutónicas y en minúsculas las de sus equivalentes volcánicas. Puede observarse como todas las muestras representadas se sitúan alrededor de términos sieníticos sin coincidir con ellos. Y como, en particular, la roca del dique—menos del 15 por 100 de cuarzo—queda en una línea que corresponde, esencialmente, a una potasificación de la sienita cuarcífera y de los granitos rosa.

En el mismo sentido es de interés considerar la presencia abundante de ytrio en la muestra analizada. Este hecho indica también, siguiendo a LAMBERT y HOLLAND (1974), la evolución del granito normal de la zona—con oligoclasa, o andesina, como mineral sodicocálcico principal—a una roca como la del dique. En efecto, los citados autores señalan que el ytrio—geoquímicamente afín al calcio—se concentra más en apatito, esfena, circón, hornblenda y en gran parte de los minerales de sodio y potasio que en plagioclasas o calcita. Por tanto, la evolución señalada debería dar—es así efectivamente—una proporción de ytrio mayor de la normal en la roca del dique, ya que ésta presenta cantidades más importantes de los minerales acumuladores indicados.

Por otra parte, los investigadores de la escuela rusa han considerado detalladamente las relaciones entre el quimismo y la acidez (MARAKUSHEV y TARARIN, 1965-IVANOV, 1970). A nuestro objeto se puede destacar que al ser la alcalinidad directamente proporcional a la actividad del potasio, la microclinización implica una acidez menor que la albitización, que corresponde a actividad del sodio. Y que, en medio alcalino, el carácter oxidante se acentúa de acuerdo con la relación $4(\text{OH}^-) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$; en tales condiciones los cationes menos ácidos son lixiviados de los minerales.

Todas estas manifestaciones de alcalinidad creciente y medio oxidante se observan en la mineralogía del dique. Así, la gran cantidad de hierro oxidado—color rojo a rosado—pero no lixiviado; la actividad de los iones alcalinos: pasó de biotita a clorita por aumento de los iones OH^- ; la acción intensa del potasio: microclinización; la ausencia de características mineralógicas típicas de incremento de acidez: actividad inapreciable del sodio, ni siquiera en pertitas; y, finalmente, el aumento de la materia volátil como consecuencia del agua implicada en el proceso.

Por tanto dada la intensa potasificación observada en nuestro caso, es explicable el incremento paralelo de los cationes de basicidad semejante o superior a la de este elemento. La concentración se produce en los minerales más tardíos. Se justifica también la presencia de epidotas que el calcio, liberado en la desestabilización de las plagioclasas, puede originar en aquellos puntos donde la concentración de hierro y aluminio sea suficiente: zonas alrededor de la biotita que, igualmente, se desestabiliza.

Concluyendo de todo lo anterior, puede afirmarse que el dique estudiado ha aparecido como consecuencia de una intrusión magmática emplazada a favor de una falla tardihercínica. Ahora bien el origen del magma corresponde a una actividad local e intensa del potasio sobre el granito regional. La causa de tal potasificación es ya más oscura: un descenso de presión—por fractura u otro medio—pudo provocar una emigración selectiva y localizada. La comprobación última de esta hipótesis requiere estudios más cuidadosos como son los de la tectónica del área, la cartografía detallada del dique y el muestreo sistemático de éste y del granito encajante. En el presente trabajo sólo se ha pretendido llamar la atención sobre las distintas posibilidades de investigación que existen. En consecuencia, las interpretaciones apuntadas deben, todavía, considerarse provisionales.

Por último, conviene resaltar que el mecanismo analizado implica procesos de gran interés en mineralogía—concentraciones en mineralizadores y elementos económicamente importantes—con la particularidad de la poca información que existe sobre ellos no sólo a nivel regional—manifestado en la escasa bibliografía—sino también a escala nacional. Las acumulaciones de estaño, berilo, etc. producidas por la evolución granítica están mal estudiadas, pero las originadas por tendencias sieníticas, en su sentido amplio, son una incógnita aun mayor.

CONCLUSIONES.

El dique de las Fuentes (7) es una formación intrusiva que se extiende, al menos, desde la Serrota hasta la vertiente norte de la Sierra de Avila. Más

(7) Empleamos esta denominación por ser la zona de las Fuentes—alto y navas—donde el filón presenta sus características morfológicas más destacadas.

al Sur no se ha podido comprobar su existencia (8) y al Norte parece desaparecer bajo los depósitos del Paleozoico de Muñico. Durante los, aproximadamente, veinte kilómetros de su recorrido presenta tres zonas de distintas características. En la Serrota y sus estribaciones, hasta el Terciario del Adaja, se muestra en isleos dispersos que mantienen la dirección general $\text{N}26^\circ\text{E}$, con variación hacia el Norte en el último tramo (9). El tránsito del valle Amblés debe suponerse, pues aunque quede cubierto por los depósitos postmesozoicos de área, aflora al Norte en correspondencia con el tramo meridional. En la sierra de Avila se muestra plenamente y se prolonga, casi de un modo ininterrumpido, hasta la formación metamórfica de Muñico, donde deja de apreciarse. En esta última parte inicia el recorrido con rumbo $\text{N}15^\circ\text{E}$, vira después al Este tomando de nuevo la dirección de la primera zona y, por último, enfila al Norte hasta su desaparición.

El rumbo medio del dique coincide sensiblemente con la orientación de las fracturas NNE que se aprecian en toda la zona. Sólo difiere de esta tendencia la última parte del recorrido en que la dirección es claramente N-S.

El estudio de las muestras del dique no ha permitido concluir de un modo absoluto el proceso genético global. Parece, eso sí, comprobada la procedencia del magma original a partir de una actividad importante y localizada del potasio sobre el granito regional y también la existencia de una evidente intrusión magmática a favor de una fractura tardihercínica. Lo que no ha podido quedar totalmente definido es la causa de la potasificación del magma. La bibliografía existente no permite avanzar en este sentido. En consecuencia, serán necesarios más amplios estudios de campo y laboratorio—tectónicos, cartográficos, geoquímicos—para llegar a una conclusión definitiva.

En cuanto a la edad de la intrusión sienítica pueden fijarse los límites anteriores y posterior.

Es evidente que el filón ha aprovechado una de las fracturas de la serie NNE, que se han desarrolla-

(8) VIDAL BOX (1934) cita un afloramiento de sienita en la peña del Maragato, al Sur del puerto de Menga, en las proximidades de la carretera de Avila a Barco de Avila. Por su posición no parece estar en relación directa con el dique aquí estudiado.

(9) En las laderas de la Serrota, hacia Pradosegar, y también en la cuerda, cerca del puerto de Villatoro, se han detectado otras motas de "piedra roja" de material similar al del dique.

do en los granitos del área estudiada. La intrusión de éstos se ha datado como Estefaniense con posible prolongación durante el Pérmico. Es, pues, el Carbonífero más alto límite inferior para la implantación del dique.

En relación con el batolito existen una serie de fracturas, indudablemente tardihercínicas que, en algunos casos, han podido ser reactivadas por la orogenia alpina, si bien parece que durante ésta las acciones predominantes han sido sobre la vertical. De entre las direcciones del reajuste tardihercínico destacan las ocupadas por diques de cuarzo y pórfidos así como la que determina la gran falla del Jerte. Algún autor ha apuntado también la existencia de un giro dentro de la misma amplia época que, en sentido antihorario, desplaza las formaciones del Norte del Adaja.

El dique sienítico queda interrumpido y trasladado por el de Plasencia, al NE de Amavida, y por tres filones porfídicos al Este de Ortigosa de Rioalmar. Es decir, su implantación es anterior a la de éstos. Ahora bien, la diabasa del Jerte está datada como del Triásico medio, lo que marca un límite superior para la edad de la intrusión que estudiamos. Por otra parte, en Sanchorreja, se aprecia la acción de la falla de Plasencia sobre los diques porfídicos mencionados, en el sentido de interrumpirlos. Este factor limita aún más la edad del filón sienítico que, como se ha dicho, queda interceptado por la serie porfídica. No se conoce la datación exacta de esta serie que, en cualquier caso, es tardihercínica.

Hay que tener en cuenta además el desplazamiento que, en el dique sienítico, se aprecia al Norte de Navallanos. En este caso el giro apreciado es sinistral y, en consecuencia, coincide con el general apuntado para la sierra de Avila, de edad también hercínica tardía.

Todo ello parece avalar una cierta precocidad, dentro de la fase general de reajuste tardihercínico de la zona—en clara relación con la intrusión del batolito granítico—para la formación que es objeto del presente trabajo.

Es de destacar, por otra parte, que los desplazamientos producidos en el dique sienítico por las fracturas satélites de la gran falla de Plasencia no presentan el sentido antihorario que se admite como general para los movimientos producidos por la falla del Jerte en las estructuras sobre las que actúa. Dado que parecen evidentes las causas del movi-

miento indicado, estimamos que deberían comprobarse las conclusiones, hasta ahora aceptadas, sobre los efectos de la gran fractura que cruza la Península desde el Alentejo hasta, por lo menos, la sierra de Avila.

En resumen, el dique de las Fuentes parece corresponder a una formación intrusiva de tendencia sienítica que, durante los primeros tiempos del reajuste tardihercínico—del Estefaniense al Pérmico—se ha emplazado a favor de una fractura de la serie N-NE que afecta a los granitos y granodioritas de la Serrota y de la sierra de Avila.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, A. y JIMÉNEZ, E.: *Mapa Geológico de España*. E: 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja núm. 44. Avila. "IG.M.E. Madrid, 1972.
- CAPOTE, R.: *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del norte de la provincia de Avila*. "Bol. Geol. y Min.". T. LXXXIV-VI. Madrid, 1973.
- CAPOTE, R. y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Esquistosidad y tectónica superpuesta en el Paleozoico inferior del afloramiento metamórfico de Muñico (prov. de Avila)*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)". T. 69. Madrid, 1971
- CAPOTE, R. y VEGAS, R.: *El Paleozoico de los alrededores de Avila*. "Est. Geol.". Vol. XXIV. Madrid, 1968.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, LUIS C. y CARNICERO, A.: *El extremo noroeste del gran dique del Alentejo-Plasencia*. "Studia Geológica". T. VI. Salamanca, 1973.
- IVANOV, V. S.: *Composición of biotite in granitoids as influenced by temperature and chemical activity of potassium*. "Intern. Geol. Rev.", T. 13, págs. 649-657. 1970.
- LAMBERT, R. ST. J. and HOLLAND, J. G.: *Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks*. "Geochim. Cosmochim. Acta". T. 38, págs. 1393-1414, 1974.
- LA ROCHE, H. DE: *Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique des massifs granitiques et granodioritiques. Application aux Vosges cristallines*. "Sciences de la Terre". T. IX, págs. 293-337. Nancy, 1964.

- LA ROCHE, H. DE: *Sur l'usage du concept d'association minérale dans l'étude chimique des roches: modèles chimiques statistiques, représentations graphiques, classification chimico-minéralogique*. "C. R. Acad. Sc.", 262, Sér. D., págs. 1665-1668, París, 1966.
- MADOZ, P.: *Diccionario geográfico—estadístico—histórico de España y de sus posesiones de Ultramar*. Madrid, 1845-1850.
- MARAKUSHEV, A. A. and TARARIN, I. A.: *Mineralogical criteria of granitoid alkalinity*: "AN-SSSR Izvestiya", ser. geol., núm. 3. 1965.
- MARTÍN DONAYRE, F.: *Descripción física y geológica de la provincia de Avila*. "Mem. Com. Mapa Geol. de España". T. 7. Madrid, 1879.

POPOLITOV, E. I. and KOVALENKO, V. I.: *On the influence of the melt composition on the behavior of rare elements*. "Geochem. Internat", 10, págs. 240-248. 1973.

PRADO, C. DEL: *Reseñas geológicas de la provincia de Avila y de la parte occidental de la de León*. "Mem. Com. Mapa Geol. de España". Madrid, 1862.

UGIDOS, J. M.: *Estudio petrológico del área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres)*. "Tesis Univ. de Salamanca". 1973.

VIDAL BOX, C.: *Formación sienítica del puerto de la cueva del Maragato*. "Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.". T. 34. Madrid, 1934.

Recibido: Noviembre 1974.

Sur quelques Nérinées du Malm et du Néocomien de Cazorla province de Jaen, Espagne méridionale (zone prébétique)

Por ALAIN FOUCAULT, HENRI y GENEVIEVE TERMIER

RESUMEN

Las calizas del Malm y del Neocomiense de la Sierra de Cazorla son ricas en faunas propias de plataforma marina, especialmente en Nerineas. Las abundantes recolecciones que han sido efectuadas en dichas calizas han suministrado: *Nerinea turbinata* SHARPE en el Kimmeridgense superior (?) Portlandense; *Nerinea nodosa* VOLTZ en el Portlandense (?), Berriasense-Valanginense inferior y Valanginense superior (?); *Nerinea cazorensis* nov. sp. en el Berriasense-Valanginense inferior. En esta última especie han sido distinguidas tres formas (A, B y C).

RESUME

Les calcaires du Malm et du Néocomien de la Sierra de Cazorla sont riches en faunes de plate-forme marine, notamment en Nérinées. Les abondantes récoltes qui ont été effectuées ont livré: *Nerinea turbinata* SHARPE dans le Kimmeridgien supérieur (?)Portlandien; *Nerinea nodosa* VOLTZ dans le Portlandien (?), le Berriasien-Valanginien inférieur et le Valanginien supérieur (?); *Nerinea cazorensis* nov. sp. dans le Berriasien-Valanginien inférieur. Dans cette dernière espèce, trois formes (A, B et C) sont distinguées.

I. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET SITUATION STRATIGRAPHIQUE, par Alain Foucault.

Le Midi de l'Espagne est occupé par une chaîne montagneuse dont la genèse est rapportée au cycle alpin: les Cordillères bétiques.

On y distingue des zones internes et des zones externes (fig. 1,E). Ces dernières, situées les plus au N., comprennent deux domaines.

Au S, c'est le Subbétique, composé de terrains secondaires et tertiaires dans l'ensemble de faciès pélagique. Il est modérément charrié du S vers le N.

Au N, le Prébétique est partiellement recouvert sur son bord méridional par le domaine précédent. Il est essentiellement formé de terrains néritiques, également secondaires et tertiaires représentant la bordure épicontinentale de la Meseta ibérique, cette dernière ayant constitué une zone le plus souvent émergée au cours de l'histoire post-hercynienne.

C'est au Prébétique que se rattachent les régions envisagées dans cet article.

A l'E de Cazorla (fig. 1, A), un premier chaînon s'allonge du NNE au SSW. C'est la Sierra de Cazorla proprement dite.

On y rencontre, sur un Trias à faciès germanique, des dolomies et des calcaires (Lias et peut-être Dogger) puis des marno-calcaires (Oxfordien supérieur et Kimmeridgien). Le Portlandien ne semble pas exister dans ce territoire. Le Néocomien est représenté, en partie, par des marnes à pisolithes ferrugineux d'allure continentale (Berriasien?). Ces dernières sont surmontées par des calcaires et des dolomies à Orbitolines (Aptien-Albien) puis par des calcaires et des marnes du Miocène.

A l'E du Haut-Guadalquivir et parallèlement à la montagne précédente, s'allonge la Sierra del Pozo. On y constate l'apparition, au milieu d'une série par ailleurs proche de celle de la Sierra de Cazorla, de termes marins d'âge portlandien à valanginien.

Ces formations composées surtout de calcaires lités alternant avec des marnes, sont d'abord minces, en bordure orientale de la Sierra de Cazorla, puis s'épaississent considérablement et rapidement en allant vers l'E.

D'une manière générale et schématique, on peut dire qu'on observe la succession suivante:

1. Calcaires lités blancs à *Anchispirocyclus lusitanica* (Kimmeridgien supérieur ? et Portlandien).
2. Calcaires lités marneux à *A. lusitanica* et *Clypeina jurassica* puis *C. jurassica* seule. Portlandien probable.)

3. Calcaires lités marneux à *Ampullina* (= *Natica*) *leviathan* (Berriasien et Valanginien inférieur ?).
4. Calcaires lités gréseux à Trocholines (Berriasien ? et Valanginien inférieur).

5. Neveux sableux et gréseux à Polypiers (Valanginien — supérieur ? —).

6. Marnes sableuses jaunâtres à Ammonites dont des *Neocomites* et des *Olcostephanus* (Valanginien supérieur).

Les Nérinées étudiées ici ont été surtout recueillies dans les couches 3 et 4. Une seule récolte provient des couches 1 ou 2.

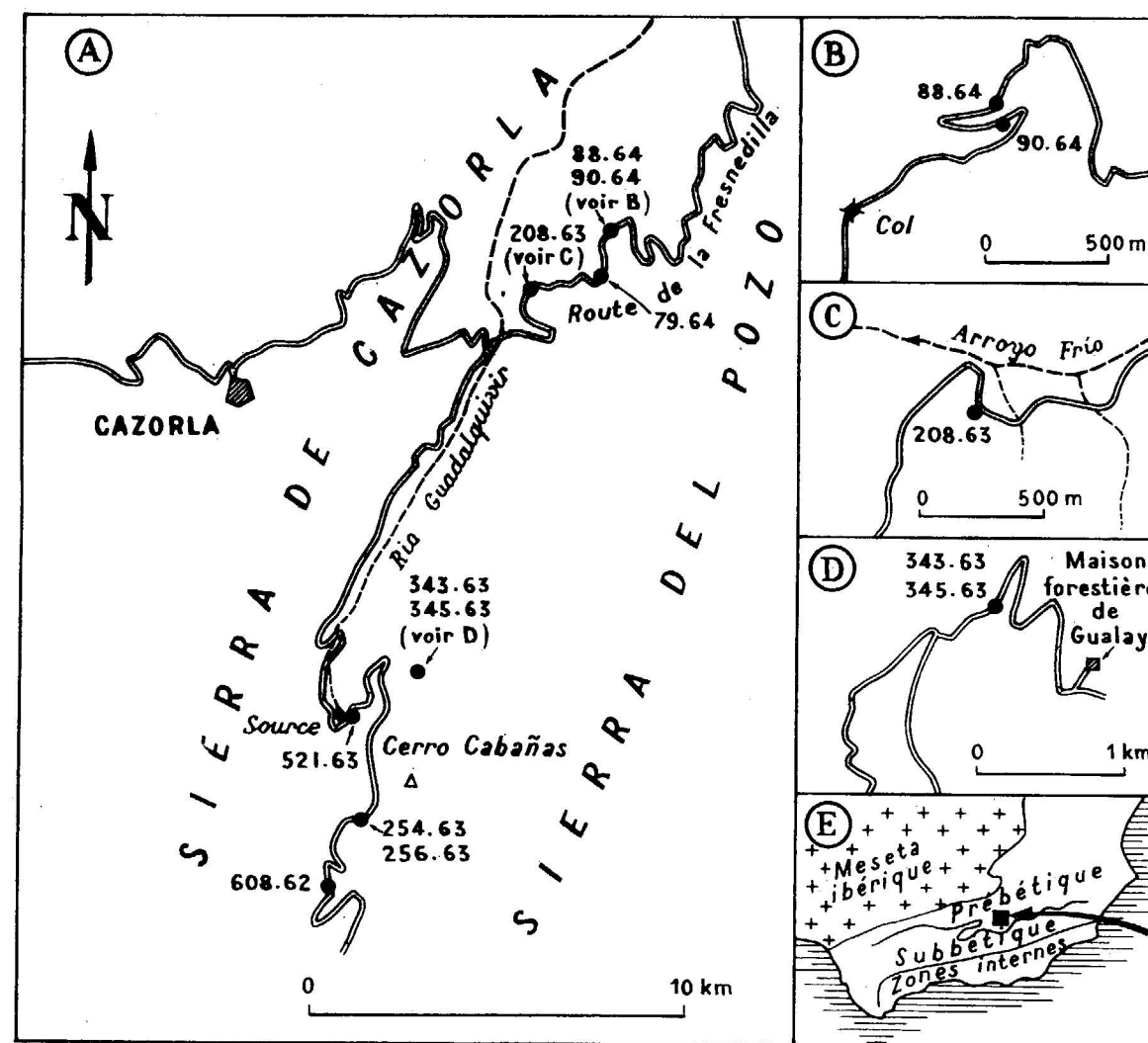


Figure 1
Localisation des gisements de Nérinées du Prébétique de Cazorla.
A: Schéma général de l'emplacement des gisements;
B, C et D: Détail de la situation de certains d'entre eux;
E: Emplacement de la région étudiée en Espagne méridionale (rectangle désigné par une flèche).

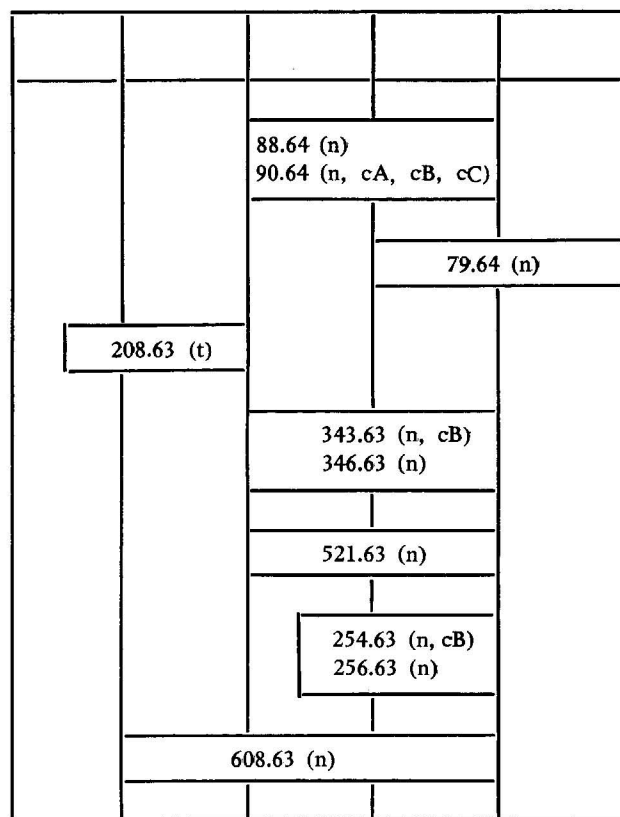
Description des affleurements. (du N au S, voir la fig. 1).

1.°) Route de La Fresnedilla.

Une route forestière venant de Cazorla et se dirigeant vers la maison forestière dite de La Fresnedilla, permet de traverser les couches marines du Malm supérieur-Crétacé basal. A 10 km à l'ENE de Cazorla, elles ont livré entre autres d'assez nombreuses Nérinées.

Núm. 88.64 (*Nerinea nodosa*) et 90.64 (*N. nodosa* et *N. cazorlensis* formes A, B et C). (fig. 1, B).

Ces deux gisements se trouvent au sein de couches de calcarénites litées, souvent gréseuses, où j'ai trouvé un exemplaire d'*Ampullina leviathan*.



TABLEAU

Répartition stratigraphique des gisements de Nérinées du Prébétique de Cazorla.

Les gisements indiqués dans les rectangles ont un âge compris dans les limites de ces rectangles et non une durée égale à l'extension de ceux-ci. Exemple: 88.64: Berriasien ou Valanginien inférieur.

n.: *Nerinea nodosa*.

cA, cB, cC: *Nerinea cazorlensis* respectivement forme A, B ou C; t.: *Nerinea turbinata*.

Le banc situé au-dessus de 88.64 a montré, en lame mince, *Pseudocyclamina lituus*. Juste au-dessus, on observe des restes de sables jaunes qui sont peut-être à rapporter au Valanginien supérieur.

L'ensemble de ces arguments m'amène à donner à ces gisements un âge berriasien-valanginien inférieur.

Núm. 79.64 (*Nerinea nodosa*) (Voir A. Foucault 1971, fig. 66).

Ces gisements se trouvent à 50 m au SW du point où la route de La Fresnedilla traverse l'Arroyo Frio.

Il est superposé à des bancs de calcarénites à *Trocholina* et *Actinoporella*, souvent grossièrement gréseuses, et il est surmonté par des grès calcaires et des sables blancs à Huîtres et Polypiers.

Pour ces couches, j'admets un âge Valanginien.

N° 208.63 (*Nerinea turbinata*) (fig. 1, B).

Ce gisement est situé un peu au SW du précédent et se trouve au sein d'une série de calcarénites litées et, localement, dolomitiques.

Son âge, mal précisé, est sans doute plus ancien que celui du gisement précédent (Kimméridgien supérieur ? ou Portlandien).

2.°) Région des sources du Guadalquivir.

N° 343.63 (*Nerinea nodosa* et *N. cazorlensis* forme B), et n° 345.63 (*N. nodosa*) (fig. 1, D et A. Foucault, 1971, fig. 69).

De la route forestière allant de Cazorla à Pozo-Alcón par la source principale du Guadalquivir, part, à 2 km au NE de cette dernière, un petit chemin forestier débouchant sur la maison forestière de Gualay. A 200 m au S-10° W du col que franchit ce chemin, des couches de calcarénites blanches plongeant à 20° environ vers l'E m'ont livré de très nombreuses Nérinées à deux niveaux, distants de quelques mètres.

Entre ces niveaux, une barre calcaire m'a montré, en lame mince, des *Pseudocyclamina lituus* associées à des Dasycladacées et à des Trocholines.

A 10 m sous cette barre, c'est à dire dans une position nettement inférieure par rapport aux Nérinées, un banc de micrite à Dasycladacées m'a fourni plusieurs exemplaires d'*Ampullina leviathan* de grandes dimensions. A 6 m sous ce banc, on observe des intrasparites à très abondante Trocholines.

Ces gisements peuvent être rapportés au Berriasien-Valanginien probablement inférieur ?.

N° 521.63 (*Nerinea nodosa*). (A. Foucault, 1971, fig. 17.)

Tout près de la principale source du Guadalquivir, sur le franc oriental d'un vaste synclinal à coeur de Miocène (synclinal de la Cañada de las Fuentes) des calcaires lités m'ont fourni des Nérinées.

Ces couches, épaisses au total d'une trentaine de mètres, sont superposées à des marnes à pisolithes ferrugineux, reportées au Berriasien, et recouvertes par des calcaires et des dolomies de l'Aptien-Albien.

L'âge de ce gisement me paraît être Berriasien-Valanginien inférieur.

3.°) Région du Cabañas.

N° 254.63 (*Nerinea nodosa*, *N. cazorlensis* forme B) et 256.63 (*N. nodosa*) Foucault, 1971, fig. 18.

Le pied occidental du sommet le plus élevé de ces montagnes (Cerro Cabañas) montre une bonne coupe des couches calcaires du Portlandien-Valanginien; particulièrement bien exposées sur la route forestière qui mène à Pozo-Alcón.

Les couches les plus basses qu'on puisse voir, dans le tournant de la route situé à 1.200 m à l'W du Cabañas, sont constituées par des calcaires blancs lités à *Anchispirocyclina lusitanica* (Kimméridgien supérieur ?-Portlandien).

Plus haut, le long de la route, viennent des calcarénites litées, bleuâtres, marneuses, avec de rares passées gréseuses et quelques Nérinées que je n'ai pas récoltées. Cette série, épaisse de 250 m environ, est coupée, à peu près à 200 m de sa base, par un banc à oolithes ferrugineuses montrant une sédimentation entrecroisée. Ce banc marque approximativement la limite inférieure du Crétacé. Une *Ampullina leviathan* a été trouvée 15 m plus haut.

Viennent ensuite des séries grossièrement gréseuses, parfois à rares galets de quartzite renfermant des *Trocholina alpina*. Ce sont ces bancs qui m'ont livré d'abondantes Nérinées, à 12 m au-dessus de leur base (n° 254.63) et 4 m plus haut (n° 256.63).

Ces calcarénites gréseuses sont surmontées par des séries marno-calcaires et dolomitique à *Pianella dinarica* (Aptien) puis à Orbitolines (Aptien-Albien).

N° 689.62 (*Nerinea nodosa*).

On retrouve les calcaires blancs de la base de la coupe précédente sur la même route, à 2 km au S-10°W.

A l'endroit où la route les effleure, ils sont très lapiazés et, à 60 m au S d'une doline située sur le bord même de la route, au-dessus d'un banc à dragées de quartz, j'ai ramassé de nombreuses Nérinées.

Faute d'une stratigraphie de détail, je ne puis dire si ce gisement est d'âge portlandien, berriasien ou valanginien, cette dernière hypothèse étant cependant la plus probable.

En résumé, (voir tableau), les Nérinées de la Sierra del Pozo ont été trouvées dans les niveaux suivants:

Nerinea turbinata: Kimméridgien supérieur ?-Portlandien.

Nerinea nodosa: Portlandien ?, Berriasien-Valanginien inférieur, Valanginien supérieur ?

Nerinea cazorlensis (formes A, B et c): Berriasien-Valanginien inférieur.

DESCRIPTION DES NERINEES, par Henri Termier et Geneviève Termier.

Les Nérinées signalées plus haut se répartissent entre trois types principaux qui peuvent être caractérisés tout d'abord par le nombre et la disposition des plis internes: *Nerinea turbinata* à deux plis (qui est franchement jurassique); *Nerinea nodosa* à quatre plis, et un faisceau de plusieurs formes à trois plis que nous réunissons dans le groupe de *Nerinea cazorlensis*, ensemble s'enracinant nettement parmi les formes du Jurassique et ne présentant guère d'affinités avec les espèces du Crétacé.

Nerinea (Cossmanna) turbinata (Sharpe) (grade 3 a; pl. 1, fig. 1 et 2).

Signalée pour la première fois dans la série "sub-crétacée" du Portugal, à 3 miles au SW d'Alenquer et entre Torres Vedras et Sobral (*Nerinea (Trochalia) turbinata* Sharpe, 1849, p. 113, pl. XII fig. 2 a, b), la position stratigraphique de cette espèce est en réalité le Kimméridgien supérieur. Elle est très bien caractérisée par la forme de sa section qui, ne portant que deux plis (un labial et un columellaire), se classe donc dans le grade 3 a. A celui-ci appartient le groupe de *Nerinea desvoidyi* d'Orbigny, largement représenté dans le Jurassique supérieur de l'Europe occidentale et du Liban. A ce groupe, Pcelincev (1927) a donné le nom de *Cossmanna*. Chez *N. turbinata*, les tours sont concaves et il existe un ombilic dont le diamètre est à peu près

égal à la largeur du tour. Ce dernier caractère distingue cette espèce de *N. desvoidyi*. L'étude en plaque mince des exemplaires de la Sierra de Cazorla montre qu'un processus d'épaississement par couches successives, interveni à la lumière du tour pendant la vie de l'animal, a eu pour effet de modifier la forme de plis en accentuant considérablement leur caractère saillant et même aigu.

Nerinea (Eunerinea) cazorlensis nov sp, (grade 4; pl. I, fig. 3 a 5, pl. II, fig. 1).

Derivatio nominis: de la Sierra de Cazorla.

Le principal contingent de Nérinées de la région des sources du Guadalquivir compose une sorte de groupe mutant, où les caractères internes et externes ne permettraient pas de distinguer de vraies espèces, sauf en ce qui concerne les individus extrêmes. Deux des trois formes que nous y avons reconnues présentent des caractères en commun avec *Nerinea trinodosa*, qui semble elle-même comporter des mutants.

Nerinea trinodosa Voltz, décrite en 1836 (Voltz, p. 540, 562, fig. 10) dans le calcaire portlandien du Doubs, a été choisie pour du genre *Acrostylus* par Cossman (1896) et décrite à nouveau par cet auteur en 1898 (p. 62, pl. V, fig. 7-8, pl. XIII, fig. 11).

Ce genre est caractérisé par le dimorphisme de la coquille, à pointe étroite puis s'élargissant brusquement avant de devenir symétrique. Ce dimorphisme n'apparaît pas dans la figuration de Voltz. L'ornementation spécifique compte trois rangs de nodules à chaque tour. Les tours sont élevés et portent trois plis internes: un labial, un columellaire, un pariétal.

Nerinea (Eunerinea) cazorlensis, forme A. (Pl. I, fig. 3). Cette forme est considérée comme le type de l'espèce.

Un fragment d'assez grande taille (diamètre: 23,6 mm), provenant du point 90-64, présente des caractères très voisins. Il s'agit de trois tours seulement d'une Nérinée cylindrique, le dernier de ces tours paraissant même avoir un diamètre un peu plus faible que les autres. Les sutures sont profondément canaliculées entre des flancs pratiquement plats qui, en surface, offrent une ornementation assez effacée dans laquelle on devine cependant trois rangs de nodules émoussés. La section du tour est très élevée, avec un pli columellaire faible, un pli labial large et saillant, et un pli pariétal que la plaque mince montre s'être déplacé et avoir changé de forme au cours de la croissance. Il y a un ombilic

étroit, peu visible à l'extérieur, sur la base, près de la columelle.

Nerinea (Eunerinea) cazorlensis, forme B. (Pl. I, fig. 4).

Au point 90-64 se recontre une forme très voisine mais distincte par de légers détails de l'ornementation interne et externe. En ce qui concerne la coupe du tour, le pli columellaire est faible, du même type que celui de *N. trinodosa*; le pli pariétal a une section arquée comme celui de la forme C; quant au pli labial, il est aussi fort mais sa coupe forme un pic aigu et symétrique. Pour ce qui concerne l'ornementation externe, un petit exemplaire, dont le test est partiellement intact, présente un dernier tour (diamètre: 2,08 mm) à flancs presque plans, portant trois cordons rendus noduleux par des faisceaux de stries d'accroissement. On est à très près du type ornemental de *N. trinodosa*, encore que les sutures ne soient pas canaliculées. D'autres spécimens du même gisement ont une ornementation moins typique parce que, des trois cordons ornementaux, le cordon médian devient plus faible, ce qui entraîne l'excavation des tours.

Nerinea (Eunerinea) cazorlensis, forme C. (Pl. I, fig. 5).

Nous distinguons cette espèce dont le tour offre une coupe assez proche de celle de *N. trinodosa*, avec cependant les différences suivantes: le pli columellaire est beaucoup plus saillant et le pli pariétal présente une section bien mieux définie, arquée en crochet vers l'extérieur. Le pli labial est sensiblement identique, c'est-à-dire large et saillant mais arrondi, dans les deux espèces. L'ombilic est étroit, invisible extérieurement.

En ce qui concerne les caractères externes; c'est-à-dire la forme et l'ornementation des tours, ils se montrent assez variables. Ils sont normalement à peu près plans, cependant légèrement excavés au milieu, avec un bourrelet plus saillant près de chaque suture. Le creusement médian peut s'accroître sur certains individus. Il s'agit donc d'une forme variable extérieurement mais dont l'ornementation interne reste constante.

Par sa section, cette variété est voisine de *Cossmanea (Eunerinea) hicoriensis* (Cragin, 1893, p. 225, pl. 42, fig. 6) de la formation de Travis Peak au Texas et de la formation de San Juan Raya (Aptien) du Mexique (Prueba) (de Cserna, 1956, p. 38, pl. VI, fig. 7).



PLANCHE I

1-2: *Nerinea (Cossmanea) turbinata* Sharpe. Sections longitudinales en plaque mince de 2 individus provenant du point 608-63.

fig. 1 $\times 3,5$; fig. 2 $\times 5$.

Remarquer sur les deux figures la largeur de l'ombilic (vide central); sur la fig. 1, les stries marquant les stades d'épaississement de la couche interne des tours et la forme successive des plis

3: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme A. Point 90-64 $\times 3,2$. Section longitudinale en plaque mince montrant le mode d'accroissement des plis internes, en particulier le pli pariétal. Holotype de l'espèce.

4: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme B. Point 90-64 $\times 1$. Section longitudinale en polissage.

5: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme C. Point 254-63 $\times 3,8$. Section longitudinale en plaque mince montrant les trois plis particulièrement aigus.



PLANCHE I

1-2: *Nerinea (Cossmannea) turbinata* Sharpe. Sections longitudinales en plaque mince de 2 individus provenant du point 608-63.

fig. 1 $\times 3,5$; fig. 2 $\times 5$.

Remarquer sur les deux figures la largeur de l'ombilic (vide central); sur la fig. 1, les stries marquant les stades d'épaissement de la couche interne des tours et la forme successive des plis

- 3: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme A. Point 90-64 $\times 3,2$. Section longitudinale en plaque, mince montrant le mode d'accroissement des plis internes, en particulier le pli pariétal. Holotype de l'espèce.
- 4: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme B. Point 90-64 $\times 1$. Section longitudinale en polissage.
- 5: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme C. Point 254-63 $\times 3,8$ Section longitudinale en plaque mince montrant les trois plis particulièrement aigus.

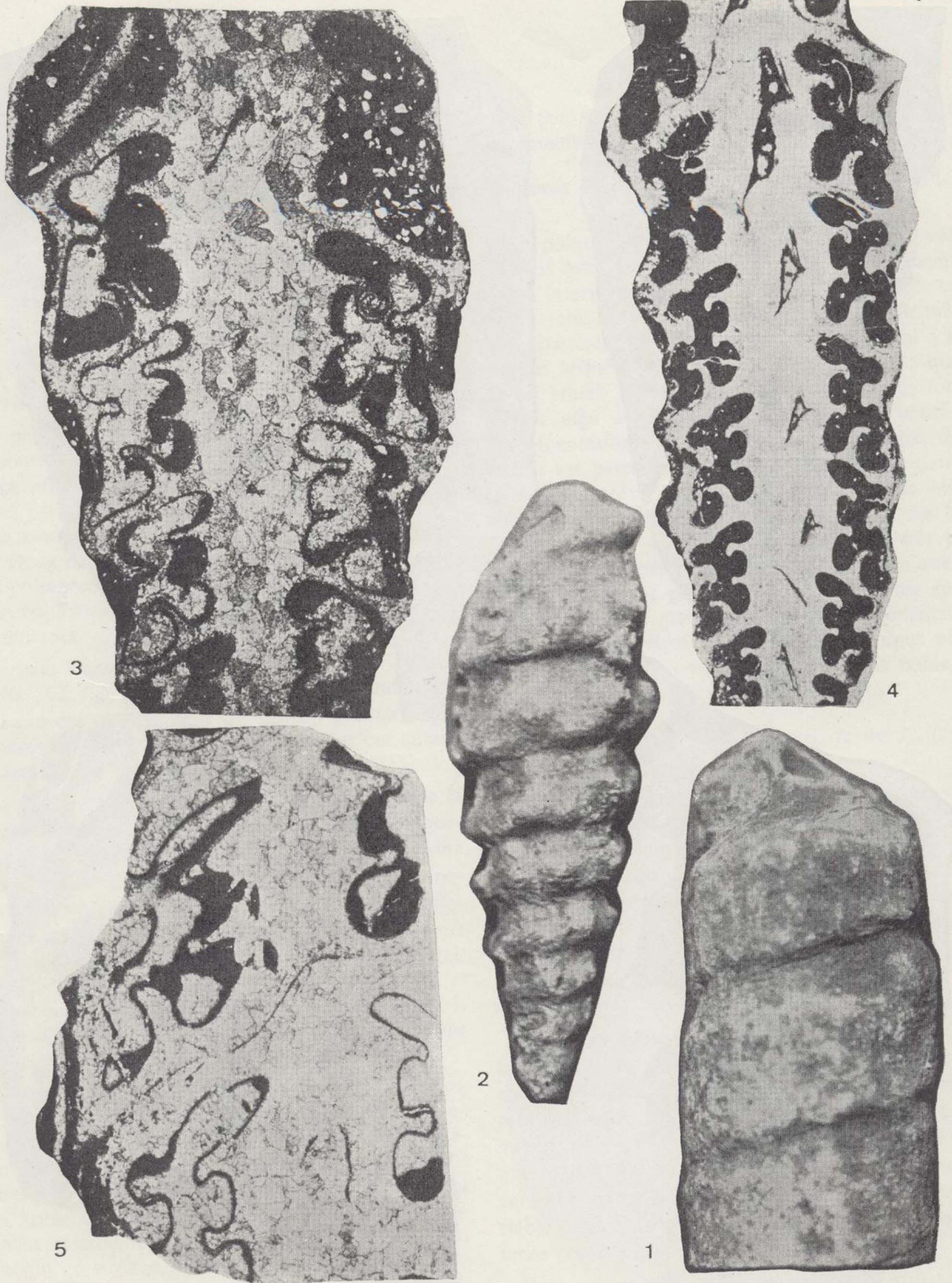


PLANCHE II

- 1: *Nerinea (Eunerinea) cazorlensis* nov sp., forme A. Point 90 \times 1,7.
Même individu que pl. I, fig. 3. Holotype de l'espèce.
Aspect extérieur des tours montrant les sutures canaliculées et les tubercules très usés.
- 2-5: *Nerinea (Ptygmatis) nodosa* Voltz.
2-Aspect extérieur montrant l'ornementation de forts tubercules. Point 608-62 \times 2 env.
3-5-Sections longitudinales en plaque mince montrant la disposition des plis.
3: Point 608-63 \times 5.
4: Point 608-62 \times 3,6.
5: Point 88-64 \times 3,9.

Nerinea (Ptygmatis) nodosa (Voltz) (grade 6; pl. II, fig. 2 a 5).

Cette espèce a été décrite en 1836 (Voltz, p. 542 561, pl. VI, fig. 9) dans le Corallien de la Meuse. Cossmann (1898, p. 69, pl. VI, fig. 6-8) l'a restreinte au Rauracien (Osfordien supérieur) de France, de Suisse, du Hanovre et du Frioul, et la réfère à son genre *Ptygmatis*. En fait, on la cite aussi dans le Kimméridgien et le Portlandien. Elle est fréquente aux points 608-62 79-64, 254-63. Les tours, élevés, portant deux plis columellaires subégaux, non aigus; un grand pli pariétal à section arquée et aigüe; un pli labial très large, subquadrangulaire et saillant; un petit pli au-dessous de lui qui limite la gouttière pariétale; enfin un petit pli qui indente le plafond. La sculpture externe des tours présente une partie antérieure lisse et haute, ornée d'un filet longitudinal et de côtes transversales assez effacées, ensuite un bourrelet situé juste au-dessus de la suture postérieure portant des nodules individualisés dès le jeune âge.

COSSMANN, M.: *Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassique, Nérinées*. "Mém. Soc. Géol. France", 19 (1898).

COX, L. R.: *On the genotype of Nerinea; with a new subgeneric name Eunerinea*. "Proc. Malac. Soc.", 27, 6, pp. 248-250 (1949).

CSERNA, GL. AL. DE: *Pelecípodos y Gasterópodos del Cretácico inferior de la región de San Juan Raya - Zapotitlan, estado de Puebla* "Pal. Mexicana", 2. Univer. Mexico (1956).

DELPEY, G.: *Les Gastéropodes mésozoïques de la région libanaise*. "Notes et Mém. Ht. Comm. Syr. et Liban", III, pp. 5-324 (1939).

PCELINCEV: *Trav. Soc. Nat. Leningrad*, 57, 4, pp. 3-20 (1927).

FOUCAULT, A.: *Etude géologique des environs des sources du Guadalquivir*, "Thèse Sci. Paris", 2. vol. ronéot., n.º C.N.R.S., A.O. 6343 (1971).

SHARPE, D.: *Remarks on the genus Nerinea, with an account of the species found in Portugal*. "Q. J. Geol. Soc. London", VI, 1, pp. 102-115 (1849).

VOLTZ: *Ueber das fossile genus Nerinea*. "Jahrgang Strasburger Inst.", III, pp. 538-566 (1835).

BIBLIOGRAPHIE

COSSMANN, M.: *Essais de Paléoconchologie comparée*, II. (1896).

Recibido: Octubre 1974.

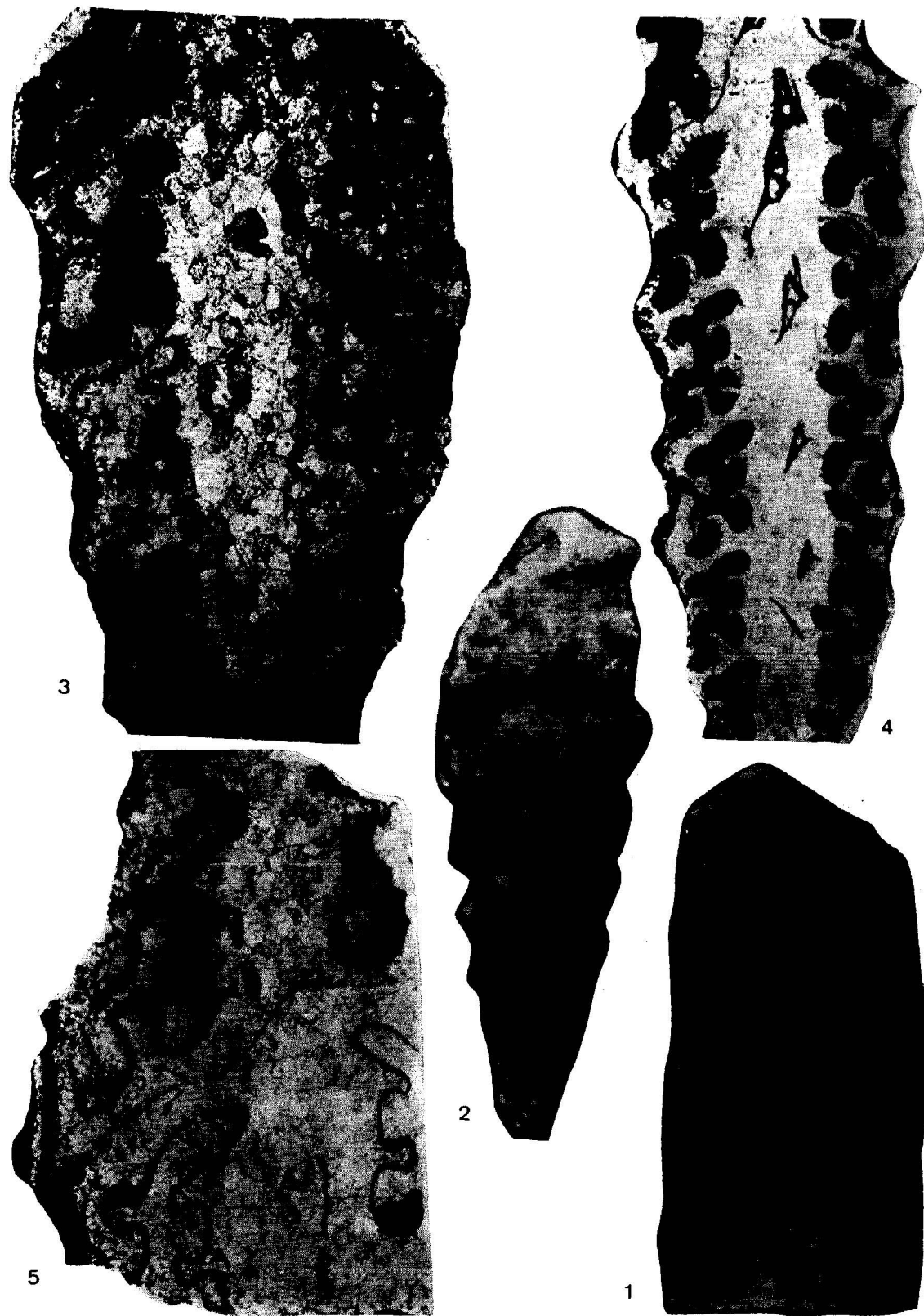


PLANCHE II

- 1: *Nerinea (Eunerinea) cazoriensis* nov sp., forme A. Point 90 × 1,7.
Même individu que pl. I, fig. 3. Holotype de l'espèce.
Aspect extérieur des tours montrant les sutures canaliculées et les tubercules très usés.
- 2-5: *Nerinea (Ptygmatis) nodosa* Voltz.
2-Aspect extérieur montrant l'ornementation de forts tubercules. Point 608-62 × 2 env.
3-5-Sections longitudinales en plaque mince montrant la disposition des plis.
3: Point 608-63 × 5.
4: Point 608-62 × 3,6.
5: Point 88-64 × 3,9.

El Cretácico superior del Picofrentes (Soria), Cadenas Celtibéricas (España)**

Por J. WIEDMANN (*)

RESUMEN

Esta publicación contiene una redescrición de la localidad famosa del Picofrentes, cercanías de Soria, Cadenas Celtibéricas. Aquí no solamente hay los mejores afloramientos del Cretácico superior, pero también los más fosilíferos. Así se puede precisar la datación de todos los pisos del Cretácico superior, añadiendo una biozonación detallada del Turonense inferior. Siguen unas consideraciones generales sobre la importancia cronográfica, paleogeográfica y sedimentológica del corte del Picofrentes.

ABSTRACT

This paper —published *in memoriam* of don Clemente Sáenz García— gives a redescription of the famous locality of the Picofrentes, near Soria, Celtiberic Ranges. Here, the complete Upper Cretaceous sequence is not only well exposed, but moreover extremely fossiliferous. This actually permits recognition of all Upper Cretaceous stages as well as a subtle subdivision of the Lower Turonian. The stratigraphic, paleogeographic and sedimentological importance of the Picofrentes section is discussed as well.

¿Con qué puede contribuir un paleontólogo y estratígrafo en un tomo a la memoria de don CLEMENTE SÁENZ GARCÍA? Siéntome Medio-Soriano —como el fallecido, a quien están dedicadas estas líneas— se pone como tema el corte Cretácico del peñón que da carácter a Soria, el Picofrentes (figuras 1, 4). A este don CLEMENTE SÁENZ dedicó un estudio ejemplar (1954, 1955), en el que demostró una vez más sus vastos conocimientos como cartógrafo, hidrólogo, espeleólogo, ingeniero, pero especialmente como estratígrafo. Basándose principalmente en la lito-estratigrafía, pero también en la bio-estratigrafía expuso un estudio detallado de la cronología del Cretácico superior del Picofrentes y sus alrededores aclarando los datos mediocres que hasta entonces existían. Lo mismo puede decirse de su primera obra estratigráfica (1933, 1940) cuyo tema fue la cronología del Cretácico de las Cadenas Vasco-góticas meridionales (WIEDMANN, 1960, 1962).

(*) Dirección del autor: JOST WIEDMANN, Geol.-Paläont. Institut der Universität Tübingen, R. F. A.

(**) Publicación prevista para un tomo a la memoria de don Clemente Sáenz García (1897-1973), profesor e ingeniero de Caminos.

Mientras tanto se ha convertido el corte del Picofrentes al punto crucial para el conocimiento del Cretácico celtibérico y también la estratigrafía del piso Turonense.

Si recorremos rápidamente la historia de este yacimiento, pues en la primera investigación del Picofrentes, PALACIOS (1890) clasificó equivocadamente toda la secuencia como Cenomanense. Fue CHUDEAU (1896) quien reconoció la totalidad del Cretácico superior en el corte del Picofrentes y la presencia de la fauna particular Turonense de amonites. Así entró el Picofrentes a tomar parte en la geología de "La Peninsule Ibérique: Espagne" de R. DOUVILLÉ (1911). Fue en 1931 cuando FALLOT tomó de nuevo el estudio del perfil del Picofrentes y basándose en la fauna de amonites, ofreció una minuciosa subdivisión del Turonense. En este punto comenzó don C. SÁENZ sus investigaciones corrigiendo y ampliando la cronología existente y añadiendo el piso Danense en facies garumnense (1936, 1954, 1955),

En 1956 RÍOS, QUINTERO & TRIGUEROS publicaron la hoja y memoria 1:50.000 de Cabrejas del Pinar (Soria) que es difícil a interpretar en relación

a su tratamiento del Cretácico superior. Los autores citan bien las observaciones estratigráficas-faunísticas de los antecedentes, así por ejemplo las faunas interesantes de amonites en el capítulo "Turonense-Senonense"; pero según la discusión litológica y el mapa incluyen las margas correspondientes y además las margas del Coniacense en su "Cenoma-

la situación está invertida. Dado que los amonites son los fósiles guías del Mesozoico se podría poner en duda los principios estratigráficos. Además sería interesante investigar el Cretácico marino pre-Turonense, hasta ahora mal datado por la ausencia de amonites, y su límite con las Capas de Utrillas subyacentes, así como el Cretácico post-Turonense casi

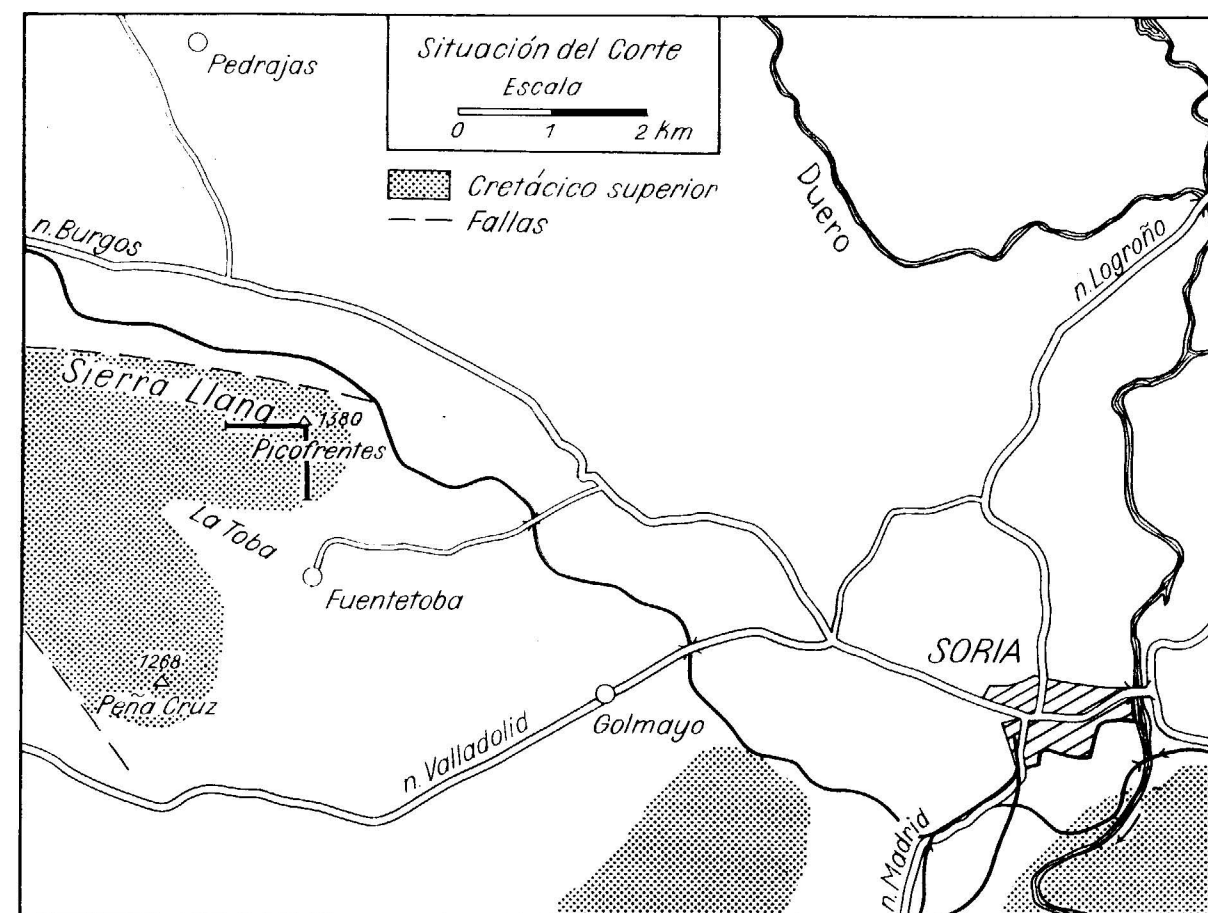


Figura 1

Mapa de orientación.

nense". El "Turonense-Senonense", sin embargo, corresponde —no obstante la citación de fósiles turonenses— solamente al tramo calizo Santonense-Maastrichtense (?).

Lo curioso de estas investigaciones es que en el Turonense del Picofrentes la fauna típica de vasco-cerátidos lisos se encuentra encima de un nivel con *Falotites subconciatus* (CHOFF.), mientras que en el Turonense de Portugal, descrito por CHOFFAT (1898),

carente de fósiles. Con esta problemática dieron comienzo mis investigaciones en el Cretácico superior del Picofrentes y de las Cadenas Celtibéricas occidentales. Ya que los resultados son de interés tanto estratigráfico como paleogeográfico, quiero exponer esto en líneas generales.

El Picofrentes (figs. 1, 4) forma la vertiente septentrional de un anticlinal plegado suavemente, cuya vertiente meridional está formando la Peña Cruz. La

bóveda del anticlinal entre los dos peñones está parcialmente erosionada por el valle La Toba. La vertiente septentrional del Picofrentes y de la Sierra Llana está cortada por erosión siguiendo una falla cuya dirección E-W es paralela para muchos kilómetros a la carretera Soria-Burgos. Los mejores afloramientos están situados en la vertiente meridional del Picofrentes por encima del acceso a la finca La Mongía (fig. 4). El corte aquí expuesto

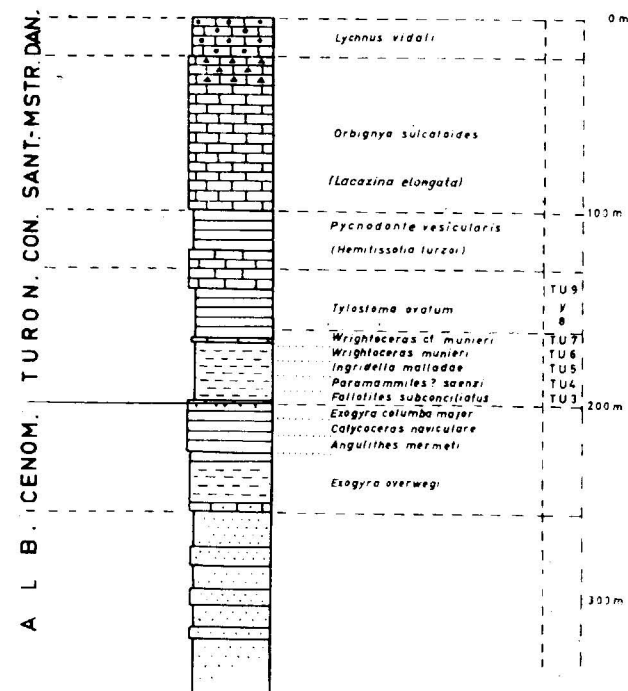


Fig. 2: Corte generalizado del Picofrentes/Soria Cadenas Celtibéricas

	Calizas		Calizas lacustres
	Margo-calizas		Dolomías
	Margas y arcillas		Arenas y areniscas
	Calcarenitas		Hardground

está reproducido con su contenido fosilífero más característico en figura 2. En detalle tenemos la siguiente secuencia:

1. La base de la secuencia está formada por las Capas de Utrillas, areniscas kaolínicas rojizas-amarillentas a veces violetas. Estas capas constituyen una formación extremadamente constante del Cretácico celtibérico que se extiende desde Albacete (BRINCKMANN, 1931) hasta las Cadenas Vasco-góticas meridionales (WIEDMANN, 1962, fig. 4). Están de-

positadas en un régimen altamente energético, fluvial o estuarino (SAEFTEL, 1960). Forman la transición de la sedimentación clástica del Wealdense al Cretácico superior marino y se extienden a lo largo de toda la Meseta septentrional-oriental. En la parte de Fuentetoba su espesor es de unos 350 metros; aquí ganaron una cierta importancia económica en el pasado por su impregnación asfáltica y su contenido en lechos de lignita. El límite de las Capas de Utrillas con el Cenomanense marino todavía no se puede establecer por ningún método paleontológico. Hay que basarse aún en los hallazgos de *Cithereis* cf. *nuda* y *Platycythereis* aff. *triebeli* (véase SAEFTEL, 1960) y de *Engonoceras vicorpense* (véase BRINKMANN, 1931, BATALLER, 1956, WIEDMANN, 1965) que atribuyen a la parte superior de estas capas en la área de interdigitación con la facies marina en el Celtibérico sur-oriental una edad Albense superior. Por eso el cambio litofacial debiera coincidir aproximadamente con el límite Albense-Cenomanense. Este cambio y la transgresión marina se efectuó, sin embargo, gradualmente.

2. El Cenomanense está formado por una secuencia cuyo espesor es de 55 metros. Se divide en calizas bien litadas, calcarenitas, margo-calizas y margas grises que se distinguen por su riqueza en Exogyras (*E. overwegi*?, *E. columba*, *E. flabellata*, *E. africana*). La parte superior de la secuencia ha proporcionado *Angulithes mermeti* (COQ.), *Protacanthoceras* cf. *jacobi* COLL., *P.* cf. *harpax* (SIOL.) y *Calyoceras naviculare* (MANT.) y de ahí puede ser datado como Cenomanense superior. Una subdivisión más refinada no es posible debido a la falta de más fauna amonitifera.

Esta facies de ostras tiene como la antes nombrada (facies de Utrillas) una vasta extensión a lo largo del margen NE de la Meseta. Caracteriza la totalidad de las Cadenas Celtibéricas así como de nuevo la parte meridional de las Cadenas Vasco-góticas (WIEDMANN, 1962, fig. 5). Se trata de sedimentos de un mar de poca profundidad, probablemente de aguas templadas ("facies africana"), que cubría la plataforma continental interior y que tiene todavía una clara influencia terrigénica. El límite hacia el Turonense está definido por un nivel de margo-calizas en donde abundan las *Exogyra columba major*, hasta ahora sin amonites.

3. El Turonense presenta el cuadro más interesante de esta secuencia. Se compone, primeramente, de 30 metros de margas gris-azuladas y calizas subordinadas que representan por su fauna amonítica muy abundante el Turonense inferior.

Estas se pueden dividir en un mínimo de 5 zonas de amonites. Las margas continen, además de la fauna amonítica, preferentemente rica fauna de equínidos (*Hemister founeli* COTT., *Periaster verneuili* DESH.). Cubriendo estas capas se hallan aproximadamente 25 metros de calizas color gris y de

se hallen por encima de *Fallotites subconciatus* representan una convergencia hacia los vascocerátidos portugueses, los que allí aparecen debajo de *Fallotites subconciatus*. Estos vascocerátidos celtibéricos llevan en sus vueltas interiores—como los mamítidos, paramamítidos y falotítidos—solamen-

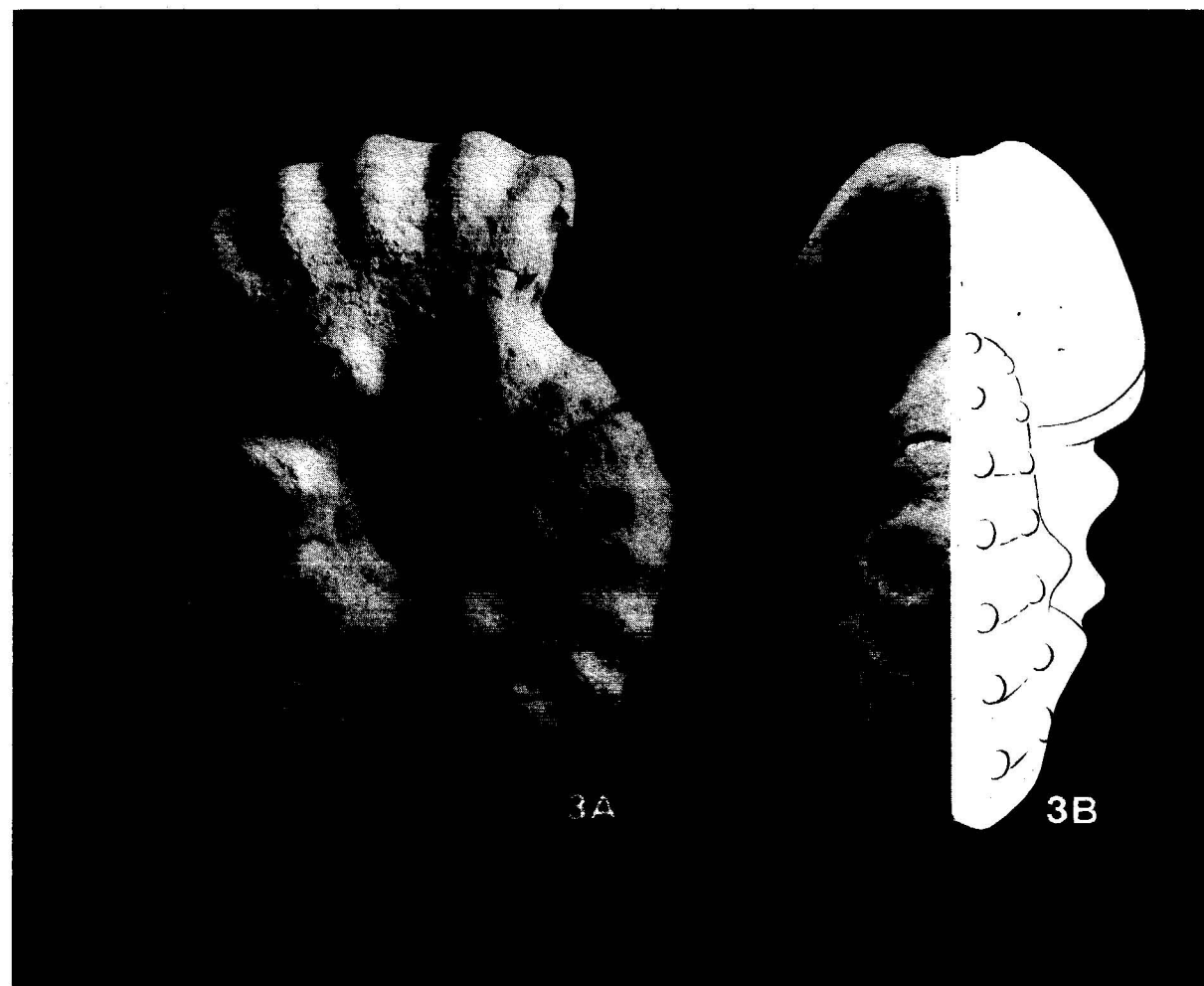


Figura 3

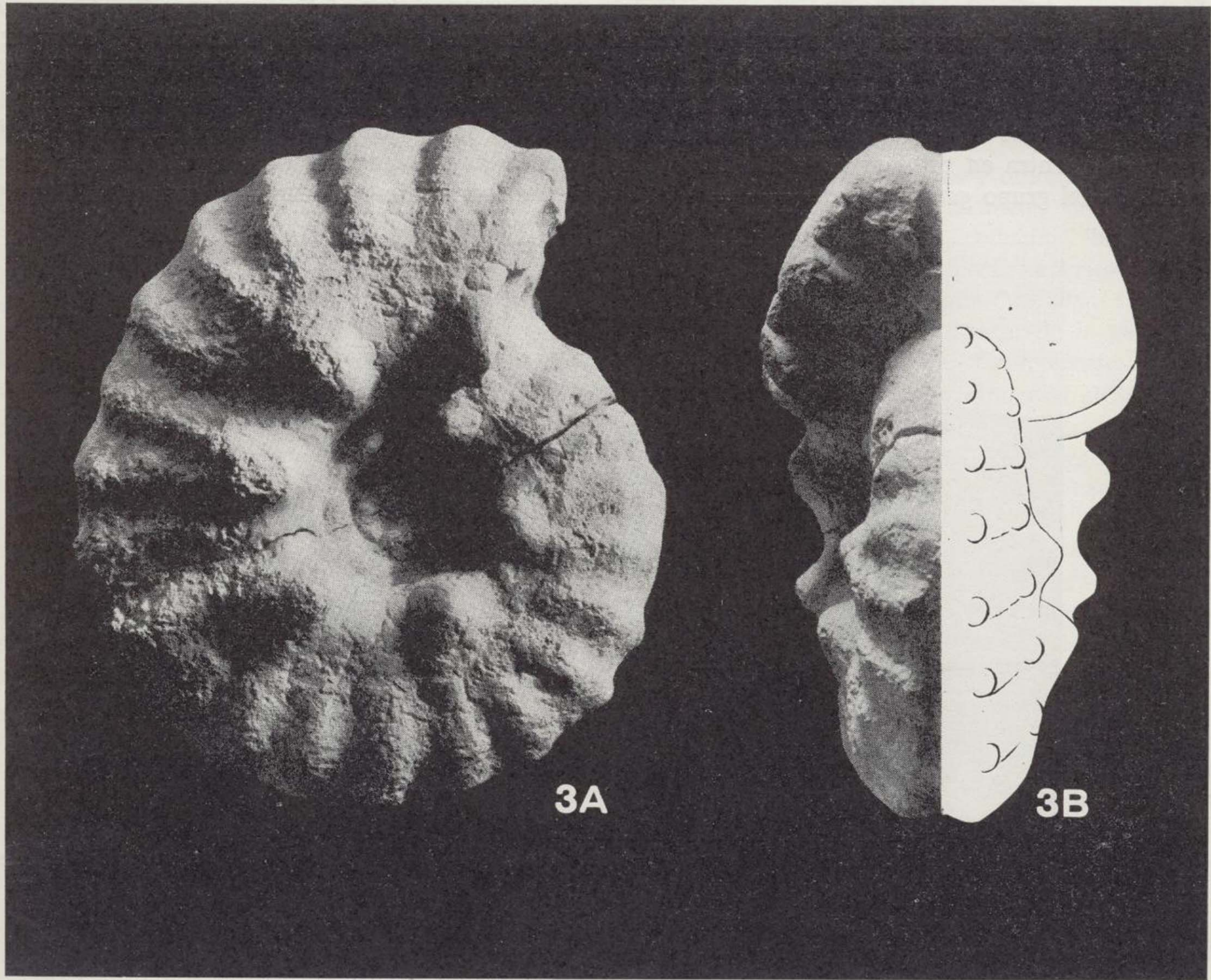
Paramammites ? saenzi WIEDMANN

Holotipo GPIT Geol.-Paläont. Institut Tübingen). Ce 1162/2. Turonense IV, parte inferior; Picofrentes. A: vista lateral, B: Vista Frontal. 1/1.

calizas margosas que contienen una fauna empobrecida de gastrópodos (*Tylostoma ovatum* SHARPE) y que hay que datar como Turonense superior. Del análisis de la fauna amonítica resulta que no existe una inversión de la secuencia portuguesa descrita por CHOFFAT (1898). Los vascocerátidos lisos que

te tubérculos umbilicales y dos filas de tubérculos marginales. Por eso y por la ausencia de tubérculos sifonales se distinguen de los vascocerátidos verdaderos y les atribuimos al género *Fallotites*, subgénero *Ingridella*.

Ya que en el Picofrentes el nivel con *Fallotites*



3A

3B

Figura 3

Paramammites ? saenzi WIEDMANN

Holotipo GPIT Geol.-Paläont. Institut Tübingen). Ce 1162/2.
Turonense IV, parte inferior; Picofrentes.
A: vista lateral, B: Vista Frontal. 1/1.

subconciatus es contiguo al nivel con *Exogyra columba major* se pone la siguiente pregunta: ¿Dónde buscar el equivalente temporal a las zonas basales de los vascocerátidos verdaderos? En principio existen las siguientes soluciones: la falta de estas zonas en el Picofrentes o su equivalencia con la capa subyacente con *Exogyra columba major*.

El hallazgo de un hardground en la base de la zona de *Fallotites subconciatus* se puede regar como prueba de una laguna de erosión correspondiente a las zonas I y II del Turonense. Pero hay que mencionar que en Portugal *Exogyra columba major* se encuentra en estas mismas zonas con los *Vascoceras* del grupo *gamai* y *mundae*.

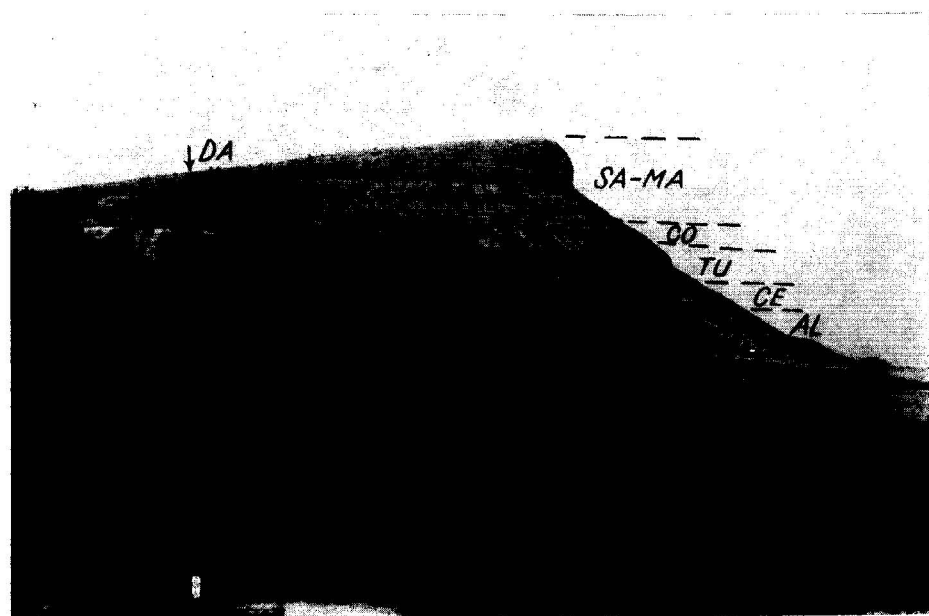


Figura 4

El Picofrentes. Vista del Sur.

Aquí no es el sitio de tratar estos problemas con más detalle.

De todo modo la zona de *Fallotites subconciatus* está regarada (WIEDMANN, 1960) como Turonense III. Está formada por un banco de calizas grises de 0,70 metros de espesor, con un gran número de *Fallotites subconciatus hispanicus* WIEDM. (fig. 5), *F. (F.) robustus* WIEDM. y formas vecinas. Siguen 4,50 metros de margas blandas conteniendo, especialmente en la parte inferior *Paramammites? saenzi* WIEDM. (1) (fig. 3), a lo que podemos añadir

(1) Denominación en homenaje a don Clemente Sáenz García.

Paramammites? postsaenzi WIEDM. (fig. 7), *Fallotites (F.)*, cf. *obliquus* (KARR.) y *Discovascoceras* cf. *subtriangulare* (CHOFF.) en la parte superior. Hemos aliminado esta zona como Turonense IV o zona de *Paramammites? saenzi*.

Es en las siguientes margas, de un espesor aproximado de 7,00 metros, en donde se haya la fauna con *Fallotites (Ingridella) malladae* (FALL.) (fig. 8), *Paramammites? tuberculatus* BARB., *P.? cf. inflatus* BARB. y *Donenriquoceras forbesiceratiforme* WIEDM. Esta zona del F. (I.) *malladae* o Turonense V demuestra, igual que la anterior, un desarrollo endémico bien marcado. Es esta zona que contiene en el Celtibérico de Atienza-Somolinos y en Portugal

los pachyvascocerátidos con involución notable de las conchas globosas y la mayoría de los chofaticerátidos.

Le siguen unos 10,00 metros más de margas blandas, las cuales contienen al lado de *Paramammites? cf. inflatus* BARB. y *Fallotites (Ingr.) depressus* WIEDM. especialmente *Wrightoceras munieri* (PERV.) de gran tamaño. En ellas se encuentra además la antes nombrada fauna de equínidos. La fauna de esta zona de *Wrightoceras munieri* o Turonense VI posee en cambio un significado más cosmopolítico y permite una correlación por lo menos de la área mediterránea occidental y norte-africana.

Los siguientes 4,50 metros de margas y calizas contienen con *Paramammites? cf. inflatus* BARB., *Wrightoceras* cf. *munieri* (PERV.) (fig. 6) y *Hoplioides* cf. *gibbosulus* v. KOEN., todavía una fauna del Turonense inferior. En otros sitios se caracteriza este nivel, el Turonense VIII, por su contenido en *Pseudaspidoceras armatum* (PERV.) y puede denominarse zona de *Pseudaspidoceras armatum*.

Ya nos hemos referido a las calizas y margo-calizas del Turonense superior. Su datación resulta de la comparación con las Cadenas Vascogóticas, las cuales nos entregaron representantes del género *Romaniceras*, y sobre todo por las capas siguientes apartiendas al Coniaciense.

Así el Turoniense inferior representa el máximo de la subsidencia de la cuenca sedimentaria celtibérica, igual como el máximo de la transgresión del mar cretácico en el Norte de España. De igual modo como los pisos anteriores el Turonense se extiende en su facies de vascocerátidos hacia la parte meridional de las Cadenas Vascogóticas (WIEDMANN, 1962, fig. 6) y se puede encontrar en la Meseta oriental hasta Cuenca (SÁENZ, 1944). La estrecha relación con la cuenca lusitanense, especialmente en la zona III del Picofrentes, pero también en las zonas IV-VI del margen septentrional del Guadarrama y en el Celtibérico occidental en las cercanías de Domingo de Silos (WIEDMANN, 1960), dejan sospechar una posible conexión directa entre las dos cuencas de sedimentación a través de la Meseta central. En cualquier caso no conocemos hasta hoy ningún indicio de una facies marginal en el borde de erosión del Turonense inferior de la Sierra de Guadarrama. De todo modo la distribución de los vascocerátidos como la subdivisión del Turonense presenta todavía un problema, cuya solución será facilitada por la área de interdigitación de las facies de vascocerátidos y mamítidos en el Vascogótico central. Se ve claramente que el Turonense del Picofrentes va a tener un gran significado.

4. Dentro de las calizas siguientes de bancos gruesos o macizas de la cumbre del Picofrentes se pueden atribuir los 20 metros base al Coniaciense. Aunque en este perfil, hasta ahora, se conoce solamente una fauna rara de *Pycnodonte vesicularis* (LMK.), en el Sur de Domingo de Silos encontramos además una rica fauna de cefalópodos: *Hemitissotia cf. turzoi* KARR., *H. cf. galleppei* PERV., *Plesiotissotia dullai* KARR. y *Forresteria (Reesideoceras) spp.* Esta fauna caracteriza ya la parte superior del Co-

niaciense, y demuestra una vez más la relación faunística con las Cadenas Vascogóticas. La relación litofacial es, sin embargo, menos distinto (WIEDMANN, 1962, fig. 8). El esqueza de zonas del Coniaciense vascogótico no se pueden transferir, hasta ahora, al Celtibérico. Además se puede establecer el límite del Coniaciense con el Santonense solamente por medio de criterios litofaciales.

Así empieza con el Coniaciense la regresión del mar cretácico en el Celtibérico central. Las calizas con ostras presentan la prueba de un mar de poca profundidad.

5. En las calizas macizas y dolomías de la cumbre del Picofrentes, que alcanzan un espesor de hasta 80 metros, sólo se conocían, hasta ahora, secciones de rudistas de la parte superior del perfil. Estas se determinaron como *Orbignya sulcatoides* (DOUV.) y permiten una datación de la parte superior de estas calizas como Campanense bien elevado. Mientras tanto encontramos en el Sur de Domingo de Silos en la parte inferior de esta secuencia niveles con *Lacazina elongata* SCHL. La prueba de las "Calizas de *Lacazina*" caracterizando el límite Santonense-Campanense en el Vascogótico (WIEDMANN, 1960), es nueva para las Cadenas Celtibéricas. Así se puede reconocer—por lo menos—los pisos Santonense y Campanense en las calizas y dolomías de la cumbre del Picofrentes, igual como de nuevo las relaciones con el norte. La presencia del Maastrichtense en las mismas calizas—o las siguientes—es todavía difícil comprobar. Por dolomitización de la parte alta de la caliza del cumbre el contenido faunístico ha desaparecido. En cualquier modo la regresión del mar cretácico ha continuado y llegó a su máximo. No sabemos con seguridad si haya una laguna de sedimentación entre las calizas subrecifales con *Orbignya* y las calizas de agua dulce con *Lychnus* que terminan el corte del Picofrentes.

6. El hallazgo de una secuencia terminal de 20,00 metros de calizas y dolomías de agua dulce y con una fauna de *Lychnus vidali* REP. se debe una vez más a C. SÁENZ (1936). Estas calizas en las Cadenas Celtibéricas representan el final de la sedimentación y indican la elevación total de las Cadenas Celtibéricas, por lo menos en su sector central. También por estas facies se unen Cadenas Celtibéricas y Vascogóticas meridionales (WIEDMANN, 1962, fig. 12), habiendo una historia muy similar por todo el Cretácico superior. Es interesante que esta facie garumnense tiene una

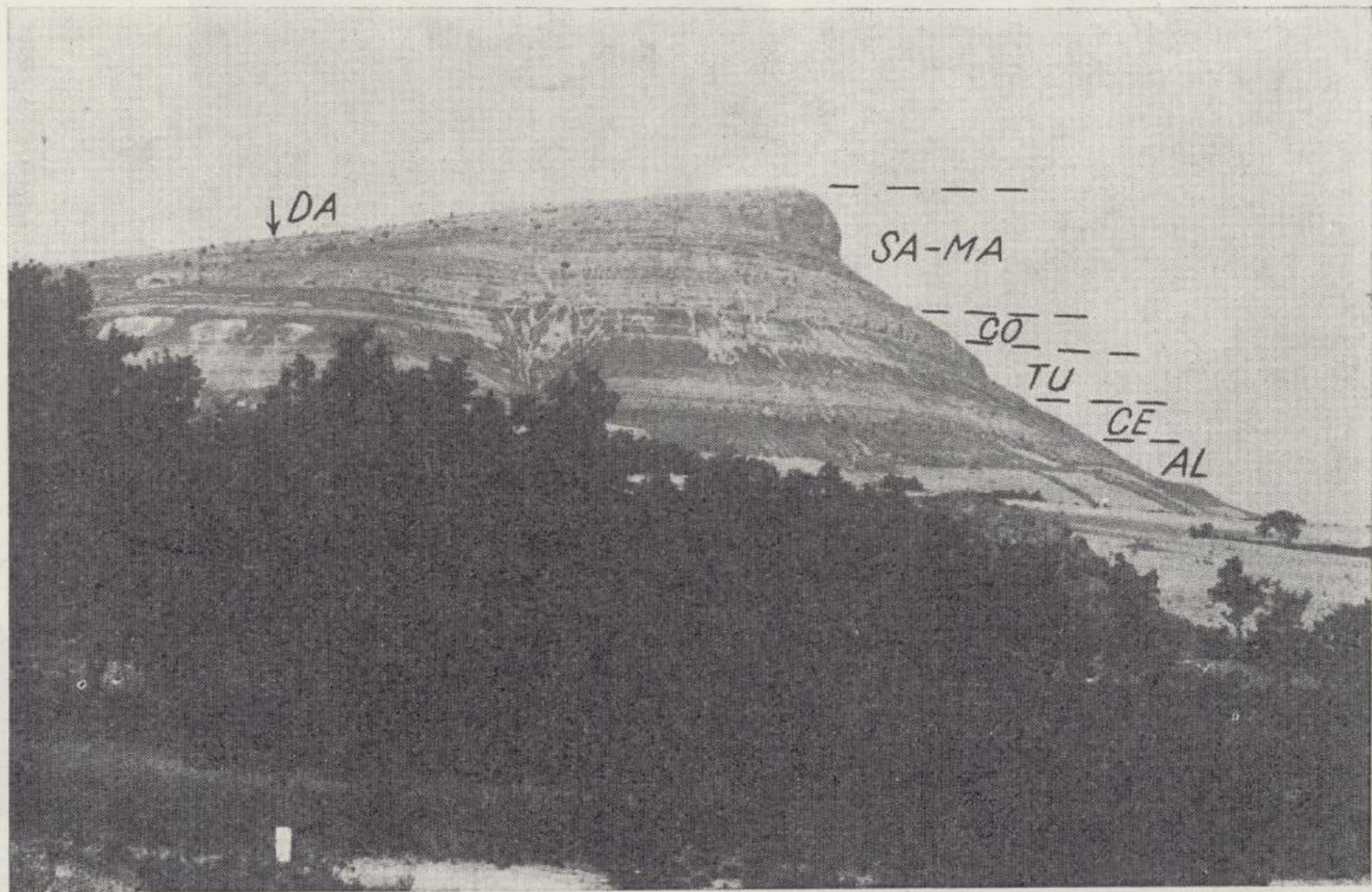


Figura 4

El Picofrentes, Vista del Sur.

distribución bien notable, incluyendo partes de los Pirineos meridionales y de Francia del Sur. En analogía con estas regiones datamos estas calizas terminales del Picofrentes provisionalmente como Danense. Pero hay que recordarse que a veces ya empiezan en el Maastrichtense superior. De todos modos la elevación total del Celtibérico central tuvo lugar dentro del Paleoceno a post-paleoceno.

*

Con esto está clara la importancia del corte Cretácico del Picofrentes y de las investigaciones recientes. En el aspecto estratigráfico se ha llegado a la prueba y separación de todos los pisos del Cretácico superior, con excepción del Maastrichtense. Para el Turonense se alcanza de este modo una zonación muy detallada, siendo de interés especial para el estandarizado estratigráfico. La secuencia de amonites comienza aquí con la aparición del género *Fallotites*, que hasta ahora y según las investigaciones de CHOFFAT, en Portugal caracteriza ya un Turonense inferior elevado. Faltan por lo tanto las zonas de vascocerátidos y de metoicocerátidos caracterizando la base del Turonense o el límite Cenomanense-Turonense. Las conocemos solamente de la región meridional celtibérica de Atienza-Somolinos y de las Cadenas Vascogóticas occidentales (WIEDMANN, 1960), por debajo de la zona de *Fallotites subconciatus*.

Esto no tiene influencia en la delimitación definitiva de los pisos Cenomanense y Turonense; se lleva a cabo de modo convencional por debajo de los primeros vascocerátidos o entre las zonas de *Metoicoceras muelleri* y *M. whitei* - *M. swallowi* (MOREMAN, 1927). Estas faunas permiten la correlación con el resto de Europa y Norteamérica. Por encima de la zona de *Fallotites subconciatus* se encuentra en el corte del Picofrentes una fauna endémica, pero con relación filogenética al género *Fallotites*. Se trata de representantes del subgéne-

ro *Ingridella* y del género *Paramammites* (?). También aquí facilita la comparación de perfiles de las Cadenas Celtibéricas meridionales y occidentales una correlación con las capas equivalentes de Portugal, Africa septentrional y América Central con *Discovascoceras*, *Pachyvascoceras* y *Choffaticeras*. Es en el Turonense inferior más alto en donde vuelve una fauna cosmopolítica con el comienzo del grupo *Wrightoceras* que permite relaciones con el Norte de Africa. Es en principio esta parte de la secuencia conteniendo en el Vascogótico una fauna o sea cosmopolítica o sea boreal con representantes de *Mammites*, *Pseudaspidoceras* o *Neoptychites*. De ahí hay que recordarse a la question si el Turonense del Noroeste de Europa sea incompleto y correspondería solamente a la parte superior del Turonense inferior (véase WIEDMANN en BASSE, 1960, pág. 807).

Otro problema es la abundancia y diversidad de amonites (7 zonas) y el espesor del Turonense inferior en relación al Turonense superior que es muy mal representado en España (2 zonas de amonites) como en otras partes del Mediterráneo. El problema más serio de la estratigrafía del Turonense es el desarrollo marcado de provincialismo y endemismo en la fauna amonítica. Lo regardamos como indicio de una movilidad progresiva de las cuencas de sedimentación en relación a las fases iniciales de la orogénia alpídica. Para la solución de estos problemas es imposible negar la importancia del corte del Picofrentes.

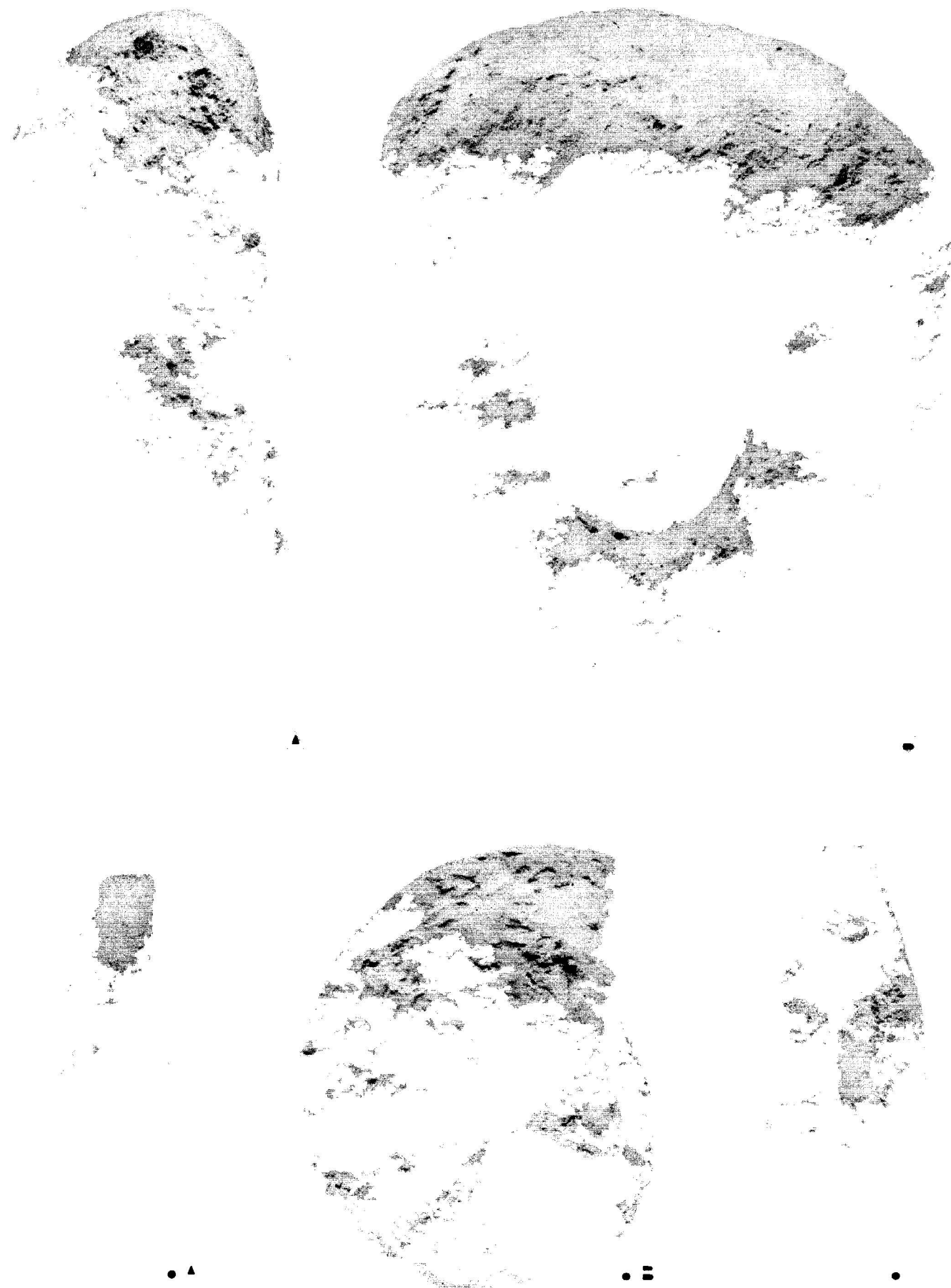
En el aspecto paleogeográfico hay que recalcar una vez más la relación bien establecida entre las Cadenas Celtibéricas y el Vascogótico meridional (WIEDMANN en CIRY et al., 1968, pág. 417). Esta conexión ya reconocimos en 1962 para la mayor parte del Cretácico superior. Ahora se puede añadir el Coniacense y Santonense y, debido a mi colaborador P. BRENNER también el Wealdense. BRENNER (1973), pude confirmar definitivamente el supuesto

Figura 5

La flecha indica el límite del phragmócono con la cámara de habitación.
Fallotites (F.) subconciatus hispanicus WIEDMANN.
Holotipo GPIT Ce 1162/13.
Turonense III, Picofrentes.
A: Vista frontal, B: Vista lateral. 1/1.

Figura 6

Wrightoceras cf. *munieri* (PERVINQUIÈRE).
Vueltas internas del ejemplar GPIT Ce 1465/1.
Turonense VIII, Picofrentes.
A: Vista ventral, B: Vista lateral, C: Vista frontal. 1/1.





5A



5B



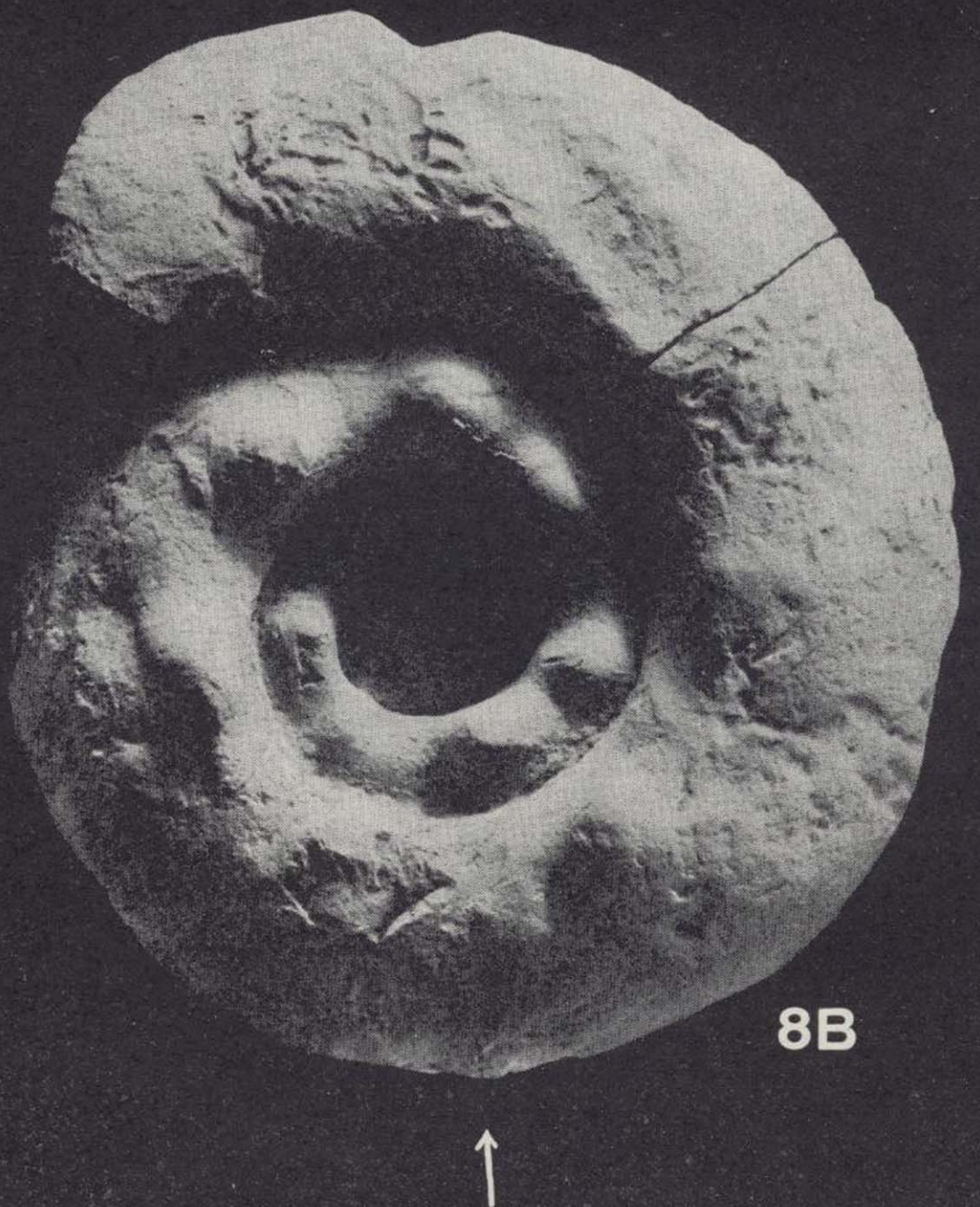
6A



6B



6C



(WIEDMANN, 1962, fig. 2) del sincronismo de la sedimentación wealdense en el Celtibérico como en el Vascogótico. Esta conexión de las dos cuencas sedimentarias ha sufrido una interrupción post-genética por la cuenca terciaria de Burgos, lo que ha tapado las estructuras más antiguas.

En vista sedimentaria hay que añadir, que el Cretácico superior del Picofrentes y de todo el Centibérico está formando un ciclotema simétrico con un máximo transgresivo (Turonense inferior) y dos máximas regresivas (Albense, Danense). Es aparente el respuesta faunístico al máximo transgresivo: el aumento marcado de la diversidad (en especies) y abundancia (en individuos) en la fauna amonítica. Lo que une los dos hemisiclos regresivos es, por lo menos para el Cenomanense y Coriaciense, la predominancia de la fauna de ostras.

De todo modo hay que regar el corte del Picofrentes como un estándar para el conocimiento del Cretácico celtibérico y demás para la cronología del Turonense en general. Una descripción de la fauna amonítica tan interesante está en preparación.

BIBLIOGRAFIA

- BASSE, E.: *Rapport II. Le domaine d'influence boréale*. C. R. 84^e Congr. Soc. Savantes Paris Départem., Dijon, 1959, sect. Sci., Sous-sect. Géol., 799-814 (1960).
- BATALLER, J. R.: *Los Engonocerátidos en España*. Univ. Barcelona, Dr. D. F. PARDILLO VAQUER, *Homenaje póstumo*, 173-178 (1956).
- BRENNER, P.: *Ostracoden und Charophyten des Spanischen wealten Jnaug.-Diss* (Tübingen), 146 págs. (1973).
- BRINKMANN, R.: *Betikum und Keltiberikum in Südspanien*. Abh. Ges. Wiss Göttingen, Mathem.-Phys. Kl., 3. Folge, 1, 108 págs. (1931).
- CHOFFAT, P.: *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal*. Vol. I: Espèces nouvelles ou peu connues, 2. série: Les Ammonées du Bellasien, des Clouches à *Neolobites vibrayeanus*, du Turonien et du Sénonien. Comm. Trab. geol. Portugal, 41-86 (1898).
- CHUDEAU, R.: *Contribution à l'étude géologique de la Vieille-Castille*. Thèse (París), 92 págs. (1896).
- CIRY, R. et al.: *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France. Des Pyrénées aux Asturies du 11 au 18 septembre 1967*. Compte Rendu. C. r. somm. séanc. Soc. géol. France, 1967 (9), 389-444 (1968).
- DOUVILLÉ, R.: *Espagne*. Handb. reg. Geol., 3. Bd., 3. Abt. La Péninsule Ibérique, A, 175 págs. (1911).
- FALLOT, P.: *Note préliminaire sur le Crétacé de la région de Soria*. Butll. Inst. catal. Hist. nat., 31, (7), 1-6(1931).
- MOREMANN, W. L.: *Fossil zones of the Eagle Ford of North Texas*. J. Paleontol., 1, 89-101 (1927).
- PALACIOS, P.: *Descripción física, geológica y agrológica de la Provincia de Soria*. Mem. Com. Mapa geol. España, 80-71, 281-296 (1890).
- RÍOS GARCÍA, J. M.; QUINTERO AMADOR, D. I. & TRIGUEROS MOLINA, D. E.: *Cabrejas del Pinar (Soria)*. Mapa geol. Esp., 1:50.000, 349, 53 págs. (1956).
- SAEFTTEL, H.: *Paläogeographie des Albs in den Keltiberischen Ketten Spaniens*. Z. dtsh. geol. Ges., 111 (1959), 684-711 (1960).
- SÁENZ GARCÍA, C.: *Nota acerca de la estratigrafía del Supracretáceo y del Numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas*. Bol. Soc. esp. Hist. nat., 33, 159-185 (1933).
- *Hallazgo de la fauna garumnense en la Sierra de Picofrentes (Soria)*. Bol. Soc. esp. Hist. nat., 36, 33-37 (1936).
- : *Notas acerca de la estratigrafía de la parte occidental del país Vasco y NE de la provincia de Burgos*. Las Ciencias, 5 (1), 1-15 (1940).
- : *Extensión de las facies amoníticas del Turonense en el centro de la Península*. Bol. Soc. esp. Hist. nat., 42, 494-496 (1944).
- : *Picofrentes*. Celtiberia, 8, 229-253 (1954); 9, 255-384 (1955) (1954-5).
- WIEDMANN, J.: *Le Crétacé supérieur de l'Espagne et du Portugal et ses Céphalopodes*. C. R. 84^e Congr. Soc. Savantes Paris Départem., Dijon, 1959, sect. Sci., Sous-sect. Géol., 709-764 (Reimpr., Estudios geol., 20, 107-148, 1965) (1960).
- : *Contribution à la paléogéographie Crétace vasco-gotique et celtibérique septentrional (Espagne)*. Libre Mém. Prof. P. FALLOT, 1, 351-366 (1962).
- : *Sur la possibilité d'une subdivision et des corrélations du Crétacé inférieur ibérique*. Mém. Bur. Rech. géol. mín., 34, 819-823 (1965).

Recibido: Mayo 1974.

Figura 7

Paramammites? postsaenzi WIEDMANN.
Holotipo GPIT Ce 1162/3.
Turonense IV, parte superior; Picofrentes.
A: Vista lateral, B: Vista ventral. 1/1.

Figura 8

Fallotites (Ingridella) malladae (FALLOT).
Hipotipo GPIT Ce 1162/17.
Turonense V, Picofrentes.
A: Vista frontal, B: Vista lateral, 1/1.

Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos Minerales de Sn-W

III-Tectónica

Por R. CASTROVIEJO (*)

RESUMEN

Se han distinguido tres clases tectónicas hercínianas, siendo las dos primeras homoaxiales, con un eje aproximadamente N-S, mientras que el de la tercera es más o menos perpendicular a éste (Tectónica $B \perp B'$). La primera fase da lugar a una esquistosidad s_1 , de rumbo NNW-SSE predominantemente. La segunda repliega s_1 en algunas zonas y de forma casi nunca penetrativa y es responsable de la fracturación principal; por ser contemporánea de la intrusión, son sus direcciones de tensión ac (aproximadamente E-W) las que predominan entre las mineralizadas: las fracturas de dirección N-S con relleno pueden deberse, ya sea a la mecánica de la intrusión, ya sea al relajamiento elástico de los esfuerzos de esta segunda fase, ya sea a la fase tercera, que es mucho más débil que las anteriores que se manifiesta por la fracturación y por las dispersiones que produce en los máximos de los polos de s_1 .

Los principales datos del análisis estructural se han resumido en un cuadro sinóptico; en otro cuadro se representa esquemáticamente la historia geológico-tectónica de la zona de Beariz durante la Orogenia Herciniana.

ABSTRACT

Three Hercynian tectonic phases were distinguished; the first ones are homoaxial, their axis-direction being about N-S, while the axis of the third phase is approximately perpendicular to this direction ($B \perp B'$ Tectonic). The first phase causes a schistosity s_1 that strikes mainly NNW-SSE. The second one, which is contemporary of the intrusion, folds s_1 in some places in a seldom penetrative way and is responsible for the principal and most abundant fractures; it is its ac -direction (about E-W) which predominates among the mineralized lodes. The N-S fractures with filling (of subordinate importance) can be explained in a variety of ways: through the mechanics of the Beari-Area during the Hercynian orogeny is schemases of this second phase and through the third phase, which is much weaker than the preceding ones, and originates fractures and dispersions in the pole-concentrations of s_1 .

The more significant data of the structural analysis are summarized in a table; the geological-tectonic history of the Beariz-Area during the Hercynian orogeny is schematically shown in another one as well.

RÉSUMÉ

Trois phases tectoniques hercyniennes ont été distinguées. Les deux premières sont homoaxiales, avec un axe à peu près N-S, tandis que la troisième est plus ou moins perpendiculaire à celui-ci (Tectonique $B \perp B'$). La première phase donne lieu à une schistosité s_1 , de direction fondamentale NNW-SSE. La deuxième phase plie s_1 en quelques zones très rarement elle est pénétrative; elle est la responsable de la fracturation principale; comme elle est contemporaine de l'intrusion ce sont ses directions de tension ac (à peu près E-W) qui l'emportent parmi les minéralisées; les fractures de direction N-S avec remplissage peuvent être dues, soit au relâchement élastique des efforts de cette seconde phase, soit à la troisième phase, qui est beaucoup plus faible que les antérieures et qui se manifeste par la fracturation et les dispersions qu'elle cause dans les maximums des poles de s_1 .

Les principales données de l'analyse structurale sont résumées dans un cadre synoptique; dans un autre cadre on représente schématiquement l'histoire géologique-tectonique de la zone de Beariz pendant l'orogénèse Hercynienne.

(*) Cátedra de Mineralogía y Petrografía. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

INTRODUCCION.

El presente trabajo se ha agrupado, junto con otros tres—de los cuales los que anteceden ya han sido publicados—y bajo el título general de "Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos Minerales de Sn-W", en una serie que se completa en números sucesivos de esta revista. Considerando dicho Estudio como una unidad, se ha seguido el criterio de mantener para figuras, cuadros, diagramas, etc., una numeración única a lo largo de toda la serie, de publicar resumen e introducción generales al principio y conclusiones al final y de reunir toda la bibliografía también al final, a fin de evitar enojosas repeticiones.

De los rasgos generales de la Tectónica que afecta a la zona de Beariz se ha hablado ya anteriormente (v. al respecto I.4.c y figuras correspondientes; también II.1.b, acerca de las cuarcitas); evitamos, por tanto, repeticiones innecesarias.

III.1) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL: OBSERVACIONES PREVIAS.

Desde el punto de vista tectónico basta con distinguir tres tipos de rocas en la zona de Beariz: esquistos, cuarcitas y granito (los filones se estudiarán como caso particular). Los esquistos proporcionan abundantes datos para la geología estructural gracias a la esquistosidad, lineaciones y fracturación, mientras que de las cuarcitas sólo las lineaciones han sido utilizables, puesto que la estratificación se adapta a la dirección de la esquistosidad ("Transposición", v. I.4.c y también II.1.b y figuras 18 y 19), reduciéndose considerablemente el número de medidas útiles al disminuir la homogeneidad (TURNER y WEISS (*) 1963, figuras 5-15 y pág. 185). Del granito se ha utilizado fundamentalmente la fracturación.

Es indispensable, antes de comenzar todo estudio estructural, el probar que el dominio estudiado es homogéneo o bien, en caso contrario, el dividirlo en dominios parciales homogéneos (TURNER y WEISS, págs. 147 ss.). La esquistosidad tiene continuamente un rumbo NNW-SSE a NW-SE; los buzamientos pueden variar manteniéndose generalmente entre los límites 25 a 70 W, pero estas variaciones son aleatorias y no permiten distinguir zonas parciales de orientaciones constantes; lo mismo sucede con las

(*) La bibliografía se incluye en el último trabajo de la serie.

lineaciones (direcciones N-S a NNW-SSE, aproximadamente horizontales). Por tanto, puede concluirse que el dominio estudiado es homogéneo con respecto a la esquistosidad y lineaciones, pero no—según se ha visto más arriba—con respecto a la estratificación.

A escala regional podría considerarse la zona de Beariz como un dominio parcial, homogéneo a grandes rasgos, encuadrado en estructuras hercínianas heterogéneas de orden mayor.

El método seguido en esta investigación consiste en la representación de las medidas de campo en diagramas por medio de la falsilla de Schmidt, su análisis estadístico y geométrico y finalmente su interpretación cinemática, con la ayuda de los diagramas rosa; éstos se han construido para representar la fracturación en esquistos y granitos a partir de la foto aérea, mientras que en las zonas de mina se han medido la fracturación y los filones in situ, por lo que ha sido posible en este caso hacer representaciones tridimensionales.

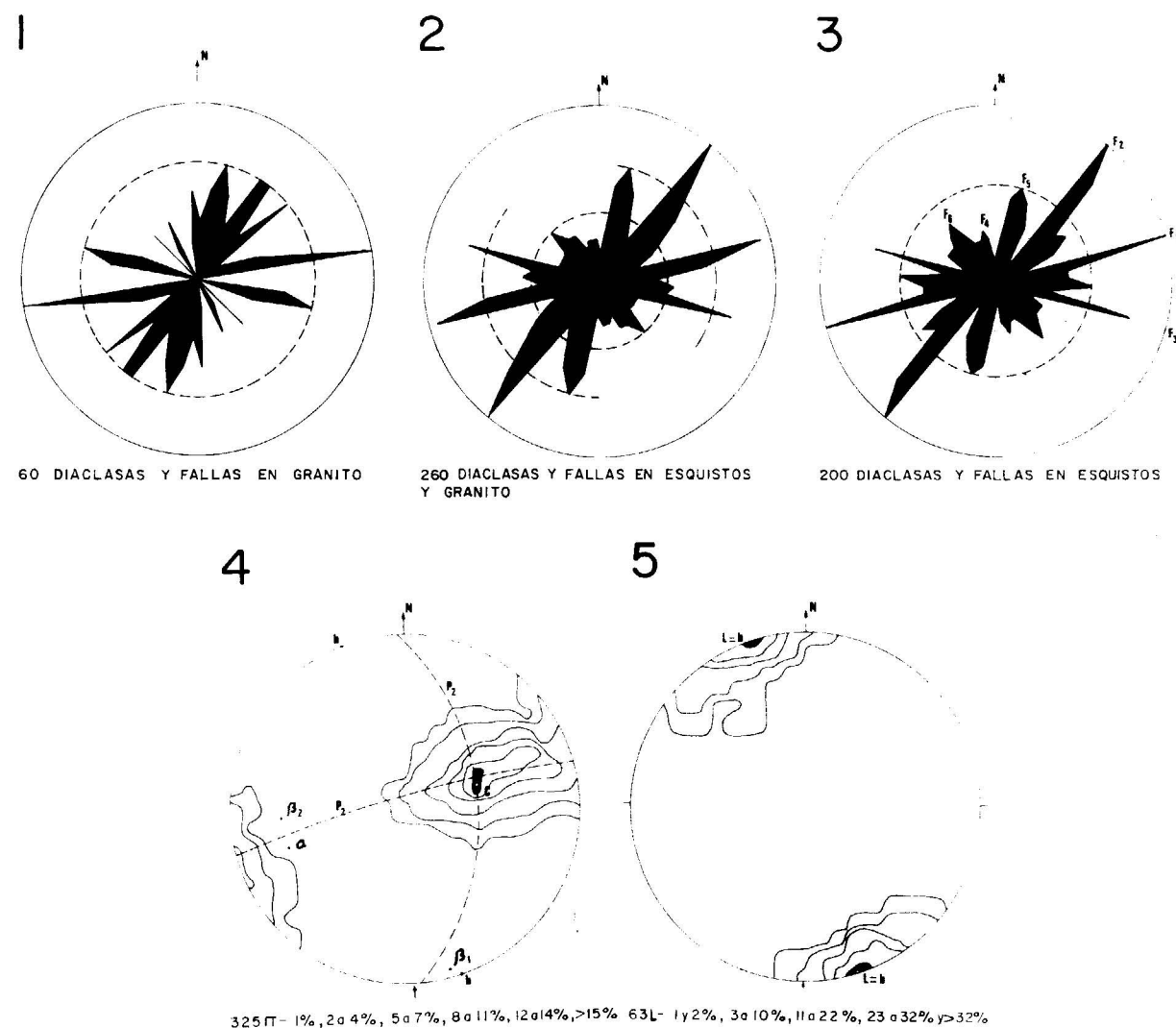
III.2) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE BEARIZ.

III.2.a) Esquistosidad y lineaciones: Geometría.

En los diagramas 4 y 5 se han representado 325 polos de planos de esquistosidad en micacitas y esquistos y 63 lineaciones—observables a escala mesoscópica—en cuarcitas y esquistos, respectivamente.

Se ha elegido el plano de esquistosidad—máxima frecuencia N 18 W, 35 W— como plano ab , haciendo coincidir el eje b con la orientación—N 18 W, horizontal— de máxima frecuencia del diagrama de las lineaciones (diagr. 5); el eje a —N 72 E, 34 W— queda ya automáticamente definido como perpendicular al primero en el plano ab y el eje c —N 72 E, 56 E—, como polo de este plano (es decir, el máximo del diagr. 4).

El eje de la única estructura plegada que puede observarse en la zona—el anticlinal de cuarcitas situado al N de Bouza—, coincide también, a grandes rasgos, con el eje b , que, al fin y al cabo, es también la orientación general del rumbo de la esquistosidad en esta región. Por lo tanto, puede suponerse $b=B$, aproximadamente (TURNER y WEISS, 1963, pág. 83 s. y 154 ss.).



La dirección a coincide con la que puede suponerse como dirección más frecuente de movimiento (WILSON, 1961, pág. 434).

El diagrama 4 muestra un plano de simetría— P_1 ; N 76 E, 84 N—y un eje de simetría binario— β_1 ; N 14 W, 6 S—, perpendicular al primero; la simetría del diagrama, es por tanto, monoclinica (C_{2h} en la terminología de Schoenflies).

El plano de simetría P_1 , que es casi vertical—fuerte buzamiento hacia el N—, es el principal plano de dispersión de los polos de esquistosidad, cuyos planos tienen una disposición “en abanico” alrededor de β_1 , que es casi horizontal. Existe también otra dispersión de menor categoría a lo largo de otro círculo máximo—el plano P_2 ; N 2 W, 57 E—, es decir, alrededor de un eje β_2 coincidente con

el polo de dicho plano. Este eje—N 88 E, 33 W—tiene la particularidad de ser aproximadamente perpendicular al eje β_1 definido anteriormente y también aunque menos, al eje B . En adelante, denominaremos las estructuras y las deformaciones de eje B o β_1 como “Tipo I” y las de eje β_2 como “Tipo II”. Esta denominación es puramente descriptiva, geométrica, y carece de todo significado dinámico o genético por el momento.

Las lineaciones (diagr. 5) se distribuyen con una simetría axial ($D_{\infty h}$) alrededor de un máximo cuya orientación es N 18 W, 0° y que, por definición, coincide con el eje b .

La diferencia entre b y β_1 es bastante pequeña (7°), por lo que puede considerarse $\beta_1 = b$, aproximadamente.

III.2.b) Fracturación: Geometría.

Se han construido los diagramas 1, 2 y 3 para representar la fracturación en esquistos y granito. Los datos se han tomado de la foto aérea (rumbos aproximados: figuras 12, 13 y 14), por lo que la representación—bidimensional—es sólo posible en diagramas rosa. Se ha representado primero la fracturación por separado para cada tipo de roca (diagramas 1 y 3) y finalmente para todas las rocas en conjunto (diagrama 2).

Los tres diagramas dan los mismos resultados, los cuales se desarrollan aquí sobre el diagrama 3 por ser el más claro. Las fracturas pueden agruparse en dos sistemas, cada uno de los cuales consta de tres grupos dispuestos en forma simétrica, es decir: un grupo central y dos laterales formando un ángulo de 20 a 35° con el central, de manera que éste es la bisectriz del ángulo formado por los otros dos. Así pues, el sistema principal tiene un grupo central, F_1 , de orientación N 75 E y dos laterales, F_2 y F_3 , cuyos rumbos—N 39 E y N-75 W—difieren aproximadamente 35° del central, mientras que en el segundo sistema, menos importante, los rumbos son N 15 W (F_5), N 15 E (F_6) y N 39 W (F_7). Puede verse también que dentro de cada serie no todos los grupos tienen la misma importancia; así, por ejemplo, F_2 es indudablemente más importante que F_3 .

Puesto que sólo se han podido medir y representar las orientaciones en dos dimensiones (rumbos), es preciso interpretar los resultados con cautela, por carecer de una representación espacial completa.

III.2.c) Interpretación.

La simetría de la estructura de una tectonita refleja la de los movimientos o deformaciones que la han originado (TURNER y WEISS, 1963, pág. 363), pero no da ninguna información directa sobre la distribución y naturaleza de los esfuerzos que han causado estas deformaciones. Una interpretación rigurosa ha de limitarse, por tanto, a la cinemática en el actual estado de conocimiento de la geología estructural.

Sin embargo, en nuestro caso sería de indudable interés económico el llegar a conocer la distribución original de los esfuerzos, dada su relación con la fracturación y, por tanto, con la mineralización, que es filoniana. Debido a ello se ha elaborado un modelo teórico incluyendo una interpretación dinámica, que se propone como explicación de los hechos observados.

La representación dinámica ha de considerarse, por tanto, solamente como una hipótesis de trabajo.

Como se ha visto, el diagrama 4 muestra que la esquistosidad está afectada por dos dispersiones, de ejes $\beta_1 = B$ (aproximadamente), la más importante, y β_2 , la menos manifiesta, que corresponden a otras tantas deformaciones que serán analizadas a continuación.

Primera deformación de la esquistosidad (Tipo I).

Suponemos como punto de partida los sedimentos plegados según un eje B y sometidos a metamorfismo, lo que ha dado lugar a una esquistosidad de plano axial, S_1 (“axial plane cleavage” HILLS, 1972, pág. 314; WILSON, 1961, pág. 459).

Según se deduce del diagrama 4, la esquistosidad se despliega “en abanico” (fig. 44) alrededor de un eje β_1 , de modo que los polos se dispersan según un círculo máximo, P_1 , pero sin alejarse considerablemente del máximo c . Esta dispersión puede ser en parte original—no es raro que el cruce de un sistema plegado por una sola fase muestre una disposición en abanico (TURNER y WEISS, 1963, fig. 12.3, págs. 456 s.)—y en parte impuesta posteriormente por una deformación homoaxial con respecto al primer plegamiento; esta nueva deformación se manifiesta por un fino repliegue de s_1 que, a veces, unido a un sistema de microfuras subparalelas, puede llegar a producir un arrugamiento de la esquistosidad según apretados plieguecillos o incluso micropliegues (figs. 22 y 23). Es decir, que a la esquistosidad normal o de plano axial puede superponerse un cruce de fractura, pudiendo llegar a aparecer “strainslip cleavage” (estos términos se precisarán un poco más adelante; la transición entre estos tipos viene indicada en la figura 44 por la serie a, b, c, d).

En esta figura se representan esquemáticamente las variaciones de la esquistosidad en la zona a grandes rasgos, así como su aspecto al microscopio. Es de notar que—frente a lo que el dibujo pueda hacer suponer—no hay dominios parciales en los que la esquistosidad permanezca con orientación completamente constante, sino que la variación es bastante aleatoria; algo parecido sucede con los tipos de esquistosidad que se han representado con detalle en los cuadros a, b, c y d de dichas figuras: los más frecuentes son los de tipo a y b , pero no puede establecerse en la región estudiada un gradiente general que conduzca a la aparición generalizada de los tipos c y d , sino que éstos se encuentran en diver-

esos lugares, sin que pueda predecirse su aparición, hecho que es lógico, si se tiene en cuenta la diversidad de factores que influyen en su formación. Es interesante, sin embargo, intentar una interpretación que permita explicar los diversos tipos de esquistosidad encontrados: esto puede hacerse suponiendo un desarrollo continuo a partir de la esquistosidad normal s_1 (cuadro *a*), para pasar sucesivamente a los tipos *b*, *c* y *d*, con intensidad creciente de la deformación, de modo que en casos extremos el crucero s_2 , impuesto sobre s_1 , llega a parecerse a una nueva esquistosidad por ser localmente penetrativo; naturalmente, no aparecen en todas las zonas estas cuatro etapas.

Se trata, por tanto, de un crucero de fractura (de SITTER, 1970, págs. 96 ss.) o "shear cleavage" (WILSON, 1961, pág. 454), s_2 , superpuesto a una esquistosidad normal, s_1 ("Slaty cleavage" o "flow cleavage", WILSON, 1961, págs. 459, 462 ss. y 483 ss.), de plano axial; por continuación del cizallamiento a lo largo de estos planos de fractura subparalelos pueden llegar a producirse casos extremos de "strain-slip cleavage" (WILSON, 1961 págs. 480 ss.).

Realmente no puede pensarse que los fenómenos observados obedezcan a una causa única y sencilla, sino que han de tenerse en cuenta los diversos factores que contribuyen a la formación de estas estructuras: compresión, aplanamiento, cizallamientos ("shear"), alargamientos, flujos, etc. Así, por ejemplo, según el último autor citado (págs. 489 s.): "El apizarramiento sugiere... el flujo laminar de un material viscoso petrificado; la estructura de un esquisto sugiere que el flujo está a punto de transformarse, o se ha transformado ya, en turbulento. Las superficies de esquistosidad principales son todavía prominentes, pero ya no lisas; son irregulares u onduladas en mayor o menor grado".

El tránsito entre estos dos tipos de superficies de orientación preferente, caracterizado por la formación de ondulaciones y micropliegues en la esquistosidad, se produce, según FOURMARIER (en WILSON, 1961, pág. 490) precisamente en la epizona, en la cual se encuentran los esquistos de Beariz.

Además, según WILSON (1961, pág. 456): "...si el efecto de plegamiento ha sido alterar la resistencia de las rocas a la deformación, no es improbable que la dirección de mínima presión haya sido también alterada, por lo que las posiciones de los esfuerzos principales pueden también haber sido cambiadas, rotando también, en consecuencia, los planos de

cizallamiento máximo en el espacio. Es posible, por tanto, que las zonas de "shear cleavage", "monoclines" o "joint-drags" tengan cualquier posición con respecto al pliegue o a su plano axial". Teniendo esto en cuenta, se puede considerar la pequeña discrepancia observada entre β_1 y *b* (diagrama 4) como un efecto normal, sobre todo si se tiene en cuenta la posibilidad de flujo plástico.

Otro factor que favorece el que la deformación sea por cizallamiento según un crucero de fractura es el endurecimiento de la roca por la recristaliza-

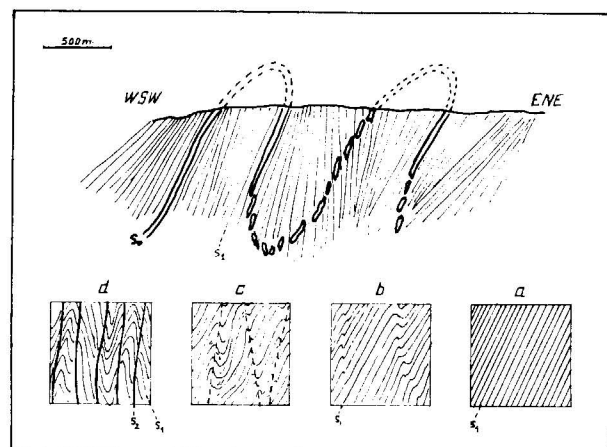


Figura 44

Corte esquemático idealizado, en dirección *ac*, a través de las rocas metamórficas de la zona de Beariz: s_0 = superficie de estratificación, puesta de manifiesto por lecho más competente: cuarcitas; obsérvese la transposición de s_0 para adaptarse a s_1 . s_1 = esquistosidad (el rayado representa su buzamiento, que es variable). *a*, *b*, *c*, *d*: diversos aspectos de la esquistosidad al microscopio (corte según el plano *ac*). s_2 = crucero superpuesto sobre s_1 .

ción metamórfica, que impide el plegamiento normal al dar al material mayor rigidez (WILSON, 1961, página 488). En estas fracturas pueden cristalizar nuevos minerales metamórficos, sobre todo micas (figura 23a).

Los movimientos según planos de cizallamiento se traducen en giros de los granos, que son a veces observables al microscopio (figs. 24 a 26), como se ha visto (II.1).

Los pliegucillos de la esquistosidad se manifiestan por la aparición de lineaciones (diagrama 5 y figura 11), que son las que definen el eje *b*.

De acuerdo con estos datos, caben dos hipótesis

acerca del origen de los tipos de esquistosidad descritos:

i) origen por un sistema de esfuerzos único, el mismo que da lugar al plegamiento de los estratos, s_0 (WILSON, 1961, pág. 454): una sola fase tectónica con un primer período en el que se forma una esquistosidad normal o de plano axial, s_1 , y un segundo período en que ésta sufre deformación.

ii) la formación de s_1 y su deformación tienen lugar en dos fases tectónicas—homoaxiales—distintas, sin relación mutua (WILSON, 1961, pág. 457).

La probabilidad de estas dos hipótesis se discutirá más tarde, teniendo en cuenta los datos que ofrece la fracturación.

En cualquier caso, se originan estructuras de eje *B* (aproximadamente N 18 W, horizontal), es decir, estructuras horizontales o subhorizontales de rumbo próximo al N-S. La dirección más frecuente de compresión máxima, σ_1 , correspondería a la del eje *c*—perpendicular a la esquistosidad (TURNER y WEISS, 1963, pág. 524)—, dando lugar posiblemente a un flujo en el plano *ab* y a deformaciones en la esquistosidad. La dirección de flujo no se conoce con seguridad, puesto que no se han encontrado lineaciones debidas a dicho movimiento, pero la existencia de pliegues a diversas escalas con las características explicadas, parece indicar que es la del eje *a*.

Estos últimos efectos, que curvan la esquistosidad inicial s_1 , disminuyen la simetría del conjunto, de modo que el plano *ab* deja de ser plano de simetría; el diagrama 4 muestra, por tanto—aun prescindiendo de la segunda dispersión— simetría monoclinica, en lugar de la rómbica, que le correspondería si no hubiese habido más esfuerzos que los de compresión (TURNER y WEISS, 1963, pág. 458). Sin embargo, la simetría del diagrama es bastante próxima a la rómbica, por lo que cabe suponer que de todas formas las fuerzas de compresión han sido esenciales en esta primera deformación de s_1 .

Segunda deformación de la esquistosidad (Tipo II).

En cuanto a la segunda deformación, no puede observarse directamente en el campo, pero su existencia se deduce del diagrama 4 por la dispersión de los polos de esquistosidades según el plano P_2 —N 2 W, 57 E— o, lo que es lo mismo, alrededor de un eje β_2 —N 88 E, 33 W—, que es el polo de dicho plano y que casi coincide con el eje *a* primitivo. De todos modos, muestra una intensidad bas-

tante menor que las de Tipo I y en esta zona no ofrece información sobre la distribución de esfuerzos, aunque cabría suponer que la compresión, en caso de existir, habría tenido una dirección aproximada N-S, dando lugar a estructuras de ejes ~ E-W, pinchando hacia el W, es decir, que los ejes *a*, *b* y *c* de esta deformación coincidirían más o menos con los ejes *c*, *a* y *b* de la anterior, respectivamente ("Tectónica $B \perp B$ " de SANDER, 1948). El único efecto claro de esta deformación sobre la esquistosidad es la dispersión de los rumbos de la primera, pero no llega a crear otra nueva en la zona de Beariz.

Todo esto podría resumirse en la figura 45, que expresa la orientación de la esquistosidad Tipo I—coincidente con el plano *AB* del elipsoide de deformación—y su deformación en una hipotética fase tectónica posterior de eje $\beta_2 \perp B$ (Tipo II), junto con los correspondientes elipsoides de deformación. En cualquier caso—exista esta última fase o no—, la geometría de la estructura resultante es la representada.

Fracturación.

La fracturación de las rocas de la zona de Beariz—excepto los filones de zonas mineras, III.3— se ha representado por medio de diagramas rosa. Es necesario insistir de nuevo (v. III. 2.b) en el hecho de que los datos en que se basan los diagramas 1, 2 y 3 son sólo aproximados: la intersección, medida en foto aérea, de los planos de fracturación con la superficie del terreno, que no siempre es horizontal; a esta dificultad se une una limitación connatural a los diagramas rosa: la falta de información sobre las pendientes de los planos medidos. Todo ello puede dar lugar a errores de medida no despreciables, lo que obliga a manejar estos datos con especial cautela y a evitar toda conclusión apresurada, basada únicamente en representaciones incompletas. A pesar de todos estos inconvenientes, el empleo de los diagramas rosa está bastante generalizado—por ejemplo, HILLS, 1972, pág. 152; de SITTER, 1970, págs. 124 ss.; METZ, 1963, fig. 42, pág. 80—, debido a su utilidad y veremos que en nuestro caso permite completar los resultados obtenidos por otros métodos.

La interpretación que sigue tiene por fin establecer las relaciones entre fracturación y deformaciones—estas últimas, consideradas a la luz de la información obtenida de los diagramas estructurales: diagramas 4 y 5—, por un lado, y el sistema o sistemas

de esfuerzos que las han originado, por otro, partiendo del actual conocimiento de los mecanismos de deformación y fractura de masas rocosas sometidas a esfuerzos mecánicos (WILSON, 1961, páginas 427 ss.; MCKINSTRY, 1941; HILLS, 1972, páginas 183 ss.; de SITTER, 1970, págs. 120 ss.; 132 ss.).

Se ha visto que la fracturación se distribuye según dos sistemas, cada uno de los cuales consta de tres grupos—dos de ellos dispuestos simétricamente con respecto al otro, que ocupa una posición central—, de modo que a todo grupo le corresponde otro aproximadamente perpendicular en el otro sistema. Uno de los sistemas, cuyo grupo central— F_1 , diagr. 3— tiene la dirección N 75 E, predomina sobre el otro. En el cuadro que sigue, se comparan las direcciones centrales de los dos sistemas con direcciones c (=supuestas direcciones de compresión) de los diagramas estructurales, partiendo de los dos tipos de deformaciones representados en la figura 45 (cuadro V).

CUADRO V

	Grupo central (rumbo aprox.)	Eje c (rumbo)	
Sistema 1.º	N 75 E	N 72 E	Tipo I
Sistema 2.º	N 15 W	N 10 W	Tipo II

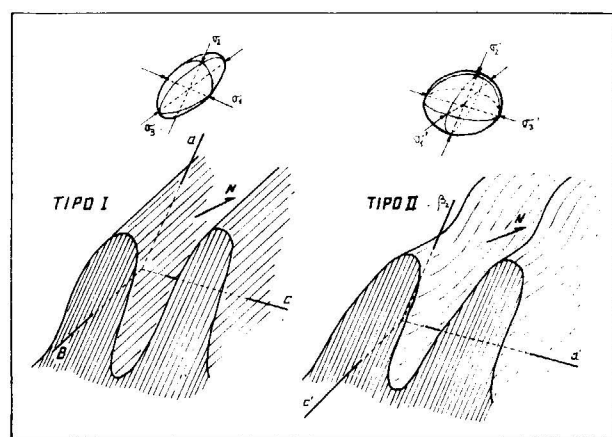


Figura 45

Esquema macroscópico idealizado de los tipos de deformaciones que aparecen en la zona de Beariz y posible interpretación dinámica de su origen, expresada por los correspondientes elipsoides de deformación (la orientación de éstos se refiere a las mismas coordenadas que la de los pliegues; posiciones de a , $B=b$ y c : v. diagrama 4).

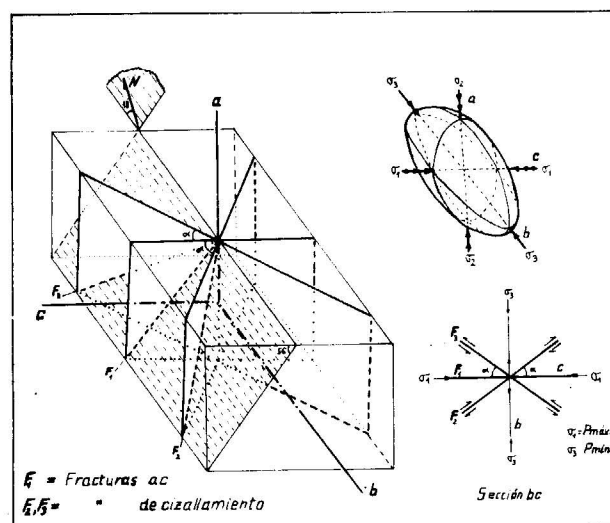


Figura 46

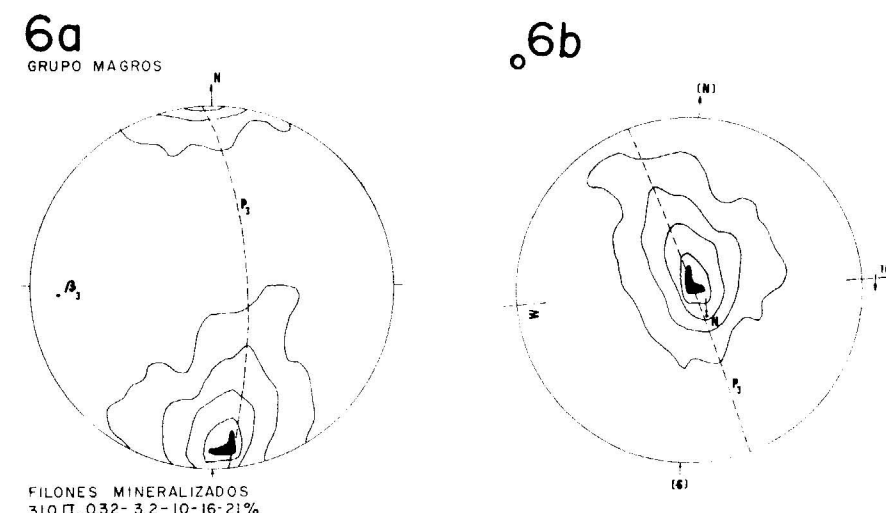
Interpretación dinámica de la fracturación predominante en la zona de Beariz (sistema principal, III.2.b), según un sistema de esfuerzos con compresión máxima en dirección ENE-WSW= c . Las intersecciones de los tres tipos de fracturas representados con el plano horizontal corresponden, a grandes rasgos, a las direcciones F_1 , F_2 y F_3 del diagrama 3 (para mayor claridad, se ha girado el bloque hasta poner el eje a en posición vertical, de modo que una sección horizontal aparece ahora inclinada 56° hacia el W; $\alpha < 45^\circ$, aunque en la figura pueda parecer mayor por efecto de la distorsión debida a la perspectiva): orientación de los ejes a , b y c : v. diagrama 4).

Como se ve, la coincidencia entre el sistema 1.º y el Tipo I es bastante grande. Parece, por tanto, bastante fundado el atribuir el primer sistema de fracturas a los esfuerzos de dirección ENE-WSW, responsables, además, tanto del plegamiento como de la esquistosidad y de todas las deformaciones de eje B o β_2 (éste es el conjunto de esfuerzos al que nos hemos referido al hablar de Tipo I, prescindiendo de su relación temporal, es decir, de que realmente se trate de una sola o de dos fases tectónicas homooxiales). Es sabido—v. autores citados—que un esfuerzo de compresión, actuando sobre una roca sometida a presión litostática, da lugar a un grupo de fracturas de tensión paralelas al plano de esfuerzos—o plano de deformación (WILSON, 1961, pág. 435)—y a dos cortejos de fracturas de cizallamiento, en posición simétrica con respecto al primero y que forman con el plano de esfuerzos un ángulo generalmente menor de 45° . Esta observación inclina a interpretar el primer sistema de fracturas como efecto de la supuesta compresión ENE-WSW, según muestra el diagrama-bloque de la figura 46.

Así puede explicarse el hecho de que la mayoría de los filones mineralizados tengan dirección ~ E-W, puesto que es la de las fracturas de tensión, que son las que pueden abrirse y ofrecer espacio suficiente para la mineralización.

En cuanto al segundo sistema de fracturas, cabe interpretarlo asimismo como efecto de la fase tectónica supuesta para la deformación Tipo II en la figura 45, aunque la coincidencia entre las fracturas de tensión—algunas de las cuales están mineralizadas o al menos rellenas de cuarzo, etc—y la supuesta dirección c de esta fase no es tan grande. Otra causa de dichas fracturas podría ser el relajamiento elástico de la compresión, en cuya impor-

chas relaciones existen frecuentemente en los yacimientos filonianos (MCKINSTRY, 1941) y en el caso de los yacimientos primarios estanníferos están hoy en día impliamente reconocidas (MOUSSU, 1962; SAINSBURY y HAMILTON, 1967; LUGOW, 1968; TISCHENDORF, 1968, 1969), gracias a la investigación de las mismas en diversos yacimientos o regiones particulares: Cornwall (HOSKING, 1951, 1964, 1965, 1967; GARNETT, 1961, 1968), Portugal (CONDE y col., 1971, por ejemplo, en la mina de Borralha, páginas 49 ss.; THADEU, 1973), Erzgebirge (LEUTWEIN, 1965, págs. 65 ss; STENPROK, 1965, pág. 176; CCHUST, 1968; BAUMANN, 1970), China (ZEN QUING-FEN y YANG BAI-LIN, 1966), Africa (Zaire: VARLA-



FILONES MINERALIZADOS 310 PT, 0.32-3.2-10-16-21%

PT = POLOS DE S
 DIAGR. 6b-7b-8b-9b = DIAGR. 6a-7a... girados
 EJE DE GIRO, CON INDICACION DE SENTIDO Y ANGULO
 ORIENTACION: (N), (S)... = POSICIONES ORIGINALES
 N, S... = POSICIONES GIRADAS

tancia insiste de SITTER (1970, pág. 135), así como los efectos mecánicos de la intrusión granítica, en las zonas próximas a la misma (recuérdese la figura 15).

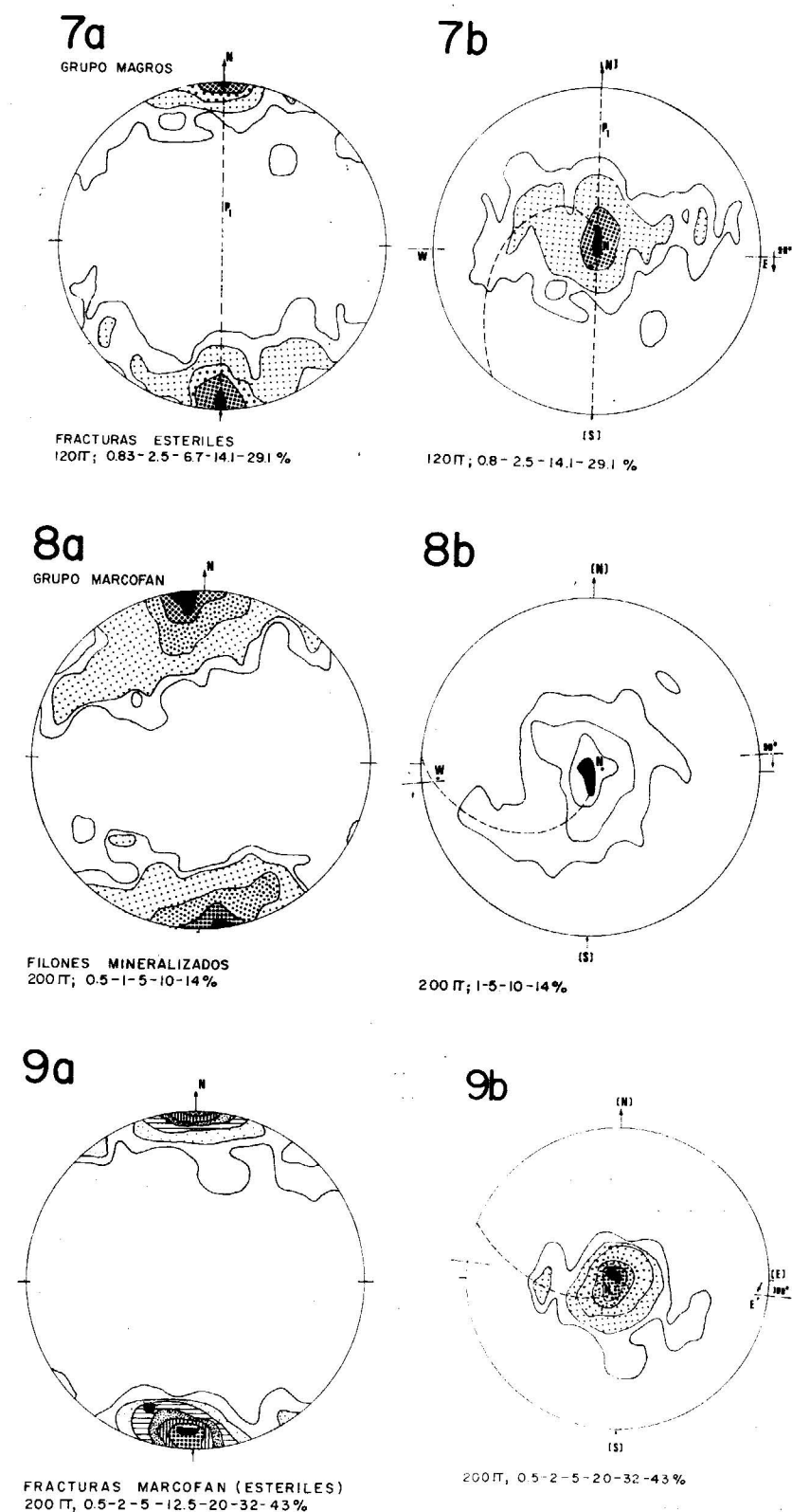
III.3) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LAS ZONAS MINERALIZADAS.

Los filones de las principales zonas mineralizadas—Magros y Marcofán—se han investigado con especial atención, con el fin de descubrir las posibles relaciones de la mineralización con la tectónica; di-

MCFE, 1948, 1950; Ruanda: FRISCH, 1971), entre otros muchos.

En los diagramas 6 a 9 se han representado los polos de 830 medidas de filones mineralizados y fracturas estériles. En vista de la dificultad de estudiar las figuras resultantes en sus posiciones verdaderas (diagramas a) se ha optado por girarlas hasta llegar a poner cada máximo en el centro del diagrama respectivo (diagramas b), para poder analizar y comparar su simetría. En cada diagrama se indica el eje y ángulo de giro correspondiente.

El rasgo común a todos los diagramas es la exis-



tencia de unos máximos muy acentuados en posiciones parecidas, aproximadamente N-S, horizontal o subhorizontal (las medidas exactas se encuentran en el cuadro sinóptico de III.5 y en el diagrama 10). En cuanto a la simetría, los diagramas 6 y 7 (grupo Magros) muestran simetría monoclinica (C_{2h}), con planos de simetría N 3 W, 73 E y N-S, vertical, respectivamente y ejes de simetría perpendiculares a dichos planos—es decir: N 87 E, 17 W y E-W, horizontal, respectivamente—, mientras que los diagramas 8 y 9 (grupo Marcofán) carecen de elementos de simetría (clase C_1 según la terminología de Schoenflies), estrictamente hablando, aunque el diagrama 8 se aproxima algo a una simetría monoclinica—plano de simetría N 6 W, vertical—y el 9, a una axial (eje=máximo).

La primera consecuencia que se deduce de la observación de estos diagramas y de su comparación con los datos obtenidos de los anteriores—diagramas 4 y 5—es la predominancia de las fracturas ac —es decir, fracturas cuyo polo se sitúa en b —en las zonas mineralizadas. Como ya se sabe, ac es la orientación característica de las fracturas de tensión, por lo que cabe suponer que los esfuerzos predominantes en las zonas mineras han sido los de tensión de la tectónica principal (del tipo que hemos denominado Tipo I fig. 45). La frecuencia relativa de las fracturas de tensión en las otras zonas (no mineralizadas) es mucho menor (comparar con diagramas rosa).

En cuanto a las deformaciones posteriores a la formación de las fracturas, en el diagrama 6 se observa una dispersión a lo largo del plano de simetría, P_3 (N 3 W, 73 E) o, lo que es lo mismo, alrededor del eje β_3 =N 87 E, 17 W; estos elementos de simetría, P_3 y β_3 , están muy próximos de los equivalentes, P_2 y β_2 , del diagrama 4, como puede verse en el diagrama 10, lo que hace sospechar una relación entre las deformaciones del grupo de filones mineralizados de Magros y las que hemos denominado de Tipo II. Estas deformaciones serán, por tanto, posteriores a dicha mineralización, puesto que afectan a filones ya mineralizados, pero no se manifiestan—o, en todo caso, no pasan de esbozarse—en los demás grupos de filones; en éstos predomina, por el contrario, una dispersión en espiral alrededor del máximo (\approx eje B de la tectónica principal), que se ha indicado en los diagramas (girados) correspondientes. El significado espacial de estos efectos se muestra en la figura 47, en la que las deformaciones dibujadas corresponden a las dispersiones puestas de manifiesto por

los diagramas estructurales (el esquema 1 se refiere al diagrama 6 y el 2, a los diagramas 7, 8 y 9, cuyas dispersiones son similares).

Por lo que se refiere a las causas de dichas dispersiones, cabría atribuir la deformación representada en el esquema 1 a la mencionada fase tectónica de Tipo II—suponiendo esfuerzos de compresión según el primitivo eje b —, mientras que las representadas en el esquema 2, por corresponder a un desplazamiento de las fracturas ac hacia la posición bc —es decir, desde fracturas cuyo polo es b , hasta fracturas cuyo polo tiende a ser a , según muestra el diagrama 8—, podrían explicarse teóricamente por una variación de la distribución de esfuerzos o, si se quiere, una rotación del elipsoide de deformaciones, de modo que tendiesen a intercambiarse las posiciones de los esfuerzos mínimo e intermedio, pues es sabido que las fracturas de tensión se producen paralelamente al plano de deformación (ac) y que tales rotaciones pueden produ-

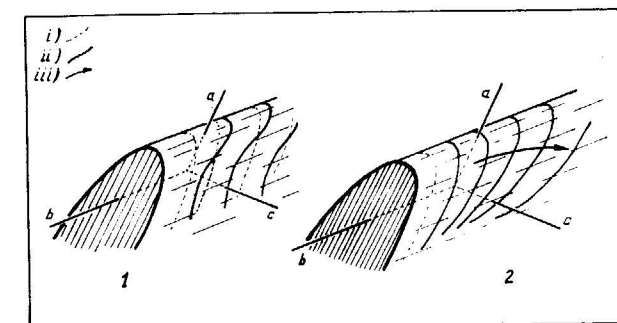


Figura 47

Esquema simplificado de las deformaciones sufridas por los filones mineralizados del grupo de Magros (1) y Marcofán (2) y de todas las demás fracturas en zonas de minas (2); los ejes a , b y c son los de la tectónica regional (v. Diagramas 46 10, cuadro VI o figura 45, Tipo I).

- i) fracturas ac originales (no deformadas)
- ii) nuevas posiciones de las fracturas ac
- iii) tendencia de la deformación

cirse (por ejemplo, en la orogenia: WILSON, 1961, págs. 430 s.).

Sin embargo, son demasiados los factores que pueden entrar en juego, dando lugar al mismo efecto, para intentar llegar a una explicación única y definitiva con los escasos datos de que se dispone. Además, la mencionada posibilidad de interpretar las fracturas N-S que tienen relleno—sean mineralizadas o no—como fracturas de tensión debidas a una fase tectónica de Tipo II, al relajamiento elástico de la compresión de la tectónica Tipo I o,

finalmente, a la intrusión granítica, introduce una incertidumbre adicional sobre el origen de las mismas.

Sobre estas posibilidades se hablará de nuevo más adelante (III.5), una vez se hayan expuesto todos los datos.

III.4) FALLAS. TECTÓNICA Y MAGMATISMO.

Como hemos visto (I.4.c), hay dos tipos de fallas importantes en la zona de Beariz: fallas de gravedad y fallas rumbo-deslizantes o de cizallamiento. Las primeras se han interpretado como efecto de la intrusión del gran batolito granítico que aflora al W (fuera de la zona), correspondiendo su dirección a una de las de cizallamiento máximo en el elipsoide de deformaciones debidas a la intrusión, mientras que la dirección de mínima compresión del mismo es la de los diques pegmáticos mineralizados, que forman una banda paralela al borde del batolito (I.2.a); todo esto se ha representado en la figura 15.

La mayoría de las fallas rumbo-deslizantes muestran direcciones NE-SW, como ciertas fracturas de cizallamiento— F_2 y F_5 —del diagrama 3. El movimiento es generalmente dextral—en el sentido de las agujas del reloj—, como corresponde al principal de estos grupos de fracturas (F_2) del diagrama 3, si se supone una compresión en la dirección F_1 —o, lo que es lo mismo, en una representación tridimensional, compresión según la dirección tectónica c —, según muestra la figura 45. Como sucede con frecuencia (MCKINSTRY, 1947, pág. 73), sólo una de las dos direcciones conjugadas— F_2 y F_3 —de cizallamiento, en este caso la F_2 , se manifiesta claramente en el sistema principal. Las fallas que muestran movimiento en sentido contrario—es decir, sinistral o contra las agujas del reloj—son escasas; naturalmente, no podrían explicarse por el mismo sistema de esfuerzos que da lugar a las primeras, pero sí, en cambio, por una compresión NNW-SSE, como la supuesta para el Tipo II, en cuyo caso aparecen dichas fallas rumbo-deslizantes sinistral como equivalentes del grupo de fracturas de cizallamiento F_5 , mientras que, igual que antes, el grupo conjugado, F_6 , prácticamente no se manifiesta.

Un caso especial, entre las fallas rumbo-deslizantes, lo constituye el sistema relacionado con la apófisis granítica, situada al S de Beariz (fig. 48). Dichas fallas, todas ellas dextrales, corresponden también a la dirección de cizallamiento principal

de la tectónica Tipo I, según se ve en el esquema del ángulo superior derecho de la figura 48; los desplazamientos producidos son relativamente grandes, llegando incluso a deformar la capa de cuarcitas situadas al W de dicho sistema, que normalmente iría paralela a la dirección general de la esquistosidad; pero lo más notable es la formación de desgarramientos de tensión durante el movimiento, de modo que a su desarrollo se superpone la curvatura de los mismos, dando lugar a las formas "en S" que se ven actualmente—"Fiederspalten" (MURAWSKI, 1972), grietas sigmoidales "en échelon"—, las cuales responden al modelo propuesto por WILSON (1961,

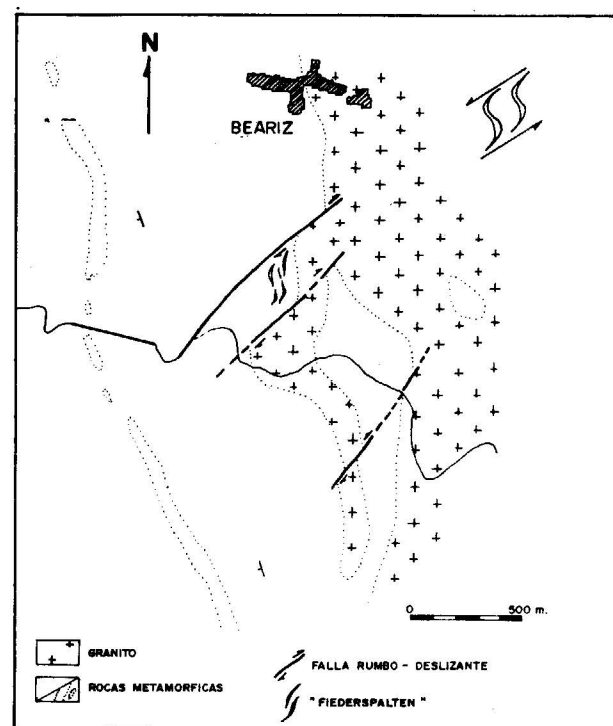


Figura 48

Interpretación tectónica del origen de la apófisis W del granito: "Fiederspalten" (grietas "en échelon" de desgarre por cizallamiento, deformadas en S) de diversos tamaños, originadas por un sistema de fallas rumbo-deslizantes dextrales y paralelas, según el modelo del ángulo superior derecho.

págs. 448 ss.), basándose en el experimento de RIEDEL. El orden de dimensiones de dichos desgarramientos varía desde el del metro (lentejones o filones, con relleno de cuarzo generalmente, muy abundante en el borde NW de la apófisis) hasta el del hectómetro (la apófisis propiamente dicha, cuya forma reproduce también el citado modelo y que, por tanto, se debe al relleno por material granítico de

desgarres de orden mayor). Esto obliga a suponer que la masa granítica se encontraba en un estado—al menos parcialmente—fluido en el momento de producirse los fenómenos descritos, es decir, durante la actuación de un sistema de esfuerzos con orientaciones del Tipo I. Sabemos también—según se ha visto en Petrografía, II-2—que, además, hay tectónica postcristalina.

III.5) RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Resumen.

La información de los diagramas que se han visto hasta ahora se resume a continuación en forma de cuadro sinóptico (cuadro VI), cuyos datos se representan también en el diagrama 10, de nuevo en la falsilla de Schmidt, para obtener una visión de conjunto (las flechas en dicho diagrama indican sentidos de la dispersión de las máximas concentraciones de polos de filones).

Observaciones básicas.

De todos los datos del cuadro VI, así como de los expuestos anteriormente, destacaremos ahora algunos que es necesario tener en cuenta para establecer la historia tectónica de la zona en relación con el metamorfismo y el magmatismo (los ejes de referencia a , b y c son los definidos en el cuadro VI):

1) la esquistosidad inicial s_1 aparece replegada finamente, pero de manera discontinua y pocas veces penetrativa, según deformaciones homoxiales con s_1 (ejes B o B_1 NNW-SSE: deformaciones tipo I),

2) a esta deformación se superpone otra (Tipo II), de eje aproximadamente perpendicular ($\beta_2 \sim E-W$, pinchando W), que es mucho más débil y no crea esquistosidad nueva ni llega a deformar finamente las anteriores.

3) la fracturación en esquistos y granito ofrece dos sistemas aproximadamente perpendiculares, compuesto cada uno de ellos por tres grupos, dos de los cuales se disponen siempre simétricamente con respecto al central; esta disposición sería explicable dinámicamente por dos sistemas de esfuerzos—el principal con compresión $\sim E-W$ y el otro con compresión $\sim N-S$, actuando separadamente—, que también son una posible explicación de las deformaciones de tipos I y II, respectivamente.

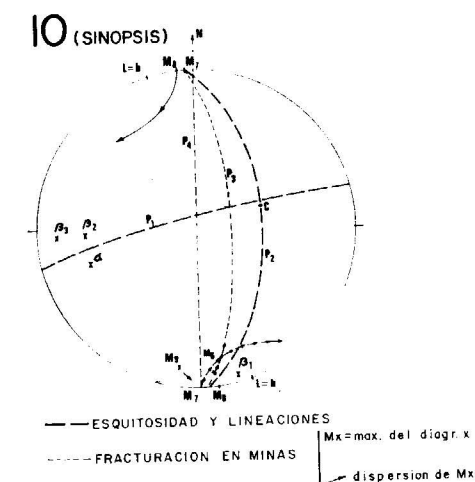
4) la fracturación en las zonas de minas es predominantemente ac , pero muestra deformaciones, puestas de manifiesto por la dispersión de los má-

ximos de sus polos, ya sea a lo largo de un círculo máximo (eje aproximado β_2), ya sea en espiral (ejes próximos a B , coincidentes en cada caso con la máxima concentración de los polos de dichas fracturas); en este último caso se observa la tendencia a pasar de fracturas ac a fracturas bc .

5) algunas de las fracturas mineralizadas muestran direcciones aproximadas N-S.

6) las fallas rumbo-deslizantes son frecuentes en la zona, predominando las dextrales sobre las sinistralas.

7) algunas de estas fallas dextrales han jugado todavía durante la intrusión granítica, originándose a veces los típicos desgarres de tensión doblados en S—"Fiederspalten", ~ 1 kilómetro al S de Beariz—, rellenos de material granítico, lo que quiere decir que se trata de un granito sintectónico con

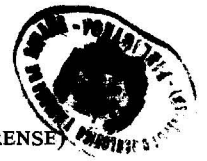


respecto a la fase que ha originado dichas estructuras.

8) la tendencia del granito a conformarse a las estructuras regionales (I.4.c) también está de acuerdo con dicha conclusión (7).

9) hay otras fallas rumbo-deslizantes (sinistralas) que no pueden ser explicadas dinámicamente por la misma distribución de esfuerzos (Tipo I) que las anteriores, pero sí lo podrían ser suponiendo una compresión principal $\sim N-S$ (o NNW-SSE).

10) el estudio petrográfico de las rocas metamórficas (II.1) hace suponer que el metamorfismo "ha tenido lugar durante un período de tiempo más o menos largo, estando las rocas sometidas a una tectónica variable—ya sea continua, ya intermitente—, en la que podría aceptarse, si hay motivos para



CUADRO VI
Datos de geología estructural de la zona de Beariz (Resumen)

DIAGRAMA (Nº y Objeto)	MAXIMO	S I M E T R I A		B I S P E R S I O N E S		ESFUERZOS supuestos	O B S E R V A C I O N E S
		Clase	Eje	Plano	Eje		
4 (Esquistosidad)	N 72 E, 56 E=c	C _{2h} (Mon)	($\beta_1 = N14 W, 6 S$)	P ₁ -N 76 E, 64 N	P ₁	β_1	• S ₁ -N 18 W, 34 W; transposición de So • homoxial respecto al plegamiento (I) Ejes de referencia { a=N 72 E, 34 W b=N 18 W, H c=N 72 E, 56 E
5 (Mineraciones I)	L=N 18 W H=b	D _{2h} (Axial)	L				• Tectónica ~ B L B' (II)
6 Min.	M ₆ -N 6 W, 12 S	C _{2h} (Mon)	($\beta_3 = N 87 E, 17 W$)	P ₃ -N 3 W, 73 E	P ₃	β_3	Predominio de fracturas \approx ao
7 Est.	M ₇ -NS, H	C _{2h} (Mon)	E-N, H	N-S, 90°	Babozo de dispersión	Dispersión en espiral con ejes cercanos	(Min = fracturas mineralizas Sn-W (Est. = " " estériles
8 Min.	M ₈ -N64, H	C ₁ (Tricla)	-	-	según planos	+ Rotación del elipsoide de deformación ?	
9 Est.	M ₉ -N 4 E, 12 S	C ₁ (Tricla)	-	-	$\approx P_4 = N-S$		

F R A A C T U R A S E N Z O N A S M A A C O M P F I N E R A S

ello, la división en diversas fases. Sí es necesario, sin embargo, aceptar que han actuado esfuerzos tectónicos postcrystalinos, dada la intensidad de la cataclisis observable en casi toda la zona".

Discusión.

El hecho (1) de la deformación homoaxial de s₁, por sí sólo, no permite distinguir si ha habido una sola o dos fases tectónicas separadas en el tiempo; pero, dado que la Orogenia Herciniana comienza a partir del Devoniano (MATTE, 1968, pág. 204; OENING SOEN, 1970, pág. 161; den TEX, 1966: fase Bretónica?) y dado que el granito, cuya edad es de unos 298 m. a. (Westfaliense, II.2.b), es sintectónico—(7) y (8)—, hay que suponer que se trata de fases distintas; en caso contrario, tendría que ser una fase de duración extraordinariamente larga. La primera fase es, por tanto, responsable del plegamiento y de la esquistosidad inicial s₁ y la segunda, contemporánea de la intrusión granítica, de su deformación (homoaxial con respecto a la primera).

A esta misma conclusión ha llegado MATTE (1968, págs. 200, 294, 236) para la virgación herciniana del NW de la Península Ibérica, tras sus investigaciones a escala regional. Sin embargo, hace notar (pág. 245) que "en las zonas en que la esquistosidad primaria era subvertical, por ser las dos fases homoaxiales, es difícil distinguir la presencia de la fase 2, que generalmente no ha producido ni microestructuras ni grandes estructuras netamente diferenciables de la fase 1"; esto es lo que sucede en la zona de Beariz.

Según los datos de que disponemos (1) y (3), cabe suponer que la distribución de esfuerzos en las dos primeras fases tectónicas (homoaxiales) es parecida (fig. 45, Tipo I), correspondiendo a una dirección más frecuente de compresión máxima ENE-WSW (=c), pero con respecto a las otras direcciones principales del elipsoide de deformaciones ($\sigma_2 = P_{int}$ y $\sigma_3 = P_{min}$) puede haber diferencias: podría considerarse, por ejemplo, $\sigma_2 = b$ y $\sigma_3 = a$ en la primera fase—según la idea de SANDER (en WILSON, 1961, Tabla 1, pág. 435), que hace corresponder la dirección de presión intermedia, P_{int} o σ_3 , al eje b—y, por el contrario, $\sigma_2 = a$ y $\sigma_3 = b$ en la segunda—puesto que la dirección de la intersección de las fracturas de cizallamiento suele corresponder a la de la compresión intermedia (MCKINSTRU, 1941), v. fig. 46—; esta última interpretación es la única que se ha dibujado (figs. 45 y 46). Prescindiendo de interpretaciones teóricas, es de notar que, mientras que la primera fase es la más penetrativa (s₁), la segunda pro-

duce una fracturación más importante, hecho que puede comprenderse teniendo en cuenta que ésta actúa sobre rocas ya endurecidas—recristalizadas durante la primera, que serán ya más frágiles y menos deformables que al principio—(10)—, v. también MATTE, 1968, pág. 204.

En cuanto a la fracturación, la mayor parte (primer sistema) podría explicarse dinámicamente por cualquiera de las dos fases—fases que hasta ahora habíamos denominado como de Tipo I—, pero, por lo que se acaba de decir, se atribuyen principalmente a la segunda. En algunos casos—filones, diques, sistema de "fielderspalten" y apófisis granítica al S de Beariz—es evidente que el origen se debe a la segunda fase, que es la contemporánea de la intrusión y, por tanto, la única que puede dar lugar a fracturas susceptibles de ser rellenadas inmediatamente por material granítico.

Las fallas rumbo-deslizantes (7) dextrales pueden también asimilarse, en cuanto a su origen, a las fracturas F₂ del primer sistema, por las mismas razones.

Lo dicho no excluye, de todos modos, la posibilidad de que grietas o fallas, formadas en la primera fase, hayan vuelto a ser reactivadas—incluso abiertas y rellenadas—durante la segunda.

A esta fracturación de la segunda fase se debe el origen de la mayoría de los filones mineralizados, que ocupan posiciones ac—(4)—y son, por tanto, fracturas de tensión rellenas. Los otros grupos del primer sistema de fracturas—(3), v. también diagramas 1 a 3—y las fallas rumbo-deslizantes—(6), (7)—dextrales no representan sino las direcciones de cizallamiento debidas a los mismos esfuerzos. Los filones N-S—(5)—, en cambio, no pueden explicarse directamente por este sistema de esfuerzos, pero sí—según se ha explicado ya—por efecto del relajamiento elástico de la compresión al cesar los mismos o como consecuencia de la intrusión (por ejemplo, los filones turmaliníferos de IV.2.a, que preceden a los demás), interpretación que parece más lógica que el atribuirlos a una tercera fase tectónica, pues todo el material magmático estaría ya entonces probablemente consolidado (comp. II.3.a); la deformación en espiral de ciertos filones, con ejes próximos a B—(4)—, podría también atribuirse a las mismas causas.

Los puntos (2), (3), (4) y (9), sin embargo, no pueden explicarse enteramente por ninguna de las dos fases tectónicas consideradas hasta ahora. Esto nos lleva a suponer la existencia, en esta zona,

de una tercera fase con compresión ~ N-S, correspondiente al Tipo II de la figura 45, que es la que ha causado las deformaciones Tipo II —dispersión de s_1 con eje β_2 —, el segundo sistema de fracturas, las fallas rumbo-deslizantes sinistralas y la deformación de los filones mineralizados (*ac*) del grupo Magros con eje $\beta_3 \approx \beta_2$. Esta fase sería, naturalmente post-magmática y poco intensa.

La interpretación propuesta para la zona de Beariz supone, por tanto, dos fases homoaxiales y una tercera fase, aproximadamente perpendicular (tipo $B \perp B'$), mucho más débil. Encaja totalmente en la regional propuesta por MATTE (1968) para el geosinclinal herciniano del NW de la Península Ibérica—si bien este autor admite sólo dos fases a escala regional y considera la “tercera”, en todo caso, sólo local—, pero no en la de den TEX (1966), según el cual en Galicia han actuado tres fases tectónicas, la primera y la última de ejes ~ N-S, la segunda de ejes ~ E-W (v. I.5.a). Sin entrar en discusiones sobre la estructura regional, no parece que los hechos observados en la zona de Beariz—téngase en cuenta especialmente los puntos (2), (3), (4), (7) y (9)—puedan explicarse según la interpretación del segundo autor citado, que, por otra parte, fue elaborada cuando todavía no se habían publicado todas las dataciones de edad absoluta que hoy se conocen (por ejemplo, PRIEN et al., 1970).

Volviendo al metamorfismo regional, cabe suponer —(10)— que empezó con la primera fase tectónica y duró hasta comenzada la segunda, puesto que parece haber cristalización pre-, sin- y post-tectónica (v. II.1.a): sin- y post-tectónica con respecto a la primera fase; pre- y sintectónica—el crecimiento de micas según s_2 , figura 23 a, sería un ejemplo de esta última— con respecto a la segunda. Este resultado está también de acuerdo con los obtenidos por MATTE (1968, pág. 200); sin embargo, en la zona de Beariz no se han encontrado datos que permitan afirmar que la actual facies de pizarras verdes sea debida a un metamorfismo retrógrado—que, según den TEX (1966, pág. 221) y MATTE (1968, pág. 236), habría sido general—, a pesar de observarse a veces estados intermedios de transformación entre biotita y clorita, pues en ningún caso quedan restos de minerales característicos de facies más elevadas—la andalucita es explicable por metamorfismo de contacto—; por ello parece más lógico suponer que las facies de pizarras verdes o epizona corresponde a la máxima intensidad del metamorfismo (progresivo) en el área estudiada (v. II.1.d).

Resultados.

En la zona de Beariz han actuado tres fases tectónicas:

— la primera (eje NNW-SSE), que es la más penetrativa, da lugar a la esquistosidad s_1 .

— la segunda, que es homoaxial con la primera y contemporánea de la intrusión granítica (Westfaliense), pliega la esquistosidad primitiva con intensidades y en formas variables localmente y produce una serie de fracturas, de las cuales las de tensión (*ac* ~ E-W) adquieren importancia económica al ofrecer el espacio necesario para la deposición de la metalización de Sn-W transportada por disoluciones graníticas póstumas.

— la tercera es de eje aproximadamente E-W y perpendicular al de las anteriores (Tectónica $B \perp B'$), pero mucho más débil que éstas.

El metamorfismo regional empieza en la primera fase y se extiende hasta la segunda.

En cuanto a la prospección minera, es de destacar el especial interés de las fracturas E-W, debidas a la segunda fase, por ser las que estaban abiertas en la época de la mineralización. Los filones mineralizados tienen esta dirección en su mayor parte.

La historia Geológico-tectónica de la zona de Beariz durante la Orogenia Herciniana se resume en el siguiente cuadro (cuadro VII):

CUADRO VII
Historia geológico-tectónica de la zona de Beariz durante la Orogenia Herciniana

	Tectónica	Metamorfismo	Magmatismo
DEVONIANO C CARVONIFERO Westfaliense	3ª fase Eje E-W. Compresión N-S?, poco intensa, no origina esquistosidad.	Metamorfismo de contacto de la intrusión.	Intrusión de granito de dos micas; metalización Sn-W.
	2ª fase Eje NS, compresión E-W, plegamiento no penetrativo de S_1 ; fracturación importante.	Metamorfismo regional de facies, pizarras verdes.	
	1ª fase Eje N-S, compresión E-W, esquistosidad S_1 .		

El sistema hidrogeológico del Boquerón (Albacete); contribución a su estudio con un bombeo de ensayo de larga duración

Por M. SENENT ALONSO (*), L. LINARES GIRELA (**) y J. BARBA-ROMERO (***)

RESUMEN

Dentro del marco del Estudio Hidrogeológico Cazorla-Hellín-Yecla (I.G.M.E.-I.R.Y.D.A.) se ha definido el sistema hidrogeológico del Boquerón, de 80 kilómetros cuadrados de extensión, que se sitúa al sur de la provincia de Albacete en la comarca de Hellín y puede ser la solución a los problemas de demanda de agua planteados en la zona.

El acuífero lo constituye una formación dolomítica de unos 300 metros de potencia (Formación Chorro), de edad Dogger, que yace sobre un impermeable (Formación Madroño), de edad Lías, fundamentalmente margoso, que por otra parte ha permitido la delimitación del sistema en función de los afloramientos o subafloramientos de la misma.

La realización de un bombeo de larga duración ha permitido determinar las características hidráulicas del acuífero, confirmar los límites geológicos establecidos y fijar éstos en los sectores donde la geología de superficie no pudo precisarlos. Por otra parte, la larga duración del bombeo con gran número de piezómetros controlados ha llevado a proponer una serie de modalidades racionales de explotación.

1. INTRODUCCION.

Dentro del Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura (antes Cazorla-Hellín-Yecla) que desde 1968 llevan a cabo los organismos Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Industria) e Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (Ministerio de Agricultura) y en el que actúa como contratista la Empresa Nacional Adaro, se ha limitado una serie de unidades de estudio con características hidrogeológicas bien definidas.

El sistema hidrogeológico del Boquerón se sitúa al sur de la provincia de Albacete y ocupa algo más de la totalidad del cuadrante SW de la hoja del M. T. N., escala 1:50.000, núm. 843 (Hellín), lo que representa unos 80 kilómetros cuadrados de extensión. Se ha denominado así, por ser éste el nom-

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

(**) Licenciado Ciencias Geológicas. Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

(***) Ingeniero Técnico de Minas. Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

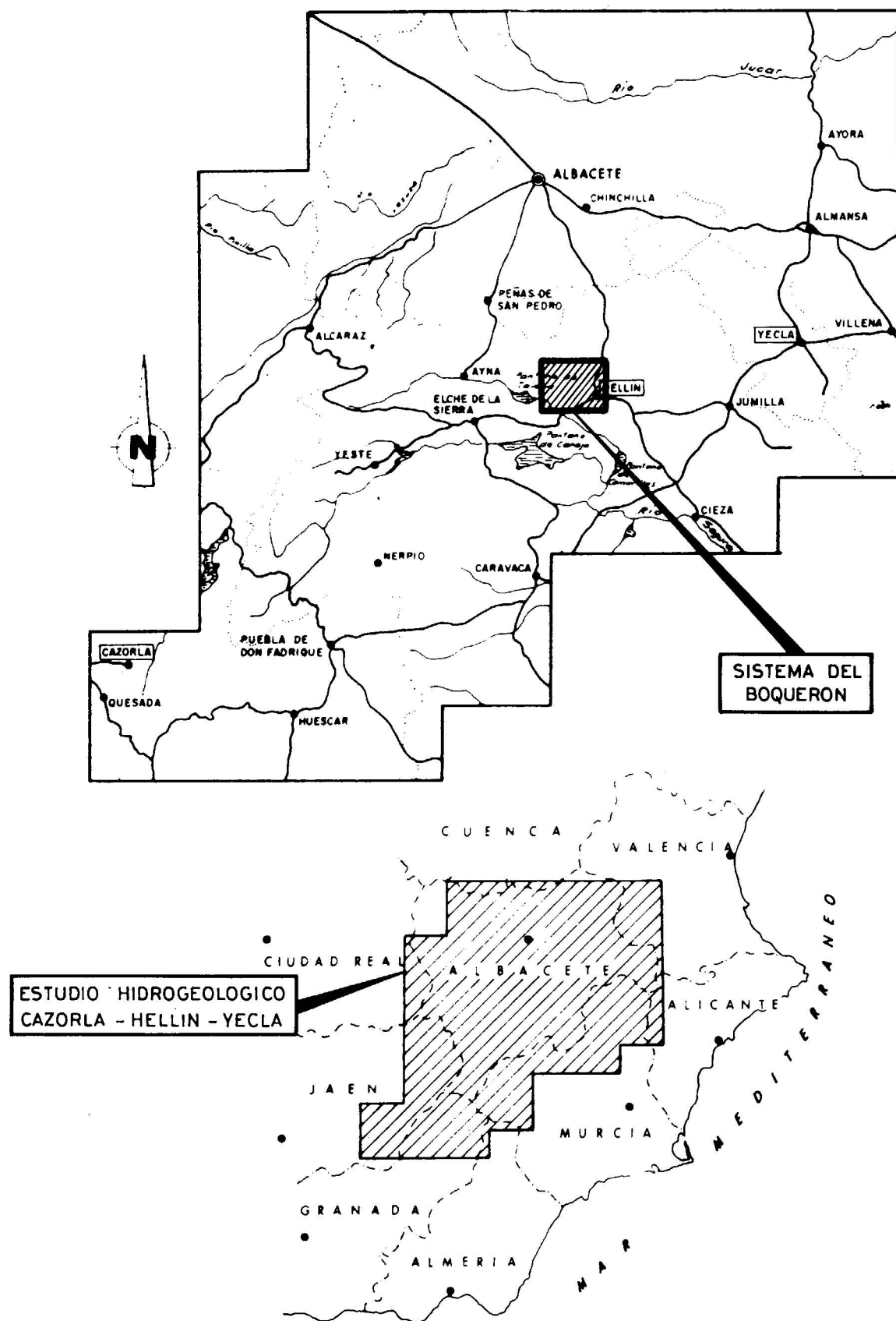
bre de la batería de sondeos de captación más representativa del sistema. Dicha batería es propiedad del I.R.Y.D.A. y de realización anterior al Estudio Hidrogeológico Cazorla-Hellín-Yecla.

El interés de un estudio exhaustivo de este sistema hidrogeológico deriva del hecho de que su explotación racional puede ser la solución a los problemas de demanda de agua planteados en la zona.

Se ha delimitado el sistema tras una campaña de geología de detalle y, a la vista de los resultados del bombeo de ensayo de larga duración realizado en la batería de El Boquerón, se han confirmado los límites, se han determinado las características hidráulicas del acuífero y se proponen una serie de modalidades racionales de explotación.

2. DEFINICION GEOMETRICA DEL SISTEMA.

Para establecer los límites del sistema y definirlo geométricamente ha sido necesario comenzar la investigación tras un perfecto conocimiento de la estratigrafía y tectónica de la zona, complicada en



extremo esta última, ya que es necesario destacar que nos encontramos en uno de los sectores del Prebético de estructuras más anárquicas y complejas.

El acuífero que se explota es la formación Chorro, de edad Dogger, que está constituida por dolomías muy fracturadas de unos 300 metros de potencia en este sector. Descansa sobre un complejo fundamentalmente arcilloso con eventuales episodios calizos (formación Madroño) de potencia no determinada y de edad Lías que constituye el substrato impermeable del acuífero.

Sobre la formación Chorro se encuentran las formaciones Lorente (Kimmerdigense), Utrillas (Cretáceo inferior) y/o Mioceno, según los sectores, que eventualmente pueden poner en cautividad al acuífero.

Las estructuras sufren en este sector una brusca inflexión en la orientación de sus ejes; lo que condiciona la complejidad de las mismas y la anarquía de su distribución. Se puede decir que la zona se caracteriza por una tectónica de pliegues apretados y de escamas de vergencias muy diversas. En el límite sur la presencia del Triás, que aflora después de haber perforado diapíricamente su cobertera, complica más aún las estructuras en sus inmediaciones.

La construcción de una malla apretada de cortes estructurales, basados en la geología de campo y complementados por datos de geofísica y columnas de sondeos, donde el recubrimiento es considerable, ha permitido establecer un mapa de isobatas del techo de la formación Madroño que es el substrato impermeable del acuífero estudiado.

A partir de este mapa, y considerando la cota del nivel piezométrico en cada sector, se han localizado una serie de barreras hidrogeológicas que desconectan el acuífero obteniendo de este modo el primer criterio para la delimitación del sistema en los bordes W y NW que consideramos, por tanto, como límites de flujo nulo.

Por otra parte, los afloramientos o subafloramientos de Triás del borde S constituyen una barrera hidrogeológica de entidad regional que no sólo delimita el sistema en ese sector sino que además condiciona la única emergencia importante del mismo (fuente de Isso), así como otros de menor caudal que en ningún caso superan los 25 litros por segundo.

Por el E la desconexión hidrogeológica con otros sistemas adyacentes no se pudo establecer clara-

mente desde un punto de vista geométrico, pero la cota de los manantiales situados a otro lado del límite que se indica (fuente de Hellín), así como la ausencia absoluta de influencia en sus caudales a lo largo del bombeo, han permitido confirmar este límite, en principio "intuido", por la presencia de un anticlinal muy apretado con núcleo constituido por la formación Madroño.

Está, así, el sistema perfectamente delimitado por el W, S y E, quedando abierto por el N, de donde recibe una alimentación subterránea procedente de otros sistemas hidrogeológicos. Esto debe ser así, pues el caudal de la fuente de Isso (115 litros por segundo) no puede justificarse con la alimentación de lluvia útil. Sin embargo, la presencia de afloramiento de F. Madroño en este límite indican que el impermeable puede estar próximo, lo que podría explicar la diferencia de cotas de nivel piezométrico entre el sistema del Boquerón y otros más septentrionales. Este hecho es importante a la hora de programar una futura explotación, pues es posible una desconexión hidráulica después de una explotación prolongada que provocaría una bajada suficiente de la superficie piezométrica. Hipotéticamente este límite se sitúa sobre una línea que pasaría por las crestas de la Losa, Majasonda y Cerro Velasco, que aproximadamente coincide con la divisoria hidrográfica de las cuencas de las Ramblas de Tobarra y del Boquerón.

3. BALANCE, RECURSOS Y RESERVAS.

En el sistema las *entradas* se reducen a las procedentes de la *lluvia útil* y a las *entradas subterráneas por el límite Norte*.

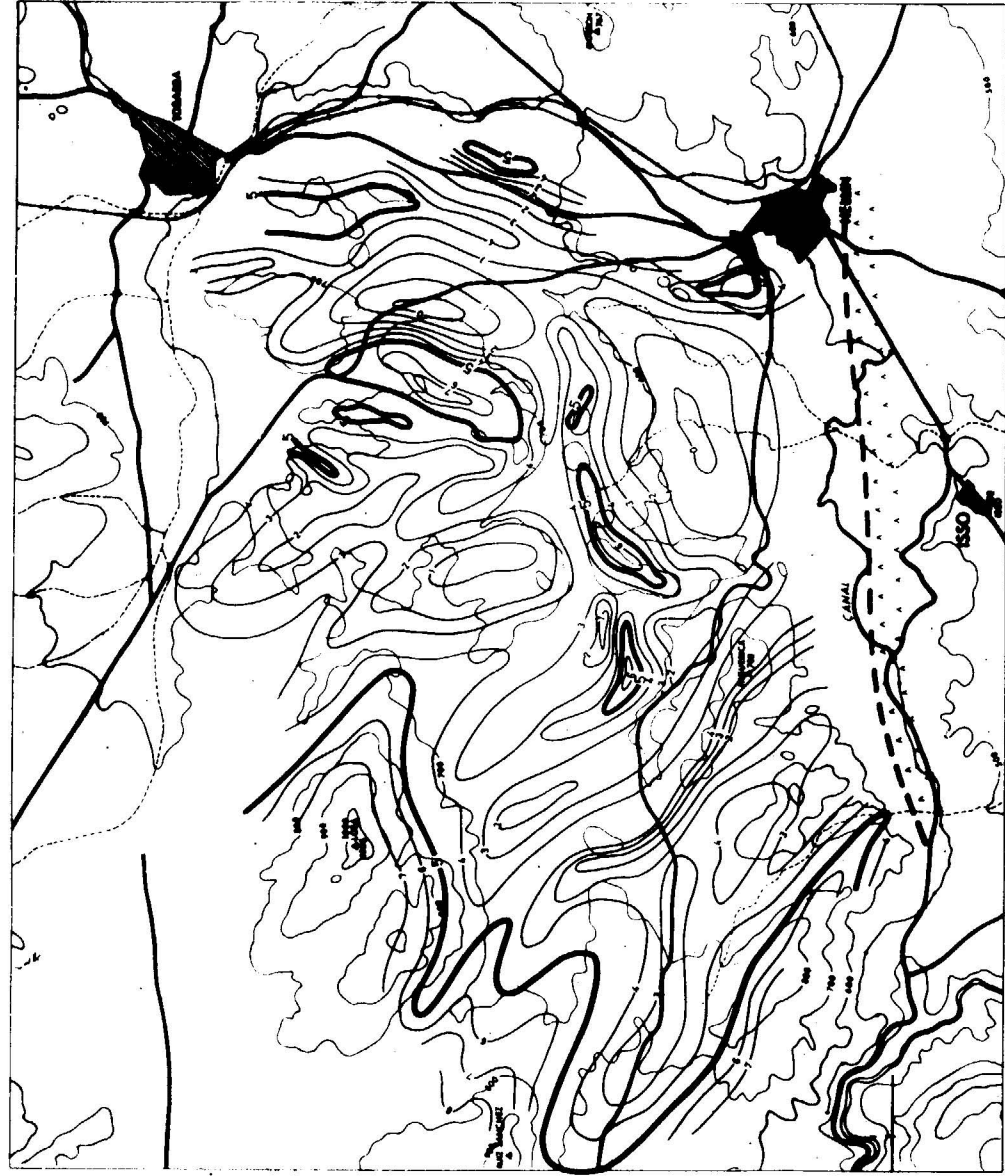
Se ha supuesto la estación termopluviométrica de Hellín (097 según S.M.N.) como representativa de las condiciones climatológicas del mismo. Así se ha calculado en 321 mm la pluviometría media de la zona para un período de veinte años (1945-1965) y en 15'6° C la temperatura media para un período de diecisiete años (1944-1960).

La evapotranspiración real se ha calculado para distintos valores de reserva útil o cambio de humedad del suelo.

Así, para

$\gamma = 0''$ ETR = 298 mm (92 % de Pluviometría)

$\gamma = 25''$ ETR = 321 mm (100 % de Pluviometría)



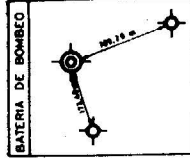
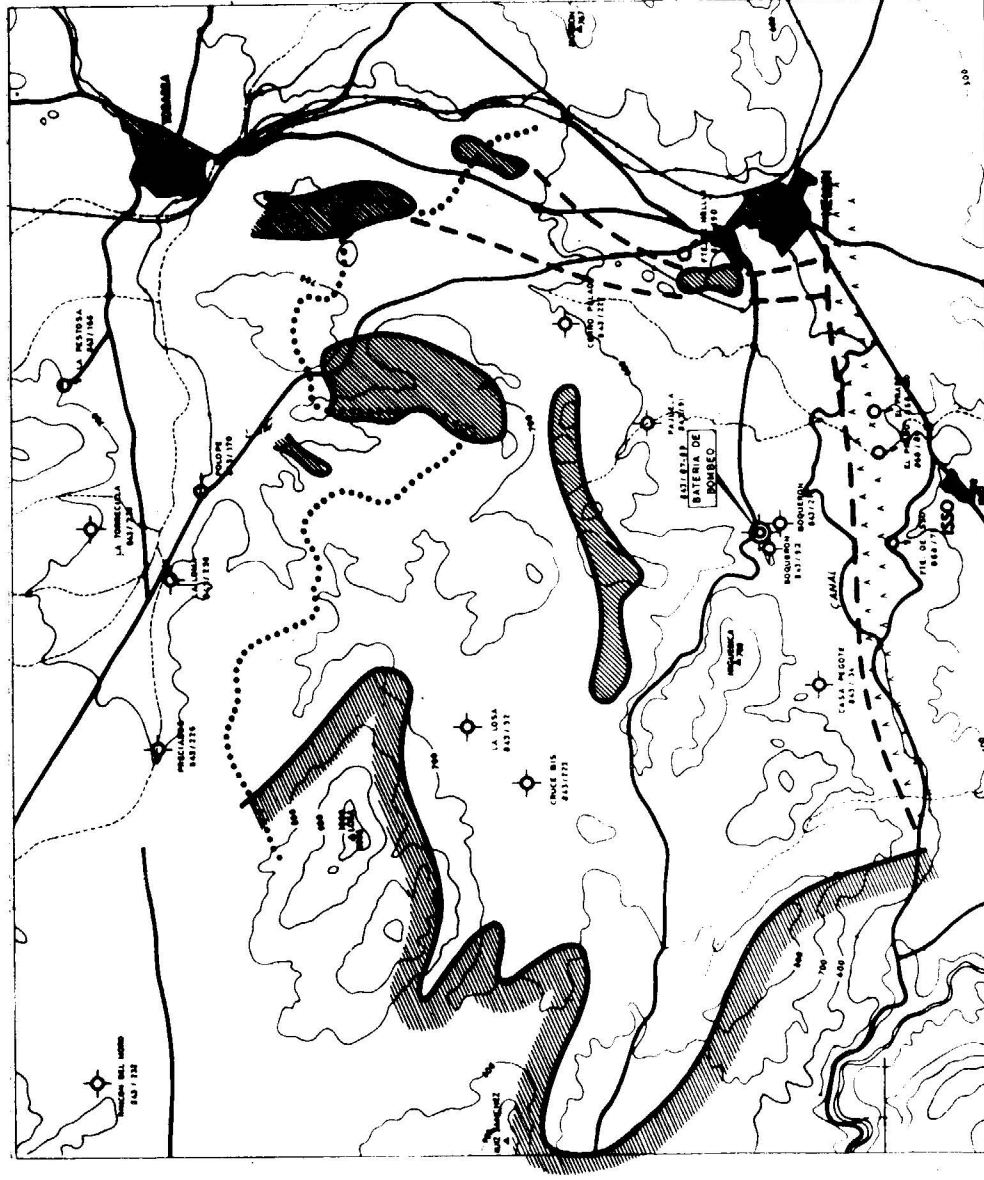
**ISOBATAS DEL TECHO DE LA
FORMACION MADROÑO**
(SUBSTRATO IMPERMEABLE)

(SUBSTRATO IMPERMEABLE)

COTAS EN M.S.N.M.



MINISTERIO DE INDUSTRIA PLAN NACIONAL DE LA MINERIA	
DIRECCION GENERAL DE MINAS PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS	
ENCARGADO	M. CORDERO
FECHA	Septiembre 1973
COMPROBADO	
AUTOR	
ESCALA	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
ALTO JUCAR - ALTO SEGURA	
E.N.A.D.I.M.S.A.	
Ciove	
PLANO N° 4	



- L E Y E N D A -

- — — — — LIMITE DE TRIAS
- ▨▨▨▨▨▨▨ LIMITE DE MADROÑO
- - - - - LIMITE SUPUESTO
- DIVISORIA HIDROGRAFICA



MINISTERIO DE INDUSTRIA PLAN NACIONAL DE LA MINERIA	
DIRECCION GENERAL DE MINAS PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS	
ENCARGADO	M. CORDERO
FECHA	Septiembre 1973
COMPROBADO	
AUTOR	
ESCALA	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
ALTO JUCAR - ALTO SEGURA	
E.N.A.D.I.M.S.A.	
Ciove	
DEFINICION GEOMETRICA DEL SISTEMA	
PLANO N° 5	

En el caso más favorable para la alimentación, $\gamma=0$, la lluvia útil sería de 25 mm; sin embargo, el parámetro no es nulo, pues siempre existe un suelo más o menos desarrollado que almacena parte de la lluvia para alimentar una posterior evapotranspiración retardada. Por lo tanto estimamos que la lluvia útil puede fijarse en 20 mm o, lo que es igual, 1,6 hm³/año.

Por otra parte, no existen *entradas superficiales* y las únicas *entradas subterráneas* se producen por el límite Norte y son de difícil evaluación. Se podría hacer una estimación aplicando la ley de Darcy, $Q=T.i.l.$, pero la falta de puntos de agua cerca del límite impiden calcular los gradientes y las transmisividades, con lo cual cualquier cálculo tiene poquísimo valor. Esta incógnita la estimaremos por diferencia, una vez analizadas las salidas.

Las *salidas* están constituidas fundamentalmente por la fuente de ISSO de 1151/s de caudal medio anual, más otras fuentecillas de unos pocos l/s que se sitúan en el límite Sur. Tampoco se descartan, aunque deben ser poco importantes, las salidas subterráneas por el cuaternario suprayacente al triás de Isso. También son posibles las salidas de aguas superficiales por las ramblas del Boquerón, del Pepino y de las Quebradas; aunque pensamos sean despreciables frente al error cometido en los otros elementos del balance. Las salidas totales del sistema se estiman, pues, en 1301/s, o lo que es lo mismo, 4 hm³/año.

En consecuencia, y en el caso más favorable para la alimentación por lluvia útil, las entradas subterránea por el Norte deben ser de 4-16 hm³/año=2,4 hm³/año, lo que representa un caudal medio anual de 16 l/s. En el caso más desfavorable de que toda la lluvia útil no alimento al acuífero y se convierta en escorrentía superficial, las entradas subterráneas por el límite Norte deben ser de 4 hm³/año=1301/s. Vemos, pues, la enorme importancia que, para la alimentación del sistema, tienen las entradas subterráneas por el Norte, pudiendo estar comprendidas entre 76 y 1301/s.

A la vista de este análisis del balance y entendiendo por *recursos* el volumen anual de agua que sale del sistema, es decir, la suma de salidas superficiales y subterráneas al exterior, podemos estimar que éstas serán de 4 hm³/año.

Para el cálculo de *reservas* se ha confeccionado un mapa de isopacas de Chorro mojado que nos da un volumen del mismo de 14.000 hm³.

En ensayo de bombeo realizado define como valor medio más aceptable del coeficiente de almacenamiento el del 3 por 100.

Por tanto, las *reservas* se estiman en 420 hm³, y las reservas útiles en un 5 a un 10 por 100 de las totales, es decir, comprendidas entre 20 y 40 hm³.

4. BOMBEO DE ENSAYO.

4.1. *Objetivo.*

La investigación realizada hasta el momento se situaba en un punto donde era necesario unos bombeos de larga duración que permitieran programar las explotaciones futuras.

Con este bombeo se intentaba:

- a) Conocer las características hidrodinámicas del acuífero.
- b) Definir los límites hidrogeológicos, sobre todo el límite Norte por donde podían llegar aportes subterráneos.
- c) Prever las posibilidades de explotación futura del sistema.

4.2. *Programa del bombeo.*

El programa de bombeo previsto fue:

- Caudal máximo posible, siempre que pudiese mantenerse constante. Se fijó en unos 570 l/s.
- Bombeo de treinta a cuarenta y cinco días.
- Recuperación total.

4.3. *Dispositivo de observación.*

El dispositivo de observación estaba constituido por el pozo de bombeo (Batería el Boquerón) y como piezómetros los sondeos: Boquerón (843/92); Boquerón (843/21); Casa Pegote (843/34); Pajuela (843/91); Cerro Pelao (843/222); Cruce Bis (843/223); La Losa (843/32), más la Fuente de Isso (843/78). También se observaron las evoluciones piezométricas de puntos de agua al otro lado de los límites previstos, como son los de: La Loma (843/236); Preciados (843/226); La Torrecilla (843/233); Fuente de Polope (843/170), y Fuente de Hellín (843/190).



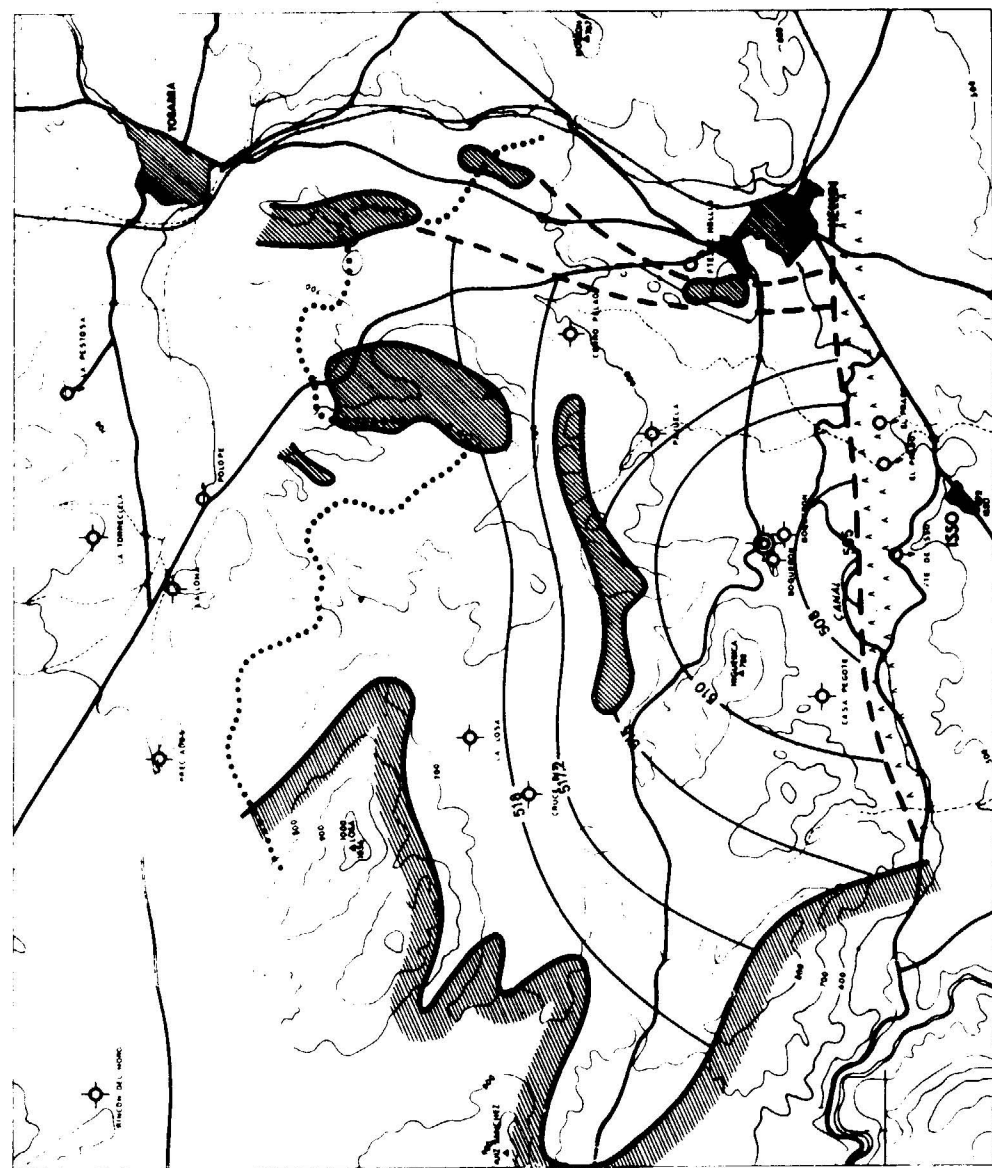
ISOPACAS DE ACUIFERO (F. CHORRO) "MOJADO"

POTENCIA "MOJADA" EN METROS
ACUIFERO CAUTIVO



MINISTERIO DE INDUSTRIA PLAN NACIONAL DE LA MINERIA		PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
DIRECCION GENERAL DE MINAS		PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS	
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
EMBAJADOR M. CHERREY		E.I.A.A.D.I.M.S.A	
FECHA Septiembre 1973		ALTO JUCAR - ALTO SEGURA	
CONTRATADO		Clave	
AUTOR		PLANO Nº 6	
ESCALA			

ENSAYO DE ISOPIEZAS AL 4-VII-72
(AL COMENZAR EL BOMBEO)



MINISTERIO DE INDUSTRIA PLAN NACIONAL DE LA MINERIA	
DIRECCION GENERAL DE MINAS PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS	
PROYECTO	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
FECHA	Septiembre 1971
CONTRATADO	ALTO JUCAR - ALTO SEGURO
ELABORADO	EN A.D.I.M.S.A
CLASIFICACION	CIVIL
ESCALA	PLANO Nº 7

4.4. Evolución del ensayo.

Después de haber realizado una serie de campañas piezométricas que nos permitieron conocer el estado inicial del acuífero (la última de las cuales se realizó horas antes del comienzo del bombeo), comenzó el ensayo el día 4-7-72, a las 12 h 40'. Con el fin de mantener el caudal que se fijó en 570 l/s, valor inferior a la capacidad de las bombas pero que nos permitiría mantener su constancia dentro de las depresiones previsibles, se cerró parcialmente la válvula de regulación. Desgraciadamente las depresiones superaron los valores previstos y hubo una disminución del caudal a partir de las doscientas horas de bombeo, como se puede apreciar en el anexo.

El nivel inicial medido en los piezómetros más cercanos 843/92 y 843/219, era de 39,705 m y 23,32 m respectivamente, pasando después de cuarenta y cinco días de bombeo a 47,855 m y 30,47 m, lo que equivale a una depresión total de 8,15 y 7,15 m, respectivamente. Las depresiones obtenidas en los demás piezómetros se pueden observar en los gráficos de evolución que acompañan al informe.

El caudal de la fuente de Isso fue decreciendo paulatinamente hasta hacerse nulo el día 20-7-72, a las 8 h de la mañana en el que la depresión en los piezómetros cercanos a la batería de bombeo era de 4,65 m.

Las precipitaciones obtenidas durante el período de bombeo fueron insignificantes. Los valores registrados corresponden a 4 mm, 5 mm y 6 mm los días 19, 28 y 6 de julio, valores despreciables a efectos de recarga.

Agotado el presupuesto previsto para el bombeo se procedió a su interrupción el día 18-8-72, a las 12 h. La recuperación se realizó normalmente hasta el día 25-8-72, a las 8 h, que empezaron a hacerse bombeos escalonados para abastecimiento a los regantes de la Comunidad de la Fuente de Isso. A partir de este momento se superponen los efectos de recuperación con bombeos de corta duración que hacen no interpretable este tramo de la evolución.

En la emergencia que da origen a la fuente de Isso, empezó a salir el agua el 3-9-72, a las 22 h, aumentando su caudal progresivamente a partir de este momento.

Las precipitaciones durante el tiempo de recuperación son relativamente abundantes, obteniéndose valores de hasta 30 mm, registrados en los ob-



servatorios próximos a la zona. Las precipitaciones medias diarias se expresan gráficamente en el anexo de las evoluciones. Se ha considerado como representativa de la pluviometría media del sistema del Boquerón a la de Hellín, medida en el pluviómetro 096 instalado en el Instituto Laboral.

4.5. Interpretación.

A causa del número elevado de piezómetros utilizados hemos considerado necesario analizar por separado el descenso en cada uno de ellos.

Como hubo disminución de caudal, los gráficos de Jacob, representados en las distintas evoluciones, están en función de las depresiones específicas.

Para efectos de interpretación sólo consideraremos el descenso.

4.5.1. Boquerón 843/92.

Los puntos en la representación semilogarítmica se ordenan perfectamente dando un tramo de parábola hasta las cuarenta horas de bombeo; a partir de este momento se alinean obteniéndose rectas muy bien definidas que permiten calcular sin dificultad los distintos valores de T y S correspondientes a cada una de ellas.

Las T calculadas oscilan de 128 metros cuadrados por hora a 63 metros cuadrados por hora. Siendo el coeficiente de almacenamiento de 9,5 por 100.

El cálculo del radio de influencia a partir de las características hidráulicas deducidas es de 780 metros. Este valor coincide aproximadamente con el límite de la formación Chorro en contacto con el Trías, al SO de la batería de bombeo.

La disminución progresiva de los valores T_1 desde 128 metros cuadrados por hora a 63 metros cuadrados por hora, confirman las hipótesis, puestas en evidencia en el plano de isopacas de Chorro, de una reducción de potencia del mismo; así como el paso al cuaternario menos transmisivo.

Para confirmar la aproximación logarítmica de JACOB-COOPER, utilizaremos valores de $1/u \geq 100$, es decir, $t = 2,5 \cdot x^2 \cdot S/T$. Dando valores a T de 120 metros cuadrados por hora, S de un 10 por 100 y siendo la distancia de 173,4 metros, podremos calcular el tiempo a partir del cual la aproximación logarítmica de JACOB empieza a tener validez; $t = 62$ horas, valor que nos permite juzgar como buenas todas las rectas.

4.5.2. Boquerón 843/219.

Los valores de T deducidos oscilan entre 124 metros cuadrados por hora y 52 metros cuadrados por hora para T . Siendo de 3,6 por 100 el valor de S .

El radio de influencia calculado a partir de las T y S , es de 1.500 metros, que coincide con el cierre impermeable del Trías.

En este caso el tiempo teórico en que la aproximación logarítmica de JACOB empieza a ser válida es de sesenta y una horas, valor que nos permite definir como buenas todas las rectas interpretadas.

4.5.3. Fuente de Isso 843/35.

Esta emergencia del sistema del Boquerón se produce a través del Cuaternario obligado por el Trías subyacente. Constituye la salida natural del mismo. Su caudal normal de 120 litros por segundo fue decreciendo paulatinamente a medida que se bombeaba hasta su total agotamiento, cuando la depresión en los piezómetros próximos a la batería era de 4,65 metros.

4.5.4. Casa Pegote 843/34.

Los valores de T y S calculados oscilan entre 118 metros cuadrados por hora y 40 metros cuadrados por hora para T . Siendo $3,6 \cdot 10^{-3}$ el valor de S .

El acuífero en este punto está libre, por lo cual parece un contrasentido el haber calculado un coeficiente de almacenamiento propio de un acuífero semicautivo. Sin embargo, esto debe atribuirse a la proximidad de la zona cautiva, provocada por la presencia de la formación Lorente suprayacente. De esta forma se refleja la presencia de la cautividad en el descenso observado en este piezómetro.

El valor del radio de influencia calculado nos fija el límite del compartimiento al O-SO de la batería, a unas 5.000 metros, cosa que por otra parte coincide con los previstos límites definidos por geología.

Los valores obtenidos de transmisividades, cada vez menores, obedecen a una disminución de espesor del acuífero, como puede apreciarse en el mapa de isopacas de Chorro incluido en el informe.

En este caso el tiempo teórico, para que la aproximación de JACOB empiece a ser válida, es

de cuatrocientas cuarenta horas. Este valor, que entra en la segunda recta definida, permite considerar como buenas las transmisividades deducidas desde ese instante. Con objeto de verificar la rigurosidad de los valores hallados por JACOB, hemos aplicado a este caso el método exacto de Theis (siendo conscientes del incumplimiento de algunas condiciones básicas a su utilización); las transmisividades y el coeficiente de almacenamiento deducidos permiten comprobar no sólo los valores hallados por JACOB a partir de las cuatrocientas cuarenta horas sino también el valor de transmisividad deducido en la primera recta, es decir, la situada entre las doscientas y trescientas cuarenta horas de bombeo.

4.5.5. Pajuela 843/91.

La depresión obtenida en este piezómetro durante el período de bombeo ha sido de 0,46 metros.

Existen dos rectas perfectamente definidas que nos permiten calcular los valores de T y S , obteniéndose para la primera ($T_1=296$ metros cuadrados por hora, $S=6,5 \cdot 10^{-3}$) y $T_2=140$ metros cuadrados por hora para la segunda.

Con el fin de confirmar los valores obtenidos por la aproximación logarítmica de JACOB, se ha interpretado el descenso por el método exacto de THEIS. Los valores obtenidos por este último sistema son de:

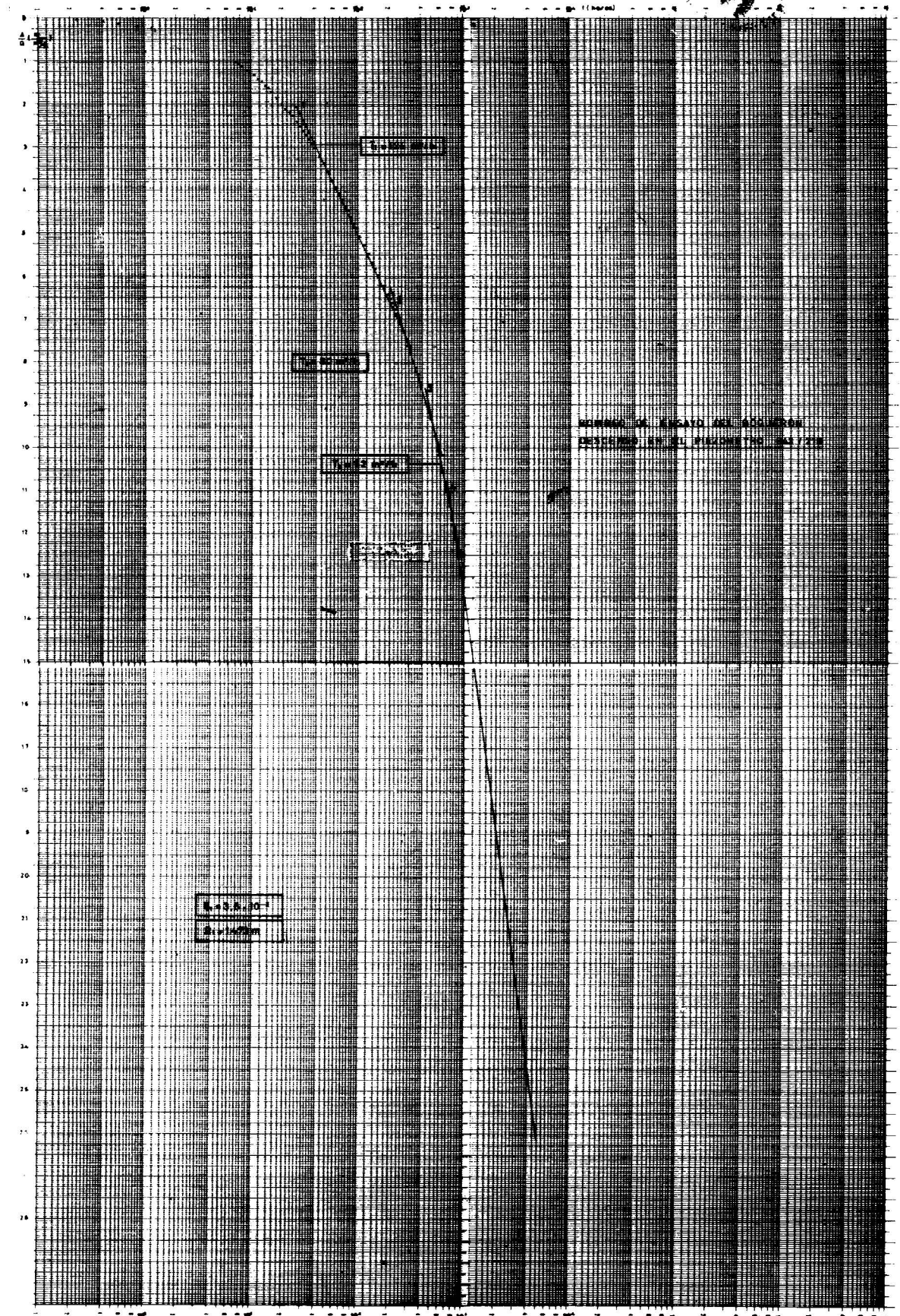
$$T=158 \text{ m}^2/\text{h}$$

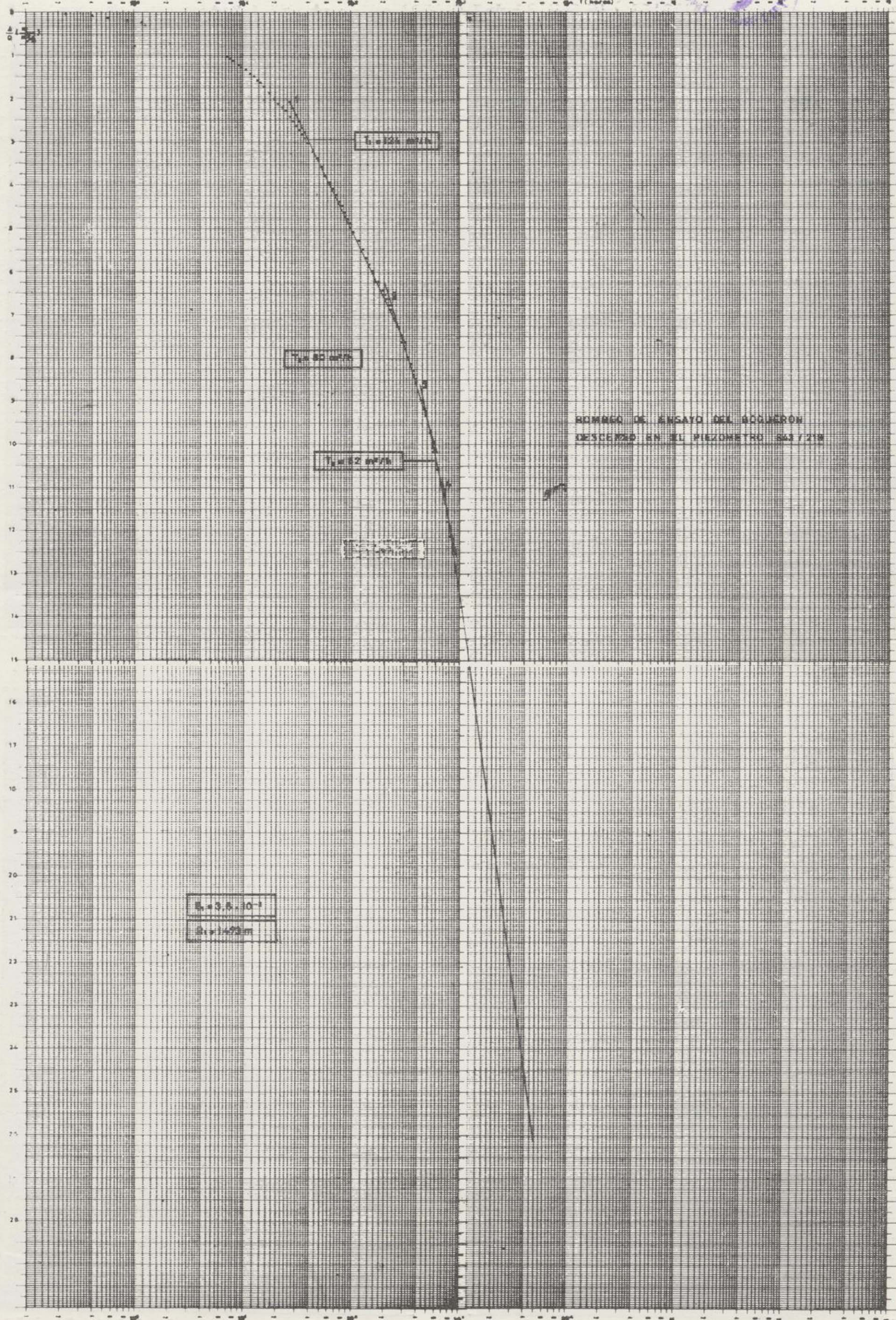
$$S=9 \cdot 10^{-2}$$

En este sondeo se realizó anteriormente un ensayo de bombeo por el Estudio, obteniéndose un valor de T de 189 metros cuadrados por hora. El coeficiente de almacenamiento no pudo ser calculado.

Los valores obtenidos de transmisividad son superiores a los calculados en los demás piezómetros. Esto se podría justificar por un mayor espesor del acuífero en este punto, o por una variación de la permeabilidad. Sin embargo (sin descartar la segunda posibilidad) creemos que es la primera la que ha influido fundamentalmente, como es posible comprobar por el mapa de isopacas que se incluye en el informe.

El valor de S confirma el carácter libre del acuífero en este punto.





$Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$

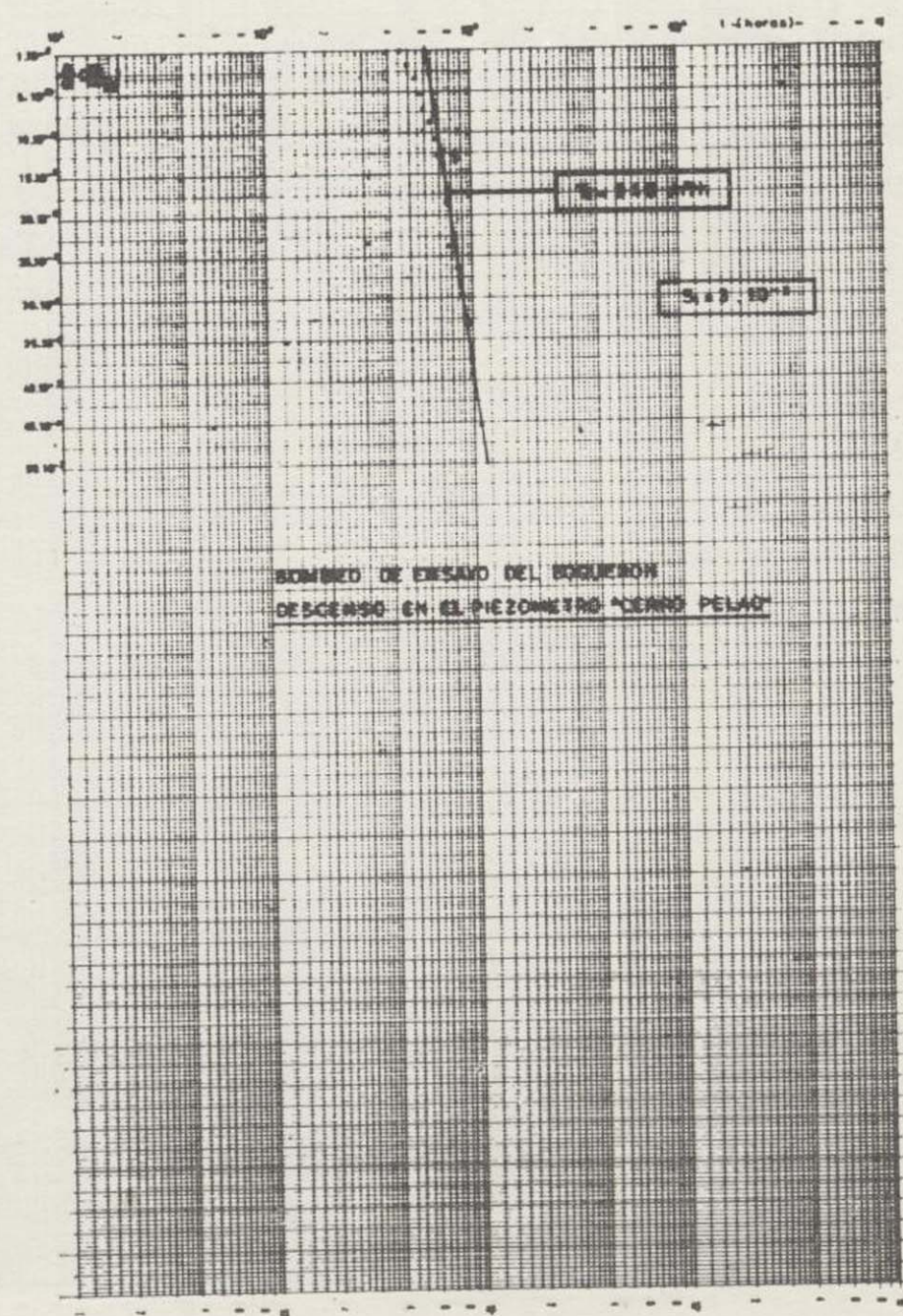
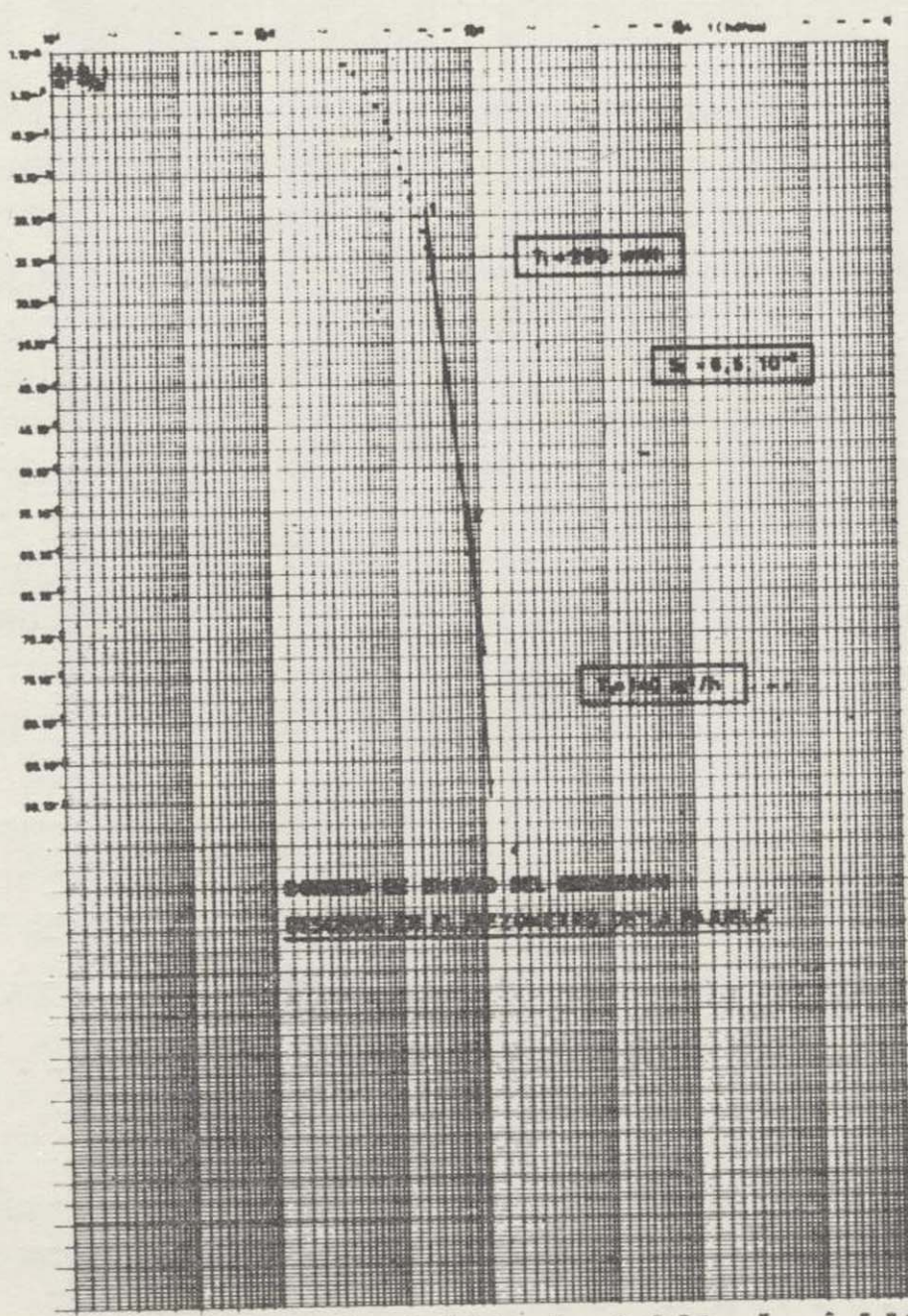
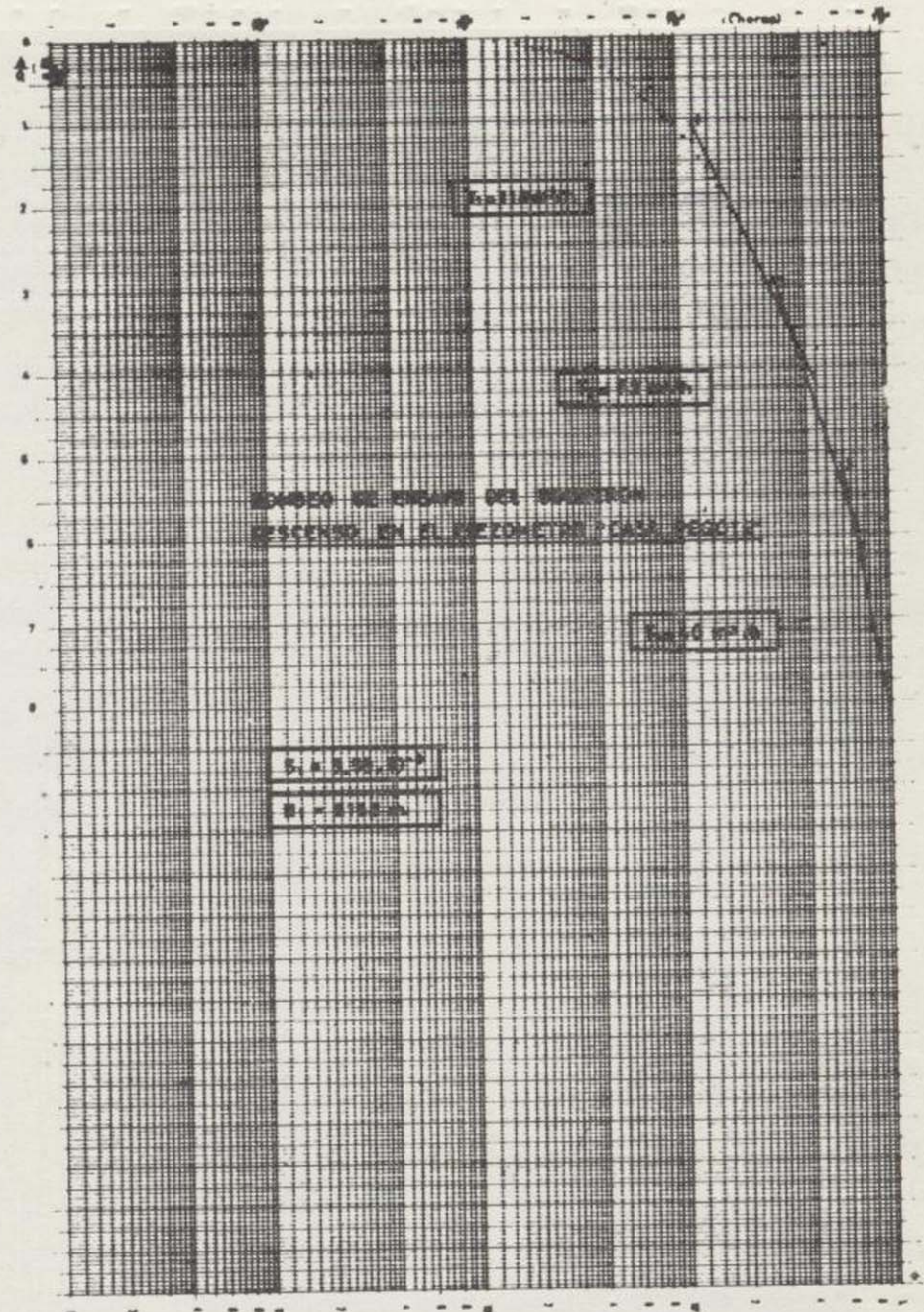
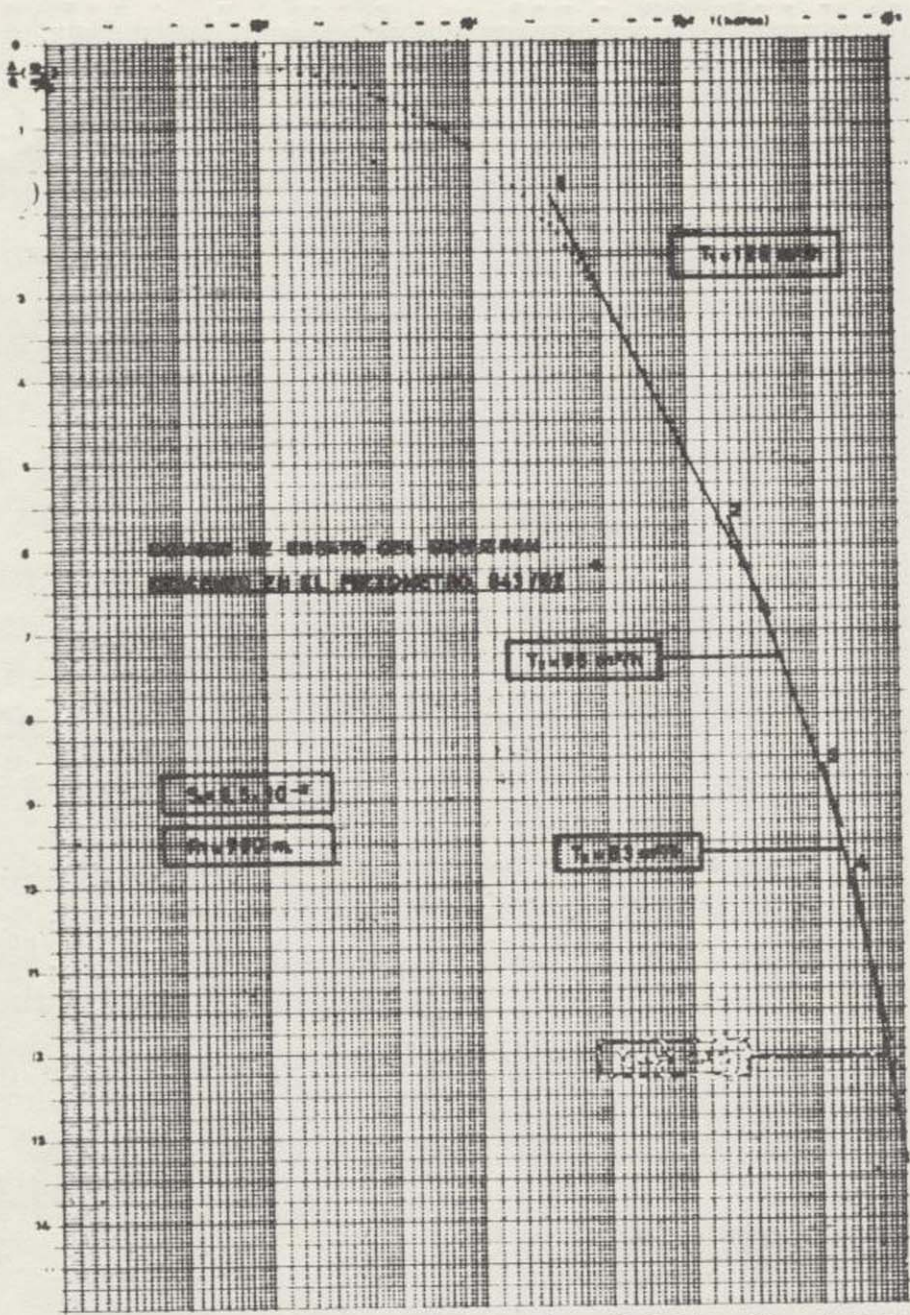
$Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$

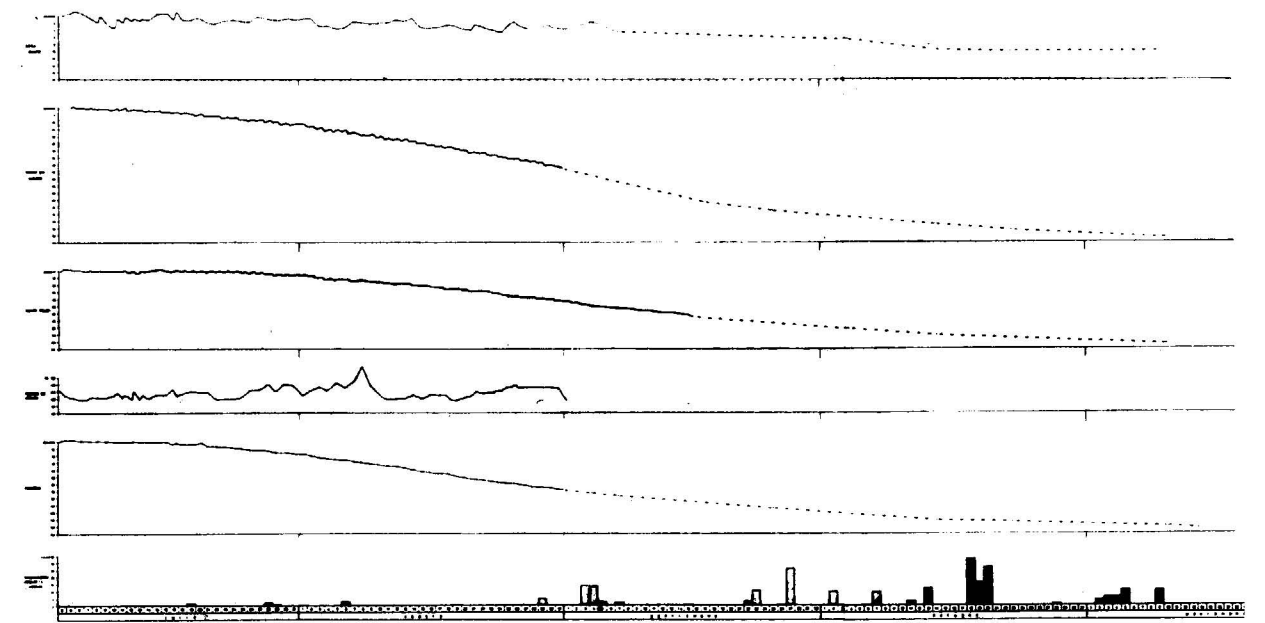
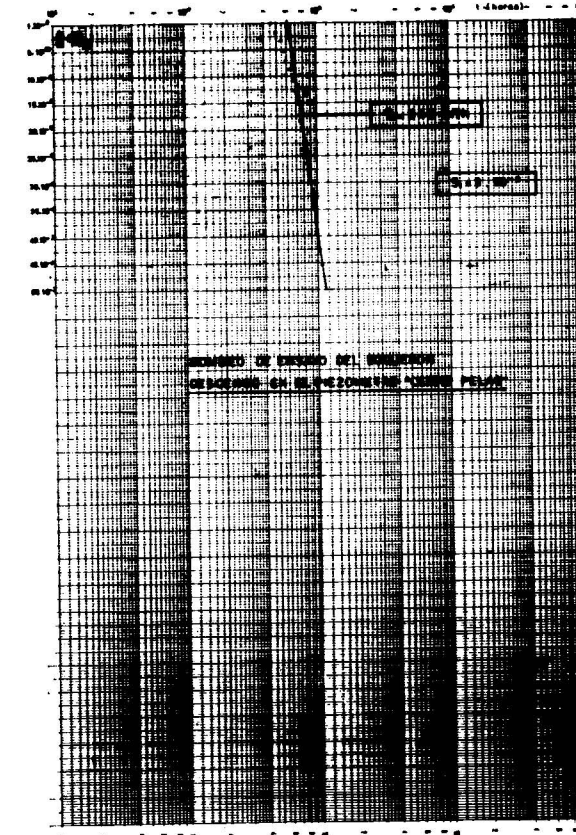
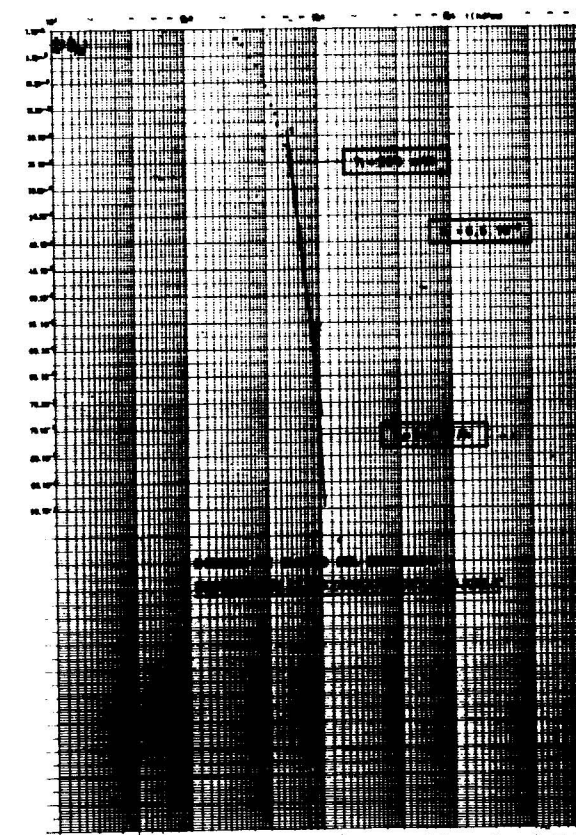
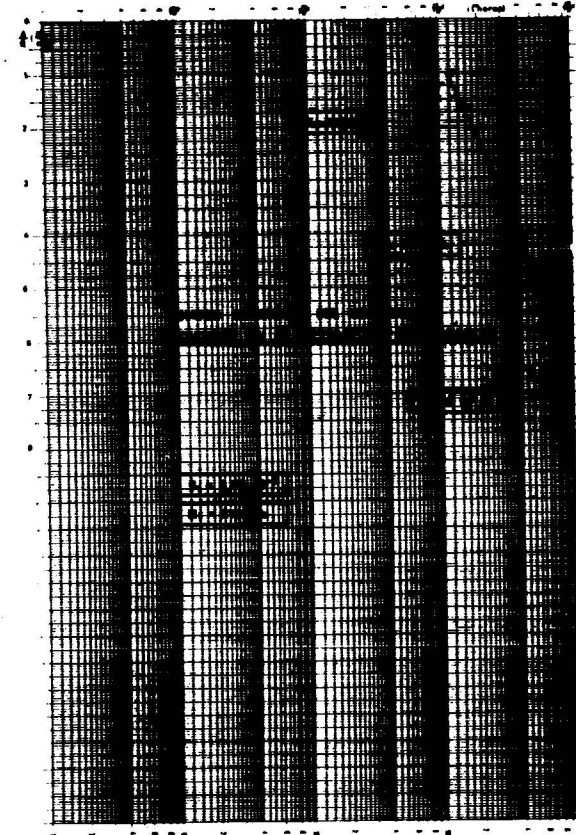
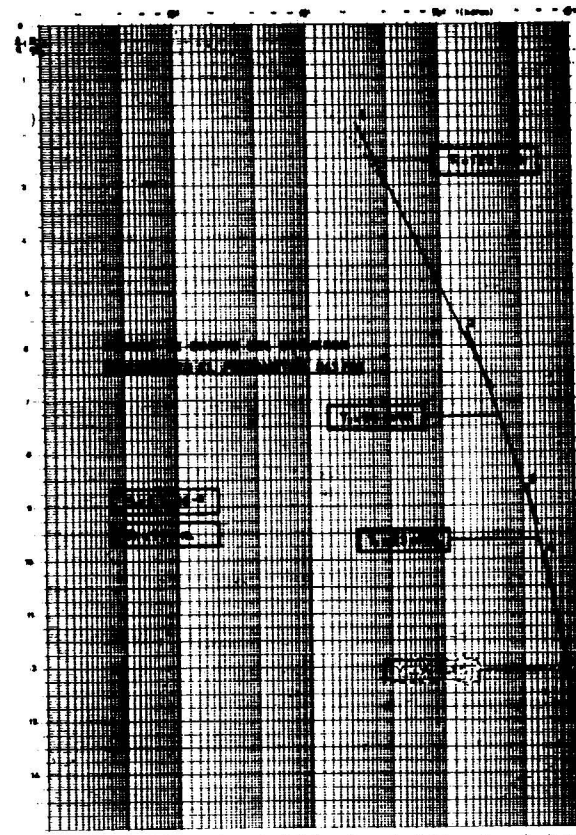
$Q = 62 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$

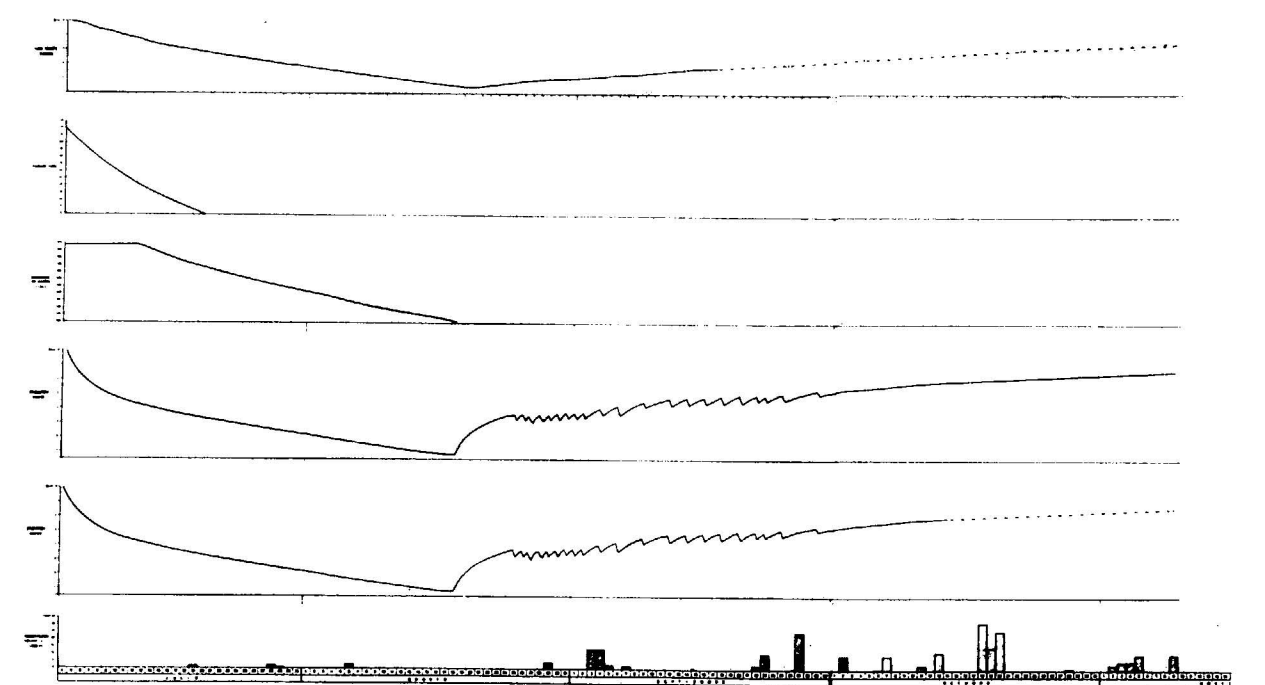
$K = 3.6 \cdot 10^{-7}$

$S = 1.23 \text{ m}$





EVOLUCION DE LOS ELEMENTOS CONTROLADOS DURANTE EL BOMBEO



EVOLUCION DE LOS ELEMENTOS CONTROLADOS DURANTE EL BOMBEO

4.5.6. Cerro Pelao 843/222.

La depresión total en este piezómetro durante el período de bombeo ha sido de 0,26 metros, como se puede apreciar en los gráficos de evolución aritmética que acompañan al informe.

La interpretación del descenso por el método de JACOB nos ha dado valores de $T=340$ metros cuadrados por hora y de $S=3 \cdot 10^{-3}$. Se comprobó la validez del método de JACOB encontrándose que empezaba a dar valores matemáticamente ciertos a partir de las mil horas. Por esto se recurrió a la interpretación por el método exacto de THEIS, obteniéndose valores para la transmisividad de 46 metros cuadrados por hora y el coeficiente de almacenamiento de $5 \cdot 10^{-3}$. Sin embargo, dada la gran distancia que separa este piezómetro del pozo de bombeo, no nos pareció fiable la interpretación realizada; puesto que el cono en su evolución se ha visto influenciado por muchos fenómenos (límites impermeables, zonas cautivas y libres, fuertes cambios de espesor, etc., etc.) que nos separan mucho del teórico esquema de THEIS.

Nos parece más acertado, en este piezómetro, considerar los valores obtenidos en un anterior bombeo de ensayo donde se encontró un valor de transmisividad de 90 metros cuadrados por hora.

4.5.7. Cruce Bis 843/223.

Corregido el efecto barométrico se obtuvo una depresión total de 0,29 metros.

Como el tiempo a que empieza a ser válida la aproximación logarítmica de JACOB es de nueve mil setecientos cincuenta horas, valor muy superior al tiempo de bombeo, se recurrió a la interpretación por el método de THEIS, encontrándose valores de $T=154$ metros cuadrados por hora y $S=2,5 \cdot 10^{-3}$.

Como en el caso anterior, dada la distancia existente entre piezómetro y pozo de bombeo, no consideramos de gran fiabilidad la interpretación realizada. Sin embargo, vemos que "coinciden" con los valores de $T=185$ metros cuadrados por hora obtenidos en un bombeo de ensayo realizado el 29-3-71.

4.5.8. Piezómetros no influenciados por efecto del bombeo.

En los piezómetros La Loma (843/236), La Torrecilla (843/233), Preciados (843/226) y Casas Nuevas (843/232) las depresiones observadas durante el

período de bombeo son muy pequeñas y a nuestro juicio son por entero achacables a la variación natural producida por el estiaje.

Lo mismo puede decirse de las Fuentes de Polope y Hellín; observándose en esta última variaciones debidas a la dificultad de control de la fuente a causa de los efectos de embalse que se producían al regar.

4.6. Conclusiones a la interpretación del bombeo.

Se pueden resumir en:

a) *Determinación de las características hidráulicas del Dogger.*

Los valores calculados de T en los piezómetros dan límites muy amplios que oscilan entre 140 metros cuadrados por hora a 40 metros cuadrados por hora. Esta diferencia de valores debe justificarse, a nuestro juicio, por la variación de espesores dentro del sistema; espesores que condicionan a igualdad de permeabilidad las distintas transmisividades.

La permeabilidad K media para el conjunto del acuífero puede considerarse como de 1 metro por hora.

El valor del coeficiente de almacenamiento que en casi la totalidad del sistema es libre, tiene valores de 4 por 100 al 8 por 100; pasando a tener una ligera cautividad en los piezómetros de Cerro Pelao, Casa Pegote y Cruce Bis, con valores de $3 \cdot 10^{-3}$ a $2 \cdot 10^{-3}$.

b) *Confirmación de los límites del sistema.*

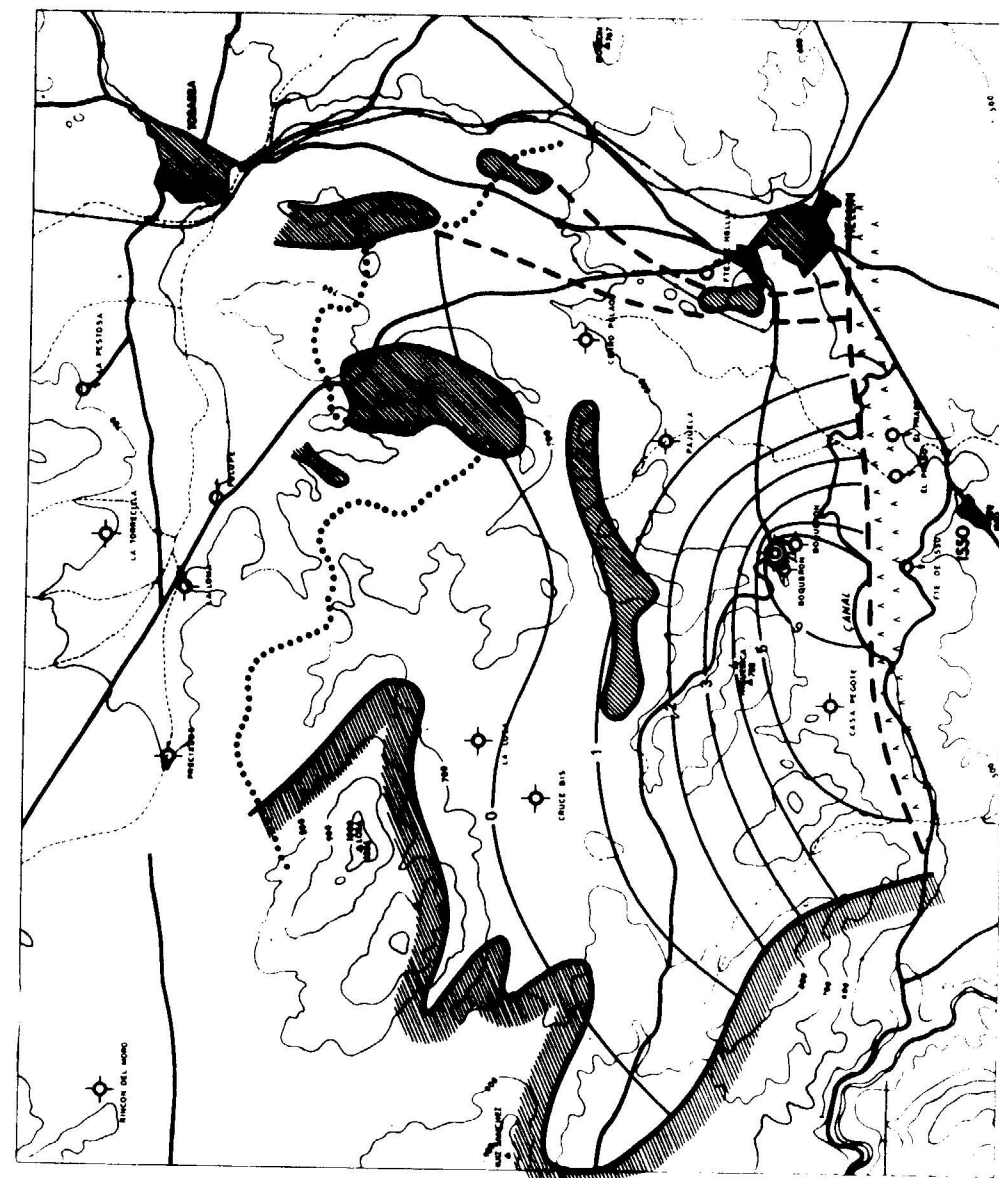
Los radios de influencia calculados mediante el bombeo de ensayo permitieron confirmar los límites hidrogeológicos del sistema por el S y W.

Como se suponía desde un principio, el hecho de que la fuente de Isso fuese la única que se influenciara confirmó a ésta como la única salida natural del sistema; teniendo que explicar probablemente la emergencia de la fuente de Hellín como una salida del sistema hidrogeológico situado al norte.

c) *Confirmación del coeficiente de almacenamiento medio.*

Se realizó un mapa de isopiezas antes del bombeo y otro al finalizar, el resultado de ello fue la confección de un mapa de isopacas de Chorro vaciado. El volumen total de Chorro vaciado es de 108

ISOPACAS DE CHORRO VACIADO DURANTE EL BOMBEO



MINISTERIO DE INDUSTRIAL PLAN NACIONAL DE LA MINERIA	
DIRECCION GENERAL DE MINAS PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA	
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEA	
ENCARGADO DE LA OBRAS	EN ADIENDA
REVISOR	CORRECCION
COMPROBADO	ALTO JUCAR-ALTO SEGURA
AUTOR	CIOPF
ESCALA	PLANO-8712

hectómetros cúbicos; si se compara este valor con la extracción en hectómetro cúbico durante el bombeo deduciremos un coeficiente de almacenamiento medio de $2,4 \cdot 10^{-3}$ que, aunque es ligeramente inferior a los hallados en los piezómetros, es bastante representativo del conjunto y coincide con la porosidad eficaz atribuida a las dolomías de este acuífero.

5. SUGERENCIAS DE EXPLOTACION.

Uno de los objetivos de este bombeo de ensayo de larga duración ha sido prever las posibilidades de explotación del sistema del Boquerón. En este sentido se ha pretendido establecer una Curva de Explotación o relación entre el volumen de reservas y la profundidad del agua, de forma similar a las curvas que se establecen en los embalses superficiales. Para ello se ha tomado como nivel piezométrico representativo, el del piezómetro 843/219 que desde ahora llamaremos "piezómetro de control". No se ha tomado el nivel en la batería de bombeo por no disponer de medidas, dada la imposibilidad de introducir la sonda.

En la Curva de Explotación se representan gráficamente los volúmenes extraídos durante el ensayo, en función de las depresiones correspondientes obtenidas en el piezómetro de control. En un primer tramo de la curva, de trazo continuo, se representan los valores reales obtenidos durante el bombeo y en un segundo tramo, de trazo discontinuo, se expresan los correspondientes valores extrapolados. La extrapolación se ha hecho a partir del gráfico $\Delta/Q-t$ del piezómetro de control, teniendo en cuenta la variación de caudal. La pérdida progresiva del caudal, a medida que aumenta el tiempo de bombeo, ha provocado unas recuperaciones superpuestas al descenso, que hacen que a partir de un cierto momento, cuando el descenso es de 9,7 metros, se produzca una pseudoestabilización que nos impide continuar la extrapolación.

Aunque la curva prevista se ha visto limitada por esta pseudoestabilización, no deja de ser interesante, pues nos dice cuál sería la evolución de la explotación con el actual equipo de bombeo de la batería del Boquerón.

A la vista de los resultados obtenidos hacemos dos sugerencias de explotación:

5.1. Explotación sobre los recursos.

Los recursos del sistema se cifran en 4 hectómetros cúbicos por año. Esta primera explotación que se propone es la considerada tradicionalmente como la explotación correcta, es decir, aquella que utiliza exclusivamente la recarga natural del sistema y que, por tanto, garantiza la explotación en el tiempo.

Según esta idea, y dado que los recursos están constituidos fundamentalmente por la fuente de Isso, la explotación implicaría una regulación de la misma. Esta regulación consistiría en secar la fuente; para lo cual sería necesario situar la superficie piezométrica en un estado de máxima cota, sin que existiese emergencia. Como hemos visto, correspondió a una depresión de 4,65 metros en el piezómetro de control o, lo que es lo mismo, 28 metros de profundidad respecto al borde de la entubación. Evitando que la superficie piezométrica supere esta cota en el primer piezómetro de control, anularemos las salidas por la fuente.

A partir de este momento, que deberá ser la posición al comenzar la época de riegos, podemos hacer las previsiones sobre una explotación de los 4 a 4,5 hectómetros cúbicos de recursos anuales. Una explotación de estos recursos, durante los seis meses que dura la época de regadío en la zona, provocaría una bajada del nivel piezométrico, que lo situaría en 33 metros de acuerdo con la curva de explotación.

5.2. Explotación sobre las reservas.

Para establecer la Curva de Explotación que liga los volúmenes explotables y sus correspondientes depresiones más allá de los valores medidos durante el bombeo de ensayo y, dado que no era posible mediante la extrapolación del gráfico $\Delta/Q-t$ del piezómetro de control, por la pseudoestabilización anteriormente descrita, se han arbitrado dos soluciones:

a) Dibujar la Curva de Explotación a partir de un gráfico $\Delta-t$, obtenido por la fórmula de JACOB con características hidráulicas medias y representativas del sistema. Por ello se han tomado valores de $T=200$ metros cuadrados por hora y de $S=5$ por 100.

b) Extrapolar gráficamente la Curva de Explotación obtenida realmente durante el bombeo.

Ambas curvas, gráficamente, se separan sensiblemente a partir del punto (4,15-0,65) que corresponde

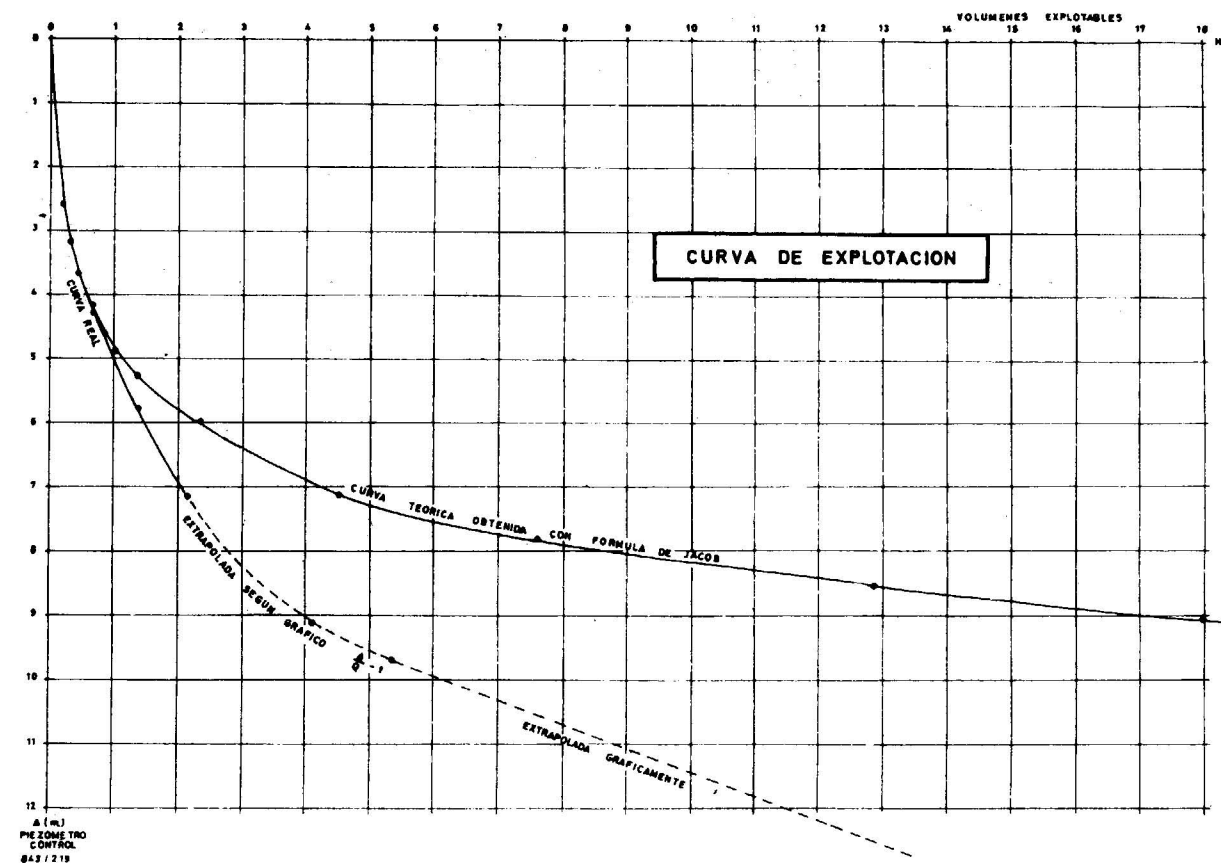
teóricamente al punto donde el cono de influencia ha tomado contacto con los límites. A medida que el cono es mayor, el efecto de los límites es más importante y provoca unas depresiones mucho más fuertes que las teóricas obtenidas por la fórmula de JACOB, ya que está prevista para acuíferos de extensión infinita.

Por lo tanto, debemos considerar como depresiones previsibles a obtener en una explotación sobre las reservas, las deducidas de la curva extrapolada

5.3. Explotación con recarga artificial procedente del Canal de Hellín.

Podría asimismo programarse una explotación sobre las reservas, teniendo en cuenta la posible recarga artificial, durante los seis meses de ausencia de riego en la zona, de los aproximadamente 1.000 litros por segundo del Canal de Hellín.

De ser viable esta solución, la explotación sobre el sistema podría aumentarse a unas 20 hectómetros



gráficamente a partir de la real obtenida durante el ensayo.

En un sistema hidrogeológico de 80 kilómetros cuadrados como el del Boquerón hacer previsiones para explotación de caudales importantes es muy aventurado, pues el ritmo de descenso puede cambiar brusca y rápidamente a medida que las depresiones son mayores, pues la forma del embalse subterráneo es imprevisible dada la complejidad geológica.

cúbicos por año (15 hectómetros cúbicos por año de recarga artificial + 4 hectómetros cúbicos de recursos). Esto representaría disponer durante los seis meses de regadío de 1.260 litros por segundo de agua subterránea elevada más los 1.000 litros por segundo de aguas superficiales procedentes del canal de Hellín; es decir, duplicar las actuales disponibilidades de agua en la zona.

5.4. Conclusiones a la explotación.

1.º La explotación basada únicamente en los recursos parece por el momento la más segura e interesante, pues permite aprovechar durante los seis meses de regadío todos los recursos del sistema, sin correr los riesgos de una sobreexplotación siempre aventurada e irreversible.

Los actuales recursos naturales medios calculados en 4 hectómetros cúbicos por año (es decir, 260 litros por segundo durante seis meses), permitirá duplicar la actual superficie en regadío.

Esta modalidad de explotación implica secar totalmente la fuente de Isso, pero es indiscutible la evidente rentabilidad de duplicar la zona regada aunque en contrapartida toda el agua deba ser elevada. Por otra parte, dado que la capacidad de bombeo de la batería del Boquerón es superior a los caudales previstos, será innecesario la ejecución de nuevos sondeos o el equipamiento de los ya realizados.

Debe señalarse aquí que probablemente la depresión permanente de la superficie piezométrica en el

sistema puede aumentar el gradiente en el límite Norte, y, por lo tanto, las entradas por el mismo. Este posible aumento de los recursos no parece deba ser muy importante, sobre todo teniendo en cuenta que está previsto explotar el sistema situado al Norte. Aunque este hecho deberá tenerse en cuenta en un futuro, pensamos que no modifiquen sustancialmente los datos y conclusiones obtenidos.

2.º Las cifras obtenidas para una explotación sobre las reservas, "explotación minera", son menos fiables dado el sistema de extrapolación empleado. Sin embargo, no deben separarse sustancialmente de las dadas.

Una sobreexplotación del sistema provocaría una mayor entrada de aportes subterráneos por el Norte, pero este hecho puede ser un arma de dos filos, pues unas fuertes depresiones podrían desconectar hidráulicamente este sistema del situado el Norte, anulando la alimentación subterránea al sistema reduciéndose entonces los recursos de 4 hectómetros cúbicos por año a 1,6 hectómetros cúbicos por año procedentes de la infiltración de la lluvia útil.

Recibido: Noviembre 1974.

Petróleo y gas natural en el Mar del Norte. Noruega, sus posibilidades.

Por J. RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR (*) y E. MUNTHE MORGENSTIERNE (**)

RESUMEN

Basándose en los datos obtenidos en el Congreso celebrado en Bergen (Noruega) del 13 al 15 de diciembre de 1973, sobre "Petroleum Geology of North Sea and northeast Atlantic continental margin", se expone la geología en el mar del Norte, se describen sus áreas petrolíferas y se comentan los problemas que los nuevos hallazgos petrolíferos pueden incidir en la economía y ecología noruega.

ABSTRACT

Based upon the dates given at the Congress celebrated in Bergen (Norway) from 13th to 15th of December 1973 about "Petroleum Geology and Geology of North Sea and northeast Atlantic continental margin", this article presents the geology of the North Sea, describing the oil areas and commenting the problems these recent petroleum discoveries might cause in the norwegian ecology and economy.

1. EL MAR DEL NORTE.

El mar del Norte cubre una gran cuenca sedimentaria que se extiende entre Escocia, Noruega, Dinamarca, Alemania, Holanda y este de Inglaterra.

La información obtenida en las investigaciones efectuadas en esta zona a lo largo de estos diez últimos años, muestra que el mar del Norte cubre varias cuencas pequeñas sedimentarias y estructurales, de edad geológica diferente, abarcando desde el Paleozoico al Terciario, estando constituidas por areniscas, argilitas, carbonatos y evaporitas. Las rocas-almacén más importantes son areniscas de la formación Rotliegendes del Permiano inferior, dolomías de la formación Zechstein del Permiano superior, areniscas triásicas del Bunt, areniscas del Jurásico, margas del Maestrichtiense-Danés y las areniscas del Paleoceno y Eoceno. Muestras importantes de hidrocarburos fueron encontradas en 10 formaciones. Las rocas-madre principales son los

carbonos del Paleozoico, las argilitas y carbonatos del Mesozoico y las argilitas y carbonatos del Terciario. Las trampas más sobresalientes son los pliegues y bloques fallados asociados con movimientos de sal y fallamiento del basamento.

El mar del Norte constituye una de las áreas petrolíferas más prometedoras y atractivas del mundo. Las investigaciones y descubrimientos de crudo y gas natural están en su comienzo, ya que los estudios realizados son todavía pocos, a pesar de la gran necesidad de los mismos. Hará falta una fuerte inversión de muchos millones de dólares antes de saber lo que este área contiene realmente de petróleo y gas, aunque existen enormes posibilidades por encima de todas las dudas.

Para dar idea de la gran actividad desarrollada, diremos que, después de diez años de trabajos en el mar del Norte, se investigaron 130.000 millas cuadradas, calculándose en 12 billones de barriles las reservas de crudos descubiertas, mientras que en el golfo de Méjico, una de las zonas petrolíferas más importantes, en veinticinco años se investigaron 7.000 millas cuadradas, con una reserva de cinco billones de barriles.

(*) Dr. Ingeniero de Minas, Empresa Nacional ADARO, Sociedad Anónima, Madrid.

(**) Facultad de Filosofía e Historia de la Universidad de Oslo (Noruega).

Una de las cuestiones a explicar es por qué el mar del Norte y el mar de Noruega parecen ser importantes áreas petrolíferas. Se cree que hace sesenta millones de años, Noruega y Groenlandia estaban unidas, posteriormente empezaron a separarse una de otra (deriva continental), y una gran parte de materia orgánica fue llevada a lo que hoy son estos dos mares (los continentes, en la actualidad, siguen alejándose unos de otros alrededor de 3 centímetros cada año). Por plegamiento y hundimiento por falla, el mar del Norte fue transformándose en un área petrolífera tal y como se encuentra actualmente.

La actividad exploradora recibió su impulso inicial en 1959, a raíz del descubrimiento de un gran campo de gas en la costa Norte de Holanda, el campo de Schlochteren. En 1960, la puesta a punto de una legislación favorable para la adquisición de áreas en el mar dio un gran impulso a la investigación. La mayor parte de esta actividad fue concentrada inicialmente en la parte Sur del área, fruto de la cual fue el descubrimiento del primer campo marino de gas comercial, al oeste del Gran Sol, en 1965 (los primeros datos sísmicos en esta zona fueron obtenidos durante 1962). El hallazgo fue seguido rápidamente por otros descubrimientos de gas en Inglaterra y Holanda, culminando con un gran campo de gas, entre los mayores conocidos, el campo de Lemn Bank. Sin embargo, el interés y la actividad decayeron en las áreas septentrionales, a pesar de los pequeños descubrimientos de gas y petróleo en Dinamarca y el hallazgo, en 1968, del campo de gas condensado de Cod, en Noruega. Posteriormente, en 1969, se descubrió el campo de Ekofisk, en Noruega, el más importante del mar del Norte.

2. AREAS PETROLÍFERAS.

a) *Campo petrolífero de Forties.*—Es una gran cuenca petrolífera, descubierta en 1970 y situada en la parte norte del sector británico del mar del Norte, a 175 kilómetros al este de Escocia, en aguas profundas, de 91 a 131 metros.

La roca-almacén es una arenisca del Paleoceno, situada a una profundidad, aproximada, de 2.135 metros, base de un potente Terciario, constituido, principalmente, por limolitas. La trampa es un amplio anticlinal de bajo relieve, con un área cerrada de 90 kilómetros cuadrados. Máximo grosor de la columna petrolífera, de 155 metros. La can-

tidad de petróleo recuperada es estimada en 1,8 billones de barriles de una puesta de 4,4 billones.

b) *Area de Ekofisk.*—En 1969 fue establecida la producción de crudos en el área de Ekofisk, que, con sus diversas estructuras, puede ser considerada como una cuenca petrolífera continua. Con este descubrimiento y subsiguiente confirmación de gran campo petrolífero, el interés de las exploraciones fue ampliado hacia el Norte, donde, actualmente, el grupo Philips concentra sus esfuerzos tratando de incrementar los campos petrolíferos, que ya han sido hallados, como los de Ekofisk Oeste, Tor, Cod, Edda, Eldfisk y Albuskjell, existiendo otras estructuras en el área.

El campo de Ekofisk, el hallazgo más importante hasta el momento (el primero probado económicamente como rentable), se halla situado en el extremo SE del sector noruego del mar del Norte, cerca del británico, holandés, alemán y danés. La producción, que, en diciembre de 1973, era, aproximadamente de 6.000 toneladas por día, habría alcanzado en mayo de 1974 alrededor del doble y al final del mismo las 35.000 toneladas, que es mucho más de lo gastado por Noruega en un día, alrededor de 23.000 toneladas.

c) *Areas al norte del paralelo 62.*—Todo lo dicho anteriormente se refiere a la zona del mar del Norte situada al sur del paralelo 62, pero las investigaciones no se han parado en esta frontera artificial, y al norte de dicho paralelo se abren unas inmensas perspectivas, aunque las áreas geológicas más interesantes yacen relativamente profundas. Son importantes las áreas de Møre y suroeste de Lofoten, en la meseta de Vøring, que yace en el mar de Noruega, a mucha más profundidad que las otras áreas de la plataforma continental noruega. Otra área muy prometedora es el mar de Barent.

d) *Otras áreas.*—Además de la gran cuenca sedimentaria en el mar del Norte, hay otras áreas, pequeñas, interesantes, como la cuenca oeste de Shetland, las islas Ferøy, Islandia y Groenlandia, donde se efectuarán hallazgos en los próximos años.

Aunque las investigaciones petrolíferas alrededor de Groenlandia no han hecho más que empezar y es todavía pronto para decir algo acerca de sus posibilidades, los expertos suponen esta zona potencialmente interesante. Se espera que los primeros sondeos en Groenlandia se lleven a cabo en 1975, al mismo tiempo que los planeados al norte del paralelo 62, en la plataforma continental noruega.

Por otra parte, es interesante comprobar si Groenlandia y el mar del Norte forman un área petrolífera continua.

Noruega, dentro de unos años, una vez cubiertas sus necesidades y con la construcción de un oleoducto desde la zona de Ekofisk hasta la costa inglesa y de un gasoducto hasta la costa alemana, empezará la exportación de petróleo y gas natural de sus campos petrolíferos del mar del Norte. Ello la puede convertir en uno de los principales productores mundiales y en la potencia europea más importante en dicha actividad exportadora, pudiendo utilizar la citada área como factor estabilizador de los recursos energéticos de Europa.

3. NORUEGA, PAÍS PETROLÍFERO. INCIDENCIAS EN LA ECOLOGÍA.

Cuando los países árabes, a raíz de su último conflicto con Israel, decidieron imponer el bloqueo y posterior subida de precios a las exportaciones de sus crudos, Europa se vio enfrentada con una triste realidad, la bien conocida "crisis del petróleo", y volvió sus ojos hacia el Norte, al haber oído un cuento de hadas sobre el mar del mismo nombre. Hemos intentado señalar anteriormente si este cuento de hadas era o no realidad, pero es importante dejar bien sentado que, en cualquier caso, el mar del Norte no puede, al menos por el momento, resolver la presente crisis, ya que la investigación desarrollada, a pesar de su intensa actividad, está en sus comienzos.

El cuento de hadas sigue todavía fascinando a los noruegos, muchos de los cuales han empezado a soñar con una nueva era de esplendor y poder para su país, como en la época vikinga, con su vigorosa expansión interna y externa, basada, esta vez, en las riquezas que esconde el mar del Norte. Pero, por otra parte, saben que este sueño puede convertirse fácilmente en una horrible pesadilla si no se toman las justas y debidas precauciones. De esta forma, antes de que las ruedas de esta gran aventura empezaran a moverse, fueron efectuados muchos planes y cálculos, estudiadas las situaciones semejantes de otros países petrolíferos y discutidos los contratos comerciales y permisos de licencia. Y Noruega concretó las condiciones más drásticas, en favor del Estado, conocidas hasta ahora.

Los noruegos no han dejado de expresar su consentimiento por estas condiciones que defienden y

respetan su soberanía, y, bromeando, afirman que si el pueblo árabe es duro en su política ellos son todavía peores. Pero las posibilidades en el mar del Norte son tan prometedoras que las diferentes compañías petrolíferas han aceptado estas condiciones, que, entre otras varias, está la de devolver al Estado noruego los bloques investigados o trabajados al cabo de diez años, y que una gran parte del petróleo obtenido sea de propiedad noruega, bien en forma de crudos o en dinero. Han sido creadas diversas compañías petrolíferas noruegas, como Norse y Sagapart, entre otras, y la estatal Statoil, radicada en Stavanger, que controla todo el proceso, desde la prospección hasta la distribución. De esta forma, los noruegos no han dejado ningún cabo sin atar y están dispuestos a llevar todo el asunto petrolífero por sí mismos, desde la construcción de las plataformas en los astilleros del país hasta el control de cualquier posible exportación. Al mismo tiempo, la formación de técnicos se lleva a cabo en las universidades de Bergen (Facultad de Geología) y Trondheim (Escuelas Superiores de Ingeniería), con objeto de tener personal competente que tome posesión de los bloques cuando sean devueltos al país y no tener que depender de expertos extranjeros.

El Estado noruego está dando a toda esta actividad petrolífera apoyo y empréstitos, mientras que otras industrias o actividades ven reducidas sus ayudas y préstamos, o las ven sometidas a condiciones más duras. El cuento de hadas del petróleo parece tener prioridad en los presupuestos del Estado.

Pero, ¿qué posibilidades tiene Noruega de ganar el juego del petróleo y llegar a ser rica y poderosa? Para contestar, hay que pisar tierra firme y considerar la situación tal y como es, sin fantasías ni sueños.

Estamos tratando con un país relativamente de pocos recursos naturales para mantenerse por sí mismo, un país que depende en gran medida del "good will" de otros. Sin embargo, es claro que en la presente situación de crisis energética, Noruega no puede guardar ni disponer del petróleo para ella misma, ni especular económicamente con las necesidades del resto de Europa, sino que tendrá que compartirlo con otras naciones con beneficios para todos. También están en juego las presiones políticas del exterior para intensificar los proyectos de investigación e incrementar la producción. Pero aquí surgen los principales problemas para un final fe-

liz de esta historia, porque, aunque todo el asunto petrolífero es obvio, que parece rentable, no es seguro que un aumento de su actividad sea de interés para el país. Parece una paradoja y vamos a explicarlo.

Uno de los principales problemas es la pequeña población de Noruega, poco más que la de Madrid, de forma que un incremento de nuevos puestos de trabajo en el campo petrolífero no podría ser cubierto por la mano de obra existente en la actualidad. Sería necesario reclutar trabajadores extranjeros, con los consiguientes problemas sociales que lleva consigo, sobre todo en un país con una política social tan justa como tiene Noruega. También la necesidad de mano de obra traería como consecuencia la conversión de los granjeros de la costa oeste (que poseen unas condiciones de trabajo bastante duras en esta zona) en trabajadores petrolíferos. Ello afectaría al suministro de los productos agrícolas y ganaderos del país, con el consiguiente encarecimiento de la leche, carne, verduras, etc.

Aunque los expertos internacionales prefieren moverse en sus investigaciones gradualmente desde el paralelo 62 hacia el Norte, por existir una gran incertidumbre en estas áreas, donde las zonas geológicas más interesantes yacen relativamente profundas, precisándose un gran desembolso antes de obtener posibles hallazgos petrolíferos, el Departamento de Industria y, probablemente también el Parlamento estarían de acuerdo en saltar directamente de la plataforma continental al sur del paralelo 62, al área de Tromsø en el norte, por razones políticas, con objeto de desarrollar esta parte del país, que siempre ha estado abandonada en

muchos aspectos y hacer de su capital, Tromsø, una "oil city", lo mismo que Stavanger.

Otro problema surge referente a la posible actividad al norte del paralelo 62. En efecto, al norte de este límite se encuentran los bancos de pesca más ricos del país (bacalao, arenque y bonito, entre otras especies), de forma que una exploración petrolífera en esta zona redundaría, ciertamente, en su desaparición (por la contaminación del agua y por emigración hacia otras zonas más tranquilas, se entiende), con el consiguiente perjuicio para una de las industrias básicas de Noruega.

¿Qué sucederá con la economía noruega cuando las previsiones de las reservas petrolíferas toquen a su fin? Los granjeros y pescadores, convertidos en trabajadores petrolíferos, tendrían que sufrir una nueva reconversión (ésta ya muy difícil) a sus antiguas ocupaciones, tan duras en estas zonas, y con unos salarios más bajos o emigrar hacia otras zonas industriales, abandonando estas zonas septentrionales, ya de por sí muy poco pobladas, además de verse Noruega reducida en sus dos industrias básicas, como son la pesca y la madera.

Es por lo que el Gobierno noruego, pensando no solamente en el posible beneficio económico del momento, sino en la economía noruega ahora y en el futuro y en el bienestar de las futuras generaciones, está considerando los problemas con calma, sin precipitaciones, que, aunque ahora pudieran parecer económicamente favorables, en un futuro próximo o lejano, pudieran perjudicar a la población noruega.

Parece claro que "el asunto no es tan fácil", y mientras se planifica y se soluciona un desarrollo feliz, siguen en Noruega las restricciones de petróleo, como en el resto de Europa.

Recibido: Enero 1975.

Petrología del borde Norte del Batolito de "Los Pedroches" Venta de Azuel (Córdoba)

Por J. D. MARTIN RAMOS y M. RODRIGUEZ GALLEGO (*)

RESUMEN

El batolito de Los Pedroches, cerca de Venta de Azuel (Córdoba), está constituido por una masa homogénea de granodioritas biotíticas. Su intrusión, al final de los movimientos hercínicos, formó una aureola de metamorfismo de contacto de las facies de corneanas hornbléndicas, en los esquistos y filitas del carbonífero inferior.

ABSTRACT

The batholith of Los Pedroches at the outskirts of Venta de Azuel (Córdoba), is made up of an homogeneous mass of biotitic granodiorites. This intrusion, in later Hercynian orogeny, has developed an aureole of contact metamorphism of hornblende facies in the phyllites and schists of the lower Carboniferous.

1. LOCALIZACION.

El área estudiada se encuentra en el límite de las zonas Luso Oriental Alcúdice y de Ossa Morena, definida por LOTZE (1971). Precisamente este límite viene marcado por el batolito de Los Pedroches, cuya procedencia profunda fue puesta anteriormente de manifiesto por CARBONELL (1926) y otros autores.

En este trabajo se estudia un área rectangular cuyos vértices quedan marcados por las siguientes coordenadas:

04° 21' 30" W-38° 24' 20" N
04° 24' 00" W-38° 20' 00" N
04° 17' 00" W-38° 18' 00" N
04° 14' 50" W-38° 20' 40" N

referidas al meridiano de Greenwich. Ocupa parte de las provincias de Jaén, Córdoba y Ciudad Real.

2. UNIDADES DE LA REGION.

2.1. *Intrusiva*.—Está representada principalmente por una gran masa de granodioritas biotíticas,

(*) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotécnica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

que presenta orientación de las láminas de mica en los bordes e inclusiones de la roca de caja (enclaves enhalógenos). Ambos hechos definen planos y líneas de flujo.

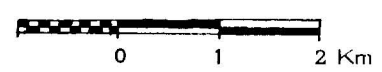
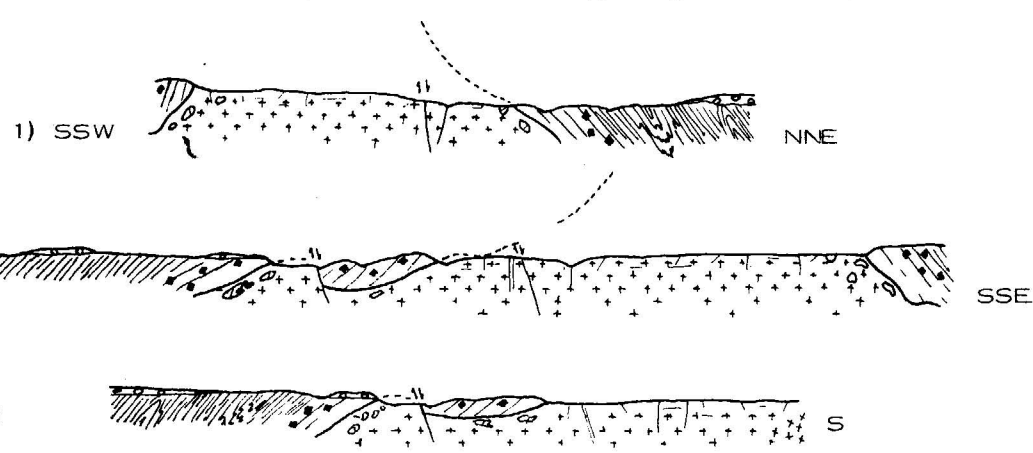
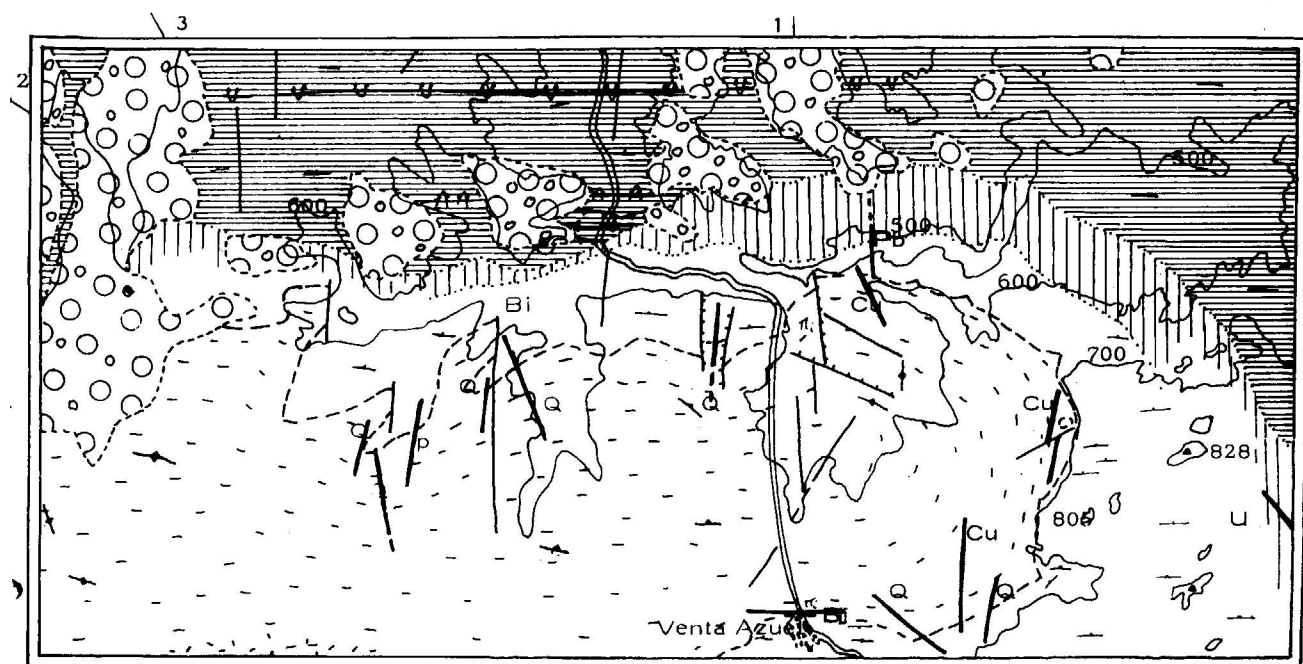
La intrusión tuvo lugar inmediatamente después de la fase principal de movimientos hercínicos, pues afecta a la esquistosidad (S_1) formada en esta etapa. El batolito ha sufrido deformaciones posteriores de menor importancia, ya en estado sólido, como demuestran las estructuras con componente de desgarre que aparecen indicadas en la cartografía.

Al microscopio la roca se presenta holocristalina, hipidiomorfa y granuda. La composición mineralógica es muy constante en toda la zona.

La biotita es muy roja, lo que nos indica una proporción de Ti que sustituye al Fe y en parte al Mg de la red cristalina. La relación de intensidades en el diagrama de difracción de Rayos X, $I_{004}:I_{006}=1,41$, nos marca un 42 por 100 de Fe en posiciones octaédricas (Brindley in Deer (1963)). El eje b_0 , calculado mediante la reflexión 060 en el diagrama de polvo, tiene un valor de 9.24 Å, propio de la red de un mineral trioctaédrico.

La plagioclasa es del tipo An_{30} , aunque a veces presenta zonaciones (normal, inversa y oscilante), con desviaciones de hasta un 5 por 100.

El feldespato potásico, normalmente ortosa, pre-



senta raramente la macla de CARLSBAD. La microclina existe en pequeñas proporciones.

El cuarzo es xenomorfo y adapta sus contornos al resto de los demás minerales de la roca formados con anterioridad.

El análisis modal, efectuado sobre cinco muestras, nos da los siguientes porcentajes mineralógicos:

	% leucocratos	% total
Cuarzo	37,70	31,69
Oligoclasa	42,40	35,71
Ortosa + microcl.	19,18	16,60
Biotita	100,00	15,40
Apatito		00,38
Circón		00,19
		100,00

Leucocratos: melonacratos=5,31	CLASE 2
Plagioclasa = An ₃₀ (oligoclasa)	ORDEN 2
Fel = F. K. + oligoclasa = 62,2, % Q: % Fel = 0,60. Fila 3	FAMILIA 7
% Fel: % oligoclasa = 0,46. Columna 3	
Clasificación de JOHANSEN P 227 granodiorita biotítica.	

Los resultados obtenidos del análisis químico de la muestra de composición modal semejante a la media obtenida, son los siguientes:

	% peso	Milimoles	% milimoles
SiO ₂	67,63	1127	74,70
Al ₂ O ₃	15,42	0151	10,00
Fe ₂ O ₃	00,52	0003	00,19
FeO	03,00	0041	02,71
MgO	01,74	0043	02,85
CaO	03,17	0056	03,71
Na ₂ O	03,21	0052	03,44
K ₂ O	03,41	0036	02,38
- H ₂ O	00,16	0008	00,40
+ H ₂ O	00,65	0035	02,37
	98,92		100,00

Los parámetros deducidos de los anteriores datos son:

al=38	alk= 22	mg= 0,48
fm=23	si=292	si'=188
c=14,5	k= 0,41	qz=104

por lo que la roca se clasifica como sálica, oligocalica, semialcalina y ácida.

Se ha obtenido la norma molecular con el siguiente resultado:

	%
Cuarzo	37,88
Ortosa + microclina	11,68
Plagioclasa (albita + anortita)	42,56
Biotita	14,82

Esta composición, obtenida mediante el cálculo de la norma, corresponde perfectamente a la de una granodiorita biotítica.

Se han observado numerosos filones pegmatíticos y aplíticos, generalmente localizados en fracturas abiertas, sobretodo en los contacto con las pizarras marginales. Por análisis mineralógicos y estudios de la textura, se ha determinado la temperatura de formación de las pegmatitas, en márgenes que oscilan entre 400 y 700° C. Es posible encontrar cualquier tipo formada dentro de estos extremos. Las aplitas ocupan fracturas más reciente que las pegmatitas, o bien están ligadas a ellas.

Son frecuentes los filones hidrotermales de cuarzo, alguno de los cuales se encuentran fracturados y mineralizados posteriormente. Se han determinado sus temperaturas de formación, por decrepitemetría, en 400° C. Otro cuarzo posterior y mejor cristalizado, se formó a 300° C. Existen también filones con galena (230° C de temperatura máxima de formación), minerales de Bi, de Cu y de U (pechblenda, autunita, metaautunita, seleíta, meta-saleíta y torbenita). La génesis de estos últimos yacimientos, ha sido discutida con anterioridad (MARTÍN RAMOS, 1973).

Las principales direcciones filonianas de la región son N10W y N30E.

2.2. Sedimentario.—Está constituido por pizarras satinadas, del Carbonífero Inferior de facies culm. Se trata de una sucesión monótona de bancos arenosos, arcillosos con materia orgánica y a veces carbonatados.

Es normal encontrar en los niveles arcillosos una mayor proporción de grafito, procedente de sedimentación organógena. Ambos términos están ligados por un control granulométrico, y quizás al complejo arcilla-humus, procedente de la erosión de los suelos de las áreas emergidas. Bancos calizos con forma de crinoides y otros fósiles permitieron datar a ALMELA (in GAVALA, 1931) esta formación.

La potencia, debida al fuerte replegamiento y a la esquistosidad paralela a la estratificación, es muy difícil de estimar, al no existir en la zona niveles guía que permitan diferenciar perfectamente las estructuras. GAVALA (1931) estima unos 800 ó 1.000 metros. PZILLA (in CARBONELL, 1926), le atribuye un

espesor de unos 2.000 metros. En nuestra opinión, la potencia no debe pasar de 700 metros.

En las proximidades del batolito, se ha superpuesto un metamorfismo de contacto, que llega como máximo a las facies corneanas hornbléndicas y que afecta a S₁, sin que se hayan encontrado relaciones temporales con las bandas de kinking.

En el cuadro núm. 1, se ha seleccionado la mineralogía tipo, desarrollada durante esta etapa de metamorfismo de contacto, en función del sedimento original, y de su distancia al contacto con el intrusivo.

Zona	d(m)	S	P	Br	Bm	Mo	Co	An	Px	Af	G	Q	mm	Ap	Cr	g	cl	
I	0,1	p	x	x	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	2 ^a	
	0,1	p	x	x	-	-	-	-	-	-	-	x	(1)	x	x	x	2 ^a	
	1	p	x	x	x	-	-	-	-	-	-	x	(2)	x	x	x	2 ^a	
	1	p	x	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	2 ^a	
	3	p	x	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	2 ^a	
	5	p	x	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	2 ^a	
	7	c	(3)	-	-	-	-	-	(4)	(5)	-	-	x	-	-	-	2 ^a	
	10	p	x	x	-	-	-	-	-	(6)	-	-	x	x	x	x	2 ^a	
	10	fm	-	-	x	-	-	-	-	-	(7)	-	x	(8)	-	-	-	2 ^a ?
	II	20	p	-	-	x	x	?	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-
50		p	-	-	x	x	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-	2 ^a	
70		p	-	-	x	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-	2 ^a	
80		p	-	-	-	x	-	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	
85		p	-	-	-	-	?	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	
175		p	-	-	-	x	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	
III	200	p	-	-	x	x	?	x	-	-	-	x	x	-	-	x	-	
	225	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	
	280	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	
	500	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	
	600	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	
	800	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	
1000	p	-	-	-	-	?	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-		
1300	p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-		
1400	p	Sin metamorfismo de contacto																

CUADRO 1. d=distancia al contacto, S=tipo de sedimento (p pelítico, fm ferromagnesiano, c carbonatado). P=plagioclasa. Br=biotita roja. Bm=biotita marrón. Mo=moscovita. Co=cordierita. Af=anfíbol. An=andalucita. Px=piroxeno. G=granate. Q= cuarzo, mm=menas metálicas. Ap=apatito. Cr=circón. g=grafito. cl=clorita. (1) óxidos de Fe en fracturas de bitotita. (2) óxidos metálicos. (3) plagioclasa muy alterada. (4) dióxido. (5) dióxido transformado en ferroactinolita. (6) actinolita, (7) almandino? (8) hematites. 2.^a clorita secundario. (—) componente minoritario.

Toda la región se encuentra afectada por un metamorfismo regional de epizona, de edad hercínica y anterior a la intrusión granítica, que forma una esquistosidad continua y penetrativa (S₁) y en gene-

ral se dispone paralela a la estratificación, excepto en las charnelas de los pliegues. Una segunda etapa de plegamiento da lugar a bandas de kinking.

Las muestras de la zona I, corresponden a las rocas más cercanas al contacto. La influencia de los materiales procedentes del batolito es muy clara en un máximo de 10 metros (fotografía núm. 1). La biotita es semejante a la de la granodiorita, muy roja y con abundante apatito y circón en su interior.

Se forma plagioclasa que oscila alrededor de An₂₅, con desviaciones de hasta un 10 por 100, normalmente con zonación oscilante, debida tanto a cambio de temperatura como a control químico. La textura y estructura de estas rocas nos recuerda a la de una plutónica; no obstante pueden observarse diferencias producidas por la orientación preferente de micas y plagioclasas según los fantasmas de S₁, y por las diferentes composiciones mineralógicas. Entre las menas metálicas se han determinado hematites, calcopirita y pirrotina.

En las corneanas de esta zona procedentes de rocas carbonatadas, se ha formado dióxido, que ha sufrido transformaciones posteriores y sucesivas a ferroactinolita, biotita y clorita. Estos hechos podemos explicarlos si consideramos el descenso lento de temperatura, de la masa magmática que proporciona estadios sucesivos de condiciones termodinámicas cada vez menos estrictas. Frente a este lento descenso de temperaturas hay que considerar el fuerte gradiente originado por el batolito durante su intrusión, que debió ser rápida, como contribuye a demostrar el estudio de los contactos, que recuerdan a veces a espejos de falla.

Todas las paragénesis obtenidas en esta zona, nos indican claramente la facies de corneanas hornbléndicas (TURNER, 1951-1968).

Las muestras de la zona II, corresponden a una serie de micasquitos (localmente cuarcitas, a nivel de bancos). El aspecto de las rocas al microscopio es ya diferente a la de la zona anterior (fotografía núm. 2). Aparece andalucita xenomorfa y moscovita. Hay que pensar en un exceso de álcali suficiente para formar moscovita, a partir de alúmina. Si existe exceso de alúmina, cristaliza como andalucita y cordierita. No se forma feldespatos. La cordierita aparece pseudomorfizada por agregados finomicáceos. La biotita de esta zona es marrón.

Aunque no se han encontrado paragénesis calcáreas, por consideraciones mineralógicas y texturales de las rocas pelíticas, incluimos esta zona dentro de la facies de corneanas hornbléndicas.

La zona III, corresponde a las pizarras moteadas. Las paragénesis observadas se indican en el cuadro número 1. La biotita no aparece (no se alcanzó temperatura suficiente para su formación) y los únicos minerales observados son andalucita, cuarzo y el moteado de los nódulos de cordierita (fotografía número 3). La andalucita es idiomorfa al contrario que la observada en anteriores zonas, y atraviesa la es-

quistosidad regional S₁. Presenta las intrusiones grafitosas en forma de cruz que definen la variedad quiastolita. La aparición de andalucita, como norma general, va ligada a los lechos grafitosos. Este hecho puede interpretarse si consideramos que el sedimento original, deriva del depósito simultáneo de arcillas, que proporciona al Al₂O₃ de la andalucita, y materia orgánica, que da lugar al grafito. En los lechos detríticos de mayor granulometría, no se depositaría por el contrario ningún material aluminoso, o lo que es lo mismo, ninguna arcilla, por lo que la andalucita no se desarrollaría.

Si hacemos consideraciones sobre la paragénesis observada, únicamente pelítica, esta zona podría corresponder, tanto a la facies de corneanas hornbléndicas como a la de albita-epidota; no obstante, el hecho de que los cristales de andalucita sean perfectamente idiomorfos (baja temperatura de formación) y la coexistencia de minerales de metamorfismo de contacto con otros anteriores de metamorfismo regional, nos inclinan a incluir esta zona dentro de la facies de albita-epidota.

La clorita aparece en el metamorfismo de contacto, siempre como producto de la alteración de la biotita, según pudo observarse en el microscopio petrográfico. Mediante Rayos X, se ha determinado por difracción su fórmula, atendiendo principalmente al valor del parámetro b₀ y espaciados d₀₀₁, relacionados con los cambios isomórficos producidos en su red, y por lo tanto con su composición química. Los valores obtenidos para los espaciados basales son los siguientes:

2θ	d	I/I ₁₀₀	Reflexión
6,20	14,20	37	001
12,50	07,07	90	002
18,75	04,73	49	003
25,20	03,59	100	004
31,65	02,82	28	005
43,30	02,08	2	007

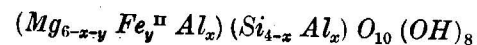
Deducimos de estos datos un espaciado basal (001) de 14,14 Å.

El tratamiento con etilenglicol, no ha inducido modificaciones en el espaciado basal.

El valor del parámetro b₀, calculado a partir de la reflexión 060 es:

$$b_0 = d_{(060)} \times 6 = 1,553 \times 6 = 9,26 \text{ \AA}, \text{ propia de una clorita trioctaédrica.}$$

Si partimos de una fórmula ideal de la clorita tal como:



podemos calcular los valores de x e y , relacionados con los parámetros b_0 y d_{001} , para obtener la fórmula real:

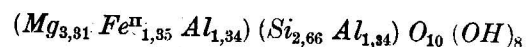
$$b_0 (\text{Å}) = 9,210 + 0,037 y \text{ (BRINDLEY, 1961 in BAILEY, 1972).}$$

$$y = (9,26 - 9,21) : 0,037 = 1,35.$$

$$d_{001} = 14,648 - 0,378 x \text{ (KEPEZHINSKAES, 1965 in BAILEY, 1972).}$$

$$x = (14,648 - 14,140) : 0,378 = 1,34.$$

Podemos atribuir, por tanto, a la clorita, la fórmula:



Con todas las reservas que plantea la ecuación utilizada. El término mineralógico sería ripidolita (HEY, 1954 in DEER, 1963).

Enclaves.—Dentro de la masa granodiorítica, se encuentran incluidos fragmentos de la roca encajante, más o menos asimilados. Cuando son alargados, se disponen paralelamente a las estructuras planares primarias formadas por la biotita y definen líneas de flujo.

El grado de asimilación de estos enclaves por parte de la granodiorita, es muy variable. A veces se distingue la esquistosidad S_1 ; otras, lo único visible es una masa de melanocratos que, por su mayor punto de fusión no han podido ser asimilados.

Varios hechos se observan a escala de campo y en el estudio petrográfico:

— Las plagioclasas se desarrollan en el interior de los xenolitos formando fenoblastos.

— Alrededor del xenolito, se forman una aureola de reacción ácida procedente de él, compuesto de cuarzo, albita y feldespato potásico (ortosa y, o, microclina).

— Una capa aún más externa de melanocratos (biotita), se agrupa alrededor del frente ácido. Su origen parece que está ligado a un empuje mecánico, por parte del frente ácido, de los cristales de biotita que flotaban en la masa magmática, cuando ésta aún estaba fundida.

— Dentro del xenolito se forman melanocratos, biotita y anfíboles, de acuerdo con su primitiva composición química. Se han distinguido entre estos últimos, actinolita y kearsutita (fotografía núm. 4).

El agua, que al principio contenía el xenolito, parece ser que tiene importancia en la formación de la aureola de reacción ácida alrededor de éste. Por otra parte, los minerales de más alto punto de fusión (melanocratos y plagioclasas cálcicas) crecen en su interior. La formación del frente ácido se ha observado también en el contacto de la granodiorita con las pizarras encajantes, donde aparece un cuarzo, posterior a la cristalización principal que, procedente de las corneanas, avanza un máximo de 30 centímetros, hacia el interior de la granodiorita. Para que esto ocurra, debemos suponer un medio cuya temperatura sea muy próxima a los 700° C.

Si consideramos estos xenolitos como afectados por un metamorfismo de contacto, alcanzan las facies de corneanas hornbléndicas, al igual que las rocas de caja.

3. CONCLUSIONES.

— La intrusión de la granodiorita biotítica en las pizarras del culm, tuvo lugar después de la fase principal de plegamiento hercínico, acompañada de un cortejo de pegmatitas, aplitas y filones hidrotermales. La temperatura de intrusión debió ser superior a los 700° C, suficiente para dar un metamorfismo de contacto de la facies de corneanas hornbléndicas.

— En la masa magmática están presentes numerosos enclaves enhalógenos. Se encuentran enriquecidos en melanocratos. Al mismo tiempo se ha observado una migración ácida, dirigida desde el xenolito hacia la granodiorita, que empuja a las láminas de biotita que forma un cerco de melanocratos a su alrededor.

— El hecho de que se forme la andalucita de las corneanas en los lechos más grafitosos, está relacionada con el depósito conjunto de arcillas y materia orgánica. No se forma en los lechos más claros, por estar constituidos éstos por minerales pobres en Al_2O_3 .

— Los filones hidrotermales encajan en fracturas N10E y N30W. Son frecuentes los filones-brecha mineralizados. Existen labores mineras realizadas sobre mineralizaciones de Bi, U, Pb y Cu.



Fotografía 2
Corneana a 50 metros del contacto. Moscovita, Biotita, Cuarzo, y Grafito.



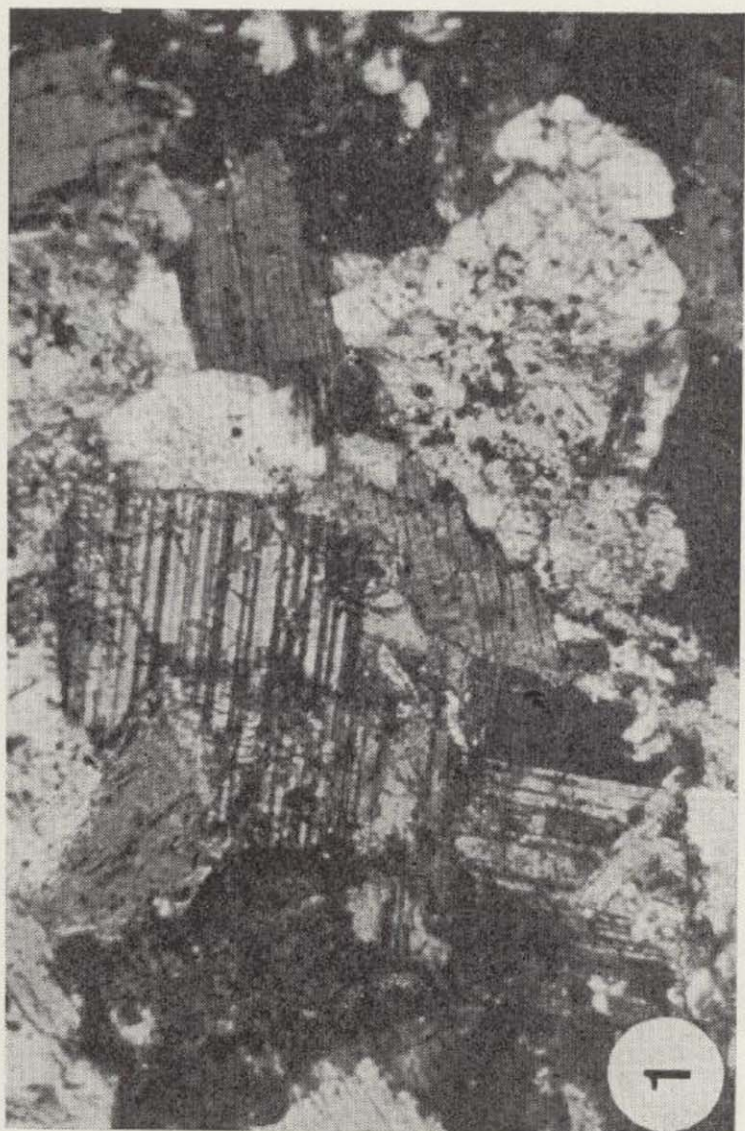
Fotografía 4
Xenolito. Biotita y Anfíboles (Kearsutita).



Fotografía 1
Corneana a 2,5 metros del contacto. Biotita, anortitas, cuarzo, apatito, circón y grafito.



Fotografía 3
Corneana a 500 metros de contacto. Quiastolita y nódulos de cordierita transformada.



Fotografía 1

Corneana a 2,5 metros del contacto. Biotita, anortita²⁰, cuarzo, apatito, circon y grafito.



Fotografía 3

Corneana a 500 metros de contacto. Quiastolita y nódulos de cordierita transformada.



Fotografía 2

Corneana a 50 metros del contacto. Moscovita, Biotita, Cuarzo, y Grafito.



Fotografía 4

Xenolito. Biotita y Anfíboles (Kearsutita).

BIBLIOGRAFIA

- BAILEY: *Determination of chlorite compositions by X-ray Spacing and intensities*. "Clays and Clay Minerals". V. 20, págs 381-388 (1972).
- BROWN: *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. "The Min. Soc". (Clay Min. Group). London (1961).
- CARBONELL, F.: *Los yacimientos de los metales poco frecuentes en la provincia de Córdoba y en otros lugares comparables a ellos Geológicamente*. Congr. Ins. Geol. Madrid. "Rev. Min. Het. y de Ing. (1926 a).
- DEER, W. A.; HOWIE; ZUSSMAN: *Rock - Forming minerals*. t. 3, págs 56 y 151 (1963).
- FEBRELL, T. y otros: *Geología del Granito de la Virgen de la Cabeza*. Inédito (1961).
- GAVALA, J.; LABORTE: *Memoria explicativa de la hoja número 882*. Venta de Cardena. "Inst. Geol. Min. de España", t. 21 (1931).
- JEAN GROTH, M.: *La Sierra Morena*. "Comptes Rendus A. S.", págs. 1722-1974 (1974).
- LOTZE, F.: *El Cámbrico en España*. "Memoria del Inst. Geol. y Min. de España". Vol. 75, pág. 234 (1971).
- MARTÍN RAMOS, J. D.: *Tesis de Licenciatura*. Inédito (1973).
- TRÖGER, W. E.: *Optische Best der Gesteins Bildenden Minerale*. "Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung", páginas 83-99. Stugart (1971).
- TURNER, F. J.; VERHOOGEN, J.: *Igneous and Metamorphic Petrology*, págs. 441-461. New York (1951).
- TURNER, F. J.: *Metamorphic Petrology*, págs. 190-195. New York (1968).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of Metamorphic rocks*. II Edición. New York. Springer Verlag (1967).

Recibido: Mayo de 1974.

INFORMACION

Guías de exploración para nuevas zonas y cinturones uraníferos⁽¹⁾

Por R. P. FISCHER

RESUMEN.

Los principales yacimientos de uranio de los Estados Unidos se encuentran en formaciones continentales, en niveles de areniscas lenticulares. Los niveles de este tipo constituyen, probablemente, los más indicados para la búsqueda de nuevos yacimientos importantes, en realidad nuevas zonas y cinturones, necesarios para satisfacer las necesidades futuras de uranio. Un modelo, desarrollado a partir de las zonas y cinturones productivos importantes, presenta relaciones geológicas que pueden tener utilidad como guías para la selección de los niveles y zonas con probabilidades máximas de contener yacimientos importantes.

Los lentejones de areniscas interestratificadas y las margas constituyen las rocas encajantes favorables de los grandes yacimientos uraníferos; estas capas de margas o, algunas capas suprayacentes contienen ordinariamente cenizas volcánicas. La sedimentación en un macizo autóctono hundido con un nivel freático alto, que da lugar a condiciones no oxidantes de los niveles saturados de agua, se manifiesta por la conservación de plantas fósiles carbonizadas, que están presentes en casi todos los niveles encajantes. Los niveles encajantes se inclinaron suavemente durante la formación de la mena, debido al gradiente inicial de la corriente o a un ligero basculamiento tectónico. Las soluciones mineralizadoras eran aguas subterráneas que se movían hacia abajo por gravedad. Los minerales se formaron lentamente en condiciones estables, a profundidades pequeñas o moderadas, en zonas situadas a pocas millas o decenas de millas de los bordes de deposición o erosión, en lugares en los que existían condiciones reductoras adecuadas. No se conocen exactamente los agentes reductores, y tal vez sean variados. Los yacimientos de tipo roll parecen haberse formado relativamente tarde, después de la acumulación de los niveles encajantes, mientras que los yacimientos de tipo tabular pueden haberse formado relativamente pronto, después de la sedimentación.

En los Estados Unidos abundan y están ampliamente esparcidos los niveles de areniscas, que tienen algunas o todas las características litológicas favorables para los yacimientos uraníferos; aparecen en áreas con diferente marco e historia geológicas. Habrá que utilizar guías geológicas para seleccionar la exploración de unidades y zonas de areniscas con las máximas probabilidades de contener grupos de yacimientos importantes, si hay que encontrar nuevos distritos a costos tolerables. Se han seleccionado unas pocas áreas y un caso hipotético, para ilustrar la aplicación de las relaciones geológicas del modelo, como guía en la evaluación preliminar de posibles zonas de exploración. Mediante intensos estudios bibliográficos y trabajos de campo se descubrirán otros posibles niveles y zonas de interés.

INTRODUCCIÓN.

Para el futuro se prevén grandes necesidades de uranio. Estas necesidades, probablemente, no serán satisfe-

(1) Traducción de E. Ramírez e I. Vega, de la División de Investigación Geológica de la Junta de Energía Nuclear, con autorización de la revista "Economic Geology", en cuyo volumen 69, núm. 3, mayo de 1974, fue publicado.

chas con el encuentro de nuevos yacimientos en distritos conocidos, sino que se necesitará el descubrimiento de nuevas zonas con yacimientos uraníferos importantes, en realidad nuevos distritos y cinturones mineralizados.

Este artículo intenta estimular ideas para la exploración a gran escala, necesario para encontrar nuevas zonas y cinturones uraníferos.

Los yacimientos estratiformes de uranio en niveles de

areniscas lenticulares, principalmente de facies fluvial, han constituido la principal fuente de uranio del país y contienen la mayor parte de las reservas. Los niveles de areniscas de este tipo constituyen las mejores formaciones para la exploración en los Estados Unidos para encontrar nuevas zonas y bandas importantes, por lo cual este artículo se dirige a este tipo de yacimiento. La amplia distribución y marco geológico de los yacimientos estratiformes implican, al menos para el autor, que éstos se formaron mediante procesos geológicos ordinarios y ampliamente extendidos más bien que por procesos especiales y reducidos a una zona restringida. En muchas áreas, estos procesos han originado solamente yacimientos de ley baja o bien otros demasiado pequeños y diseminados que no llegan a tener importancia económica. Cuando los yacimientos se agrupan en una zona y contienen, conjuntamente, suficientes reservas para alimentar una o varias plantas de tratamiento, probablemente deben su localización a una combinación regional de procesos geológicos especialmente favorables. Deben existir otros conjuntos de yacimientos análogos a los conocidos en zonas mineralizadas importantes aún no descubiertas y los procesos geológicos, cualesquiera que sean, que originaron las zonas mineralizadas importantes conocidas deben servirnos de guías para encontrar otros aún no descubiertos.

Se exponen algunas ideas que pueden servir para seleccionar conjuntos litológicos y áreas en las que explorar la existencia de nuevas zonas uraníferas con objetivos análogos a los de las zonas importantes conocidas que contienen uranio por valor de 100 a 1.000 millones de dólares. Este trabajo resume, en primer lugar, los caracteres generales de los yacimientos estratiformes, sobre su emplazamiento y origen. Seguidamente se describen brevemente los procesos geológicos que se han realizado en un determinado medio geológico y que han influido en la localización de las principales zonas uraníferas conocidas; resaltándose las analogías y posibles variaciones para desarrollar un modelo de zonas uraníferas importantes. Finalmente se discute la aplicación de estos procesos geológicos y este modelo hipotético a la programación de la exploración.

Esta memoria es una recopilación de las ideas y de las observaciones de muchos geólogos, aún más que los citados en las referencias bibliográficas. No he introducido nuevos datos, sino que he seleccionado algunas relaciones y conceptos que parecen importantes para formar un modelo relativamente sencillo; sin duda que habrá errores en el intento de efectuar una interpretación y simplificación excesivas. Durante este estudio, he tenido frecuentes ocasiones de agradecimiento por las discusiones fructíferas y aliento de muchos colegas, demasiados, para nombrarlos individualmente.

Durante la fase final de preparación de esta memoria se han publicado otros dos trabajos sobre guías de exploración de yacimientos de uranio en areniscas: Gabel-

man (1971) resumió los caracteres sedimentarios y litológicos de niveles encajantes favorables y Grutt (1972) expuso los ambientes geológicos de estos yacimientos y los procesos geológicos en nueve zonas uraníferas importantes de los Estados Unidos.

Yacimientos de uranio estratiformes.

Finch (1967) recopiló la distribución y características de casi 4.600 yacimientos estratiformes de uranio en los Estados Unidos. La mayoría de los yacimientos están en lentejones de areniscas de origen fluvial, en niveles de finales del paleozoico o más modernos, probablemente coincidiendo con el desarrollo evolutivo de una flora continental. Aunque estos yacimientos se pueden localizar en muchas formaciones, en una zona minera determinada la mayoría de ellos se encuentran solamente en una o determinadas unidades estratigráficas favorables.

Los yacimientos tienen características mineralógicas similares. En las zonas no oxidadas se encuentran uraninita (óxido de uranio) y coffinita (silicato de uranio).

En muchos yacimientos aparecen como minerales accesorios óxidos y silicatos de vanadio y sulfuros de cobre más conocidos, que pueden ser tan abundantes que lleguen a constituir menas de interés. Son frecuentes piritita y marcasita, pero generalmente no son abundantes. Todos estos minerales están impregnando las areniscas, revistiendo los granos de arena y relleno los espacios porosos, pero también reemplazan, en pequeña escala, los granos de arena y localmente las plantas fósiles carbonizadas. Generalmente se encuentran minerales de molibdeno, selenio y cromo, pero sólo en raras ocasiones son lo suficientemente abundantes para que se les pueda reconocer a simple vista. Otros minerales que los que comúnmente se encuentran, como cemento de las areniscas, no son frecuentes.

En la zona de oxidación, los silicatos de vanadio son virtualmente estables, pero los óxidos de vanadio y los dos minerales de uranio primarios citados se oxidan fácilmente y los metales que contienen pasan a un estado soluble con valencia más alta. Allí donde hay óxidos de vanadio, el uranio se fija casi "in situ" como carnotita o tyuyamunita (vanadatos de uranio); ambos son bastante estables en la zona de oxidación. Por esto, en los yacimientos ricos en vanadio, la mineralogía en la zona de oxidaciones es sencilla y hay una emigración pequeña o nula de uranio a vanadio, que origina un enriquecimiento o empobrecimiento del yacimiento en la superficie o cerca de ella. Por otra parte, en yacimientos que son pobres en vanadio, el uranio se moviliza y hay posibilidad de emigración de uranio y empobrecimiento en los niveles superficiales, quizás con enriquecimiento secundario por reducción en puntos más profundos, siguiendo el buzamiento de las capas.

Los yacimientos estratiformes presentan dos formas geométricas dominantes: los que tienen y se llaman roll

y los que son groseramente tabulares o lenticulares. Los yacimientos de tipo roll han producido la mayor parte de las reservas de las cuencas terciarias de Wyoming y la región de Black Hills, en Dakota del Sur, y Wyoming y la región costera de Texas, mientras que los de tipo tabular se encuentran en la región del Colorado Plateau (fig. 1).

Los cuerpos del roll son alargados en esquema y sus

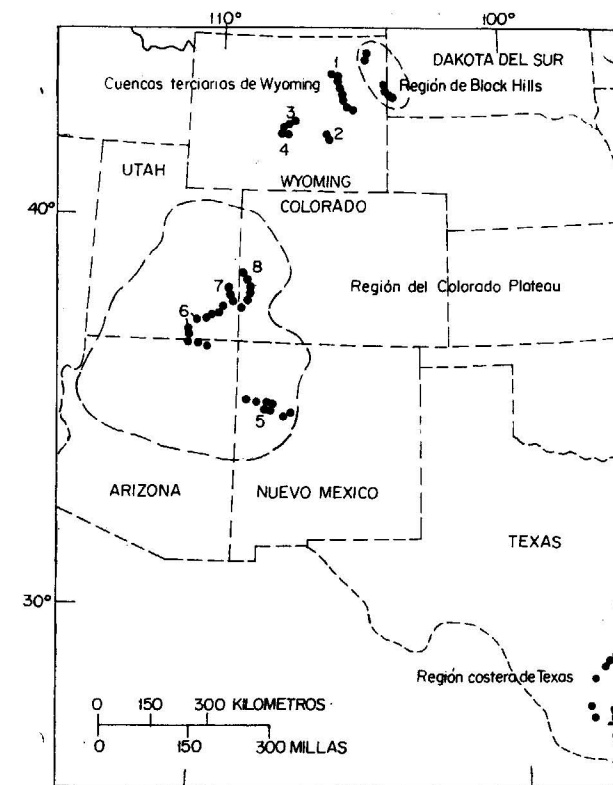


Figura 1

Mapa de referencia, indicativo de las regiones que contienen los principales distritos mineros y cinturones mineralizados con yacimientos uraníferos en areniscas. Cuenca terciaria de Wyoming: 1, Powder River Basin; 2, Shirley Basin; 3, Gas Hills; 4, Crooks Gap. Región del Colorado Plateau: 5, Grants; 6, Monument Valley White Canyon; 7, Big Indian; 8, Urvan

ejes mayores se disponen paralelamente a la estratificación de las areniscas que constituyen las rocas encajantes. Son típicamente de forma luna creciente en sección transversal y se extienden en sentido vertical a un paquete de capas de la roca encajante. El lado cóncavo de un roll tiene un borde definido afiladamente y curvado suave, débilmente discordante sobre la estratificación y el mineral más rico se localiza en o cerca de este borde; el lado convexo tiene bordes imprecisos, ya que el contenido de uranio decrece gradualmente hasta existir solamente trazas. Un gran roll puede tener algunas de-

cenas de pies (un pie igual a 0,3048 metros), de alto y una anchura igual o mayor, pudiendo extenderse algunas centenas de pies a lo largo del eje del roll.

El cuerpo del roll se presenta como una interfase en forma de luna creciente con areniscas alteradas (oxidadas) en el lado cóncavo y areniscas no alteradas (no alte-

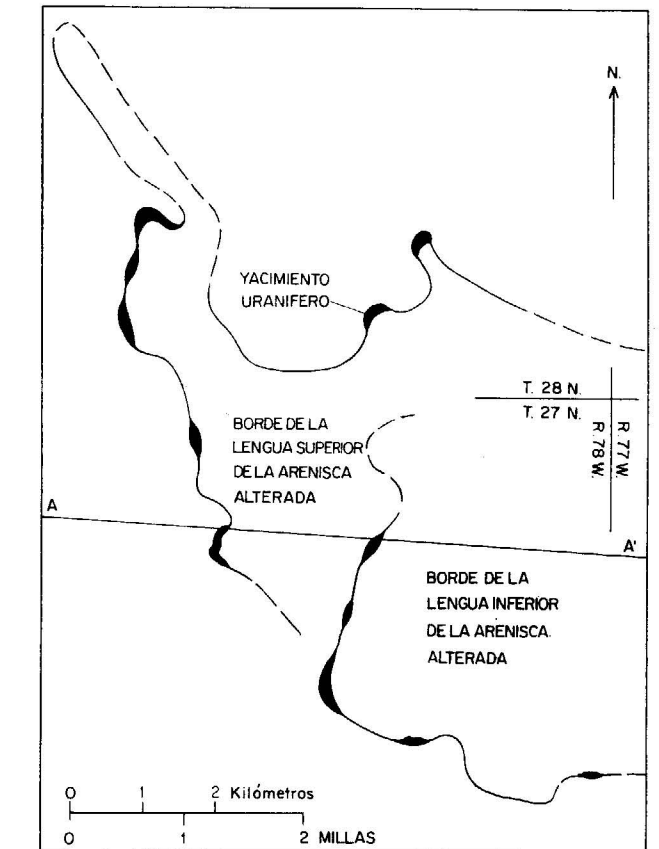


Figura 2

Mapa de la zona de la Cuenca Shirley, Wyoming (modificado según Harsman, 1968) y corte transversal que muestra los yacimientos uraníferos y las lenguas de areniscas alteradas en el tiempo de la formación del mineral

radas) en el lado convexo. Una interfase puede extenderse varias millas dentro de un nivel de areniscas y las masas mineralizadas están distribuidas irregularmente a lo largo de este nivel como cuentas espaciadas y estiradas de un

collar (fig. 2). Entre estas masas mineralizadas aparecen cantidades pequeñas, pero constituyendo anomalías de uranio a lo largo de la interfase. La arenisca alterada difiere algo en sus características de una zona a otra, pero, en general, es de color rosado o parduzco decolorado y contiene menos cantidad de materiales carbonosos, calcita y piritita que la arenisca no alterada, que es de color gris, y que el mineral. La alteración parece ser el resultado de la oxidación.

Las masas mineralizadas tabulares de la región del Colorado Plateau se disponen casi paralelas a las capas de las areniscas encajantes, pero no las siguen en detalle. La potencia de los cuerpos mineralizados varía considerablemente, con un promedio de algunos pies, con extensión de algunos cientos de pies y son irregulares en esquema, pero tienden a alargarse en la misma dirección que los ejes mayores de los lentejones de areniscas encajantes.

Muchas masas mineralizadas se encuentran en las partes inferiores de los lentejones, algunos se localizan en las partes superiores y otros flotan en las partes centrales. Con diferencia a las masas mineralizadas de los rolls, que están alineadas a lo largo de una interfase continua, aunque débilmente mineralizada, las masas tabulares tienden a ser masas separadas, más bien como uvas pasas en un pastel. Y si bien los rolls son asimétricos en sección transversal, los cuerpos tabulares no tienen "frentes" ni "espaldas" que haya sido reconocidas mineralógicamente, por la ley o por la forma. Hay pequeñas masas de mineral con superficies suavemente curvadas, a las que se les ha aplicado el término roll que están asociadas a algunos yacimientos tabulares en la región del Colorado Plateau, especialmente aquellos yacimientos que son ricos en vanadio. Algunas masas son similares geométricamente a los rolls, pero no se presentan a lo largo de interfases visibles y no se comprende su significado genético en relación con las masas tabulares.

Debajo de la zona de oxidación reciente próxima a la superficie, las masas tabulares de la región del Colorado Plateau están encajadas en rocas de características geoquímicas reducidas, la arenisca va de gris pálido a blanca y contiene plantas fósiles carbonizadas y piritita finamente diseminada; las margas asociadas son grises o verdes y contienen también piritita diseminada. Estas envueltas se extienden lateralmente en las areniscas encajantes desde unos cientos de pies hasta millas de los yacimientos y penetran verticalmente en las margas asociadas desde pulgadas hasta pies. Más allá de estas envueltas de rocas reducidas la arenisca es de un rojo pálido y las margas son rojas, lo que hace pensar en un medio oxidado (2).

(2) En muchos informes publicados, el término "altered" se ha aplicado a estas rocas reducidas de la región del Colorado Plateau, y el término "unaltered", a la arenisca roja pálida (oxidada), más allá de las envueltas reducidas. Se evita el empleo de estos términos en esta memoria, porque son el reverso de la terminología aplicada a los rolls, en los que la llamada arenisca alterada

Los intensos estudios realizados en los años 50 desarrollaron la teoría de que los yacimientos tabulares de la región del Colorado Plateau se formaron por aguas subterráneas que circularon a lo largo de las capas encajantes de areniscas y, a partir de las cuales, los minerales se precipitaron en bolsadas que tienen una fuerte capacidad reductora (Hostetler and Garrels, 1962). Entre los posibles agentes reductores que se han sugerido se encuentran plantas fósiles localmente abundantes en las areniscas encajantes, material húmico procedente de estos fósiles o introducido en estado fuido a partir de otras fuentes o SH_2 , bien formado, por formación de bacterias en las plantas fósiles o que derivan de petróleo o gases naturales. Estos estudios, hoy día, no consiguen explicar la distribución de los agentes reductores en relación con la localización de las zonas y cinturones uraníferos.

En los años 60, cuando las masas de los roll, en algunas cuencas terciarias de Wyoming, quedaron al descubierto por la explotación de los yacimientos, la mayoría de los estudiosos de estos yacimientos aceptaron la idea de precipitación por reducción, a partir de las aguas subterráneas, y añadieron también una idea que explicaba la localización de las zonas mineras, a saber: que las aguas subterráneas oxigenadas portadoras de uranio se movían en el sentido del buzamiento por la gravedad a lo largo de niveles de areniscas inclinadas, y que la precipitación de los minerales se operaba por reducción, a lo largo de interfases con longitudes de millas entre las areniscas oxidadas (alteradas) y las no oxidadas. Los geólogos rusos han dado virtualmente la misma explicación para el origen y localización de los yacimientos análogos de la URSS. En condiciones geológicas análogas se formaron probablemente, yacimientos algo similares alrededor de los Black Hills, en Dakota del Sur, y Wyoming, y en la plataforma costera de Texas.

PROCESOS GEOLÓGICOS EN LAS PRINCIPALES REGIONES URANÍFERAS

Cuencas terciarias de Wyoming.

Los yacimientos conocidos de tipo roll en las cuencas terciarias de Wyoming (fig. 1), en las áreas de Powder

está oxidada y la arenisca no alterada tiene características reducidas. Realmente no se han establecido las relaciones genéticas y paragenéticas definitivas del medio reducido que envuelve a los yacimientos tabulares del Colorado Plateau (Fischer, 1970, pág. 782). Evidentemente, para conservar las plantas fósiles se necesita un medio no oxidante desde la sedimentación. Las condiciones reductoras en las que se han formado las piritas en las areniscas y las margas, y han cambiado el color de las margas del rojo al gris o al verde, puede que se hayan desarrollado durante el período de diagénesis y que procedan de la abundancia relativa de fósiles vegetales, o bien pueden que se hayan desarrollado estas condiciones reductoras durante el período de formación de los minerales que puede superponerse o seguir a la diagénesis.

River Basin, Shirley Basin, Gas Hills y Crooks Gap (Davis, 1969; Melin, 1969; Harshman, 1972; Anderson, 1969; Bailey, 1969). Todos están en niveles de areniscas arcóscicas y conglomerados que contienen fragmentos de troncos fósiles y que están interstratificadas con areniscas de grano fino y margas.

Estos niveles se depositaron en el Eoceno inferior y quizás en el Paleoceno por corrientes que circulaba en cuencas intermontanas a partir de zonas más altas próximas. Estas cuencas se colmataron ampliamente por sedimentos continentales del Eoceno inferior y del Terciario medio que contienen abundantes restos de materiales volcánicos. Desde los tiempos del Terciario superior, estas áreas han estado sometidas principalmente a la erosión, debido al levantamiento regional (Houston, 1969). En algunos puntos, las deformaciones locales, concomitante con el levantamiento regional ha cambiado la inclinación original de estas capas, pero hasta entonces la mayoría de las capas eran prácticamente horizontales, buzando ligeramente a partir de los flancos de la cuenca hacia el centro, a causa de los gradientes de las corrientes de deposición. Las aguas subterráneas circulaban por gravedad en la misma dirección general que el buzamiento general de las capas; esto es, desde las zonas más altas de recarga en los flancos a las áreas más bajas de descarga en el centro de la cuenca (Butler, 1969, págs. 83-84), y por parte de las mismas circulaban a lo largo de capas más permeables, como las que contienen ahora las mineralizaciones. Las aguas superficiales, que penetraban en estos sedimentos de la cuenca, estaban oxigenadas, pero algo más abajo en la zona de saturación permanente (por debajo del nivel freático), en condiciones probablemente reductoras permitiendo la conservación y la carbonización de los troncos fósiles y dando lugar a la formación de piritita.

La mayor parte del mineral se encuentra en cuerpos alargados, irregularmente distribuidos a lo largo de las interfases entre la arenisca alterada (oxidada) y la no alterada (fig. 2). Generalmente se cree (por ejemplo, véase Harsman, 1970, 1972; Granger and Warren, 1969) que estas masas mineralizadas y las interfases asociadas se formaron por aguas subterráneas oxigenadas portadoras de uranio, que se movían en el sentido del buzamiento de las capas a lo largo de los niveles hospedantes y que alteraron (oxidaron) las areniscas, y que el oxígeno libre del agua se consumió en la interfase roca alterada roca no alterada, más allá de la cual prevalecen condiciones reductoras y se precipitó el uranio. Esta idea es favorable a un sistema dinámico que enriquecería las masas mineralizadas y las desplazaría hacia abajo en tanto en cuanto se suministrara este tipo de agua, ya que el uranio nuevamente introducido se precipitaría por reducción a corta distancia más allá de una interfase y el uranio depositado, anteriormente expuesto a la oxidación en la interfase se disolvería nuevamente moviéndose un poco hacia abajo, precipitándose de nuevo por reducción.

En las zonas de Wyoming se han explotado algunas masas mineralizadas de pequeños yacimientos en la roca alterada (oxidada). Estas masas se ha pensado, generalmente, que eran restos que estaban algo protegidos de la oxidación y quedaron atrás al moverse hacia abajo la interfase y las masas mineralizadas principales.

No se ha determinado una edad definida para los yacimientos de tipo roll de las cuencas de Wyoming ni se conoce la fuente del uranio. Probablemente, los procesos de concentración de minerales actuaron lentamente y fueron de larga duración. Las aguas subterráneas empezaron a circular hacia la cuenca a través de los niveles encajantes a medida que se formaban estas capas. Concebiblemente, el uranio pudo haber empezado a acumularse en estos niveles en este tiempo, si el agua contenía uranio, que en este fase podría proceder por invitación de las rocas de zonas altas, principalmente granitos (Rosholt and Bartel, 1969) o de granos de las rocas encajantes. Más tarde, durante la deposición de las capas suprayacentes y después de las mismas, el uranio podía haberse lixiviado a partir de los granos de las rocas detríticas y de las cenizas volcánicas de estas capas. El flujo de aguas subterráneas hacia la cuenca, con la acumulación de uranio en el lado reductor de la interfase oxidación-reducción y el desplazamiento hacia abajo de la interfase, continuó, probablemente, hasta que algún hecho geológico, lo más probablemente una deformación estructural o variaciones en el drenaje de superficie, dislocó este sistema de agua subterránea. Se cree, generalmente, que la última etapa de acumulación de la mayoría de las masas mineralizadas conocidas tuvo lugar en el Terciario superior —las relaciones uranio-plomo determinada para muestras de algunos yacimientos en Powder River Basin, sugieren una edad de 4,5 a 13 millones de años (Sharp y otros, 1964) y una edad de 18 millones de años para muestras de Shirley Basin (Harsman, 1972). Algunos geólogos suponen que en la actualidad pueden estarse formando en algunos lugares masas mineralizadas.

Región de las Black Hills.

Los yacimientos productivos estratiformes de uranio de la región de las Black Hill, Dakota del Sur y Wyoming (figura 1) están en las formaciones Lakota y Fall River del Grupo Inyan Kara del Cretácico inferior. Estas dos formaciones se componen predominantemente de margas y areniscas lenticulares en parte conglomeráticas; en los niveles de areniscas son frecuentes los fósiles vegetales carbonizados. El medio de sedimentación fue fluvial y lacustre, y parcialmente, marino costero. Los materiales que componen estas formaciones procedían ampliamente de sedimentos preexistentes, probablemente, de zonas remotas. Después de los levantamientos de tipo domo de los Black Hills en los tiempos larámicos (Cretácico superior, Terciario inferior) los niveles del Grupo Inyan Kara y formaciones asociadas se inclinaron hacia la periferia

desde el núcleo de los Hills con buzamientos suaves; esta tendencia general del buzamiento se modifica localmente por la existencia de plataformas y fallas estructurales, con desplazamientos de pequeños a moderados. En el Eoceno superior, la erosión ha llegado a poner al descubierto el núcleo precámbrico de los Black Hills. Desde entonces, los niveles del Inyan Kara y asociados a los mismos han tenido unas formas de afloramiento rodeando el núcleo y ofreciendo condiciones para la recarga de aguas subterráneas. Estos afloramientos envolventes estaban parcial o totalmente recubiertos por niveles del Terciario medio, que contenían abundantes cenizas volcánicas; estos niveles han sido después ampliamente barridos por la erosión.

Las masas mineralizadas en los niveles del Inyan Kara presentan características variadas (Hart, 1968; Rentro, 1969). Se han citado algunas, como rolls, con forma de luna creciente, pero se han descrito muchas masas con formas tabulares irregulares o cilíndricas. Algunos cuerpos están formados por menas no oxidadas, estando bordeados por areniscas alteradas (oxidadas) en el lado hacia el cual vergen e inalteradas en el lado hacia el cual buzaban; las interfases entre las areniscas alteradas y las no alteradas aparentemente son bastante extensas, aunque poco definidas. Otros cuerpos se componen de menas oxidadas de valencia alta y están parcial o totalmente envueltas en areniscas alteradas que presentan un color rojo sucio con hematitas. Estas variaciones e irregularidades se atribuyen a las estructuras sedimentarias heterogéneas de los niveles de areniscas encajantes, a la influencia de pequeñas estructuras tectónicas en la localización de algunas masas mineralizadas y a la dislocación del sistema de aguas subterráneas genéticas en algunos lugares, debido a la rápida erosión remontante de las corrientes que drenan los Black Hills. Se supone que las soluciones mineralizantes han sido aguas subterráneas que se han movido en el sentido del buzamiento, generalmente hacia afuera, desde las zonas levantadas de los Black Hills, hasta llegar a un medio reductor en el que se precipitaban las menas. Rentro (1969) sugiere que el uranio procede de los mismos niveles alterados; Hart (1968) cree que fue lixiviado a partir de los niveles sedimentarios portadores de cenizas del Terciario medio, que recubrían los niveles encajantes; y Bowles (1968) opina que fue transportado desde la formación Minnelusa (Pensilvaniense y Pérmico) por aguas artesianas que se elevaron a lo largo de las fracturas hasta los niveles Inyan Kara y luego circularon en el sentido del buzamiento hasta un medio reductor. Los análisis radioquímicos ponen de manifiesto que algunos yacimientos se formaron o al menos se desplazaron en el período de tiempo comprendido en los últimos 180.000 años, y que algunos se formaron hace más de 250.000 años (Robinson y Rosholt, 1961). No se ha informado sobre determinaciones de edad basadas en las relaciones plomo-uranio.

Región costera de Texas.

Los yacimientos de uranio de la región costera de Texas (Eargle and Weeks, 1968; Klohn and Pickens, 1970) se encuentran en varias unidades estratigráficas que varían en edad desde el Eoceno hasta el Plioceno. Estas unidades se componen de lentejones de arena y arcillas que proceden principalmente de niveles sedimentarios más antiguos; en la mayoría de estas unidades abundan las cenizas volcánicas y en alguna aparecen restos de vegetales carbonizados. La mayor parte de estos lentejones de arena fueron depositados en cauces de corrientes que circulaban hacia el Sudeste a través de una llanura costera, pero algunos lentejones se han originado como formaciones de playa y cordones litorales a lo largo de una costa con orientación hacia el NE. Así, estos niveles presentaban inicialmente unos buzamientos suaves hacia el SE, debido a los gradientes de las corrientes y a la pendiente del fondo del mar; este buzamiento se acentuaba ligeramente, durante el terciario, a medida que el fondo de mar se hundía gradualmente. Hoy en día en estos niveles prevalecen buzamientos suaves hacia el SE, excepto en bloques trastocados localmente por desplazamientos a lo largo de las fallas.

Los yacimientos principales son cuerpos en forma de luna creciente análogos a los rolls de Wyoming. Están alargados hacia el NE, aproximadamente paralelos a las orientaciones regionales y son cóncavos hacia el NW (en el sentido de la vergencia). Las areniscas encajantes en el lado de la vergencia de las masas mineralizadas están parcialmente oxidadas o meteorizadas, y de un color gris pálido o tostado; las que están en el sentido del buzamiento no están oxidadas, de un color gris medio y contienen alguna piritita diseminada. Se cree que el uranio de los yacimientos procede de las cenizas volcánicas de los niveles encajantes y de los asociados, y que este uranio se ha movilizado por las aguas subterráneas en el sentido del buzamiento hasta un medio reductor en el que se precipitaron las mismas (Eargle y Weeks, 1968; Klohn y Pickens, 1970). Se piensa que el agente reductor activo ha sido el SH_2 , bien procedente de los depósitos petrolíferos y bolsas de gas e introducidos en los niveles encajantes a lo largo de las fallas o bien generados por fermentación bacteriana en vegetales carbonizados de los niveles albergantes. Varios hechos sugieren que los yacimientos principales son jóvenes; se piensa que pequeñas masas de mena oxidadas hacia el sentido vergencia de los yacimientos grandes son restos de masas mineralizadas más antiguas que fueron ampliamente destruidas por la oxidación.

Cinturón mineralizado de Grants.

El cinturón mineralizado de Grants, Nuevo Méjico, definido en un principio como cinturón mineralizado meridional de la Cuenca de San Juan (Hilpert y Moench, 1966) contiene el mayor tonelaje de uranio de todas las

zonas conocidas en los Estados Unidos (Kelley y otros, 1968; Granger, 1968; Hilpert, 1969). El cinturón tiene, aproximadamente, una longitud de 80 millas y varias millas de ancho y se dirige hacia el NW (fig. 3), aproximadamente paralelo y unas 10 a 20 millas al N del borde meridional vagamente definido de la Cuenca de San Juan. La mayoría de los yacimientos se encuentran en la parte superior de la formación Morrison del Jurásico superior, y en lentejones de areniscas depositados por

planicies ancestral de Zuni. El borde norte de esta altiplanicie constituía el borde meridional de deposición de la formación Morrison y probablemente cerca, pero ligeramente al S, del actual borde meridional de la Cuenca de San Juan, aproximadamente de 20 a 30 millas al S del actual cinturón mineralizado de Grants. Después de la deposición de la formación Morrison, la altiplanicie antigua se levantó ligeramente y antes de que se depositasen las arenas de Dakota del Cretácico inferior (?) y superior, el borde meridional de la formación Morrison se decapitaba por erosión. La deformación posterior, probablemente en su mayor parte de edad Larámica, dio origen al levantamiento de Zuni y la Cuenca de San Juan, aumentando un poco el buzamiento hacia el N de los niveles mineralizados, según la dirección del cinturón mineralizado; también se produjeron fallas.

Los yacimientos importantes en el cinturón mineralizado de Grants son de dos tipos característicos. Los términos "trend", "run" o "prefault" han sido aplicados al primer tipo: son capas tabulares con una potencia media de varios pies, con decenas a centenas de pies de largo, generalmente son alargadas aproximadamente paralelas a los ejes mayores de los lentejones de areniscas. Aunque las masas individuales son casi concordantes con la estratificación, los yacimientos tienden a yacer estratigráficamente de S a N a través del cinturón mineralizado (Granger, 1968; Hilpert, 1969). Excepto cuando están alterados por oxidación reciente, la mena se compone de minerales de valencia baja, junto con residuos carbonosos que impregnan la arenisca. Las masas mineralizadas están recubiertas de areniscas no oxidadas, que son de color gris claro y contienen fragmentos dispersos de plantas fósiles carbonizadas y piritita finamente diseminada. Al segundo tipo de yacimiento se han aplicado los términos de "stacked", "redistributed" y "postfault". Aunque de forma y tamaños variados, los mayores yacimientos "amontonados" tienen centenas de pies de largo y decenas de pies de ancho y de alto; se extienden generalmente según la vertical a través de los niveles de areniscas.

La mayor parte de estas masas mineralizadas están asociadas con zonas de fractura, que, probablemente, influyeron en su forma y localización. Las masas mineralizadas "amontonadas", como las que forman conjuntos alineados de yacimientos, se componen de minerales de valencia baja, pero estos minerales no están íntimamente asociados a la materia orgánica.

Los yacimientos "amontonados" están, generalmente, bordeados hacia la parte vergente por areniscas oxidadas, de colores pardos o rojizos, y en el lado contrario, por rocas no oxidadas grises.

Los conjuntos alineados de yacimientos tienen, probablemente, una edad igual o superior a 100 millones de años (Shawe y Granger, 1965, pág. 243). Muchos geólogos creen que estas masas mineralizadas son anteriores a Dakota y que se formaron en un medio general reduc-

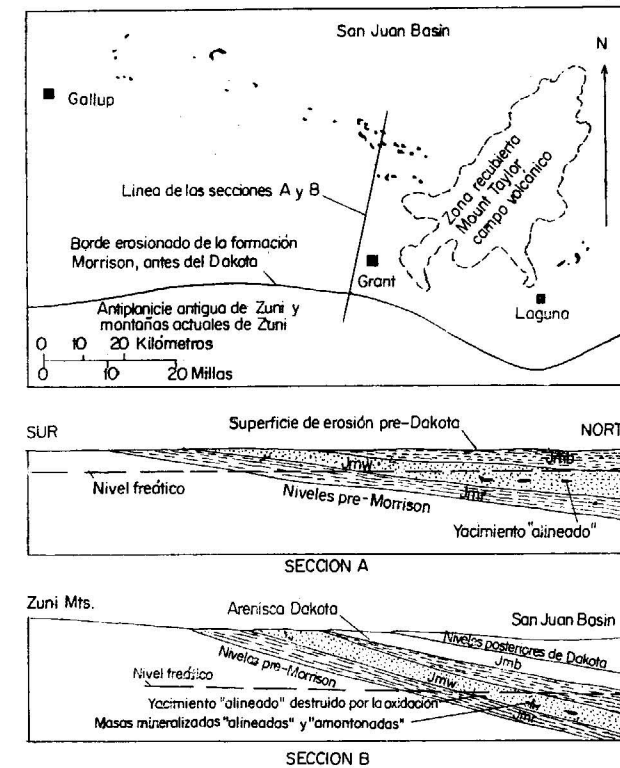


Figura 3

Mapa de la zona del cinturón mineralizado de Grants, Nuevo Méjico, que muestra algunos yacimientos uraníferos (negro, tamaño exagerado) y relaciones geológicas generales (modificadas según Granger, 1968, figura 1). Estos cortes son esquemáticos: A muestra las relaciones generales durante la formación de los yacimientos "alineados"; B muestra las condiciones bajo las que se destruyeron por oxidación algunos yacimientos "alineados" y se formaron yacimientos "amontonados", según sugiere Granger (1968). Formación Morrison: Jmb Miembro Brushy Basin; Jmw Miembro Westwater Canyon; Wmr Miembro Recapture Shale

corrientes fluviales interstratificados con margas; algunos de los paquetes de areniscas son moderadamente arcósicas y algunos de los paquetes de margas contienen minerales arcillosos procedentes de cenizas volcánicas. Las corrientes que han depositado los paquetes de las areniscas encajantes circulaban generalmente hacia el E o hacia el NE a una cuenca de deposición de la alti-

tor a partir de las aguas subterráneas portadoras de uranio, que se movían según el buzamiento por gravedad. Más específicamente, Granger (1968) sugirió que los residuos diseminados carbonosos asociados con este tipo de yacimiento se introdujeron como humatos salubres en agua derivados de materiales procedentes de la putrefacción de plantas, probablemente de edad Dakota inferior o anteriores; que estos humatos se transportaban por las aguas subterráneas principalmente, según la dirección del buzamiento a lo largo de las capas encajantes; y que precipitaron en un medio donde no era soluble, quizás en un nivel freático. Sugirió también que las menas se localizaban junto a este material carbonoso y que pueden haber precipitado simultáneamente con este material o posteriormente. Bajo estas condiciones, la fuente probable del uranio habría sido el diseminado en las rocas encajantes y niveles correspondientes, incluyendo en estos niveles las cenizas volcánicas o el uranio de las rocas que formaban la altiplanicie hacia el S.

Los yacimientos "amontonados" tienen, probablemente, menos de 10 millones de años (Shawe y Granger, 1965, pág. 243), y tal vez se relacionan con el ciclo de erosión actual. Se considera generalmente que el uranio de los yacimientos "amontonados" procede de la destrucción, por oxidación avanzada, de conjuntos de yacimientos alineados que se encontraban en el sentido de la vergencia; este uranio oxidado y solubilizado se movía en teoría en el sentido del buzamiento y se precipitaba en un medio reductor. Así, los yacimientos "amontonados" parecen ser genéticamente similares a los de tipo roll de Wyoming, incluso aunque los yacimientos "amontonados" y las interfases asociadas de oxidación-reducción no tenga una forma de luna creciente perfecta. Quizá la diferencia en la forma procede de la influencia de localizarse en zonas de fractura y su dislocación del sistema de aguas subterráneas. Las secciones esquemáticas de la figura 3 indican las relaciones geológicas generales bajo las que se cree se han formado conjuntos de yacimientos alineados y los "amontonados".

Cinturón mineralizado de Monument Valley-White Canyon.

La formación Chinle del Trías superior (Stewart y otros, 1959) es la encajante de los yacimientos uraníferos del cinturón mineralizado de Monument Valley-White Canyon, Arizona y Utah, y también de los del cinturón de Big Indian, Lisbon Valley, Utah (véase la sección siguiente). Esta formación originalmente cubría la región del Colorado Plateau. Tiene alrededor de 2.000 pies de potencia en la parte sudoccidental de la región y disminuye de potencia gradualmente hasta varios centenares de pies en la parte oriental y septentrional. Se compone principalmente de margas abigarradas y areniscas finas predominantemente rojas; en estos niveles abundan los minerales arcillosos procedentes de la alteración de residuos volcánicos. Casi en todas partes se presentan areniscas, generalmente de colores claros; son frecuentes las are-

niscas conglomeráticas, especialmente en la base de la formación. En la mayoría de los niveles de areniscas se presentan fragmentos de plantas fósiles carbonizadas, especialmente en las conglomeráticas. A lo largo de la región del Colorado Plateau, la formación Chinle se acumuló en un medio de una llanura aluvial amplia con corrientes meandriformes, amplias "llanuras de lodo", y lagos temporales. Probablemente, las principales fuentes de los sedimentos Chinle fueron las altiplanicies formadas por rocas sedimentarias e ígneas de la región de Plateau, aunque partes de la formación próxima a la vieja Antiplanicie Uncompahgre, en el SW del Colorado, pueden haber recibido algunos materiales clásticos procedentes de la erosión de rocas graníticas y metamórficas.

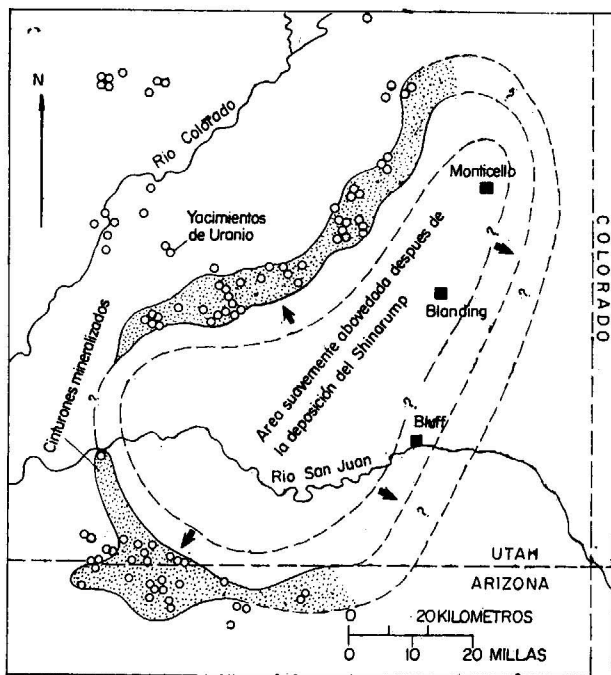


Figura 4

Mapa del cinturón mineralizado Monument Valley White Canyon, Arizona y Utah (modificado según Malan, 1968), mostrando la posible extensión del cinturón alrededor del área abombada al final del Shinarump. Las flechas dobles indican la dirección de la circulación de las aguas subterráneas después del abombamiento.

Los yacimientos de uranio en el cinturón mineralizado de Monument Valley-White Canyon (Malan, 1968) —el cinturón mineralizado Monument de Young (1964)— están en el Miembro Shinarump de la Chinle, que es el nivel inferior de esta región. El Shinarump consta de lentejones de areniscas, generalmente conglomeráticas, que rellenan paleocauces intercalados en las capas subyacentes y que típicamente contienen núcleos de areniscas más finas, jaspes y margas escalonadamente dispues-

tos hacia arriba y lateralmente. Los lentejones de areniscas de grano grueso tienen frecuentemente varias decenas de pies de espesor y han sido depositados por corrientes meandriformes que circulaban generalmente en dirección NW en esta parte de la región.

La mayoría de los yacimientos se localizan en las partes inferiores de los lentejones que originan los paleocauces más profundamente lavados y algunos yacimientos, incluso "impregnan" hacia abajo varios pies de las capas subyacentes. Típicamente, los yacimientos son cuerpos tabulares alargados, generalmente de varios pies de potencia, algo más anchos que potentes y varias veces más largos que anchos; están alargados paralelamente a la dirección local del paleocauce encajante, a lo largo de la cual se distribuyen irregularmente.

El cinturón mineralizado de Monument Valley-White Canyon tiene, aproximadamente, de 5 a 10 millas de ancho y más de 130 millas de largo (fig. 4). Se localiza a pocas millas y envuelve la mitad del área, que fue suavemente levantada inmediatamente después de la deposición del Shinarump y de la que se arrasó éste por erosión (Young, 1964; Malan, 1968). Young y Malan sugieren que los metales (uranio, vanadio y cobre) en los yacimientos del cinturón mineralizado se lixiviaron a partir de las rocas de las zonas fuentes del Shinarump y probablemente también a partir de los granos clásticos del mismo, y que estos metales se transportan en las aguas superficiales y subterráneas a lo largo de los paleocauces del Shinarump a lugares en donde se precipitaron los minerales en un medio reductor con troncos fósiles. Sugieren que los yacimientos conocidos pueden haber empezado a formarse durante la época Shinarump y a enriquecerse inmediatamente después de esta época, al oxidarse yacimientos análogos en el área levantada y se removilizaron los metales, transportándose por las aguas subterráneas, según el buzamiento a lo largo de paleocauces permeables y volver a precipitar en lugares en que presentan condiciones reductoras.

Es también concebible que estos yacimientos y el cinturón mineralizado pudieran haberse localizado en su situación actual si se hubieran lixiviado los metales a partir de las cenizas volcánicas por las aguas subterráneas que filtran a través de las capas de margas portadoras de cenizas suprayacentes al Chinle durante y después de su acumulación, el agua se mueve entonces en la dirección del buzamiento a lo largo de niveles permeables encajantes hasta un medio favorable a la precipitación por reducción. Estas ideas sugieren, probablemente, una época de mineralización en el Trías superior o en el Trías superior-Jurásico inferior. Basándose en las determinaciones de edad isotópicas Miller y Kulp (1963, pág. 627) se inclinan por una edad del Cretácico medio (alrededor de 110 millones de años) como posible edad mínima para los yacimientos del Monument Valley.

Este concepto del origen y localización del cinturón mineralizado de Monument Valley-White Canyon sugiere

la idea de que el cinturón se extiende alrededor del lado oriental de la zona levantada a finales del Shinarump (figura 4), en la hipótesis, por supuesto, de que las corrientes del Shinarump depositaron niveles encajantes favorables en el lado oriental.

Cinturón mineralizado de Big Indian.

Los yacimientos de uranio del cinturón mineralizado de Big Indian, Lisbon Valley, Utah, están en el Moss

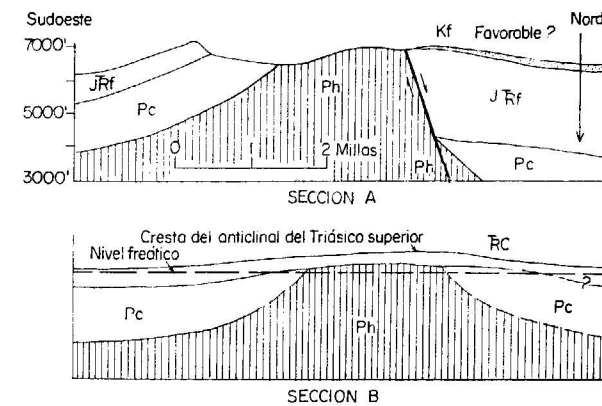
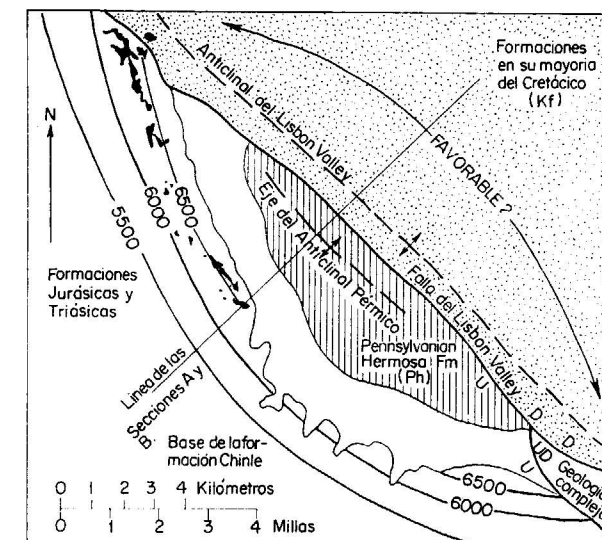


Figura 5

Mapa geológico simplificado del área Lisbon Valley, Utah (modificado según Wood, 1968), mostrando yacimientos uraníferos (negro) del cinturón mineralizado Big Indian y curvas estructurales (en pies) en la base de la Formación Chinle. El corte A muestra las relaciones geológicas actuales; el corte B presenta relaciones hipotéticas a finales del Triásico

Back Member de la formación Chinle (Wood, 1968). En este área, el Moss Back es el nivel inferior del Chinle. Tiene una media de varias decenas de pies de potencia y se compone de areniscas de grano fino a grueso, en

parte conglomeráticas y lentejones de margas. Los fragmentos de plantas fósiles carbonizadas a veces abundan y otras veces son raros. El nivel fue depositado por corrientes rápidas que se desplazaban circulando generalmente hacia el W y NW. Las masas mineralizadas están en la parte inferior del Moss Back. Son cuerpos tabulares virtualmente concordantes con la estratificación; tienen, por término medio, varios pies de potencia y alcanzan varios centenares de pies, según la dimensión mayor. El cinturón Big Indian tiene, aproximadamente, media milla de ancho y 15 millas de largo. Se encuentra en el flanco suroriental del anticlinal del Lisbon Valley y en dirección virtualmente paralela a la estructura en la base del Chinle, a lo largo de este flanco (fig. 5). Los niveles inferiores del Chinle y la parte superior de la formación Cutler suprayacente están alterados ("decolorados") por reducción a lo largo del cinturón mineralizado (Wood, 1968, pág. 779).

El anticlinal de Lisbon Valley es uno de los diversos que con orientación NW se encuentran en esta parte del Colorado Plateau. Todos fueron abombados por el levantamiento de sal y yeso de la Formación Hermosa. Este levantamiento se desarrolló en dos fases principales: la primera, durante el Paleozoico superior, y la segunda, durante los tiempos Larámicos o posteriores. Una relativa tranquilidad prevaleció durante la Era Mesozoica, aunque, ocasionalmente, ocurrieron pequeños levantamientos y abombamientos. El antiguo anticlinal de Lisbon Valley (paleozoico superior) era, probablemente, una estructura bastante simétrica que fue arrasada por la erosión antes de los tiempos Chinle. Probablemente estaba completamente recubierta por el Moss Back y partes suprayacentes del Chinle, pero pequeñas variaciones de potencia de estas capas en el flanco Sudoccidental del anticlinal actual indican que tuvo lugar durante la sedimentación del Chinle un levantamiento pequeño de partes del anticlinal. El anticlinal y las capas de Chinle fueron cubiertas entonces por unos 8.000 pies de materiales sedimentarios más modernos del Mesozoico. Durante la deformación de los tiempos Larámicos o posteriormente, el anticlinal se rompió por una falla axial de unos 3.000 pies de desplazamiento y el flanco sudoccidental se inclinó a su posición actual, mientras el flanco nordeste quedó relativamente tranquilo. El levantamiento regional y la erosión subsiguiente han puesto al descubierto el Chinle en el flanco sudoccidental del anticlinal, pero estas capas están, aproximadamente, a 2.500 pies por debajo de la superficie actual en el flanco NE (fig. 5, sección A). Cuando el cinturón Big Indian fue reconocido por primera vez durante la exploración de los años 50, muchos geólogos supusieron un origen hipógeno-hidrotermal para los yacimientos y una mineralización contemporánea o posterior a la falla del anticlinal del Lisbon Valley. La idea de soluciones hidrotermales ascendientes por la falla del anticlinal y depositando uranio a lo largo de un intervalo bastante estrecho del contorno de la estructura

en el lado superior de la misma parecía compatible y posible. La precipitación de los minerales se atribuyó a las soluciones que alcanzan un punto crítico en el gradiente de presión o temperatura o a reacciones en una interfase agua-petróleo o petróleo-gas de un yacimiento petrolífero. Posteriormente, cuando prosperó la idea de soluciones de aguas subterráneas lixiviando el uranio desde las capas encajantes y asociadas, se pensó en la precipitación de los minerales en una interfase de petróleo-gas o agua o por reducción debida a los fósiles vegetales. Más recientemente Wood (1968) ha sugerido que el uranio procedía de aguas subterráneas a partir de las cenizas volcánicas del Chinle, y que circulaban por las capas permeables del Moss Back, donde se precipitaban los minerales por reducción; sugirió que la lixiviación, movimiento y precipitación del uranio empezó durante la diagénesis de las capas del Triásico superior y Jurásico, pero finalizó antes de la deformación Larámica. Miller y Kulp (1963, pág. 627) atribuyen una edad triásica (aproximadamente, 210 millones de años) a estos yacimientos, basándose en determinaciones isotópicas de edad.

Si se supone un pequeño movimiento ascendente de la sal y el yeso a lo largo del anticlinal durante la época Chinle, según se muestra en la figura 5, sección B, se puede postular un sistema hidrológico análogo a los sistemas de formación de minerales indicados en otros distritos y cinturones y se puede explicar la localización del cinturón Big Indian. Las aguas subterráneas, filtrándose a lo largo de la charnela del anticlinal, pueden haber lixiviado el uranio de las capas del Chinle y transportado, según la dirección del buzamiento a lo largo del Moss Back, a un medio reductor favorable, como, probablemente, en algún lugar por debajo del nivel freático. Este flujo de las aguas subterráneas puede haber continuado incluso después de los tiempos Chinle. Desde un punto de vista práctico, el modelo presentado en la figura 5, sección B, sugiere que el flanco nororiental del anticlinal es favorable también para los yacimientos uraníferos, supuesto que estén presentes niveles encajantes favorables litológicamente; en años recientes, la exploración cerca del extremo norte del flanco nororiental de anticlinal ha encontrado bastante mineral en el Chinle como para justificar la excavación de dos pozos profundos. En contraposición, la idea del emplazamiento del mineral relacionado con los gradientes de presión o temperatura o las interfases de una bolsada petrolífera después del fallado del anticlinal, como se propuso al principio para explicar la localización del cinturón Big Indian, apenas favorece un cinturón análogo en el flanco noreste, que constituye el labio superior del anticlinal donde las condiciones serían diferentes, debido a la mayor profundidad.

Cinturón mineralizado Uravan.

Los yacimientos de uranio-vanadio del cinturón mineralizado Uravan (Fischer y Hilpen, 1952; Shawe, 1962;

Motica, 1968), en el SW del Colorado, están en el Miembro Salt Wash de la formación Morrison. Este miembro originalmente, recubría el tercio oriental de Utah, el tercio occidental del Colorado y los bordes adyacentes de Arizona y Nuevo Méjico (Craig y otros, 1955, figura 21). Se depositó como un abanico aluvial por un sistema de corrientes tributarias.

La zona de confluencia de este abanico estaba situada, aproximadamente, donde el río Colorado atraviesa la frontera de Utah-Arizona. Cerca de la zona de confluencia y en la misma, la Salt Wash se compone de varios centenares de pies de areniscas conglomeráticas. Esta facies conglomerática está bordeada en el E y el N por una zona ancha de areniscas y margas interestratificadas, con una potencia de algunos centenares de pies y que cubrían el sureste de Utah, el sudoeste de Colorado y las márgenes adyacentes de Arizona y Nuevo Méjico; los yacimientos de uranio-vanadio están ampliamente distribuidos en los niveles de areniscas de esta facies del Salt Wash depositados por las corrientes. El N de la zona de facies areniscas —margas del Salt Wash se compone de lentejones de arcillas y areniscas gruesas y al E del miembro pierde su identidad al desaparecer las capas de areniscas. El Salt Wash está recubierto por el Miembro Brushy Basin de la formación Morrison, que tiene una potencia de algunos centenares de pies; el Brushy Basin se compone predominantemente de arcillas que contienen considerables cantidades de cenizas volcánicas.

Los yacimientos de uranio-vanadio en la facies areniscas-margas del Salt Wash están, generalmente, en o cerca de las partes centrales más potentes de los extensos lentejones de areniscas, en los que la sedimentación entrecruzada fluvial y la estratificación *Scour-and-fill* constituyen caracteres sedimentarios estructurados notables. La zona encajante se compone de granos de fino a medio predominantemente de cuarzo y contienen fragmentos de plantas fósiles carbonizados. Los yacimientos son cuerpos tabulares y están envueltos en areniscas que tienen características reductoras. La mayor parte de estos yacimientos de la Salt Wash, especialmente los del cinturón mineralizado de Uravan penetran en los lentejones de techo de este miembro.

El cinturón mineralizado de Uravan tiene alrededor de 70 millas de largo y una a varias millas de ancho (fig. 6); en él, los yacimientos, en general, están más juntos, son mayores de tamaño y de una ley superior que los de otras áreas de la facies areniscas-margas del Salt Wash.

El cinturón se orienta hacia el N, pero tiene forma de luna creciente y dirige la concavidad hacia el W. Todo a lo largo del cinturón los lentejones de areniscas encajantes cruzan el cinturón casi en ángulo recto a su dirección local y tienen una disposición parecida a las varillas de un abanico, el vértice del cual sería un punto vagamente definido a algunas decenas de millas al W del cinturón. Shawe (1962) (fig. 62.2) sugiere que este

esquema de estructuras sedimentarias a lo largo del cinturón mineralizado procede de la deposición a lo largo del borde inferior de un abanico más pequeño localmen-

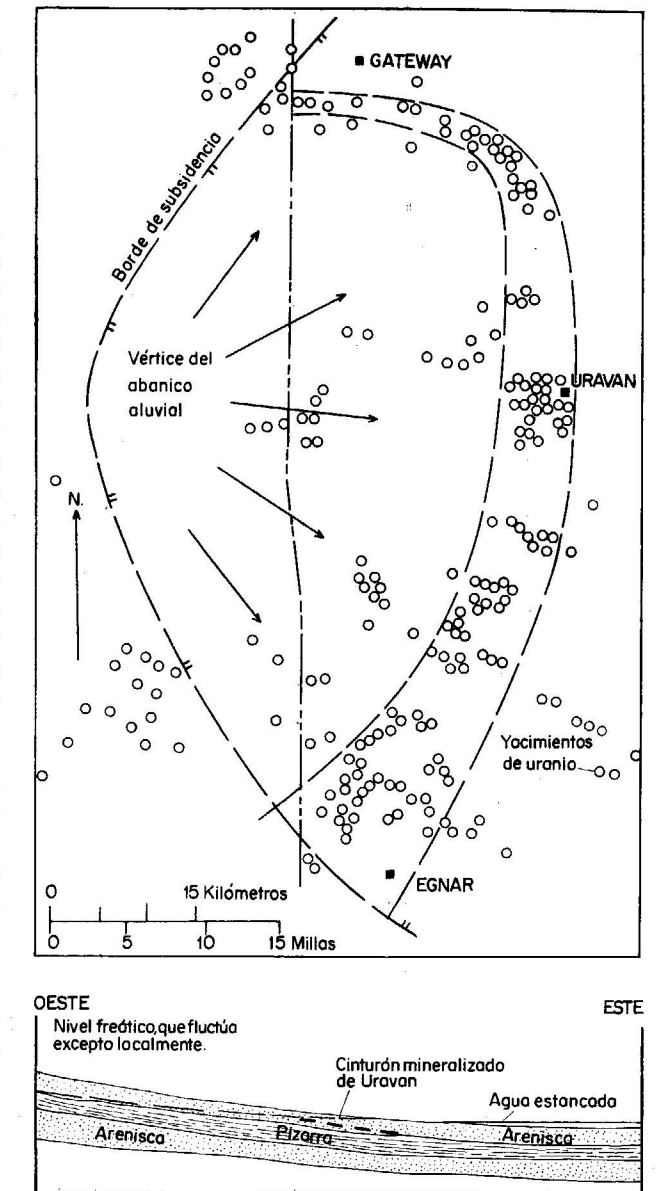


Figura 6

Bosquejo del cinturón mineralizado de Uravan, Colorado (modificado según Fischer y Hilpert, 1952) y borde occidental de la cuenca de subsidencia, y direcciones generales de los cursos de las corrientes distribuidoras, sugerido por Shawe (1962). El corte es hipotético y atraviesa la parte central del cinturón

te superpuesto al abanico mayor, que formaba el miembro completo Salt Wash; quizás este abanico aluvial más pequeño se formó en una zona de subsidencia poco

TABLA I

Resumen de los procesos geológicos significativos de los yacimientos extra-
tiformes de uranio en las principales zonas mineras y cinturones mineralizados

Procesos geológicos	Cuencas terciarias de Wyoming	Región de los Black Hills	Región costera de Texas	Cinturón mineralizado de Grants	Cinturón mineralizado de Monument Valley White Canyon	Cinturón mineralizado de Big Indian	Cinturón mineralizado de Uravan
Edad de los niveles encajantes.	Eoceno, Paleoceno (?)	Cretácico inferior.	Eoceno o Plioceno.	Jurásico superior.	Triásico superior.	Triásico superior.	Jurásico superior.
Medio de acumulación de los niveles encajantes.	Cuencas intermontanas.	Llanuras aluviales y marinas marginales.	Llanuras aluviales y marinas marginales.	Abanicos aluviales.	Llanuras aluviales.	Llanuras aluviales.	Abanicos aluviales.
Litología de los niveles encajantes.	Areniscas arcóscas y conglomeráticas.	Areniscas.	Areniscas portadoras de cenizas.	Areniscas moderadamente arcóscas.	Areniscas, comúnmente conglomeráticas.	Areniscas conglomeráticas.	Areniscas.
Litología de los niveles de techo.	Margas y areniscas continentales portadoras de cenizas.	Arcillas marinas, capas continentales, portadoras de cenizas.	Margas y areniscas continentales, portadoras de cenizas, areniscas.	Margas continentales, portadoras de cenizas, areniscas.	Margas continentales, portadoras de cenizas.	Margas continentales, portadoras de cenizas.	Margas continentales, portadoras de cenizas.
Origen del buzamiento predominante durante la deposición de los minerales.	Gadientes de co-riente.	Inclinaciones tectónicas.	Gadientes de co-riente e inclinaciones tectónicas.	Gadientes de co-riente e inclinaciones tectónicas.	Gadientes de co-riente e inclinaciones tectónicas.	Inclinaciones tectónicas.	Gadientes de co-riente.
Tipo dominante de Roll.		Rolls y cuerpos irregulares tabulares.	Primeramente cuerpos tabulares y posteriormente rolls (?).	Masas tabulares.	Masas tabulares.	Masas tabulares.	Cuerpos tabulares.
Edad probable de la mena basada en:	Terciario superior.	Terciario superior y más moderno.	Terciario superior y más moderno.	Predakota y Terciario superior.	Prelaramico, posiblemente Triásico y Jurásico.	Prelaramico, posiblemente Triásico y Jurásico.	Prelaramico, posiblemente Jurásico inferior.
1. Relaciones de campo.							
2. Datos isotópicos.	10 millones de años ±.	Algunos tan recientes como 100.000 años.	Sin datos.	100 millones de años o más y 10 m. a. o menos.	100 millones de años (o más años) (?).	210 millones de años (o más años) (?).	110 millones de años (o más años) (?).
Distancia aproximada, en millas, de la mayoría de los yacimientos hasta el borde del nivel encajante.	10-40	5-30	10 ±	20-30 y 10-20	±10	2-5	30 (?)

profunda, que se desarrolló durante la época del Salt Wash, pues el miembro es un poco más potente en esta zona que en otros puntos. Algunas millas al E del cinturón, las capas de areniscas encajantes se adelgazan y se estratifican más regularmente, y el grano se hace más fino, como que se sedimentaban en condiciones de aguas tranquilas.

Inmediatamente al W de este cinturón, no se presentan restos de plantas fósiles carbonizadas en algunos de los lentejones de areniscas del Salt Wash; o no estuvieron nunca presentes materias vegetales o se destruyeron después de su inclusión en las capas.

Las relaciones observadas y el sistema hidrológico que probablemente se desarrolló en este medio geológico permite desarrollar la siguiente hipótesis sobre la localización del cinturón. El cinturón se extiende a lo largo del vértice de un abanico aluvial que se abre hacia el E. Las aguas tranquilas se mantuvieron a corta distancia al E del cinturón; como consecuencia, a lo largo del cinturón, el nivel freático estaba virtualmente en la superficie, mientras se acumulaban los lentejones de areniscas encajantes, impidiendo así la destrucción por oxidación de los materiales vegetales enterrados en la arena. Al W del cinturón la superficie de deposición era algo más elevada, debido a los gradientes de las corrientes que circulaban hacia el E, y así el nivel freático habría fluctuado si la circulación de las aguas fuese estacional, permitiendo la destrucción por oxidación de los materiales vegetales en las capas superficiales de las arenas acumuladas. Sin embargo se presenta localmente una cantidad normal de plantas fósiles carbonizadas allí donde los yacimientos se espacian al W del cinturón; por consiguiente, podemos afirmar que, al menos en estos lugares, el nivel freático no fluctuó lo suficiente como para permitir la oxidación de las plantas fósiles. Durante la acumulación de los lentejones de areniscas del Salt Wash había dado comienzo una circulación por gravedad de las aguas subterráneas hacia el E y la circulación, probablemente, habría sido lo más activa desde entonces hasta que quedó cubierto por el cretácico superior. Para los yacimientos del área de Uravan, Miller y Kulp (1963, página 627) piensan que las edades del cretácico medio, (aproximadamente 110 m. a.), basadas en determinaciones isotópicas. Como ocurre con otros yacimientos uraníferos en areniscas, la fuente de donde proceden los metales de los yacimientos del cinturón de Uravan es enteramente especulativa; las fuentes más probables parecen ser las trazas de las capas encajantes o en las margas suprayacentes que contienen cenizas.

Resumen de las áreas uraníferas.

En la tabla I se resumen las relaciones geológicas importantes de los yacimientos uraníferos estratiformes en las principales zonas mineras.

Modelo conceptual de las zonas uraníferas.

Aunque los yacimientos de tipo roll y tabulares difieren en su geometría y distribución y aunque los ambientes geológicos actuales difieren entre las zonas uraníferas principales, una síntesis de las relaciones geológicas e ideas actuales sobre la historia geológica y génesis de los yacimientos de estas zonas permite obtener un modelo conceptual de un marco geológico análogo en los tiempos de la deposición de los minerales un área estable de buzamiento suave, con niveles lenticulares de areniscas continentales, a lo largo de las cuales se mueven en la dirección del buzamiento, por gravedad, aguas subterráneas mineralizadoras, hasta un medio reductor en el que se precipitan los minerales por reducción. Dentro del esquema de este modelo sencillo, algunas relaciones presentan un margen considerable de variaciones.

Virtualmente todos los yacimientos conocidos se encuentran en lentejones de areniscas interestratificados con margas; estos niveles se formaron en cuencas intermontanas, en llanuras o abanicos aluviales extensos o en llanuras costeras. Las areniscas encajantes van de grano fino a grueso, y en algunos puntos son conglomeráticas; predominantemente cuarcíferas, pero generalmente arcóscas. Las cenizas volcánicas se presentan en algunos niveles de areniscas encajantes y generalmente en los niveles suprayacentes. En casi todos los niveles encajantes aparecen vegetales carbonizados; su conservación pone de manifiesto condiciones no oxidantes de los niveles saturados de agua, lo que implica una sedimentación sobre macizos autóctonos hundidos con un nivel freático alto.

Los principales yacimientos uraníferos se formaron en niveles que parecen haber tenido un buzamiento suave, procedentes de un gradiente de corriente o de un basculamiento tectónico ligero. Estos yacimientos se formaron, probablemente, a profundidades moderadamente o poco profundas; las principales zonas uraníferas y cinturones se localizan en áreas situadas a distancias de unas cuantas a unas decenas de millas de los bordes de deposición o erosión de los niveles encajantes o como en el caso del cinturón mineralizado de Uravan del vértice de un abanico aluvial subsidiario. En este medio, las aguas subterráneas que circulaban hacia abajo por gravedad tendían a canalizarse y moverse en la dirección del buzamiento a lo largo de los niveles más permeables, los actualmente mineralizados. El uranio transportado por este agua pudo precipitarse en lugares donde prevalecían condiciones reductoras adecuadas. No obstante, los agentes reductores no están muy claros y quizás sean variados; pueden haber sido plantas fósiles, material húmico transportado, compuestos inestables de azufre, SH₂ generado por bacterias o procedente del petróleo. Es razonable suponer que las aguas subterráneas transportaban solamente una pequeña cantidad de uranio, quizás solamente de 10 a 100 partes por cada 1.000 millones; necesitándose, por consiguiente, una gran cantidad de agua y un largo período

estable de circulación de aguas subterráneas, probablemente varios millones de años para concentrar suficiente metal para formar yacimientos de ley explotable. No se ha determinado con seguridad la edad de formación del yacimiento, pero al menos algunas de las determinaciones cronológicas y de las relaciones geológicas observadas indican que los yacimientos de tipo roll se formaron relativamente frecuentes después de la acumulación de las rocas encajantes, quizás durante un período general de erosión de las rocas suprayacentes, mientras que los yacimientos tabulares se formaron relativamente pronto, después que se acumularon las rocas encajantes, quizás durante un período general de sedimentación de los niveles suprayacentes.

Los yacimientos de tipo roll aparecen a lo largo de interfases de longitudes de millas, entre areniscas alteradas y no alteradas, como tramos arrosariados alargados, ampliamente separados. Las rocas alteradas han sido oxidadas y, generalmente, tienen color rosado o rojo pálido y contienen menos plantas fósiles carbonizadas, calcita y pirita que la roca no alterada (no oxidada), que es gris. Tanto la roca alterada como la no alterada pueden extenderse varias millas cuadradas bajo el terreno.

Los yacimientos tabulares son masas discretas, dispersas en lentejones favorables de areniscas, como las pasas en un pastel. Están envueltas en rocas con características reductoras; las plantas fósiles carbonizadas no se destruyeron; la pirita, finamente diseminada, acompañaba escasamente a la arenisca y margas asociadas, y la arenisca cambió de color de rojo pálido a gris pálido o blanco o conservó su color gris original, y las margas asociadas, se cambiaron de rojo a gris o verde. Estas envueltas de rocas reducidas se extienden desde unos centenas de pies a unas millas de los yacimientos.

Teoría de la exploración.

Probablemente no puedan satisfacerse a largo plazo las necesidades de uranio, si no es por el descubrimiento de grupos de yacimientos importantes en áreas nuevas; más zonas y cinturones, como los productivos descritos anteriormente. Tendrían un alto valor, pues, el del uranio producido y el de las reservas conocidas en las zonas y cinturones productores oscila entre, aproximadamente, 100 millones de dólares, en los más pequeños, hasta más de 1.000 millones de dólares, en los más grandes. Sin embargo, el tamaño de los yacimientos es relativamente pequeño en relación con el espacio de terreno en que se encuentran.

Finch (1967, cuadro 3) contaba 142 unidades estratigráficas en los Estados Unidos, que contienen yacimientos de uranio en areniscas y que tienen algunas o todas las características litológicas consideradas favorables para estos yacimientos. Citó también (cuadro 9) 55 formaciones con características análogas, que hacen estas forma-

ciones potencialmente favorables, pero en las que no se conocen yacimientos uraníferos. Muchas de estas unidades y formaciones se extienden ampliamente algunas más de 100.000 millas cuadradas y aparecen en áreas de marco e historias geológicas variadas.

En diversas partes de los Estados Unidos se encontraron muchos yacimientos uraníferos en areniscas durante el período de explotación intensiva de los años 50. Muchos de los yacimientos que se encontraron en áreas fuera de las zonas productoras tienen leyes bajas o se consideró que eran pequeños de modo que en muchos lugares no se ha realizado mucha prospección en terrenos próximos.

Probablemente, la mayor parte de estos yacimientos dispersos son demasiado pequeños y están muy separados unos de otros como para tener interés.

Sin embargo, algunos pueden estar próximos a grupos de yacimientos importantes que podrían explotarse en nuevas zonas mineras. Otros grupos de yacimientos importantes (nuevas zonas) podrían estar completamente ocultos.

Casi con seguridad, si hay que encontrar nuevas zonas y cinturones a costos tolerables habrá que emplear guías geológicas para seleccionar, para la exploración, las unidades de areniscas y las áreas que tienen las máximas probabilidades de contener yacimientos importantes.

Se pueden citar algunos ejemplos de aplicación de las relaciones geológicas reconocidas en las zonas productoras como guías en la evaluación preliminar de posible exploración de áreas nuevas.

La teoría de la exploración que pudiera utilizarse para justificar la investigación de un cinturón mineralizado en el lado NE de Lisbon Valley, Utah, se presenta en la página y figura 5, sección B. En una zona tal como ésta, donde no aflora la unidad estratigráfica favorable, en este caso, el miembro Moss Back, de la formación Chinle, el objetivo primario de la fase inicial de la perforación un número limitado de sondeos perforados en una malla moderadamente amplia, debe ser el de obtener información geológica. Si esta perforación encuentra niveles litológicos favorables y con características de alteración, habrá que considerar entonces sondeos adicionales en el terreno favorable para la investigación de evaluación de yacimientos.

Si se presentan yacimientos del tamaño y de la ley de los del cinturón Big Indian, probablemente se recuperaría el costo de la exploración profunda y de los trabajos de investigación necesarios para encontrarlos y explotarlos; el cinturón de Big Indian ha producido uranio por un valor de casi 500 millones de dólares (Wood, 1968, página 776).

Incidentalmente, en este área particular, los sondeos ejecutados para investigar el Moss Back pasarían a través del miembro Salt Wash de la formación Morrison, que

tiene también posibilidades de yacimientos importantes. Un grupo de yacimientos del Salt Wash se orientaría probablemente hacia el E o hacia SE, no viéndose probablemente influida su localización por la proximidad del anticlinal de Lisbon Valley, mientras que yacimientos importantes en el Moss Back yacerían probablemente a lo largo de un arco orientado hacia el SE, unas pocas millas al NE del eje del anticlinal antiguo de Lisbon Valley.

Las condiciones de deposición y la historia geológica antigua de los niveles basales de la formación Chinle, a lo largo del flanco sudoccidental de los anticlinales del Moab y Spanish Valley, al SE de Utah, y el flanco SW y NE del anticlinal Dolores, al SW del Colorado son similares a los niveles portadores de mineral en el cinturón Big Indian. En estas zonas hay pocos afloramientos de los niveles basales, pero se han encontrado en estos afloramientos varios yacimientos, en su mayoría, pequeños (Finch, 1954; Shawe y otros, 1968, pt. 1 y pág. 29). En estas zonas se han realizado muy poca exploración en el subsuelo para investigar otros niveles basales, ya que se encuentran profundamente ocultos.

En la figura 4 se sugiere un cinturón mineralizado de una longitud de 100 millas del Monument Valley White Canyon. Esta sugerencia se utiliza para ilustrar la aplicación de las relaciones geológicas a la teoría de la exploración, pero se considera que esta posible extensión tiene solamente un interés geológico y no un interés práctico para la exploración; si los yacimientos en esta posible extensión son como los de la parte al descubierto del cinturón, están demasiado dispersos y la mayoría son demasiado pequeños (Malan, 1968, cuadro 1) como para justificar la exploración profunda (de 2.000 a 3.000 pies), necesaria para investigar los niveles mineralizados.

Los geólogos, familiarizados con las características geológicas en otras zonas productoras y adyacentes a éstas, pueden seleccionar otras áreas para su consideración como interesantes para la exploración. Además, zonas alejadas de los distritos y cinturones productores y unidades estratégicas favorables, que no han proporcionado todavía cantidades importantes de mineral, deberían ser considerados como objetivos atrayentes para la exploración. Conscientes del valor del uranio en una nueva zona o cinturón importante y también el costo de encontrar y explotar suficiente mineral para alimentar a una planta importante de tratamiento, se justifican unos amplios estudios geológicos, tanto en el campo como en la biblioteca, al seleccionar una unidad estratigráfica y un área para la exploración. En unas pocas frases se puede esquematizar un ejemplo hipotético de la teoría de la exploración, que podría implicarse en esta selección; no obstante las conclusiones expresadas en este ejemplo, tienen fines de ilustración y no son necesariamente las que podrían resultar de un estudio intenso.

Supongamos que tratamos de evaluar la extensa Dakota Sandstone; un yacimiento continental compuesto de lente-

jones de areniscas (que contienen vegetales) interestratificados con margas que pueden ceder el paso a aguas subterráneas y que se sabe que contienen varios yacimientos pequeños de uranio. ¿Contiene en alguna parte un grupo de yacimientos importantes? A pesar de las características litológicas favorables, podríamos razonar que se considera generalmente que el Dakota ha sido depositado en una superficie casi horizontal, como una acumulación costera frente a un mar invasor, y que, por tanto, las condiciones marinas, posteriores, en la mayoría de los sitios, habrían detenido o destruido demasíado rápidamente el sistema de aguas subterráneas necesario para formar un grupo de yacimientos importantes del tipo tabular. No obstante podríamos leer las publicaciones correspondientes para localizar algún sitio, probablemente cerca del borde de deposición de Dakota, donde esta formación no fuera rápidamente cubierta por sedimentos marinos. Si existe tal lugar, ¿permitirían su marco e historia geológica la acumulación de yacimientos importantes? Además, en la hipótesis de que los yacimientos de tipo roll se formaron relativamente tarde, después de la acumulación de las rocas encajantes, ¿podrían preguntarnos si los yacimientos de tipo roll podrían haberse formado en alguna parte, incluso donde el Dakota se recubrió rápidamente por sedimentos marinos? Incluso aunque el Dakota contiene unos cuantos yacimientos pequeños a lo largo del frente oriental de las Rocky Mountains, en Colorado, podríamos decidir que aquí la formación no es favorable para rolls importantes, ya que las capas están muy inclinadas y que el levantamiento fue cíclico y la erosión rápida durante el Terciario, la época que consideramos más probable para la formación de los rolls. Después de estudiar el marco y la historia geológica de otras zonas de Colorado quizás en otros estados, sin embargo, podríamos encontrar una o más áreas que se juzgen favorables para la formación de los rolls en el Dakota. Después de un estudio detallado de campo, de las características litológicas y de alteración del Dakota en estas áreas, la exploración radiométrica de los afloramientos de Dakota, el muestreo de aguas de manantiales y pozos y el estudio de los registros radiométricos de los pozos perforados para petróleo y gas (si es que hay alguno), podríamos seleccionar un área para los sondeos de exploración.

Conclusiones.

Probablemente no pueden satisfacerse las necesidades a largo plazo de uranio, si no es mediante el descubrimiento de nuevas zonas uraníferas. Deberán existir áreas no descubiertas análogas a las zonas productoras importantes, y deben utilizarse como guías en la búsqueda de nuevos distritos, las características geológicas que influyeron en la localización de los distritos conocidos. Los yacimientos importantes de los Estados Unidos se formaron en áreas estables de niveles de areniscas continentales, lenticulares, de buzamiento suave. Está justifi-

cada la realización de amplios estudios geológicos, tanto en la biblioteca como en el campo, al seleccionar una unidad estratigráfica y una zona para la explotación.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY.
DENVER, COLORADO 80225.

3 de agosto de 1971 - 31 de agosto de 1973.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, D. C.: *Uranium deposits of the Gas Hills (Wyoming)*, in "Wyoming uranium issue: Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 93-103 (1969).
- BAILEY, R. V.: *Uranium deposits in the Great Divide Basin Crooks Gap area, Fremont and Sweetwater Counties, Wyoming*, in "Wyoming uranium issue: Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 105-120 (1969).
- BOWLES, C. G.: *Theory of uranium deposition from artesian water in the Edgemont district, southern Black Hills (South Dakota)*, in "Wyoming Geol. Assoc. Guide-book 20th Field Conf., Black Hills area, South Dakota, Montana and Wyoming", pp. 125-130 (1968).
- BUTLER, A. P. (Jr.): *Ground water as related to the origin and search for uranium deposits in sandstone*, in "Wyoming uranium issue: Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 81-86 (1969).
- CRAIG, L. C.; HOLMES, C. N.; CADIGAN, R. A.; FREEMAN, V. L.; MULLENS, T. E., and WEIR, G. W.: *Stratigraphy of the Morrison and related formations, Colorado Plateau region, a preliminary report*, "U. S. Geol. Survey Bull.", 1009-E, pp. 125-168 (1955).
- DAVIS, J. F.: *Uranium deposits in the Powder River Basin (Wyoming)*, in "Wyoming uranium issue: Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 131-141 (1969).
- EARGLE, D. H., and WEEKS, A. M. D.: *Factors in the formation of uranium deposits, Coastal Plain of Texas*, "Geol. Soc. Bull.", v. 9, n. 3, pp. 3-13 (1968).
- FINCH, W. I.: *Geology of the Shinarump n. 1 uranium mine, Seven Miles Canyon area, Grand County, Utah*, "U. S. Geol. Survey Circ.", 336, 14 pp. (1954).
- *Peneconcordant uranium deposit—a proposed term*, "Econ. Geol.", v. 54, pp. 944-946 (1959).
- *Geology of epigenetic uranium deposits in sandstone in the United States*, "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 538, 121 pp. (1967).
- FISCHER, R. P.: *Similarities, differences, and some genetic problems of the Wyoming and Colorado Plateau types of uranium deposits in sandstone*, "Econ. Geol.", v. 65, pp. 778-784 (1970).
- and HILPERT, L. S.: *Geology of the Uravan mineral belt*, "U. S. Geol. Survey Bull.", 988-A, pp. 1-13 (1952).
- GABELMAN, J. W.: *Sedimentology and uranium prospecting*, "Sed. Geology", v. 6, pp. 145-186 (1971).
- GRANGER, H. C.: *Localization and control of uranium deposits in the southern San Juan basin mineral belt, New Mexico An hypothesis*, in "Geological Survey research 1968: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 600-B", pp. B60-B70 (1968).
- and WARREN, C. G.: *Unstable sulfur compounds and the origin of roll-type uranium deposits*, "Econ. Geol.", v. 64, pp. 160-171 (1969).
- GRUTT, E. W. (Jr.): *Prospecting criteria for sandstone-type uranium deposits*, in *Uranium prospecting hand-book*, "Inst. Mining and Metallurgy Trans." (London), pp. 47-76 (1972).
- HARSHMAN, E. N.: *Uranium deposits of the Shirley Basin, Wyoming*, in Ridge, J. D., ed., *Ore deposits of the United States, 1933-1967* (Graton-Sales vol.), New York, "Am. Inst. Mining Metall. and Petroleum Engineers", pp. 849-856 (1968).
- *Uranium ore rolls in the United States, in Uranium exploration geology: Vienna, Austria*, "Internat. Atomic Energy Agency STI/PUB/277", pp. 219-232 (1970).
- *Geology and uranium deposits, Shirley Basin area Wyoming*, "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 745, 82 pp. (1972).
- HART, O. M.: *Uranium in the Black Hills (South Dakota and Wyoming)*, in Ridge, J. D., ed., *Ore deposits of the United States, 1933 - 1967* (Graton - Sales vol.), New York, "Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers", pp. 832-837 (1968).
- HILPERT, L. S.: *Uranium resources of northwestern New Mexico*, "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 603, 166 p. (1969).
- and MOENCH, R. H.: *Uranium deposits of the southern part of the San Juan Basin, New Mexico*, "Econ. Geol.", v. 55, pp. 429-464 (1960).
- HOSTETLER, P. B., and GARRELS, R. M.: *Transportation and precipitation of uranium and vanadium at low temperatures with special reference sandstone-type uranium deposits*, "Econ. Geol.", v. 57, pp. 137-167 (1962).
- HOUSTON, R. S.: *Aspects of the geologic history of Wyoming related to the formation of uranium deposits, in Wyoming uranium issue*, "Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 67-79 (1969).
- KELLEY, V. C.; KITTEL, D. F., and MELANCON, P. E.:



- chemistry of the uranium deposits*, "Econ. Geol.", v. 56, pp. 1.404-1.420 (1961).
- ROSHOLT, J. N., and BARTEL, A. J.: *Uranium, thorium and lead systematics in Granite Mountains, Wyoming*, "Earth Planetary Sci. Letters", v. 7, pp. 141-147 (1969).
- SHARP, W. N.; MCKAY, E. J.; MCKELOW, F. A., and WHITE, A. M.: *Geology and uranium deposits of the Pumpkin Butter area of the Powder River Basin Wyoming*, "U. S. Geol. Survey Bull.", 1107-H, pp. 541-638 (1964).
- SHAWE, D. R.: *Localization of the Uravan mineral belt by sedimentation, in Short papers in geology and hydrology*, "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 450-C, pp. C6-C8 (1962).
- and GRANGER, H. C.: *Uranium ore rolls—an analysis*, "Econ. Geol.", v. 60, pp. 240-250 (1965).
- SHAWE, D. R.; SIMMONS, G. C. and ARCHBOLD, N. L.: *Stratigraphy of the Slick Rock district and vicinity, San Miguel and Dolores Counties, Colorado*, "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 576-A, 108 pp. (1968).
- STEWART, J. H.; WILLIAMS, G. A.; ALBEE, H. F., and RAUP, O. B.: *Stratigraphy of Triassic and associated formation in part of the Colorado Plateau region (with a section on) Sedimentary petrology by R. A. Cadigan*, "U. S. Geol. Survey Bull.", 1.046-Q, pp. 487-576 (1959).
- WOOD, H. B.: *Geology and exploration of uranium deposits in the Lisbon Valley area, Utah*, in Ridge, J. D., ed., *Ore deposits of the United States, 1933-1967* (Graton-Sales vol.), New York, "Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers", pp. 770-789 (1968).
- YOUNG, R. G.: *Distribution of uranium deposits in the White Canyon-Monument Valley district, Utah-Arizona*, "Econ. Geol.", v. 59, pp. 850-873.
- Uranium deposits of the Grants region (New Mexico)*, in Ridge, J. D. ed., *Ore deposits of the United States, 1933-1967* (Graton-Sales vol.), "New York Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers", pp. 747-769 (1968).
- KLOHN, M. L., and PICKENS, W. R.: *Geology of the Felder uranium deposit, Live Oak County, Texas*, "Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers Ann. Mtg.", Denver, 1970, preprint, 70-1-38, 19 pp. (1970).
- MALAN, R. C.: *The uranium mining industry and geology of the Monument Valley and White Canyon districts, Arizona and Utah*, in Ridge, J. D., *Ore deposits of the United States, 1933-1967* (Graton-Sales vol.), "New York, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers", pp. 790-804 (1968).
- MELIN, R. E.: *Uranium deposits in Shirley Basin, Wyoming, in Wyoming uranium issue*, "Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 143-149 (1969).
- MILLER, D. S., and KULP, J. L.: *Isotopic evidence on the origin of the Colorado Plateau uranium ores* "Geol. Soc. America Bull", v. 74, pp. 609-629 (1963).
- MOTICA, J. E.: *Geology and uranium-vanadium deposits in the Uravan mineral belt, southwestern Colorado*, in Ridge, J. D., ed., *Ore deposits of the United States, 1933-1967* (Graton-Sales vol.), "New York, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers", pp. 805-813 (1968).
- RENFRO, A. R.: *Uranium deposits in the Lower Cretaceous of the Black Hills (South Dakota and Wyoming)*, in *Wyoming uranium issue*, "Wyoming Univ. Contr. Geology", v. 8, n. 2, pt. 1, pp. 87-92 (1969).
- ROBILSON, C. S., and ROSHOLT, J. N. (Jr.): *Uranium migration and geochemistry of uranium deposits in sandstone above, at, and below the water table. Pt. 2. Relationship of uranium migration dates, geology, and*

Nota preliminar sobre el hallazgo de un yacimiento de magnesita en Guadalajara

Por J. LIARTE HURTADO (1)

En el curso de la investigación de mineral de hierro, que se lleva a cabo por el I. G. M. E., en las áreas de El Pedregal, Sierra Menera y Almohaja, en las provincias de Guadalajara y Teruel, se ha puesto de manifiesto la existencia de un importante yacimiento de magnesita, de calidad comercial.

En esta zona existe un amplio afloramiento de terre-

(1) Doctor ingeniero de Minas, División de Minería del IGME.

nos paleozoicos, formando una banda alargada en dirección NNO-SSE, con una longitud de unos 40 kilómetros y anchura media de 4 kilómetros, formada por materiales silúricos y ordovicenses.

En el seno de una serie dolomítica del ordoviciano superior es precisamente donde se encuentran ubicados, hacia el centro de la banda paleozoica, los yacimientos de hierro que explota actualmente la Compañía Minera de Sierra Menera. A todo lo largo de la banda, se conocían otros indicios de hierro menos importantes.

La investigación desarrollada por el I. G. M. E. y ejecutada por la Empresa Nacional Adaro, se fijó el objetivo principal de poner de manifiesto nuevas reservas y recursos, dejando a la iniciativa privada la investigación detallada con sondeos a malla estrecha, cuyo fin más inmediato es la investigación de áreas próximas a las que se están explotando y la cubicación y preparación para explotación de los yacimientos.

Para ello se ha realizado el reconocimiento de gran parte de la serie carbonatada asghillense, situada dentro del área de la reserva, haciéndose cartografía geológica, a escalas 1:25.000, 1:10.000 y 1:5.000, calicatas y sondeos con testigo. Se han aplicado con éxito técnicas geofísicas —calicatas eléctricas y sondeos eléctricos verticales— en la resolución de algunos problemas concretos de interpretación geológica. Se han hecho numerosos análisis químicos y petrográficos. Y el estudio se ha completado con tres ensayos de viabilidad a la preconcentración de otras tantas muestras de óxidos de hierro.

Desde un principio, se fijó el propósito de extender el estudio a escala regional, para que los resultados pudieran servir de orientación racional a más amplias investigaciones. Para ello se abarcarían áreas no investigadas todavía, zonas alejadas de las actuales explotaciones y leyes más bajas y profundidades mayores que las consideradas actualmente como rentables.

Después de comenzada la investigación mediante sondeos, en las zonas de "Almohaja" y "Tío Elías", se puso de manifiesto la necesidad de perforar toda la llamada, por Fernández Rubio "Formación Menera", al menos en algunas zonas, para descifrar adecuadamente los problemas geológicos y tectónicos que se planteaban y también porque se deseaba investigar la posible existencia de carbonatos de hierro bajo los óxidos que se explotan exclusivamente en la actualidad.

En la zona de El Llano, en un sondeo realizado por la Compañía de Sierra Menera, había aparecido alguna muestra de magnesita, y pronto se encontraron otras en sondeos realizados en sitios tan distantes como "Navalosharcos" y "La Coronilla" y un socavón en "Tío Elías".

Este hecho reforzó los argumentos anteriores, y se planificaron los sondeos restantes en orden a la búsqueda de mineral de hierro, seleccionando los afloramientos que ofreciesen alguna posibilidad, pero con el criterio de examinar y analizar en los sondeos que se realizasen toda la formación carbonatada, para valorar también, al mismo tiempo, la magnesita que se pudiese hallar.

Se han terminado ya los sondeos programados, con una perforación total de 7.008 metros, y actualmente, en el tercer y último año de la investigación se está en fase de gabinete, faltando todavía resultados de análisis de bastantes sondeos, para producir informes completos.

Sin embargo, los resultados parciales de que se dispo-

ne nos permiten asegurar ya que se ha descubierto un yacimiento de magnesita importante y que los estudios realizados ofrecen una perspectiva potencial varias veces mayor y dejarán el camino clarificado para la orientación de futuras investigaciones.

El resultado más completo de que se dispone se tiene en el ángulo noroeste de la reserva, en el área llamada "La Coronilla". Se han hecho allí 14 sondeos, distanciados entre sí unos 200 metros, según la dirección, y unos 100 metros transversalmente. Se intercalaron algunos sondeos en la zona en que se encontraron óxidos de hierro. La masa de éstos no tiene ley ni volumen de importancia significativa. Pero se ha encontrado magnesita en 10 de los sondeos, con potencias variables y alternantes en vertical. En el sondeo número 8 se encontró una potencia máxima continua de 122 metros.

En las zonas, situadas hacia el centro y oeste de la Reserva, y llamadas "Navarroza" y "Navalosharcos", se tienen también numerosos sondeos con magnesita, con un máximo, en uno de ellos, de unos 140 metros de potencia, por lo que pensamos que es fácil que se cubiere un tonelaje total de orden semejante al de "La Coronilla".

Lo que, según nuestro parecer, valora más la importancia potencial del yacimiento es la serie de consideraciones siguientes:

— La gran distancia —unos 25 kilómetros— entre las áreas de "La Coronilla", por un lado, y "Navarroza" y "Navalosharcos", por otro, lo que nos muestra la gran extensión posible de la cuenca mineralizada.

— El conocimiento de que en los sondeos que se han realizado este año por compañías privadas en zonas próximas también han hallado magnesita,

— El que en "Cerro Santo" se tiene un conocimiento aproximado de la continuidad de las estructuras de "La Coronilla", bajo un recubrimiento cuaternario de poco espesor, lo que puede permitir localizar una extensión de las mineralizaciones.

— Finalmente, el hecho de que la ubicación de los sondeos se ha planificado, teniendo en cuenta los afloramientos en que se pensaba existían posibilidades de encontrar mineral de hierro. Quedan otros afloramientos no investigados, estériles en hierro, que pueden ser productivos en magnesita.

Con la información recogida se va a intentar una reconstrucción paleogeográfica, que proporcione datos sobre líneas de costa, zonas de aguas someras y barreras arrecifales, lo que permitiría extender futuras investigaciones a las zonas más favorables.

En corto plazo se dispondrá del total de los análisis realizados, lo que permitirá concretar las cifras de reservas ya cubicadas.

Noticias

GEOLOGIA

LA FOSA DE MESSEL.

La pizarra bituminosa sedimentada en una cuenca de granito en Messel es el resto de un antiguo lago de agua dulce que probablemente hace unos cincuenta millones de años formaba parte de un sistema mayor de ríos en lo que habría de ser más tarde la cuenca superior del Rin. Estuvo rodeado por una selva tropical, subtropical de pantano, en la que crecían encinas, nogales, enredaderas y palmas palustres. En las orillas y en el agua había magnolias, gladiolos, lirios y otras plantas acuáticas.

Más allá de la orilla y aún en el lago mismo se agitaba un reino animal muy variado, comparable en su composición con el que habita actualmente los trópicos. Los cadáveres de esos animales fueron arrastrados por los ríos al lago, en cuyo fondo se depositaron cuidadosamente, sin llegar a ser destruidos. La falta de oxígeno, a la que contribuía una especial riqueza de microorganismos, impidió la descomposición de tal modo que muchos fósiles presentan aún pormenores increíbles.

La densa capa de 190 metros de pizarra bituminosa de Messel fue explotada al aire libre de 1886 a 1971. Los primeros fósiles encontrados en los años setenta del siglo pasado, fueron cocodrilos. En las décadas posteriores fueron hallados nuevos fósiles, que han sido conservados y guardados en el museo regional de Hesse, en Darmstadt. A partir de 1971 sólo se han encontrado fósiles cuando se los ha buscado sistemáticamente.

Esos fósiles son restos de animales que vivieron hace cerca de cincuenta millones de años, a mediados del Eoceno, en los inicios del Terciario. Es una época en que existían ya en abundancia los primeros grupos de vertebrados: peces, anfibios, reptiles y aves. Los mamíferos se encontraban en la alborada de su evolución y experimentaban un desarrollo explosivo. Por eso sus restos fósiles asumen tanta importancia entre los encontrados en Messel.

Entre los peces abundan sobre todo los voraces parientes de los actuales luvios, teleostios y peces de pantano. También los hay de generaciones posteriores en la historia de la evolución, como percas y salmones muy pequeños, de 5 a 7,5 centímetros. En cuanto a anfibios

se han encontrado salamandras y sapos: entre los reptiles, cinco especies diferentes de tortugas, lagartijas, lagartos parecidos al gacón y serpientes. De las seis especies distintas de cocodrilos, una alcanzaba hasta tres metros de largo.

También se han encontrado esqueletos de aves en algunos de los cuales se puede ver extraordinariamente claro el emplumado. Asombrosamente bien conservados los restos de murciélagos, uno de los representantes más antiguos de ese grupo y cuya imagen ha cambiado muy poco en el curso de cincuenta millones de años. En algunos de sus esqueletos se conserva aún la membrana de sus alas, con sus vellos, y otras partes blandas de su cuerpo.

Algunos de los mamíferos encontrados en Messel ya no existen. Entre ellos, un roedor parecido a la ardilla, pero del tamaño de una marmota, y de enorme cola. También han desaparecido ya los "animales de Messel" más famosos: dos especies de caballo primitivo, de los que uno alcanzó un metro de largo, y el otro, medío.

Los hallazgos fósiles de Messel son importantes no sólo por su variedad, sino también por el estado de perfecta conservación en que se encuentran.

La exigencia científica mínima sería, según opinión del Instituto Senckenberg, colocar temporalmente la mitad de la zona bajo protección legal, definitivamente por lo menos su décima parte. En la décima parte, puesta bajo protección perpetua, al norte de la fosa, en un sector rico en fósiles y donde no hay peligro de desprendimientos de tierras, debe erigirse, además, un museo al aire libre, que pudiese informar sobre el "pasado" de Messel y ofreciese, al mismo tiempo, a la población la oportunidad de observar las excavaciones desde tribunas y pasajes apropiados.

Museos al aire libre de este tipo y parques naturales paleontológicos existen, por ejemplo, en los Estados Unidos, en Rancho La Brea, cerca de Los Angeles, que ha despertado vivo interés entre la población.

SE BUSCA LA "PLATAFORMA SUBMARINA ORIGINARIA" DEL ATLANTICO.

Fundamentales reconocimientos sobre la historia de formación del océano Atlántico se esperan de un nuevo via-

je de investigaciones del barco americano de perforaciones submarinas "Glomar Challenger", que se llevará a cabo desde mediados de febrero hasta mediados de abril de 1975.

La concepción científica de esta investigación está basada en las modernas nociones sobre el proceso de traslación de los continentes, probadas por Alfred Wegener y que se recopilan bajo el concepto de "Sea Floor Spreading". El Atlántico Norte surgió por una escarificación de la corteza terrestre a lo largo de la actual cresta del Atlántico Central, que produce, aún hoy, una incesante separación de la gleba de la corteza terrestre euroasiática-africana, hacia el Este, y de la gleba americana hacia el Oeste, mientras brota constantemente magma del fondo de la tierra en la cresta del Atlántico Central, solidificándose en nueva plataforma submarina. Este proceso será examinado en detalle, mediante perforaciones durante el viaje número 41, tratando de comprobar así la historia del desarrollo del Atlántico. Por este motivo se busca el fondo submarino más antiguo, el cual, según esta teoría, debería encontrarse en las márgenes del océano, en la parte Este del Atlántico.

El viaje número 40 del "Glomar Challenger" se realizó desde la punta Sur de África, hacia el Norte, hasta Abidjan, en la Costa del Marfil, y sirvió para la investigación geográfica y climática originaria del Atlántico Sur. El viaje número 41 continuará hasta Málaga, en donde, en cinco posiciones, a profundidades de más de 4.000 metros, se llevarán a cabo perforaciones en el fondo del océano. Las perforaciones se realizarán ante Sierra Leone, en el mar profundo, al sur de las islas del Cabo Verde, como así también entre este archipiélago y el continente. Otras dos perforaciones se han previsto ante el norte del Sahara y ante Marruecos. La evaluación de las muestras obtenidas en la perforación tendrá lugar dentro del marco de un programa especial, preparado por la Comunidad Alemana para Investigaciones Científicas, con ayuda del Ministerio Federal para investigaciones y tecnología.

En tres perforaciones realizadas anteriormente por el Glomar Challenger, ante Gibraltar, se han extraído rocas de greda de apenas cien millones de años de antigüedad. En perforaciones de la parte Oeste del Atlántico, ante las Antillas y Nueva York, los estratos de las pruebas extraídas eran de ciento cincuenta millones de años. Además, las perforaciones occidentales hacen suponer que esta región del Atlántico surgió de un "mar periférico continental", en paulatino hundimiento. Allí, por ejemplo, en 2.000 hasta 3.000 metros de profundidad, existen las denominadas "pizarras negras", ricas en sustancias orgánicas, y que podrían ser también roca-madre petrolífera. Del mismo modo, en el mar profundo ante África Occidental se buscarán estas rocas-madres, pero eventuales fuentes de petróleo no serán sondadas, porque podrían conducir a una ya incontrolable contaminación del medio ambiente.

Los estratos sedimentarios que se encuentran encima,

los que serán recogidos por sondeos, con retención de muestras, para su análisis. Las investigaciones de sedimentos pueden ayudar fundamentalmente a la reconstrucción de la historia climática del norte de África y al esclarecimiento de la formación del Sahara.

LAS AVES PROVIENEN DE LOS DINOSAURIOS.

La serie de fósiles de ave primitiva, el arqueoptérix, ha sido descrito en "Paläontographica" (Stuttgart), con todo esmero científico, por P. Wellnhofer (Munich).

El arqueoptérix de Eichstätt es un animal medianamente adulto. La osificación de su esqueleto se hallaba en estado muy avanzado, aun cuando no completamente terminada, cuando por causas desconocidas este pájaro primitivo dejó de existir y halló su fosa en el fango calcáreo de las lagunas tropicales del actual valle Altmühltal en la Franconia suiza.

El arqueoptérix no es más réptil de lo que permiten suponer sus plumas por oposición a la dentadura completa—garras en las "alas" y el hueso vertebral que se extiende hasta la extremidad de la cola. El cerebro posee en su tamaño y en la distribución de sus elementos carácter auténticamente de réptil. La importancia cardinal que compete al cerebro como fundamento de las funciones vitales de mayor importancia induce a pensar que este ave primitiva fue algo más que réptil plumífero, que ave réptil.

El fósil ofrece indicios muy claros de la descendencia de las aves del grupo réptil de los dinosaurios. Particularmente hallazgos de cocodrilos fósiles triásicos en Suráfrica habían animado últimamente a paleontólogos, ingleses sobre todo, a establecer la hipótesis de que a través del arqueoptérix las aves provienen de los cocodrilos. Los resultados provisionales del estudio del ejemplar de Eichstätt corroboran investigaciones más antiguas que hablan en favor más bien de una descendencia de los dinosaurios.

De dinosaurios es, por ejemplo, el número y distribución de las vértebras dorsales: los arqueoptérix poseen nueve; los dinosaurios, de nueve a diez; los primeros cocodrilos, siete. Un arqueoptérix presenta cinco vértebras cervicales, un dinosaurio, de cuatro a cinco; un cocodrilo, de dos a tres. También la construcción de la pata trasera del ave primitiva muestra rasgos de dinosaurio; la pata de estos saurios se desarrolló en dirección a la pata de las aves actuales, con tres dedos hacia adelante y uno, completamente abierto, hacia atrás, al paso que el quinto desapareció por completo.

Del quinto dedo solamente habían quedado, como se ha logrado demostrar por primera vez en el ejemplar de Eichstätt, restos de metatarsiano. El cerebro del arqueoptérix, por ejemplo, es típicamente dinosaurio, por lo que respecta a la apertura de la cápsula cerebral: frente al

agujero ocular hay una gran "ventana preorbital", con dos ventanitas laterales, lo que no se encuentra en los cocodrilos. Estas aberturas precisamente han podido ser observadas por primera vez en el arqueoptérix de Eichstätt, gracias a su excelente estado de conservación.

A esto se agregan otras coincidencias entre arqueoptérix y dinosaurios en la construcción de la pelvis y extremidades delanteras. Ante estos descubrimientos tan contundentes en favor de la descendencia dinosauria de las aves parecen de muy poca importancia todos los demás argumentos. Entre los que apoyan la descendencia reptil figura ante todo la formación de articulaciones secundarias dentro de la cavidad craneana, tal como se la encuentra frecuentemente en los reptiles.

EL METEORITO DEL RIES.

Hace varios años, el profesor Henning Illies, de la Universidad de Karlsruhe, llamó la atención acerca de las estructuras que parecen cráteres, encontradas en la dirección de la trayectoria del gran meteorito del Ries. El profesor Erwin Rutte, de la Universidad de Wurzburg, ha conseguido demostrar que todo un campo de impactos de dichos cráteres se extiende desde el Ries por una zona de 90 kilómetros, como mínimo, a lo largo del Danubio, y que incluso en Austria se encuentran rocas que proceden de la época del acontecimiento del Ries atribuidas únicamente al impacto de fragmentos superrápidos de rocas cósmicas. La mayor acumulación se encuentra al oeste de Ratisbona, en las proximidades de Hermau, donde en un cuadrado de siete por doce kilómetros han sido localizados 14 cráteres como mínimo. En las inmediaciones de Pfahlsdorf, Menndorf, Saustahl y Wipfelsfurth, los cráteres son de tamaño mayor y de formas más claras. En total, el número de tales impactos se eleva, como mínimo, a 100.

En un sector extenso se encuentran escombros de rocas denominadas "alemonitas", porque fueron encontradas por vez primera en el Altmühl-Tal (Alemona), variedad de las denominadas "brechas" o conglomerados de fragmentos angulosos de rocas locales. En las zonas calizas, esas brechas contienen fragmentos de caliza, y en las zonas de arenisca contienen también fragmentos de esta roca, como ocurre, por ejemplo, en la comarca de Eichstätt. En Bohemia, por otra parte, donde fueron descubiertas también alemonitas en la dirección de la trayectoria del enjambre de meteoritos del Ries, contienen la mezcla, hallada en el subsuelo, de granos de arena y granos verdes de glauconita.

Estas masas presentan huellas de grandes descargas energéticas, únicamente posibles con ondas de choque al atravesar el subsuelo a velocidades supersónicas, las cua-

les destrozan los minerales en el lugar del impacto de un meteorito. Esto se aprecia con toda claridad en el caso del cuarzo; bajo condiciones normales no se quiebra más que en fracturas concoideas irregulares, pero en este caso está atravesada por numerosas superficies planas de fisura.

Las huellas de las ondas de choque fueron estudiadas últimamente en rocas de un gran número de cráteres meteoríticos terrestres y lunares, pudiendo calcularse hoy, aproximadamente, la intensidad de las presiones de las ondas de choque, a partir del estado en que se encuentran las rocas clásticas en cada caso. Las alemonitas del sur de Alemania y de Bohemia fueron destruidas a presiones de 150 a 200 kilobarios, mientras que las presiones producidas en el impacto del gran meteorito del Ries fueron, por lo menos, cinco veces.

Los resultados de las investigaciones permiten sospechar que Europa Central sufrió hace unos quince millones de años el impacto del meteorito del Ries, y de todo un enjambre de meteoritos menores, que horadaron cráteres también de tamaño menor, proyectando, como en la Luna, fragmentos de rocas por los alrededores. Este bombardeo desde el espacio tuvo que significar para aquellas comarcas un verdadero infierno.

MINERIA

SIERRA MENERA HA OBTENIDO
1.800.000 TONELADAS DE HIERRO
EN 1974.

En el recién concluido año, 1974, la compañía minera de Sierra Menera, S. A., ha superado las 1.800.000 toneladas de producción de mineral de hierro, con un aumento del 26,8 por 100 sobre la obtenida en 1973 (1.420.000 toneladas) y un 171,7 por 100 sobre la conseguida en 1972 (655.000 toneladas). Por dicho motivo se ha decidido repartir un dividendo a cuenta del 6 por 100 bruto, que es casi el doble del distribuido el ejercicio anterior.

Con cargo a la cuenta de regularización, Sierra Menera está considerando realizar dentro de 1975 una importante ampliación de capital, totalmente liberada para el accionista. Por otra parte, se espera en 1975 seguir aumentando la producción (más de dos millones de toneladas) y las ventas, con lo que crecerá notablemente la facturación, más aún si se tiene en cuenta que están previstas importantes elevaciones en el precio del mineral extraído.

Como nuestros lectores saben, la producción de Sierra

Menera se obtiene en los límites de las provincias de Guadalajara y Teruel, siendo el mineral destinado a la factoría de Altos Hornos de Sagunto.

ESCLARECIMIENTO MEDIANTE LA INVESTIGACION MINERA.

El profesor Karl-Heinz Ludwig, de la Universidad de Bremen, y un joven científico austriaco desean aclarar las relaciones existentes entre el sistema social minero-siderúrgico y los factores económicos de la mina de oro de Salzbúrgo. Como resultado de este estudio se esperan nuevos reconocimientos utilizables sobre el desarrollo del proceso social-obrero en acción recíproca con los impulsos técnico-económicos y político-estatales.

Aparatos sensibles sustituyen las excavaciones arqueológicas. El método más espectacular para el hallazgo de estructuras arqueológicas enterradas se basa en el descubrimiento de que el suelo que se encuentra sobre las piezas arqueológicas, en el que siempre existe una cierta participación de partículas magnéticas, contiene mayor cantidad de materiales magnéticos que en las capas inferiores. Todo suelo ha estado alguna vez expuesto, durante diferentes épocas, en el transcurso de la historia, a los efectos del calor, por ejemplo, por incendio de bosques, cultivo del terreno, incendio de malezas, rastros, etc. A causa de ello se transformaron en determinados procesos de combustión y enfriamiento materiales relativamente amagnéticos, como la hematita, en materiales magnéticos, es decir, magnetita o maghemita. Estas condiciones magnéticas especiales en la capa superior son interferidas si, por ejemplo, se cava una fosa. El material magnético de la superficie cae a capas inferiores, la tierra traída a la superficie "rarifica" el contenido en partículas correspondientes. Cuando el material magnético aparece en forma suficiente y la estructura es bastante grande y no se encuentra muy profundamente oculta en la tierra conduce a anomalías posibles de medir en el campo magnético terrestre.

Un vehículo de demarcación provisto de magnetómetros marca los valores medidos a cada metro y en el mismo sitio sobre una cinta perforada. A continuación, estos datos son transformados por una computadora Bonn en verdaderos gráficos. De 650.000 datos de campos magnéticos, los científicos de Bonn han obtenido, por ejemplo, los planos exactos de la ciudad romana Colonia Ulpia Trajana, en las cercanías de Xanten. En el gráfico de la computadora se pueden apreciar tres épocas diferentes. Estos trabajos han alcanzado, entre tanto, mundial reconocimiento. Institutos científicos de varios países han adaptado los métodos desarrollados en el laboratorio para la arqueología campestre. El próximo objetivo es el desarrollo de aparatos más sensibles aún, mediante los cua-

les puedan demostrar y medir lugar de hallazgos en tierra débilmente magnética.

EL GRUPO MINERO SUECO: UNA PRESENCIA EN LOS MERCADOS INTERNACIONALES.

Ha sido presentado recientemente a la prensa técnica especializada un importante folleto, en el que se da cuenta de las actividades del Grupo Minero Sueco (SMG), organización conjunta de unas 30 empresas de consulta minera e importantes fabricantes de equipo minero, entre los que destacan empresas tales como ASEA, Atlas Copco, Bofors, Gränges, Industrias Kockum, Volvo, Sala, Saab-Scania, Nitro Nobel, SKF y Svedala-Arbra.

El grupo se dedica a la organización de equipos de especialistas mineros, los cuales incluyen personal de investigación capaz de hacerse cargo de cualquier clase de proyecto minero, desde la prospección hasta el "marketing", y que pueden resolver cualquier fase concreta de un proyecto o bien proyectos completos.

Como una parte de sus actividades, el grupo ha enviado diversos equipos mineros a todo el mundo para informar a los mineros de otros países de los desarrollos y técnicas de la minería sueca.

A pesar de que muchos de los miembros del grupo son competidores entre sí, han considerado que el intercambio de ideas dentro del grupo es muy positivo para todos ellos. Es difícil que una sola empresa esté en condiciones de ocuparse de todas las fases de un proyecto minero y, por tanto, la acumulación de conocimientos técnicos que se logra en el grupo permite que el conjunto de las empresas pueda hacerse cargo de cualquier tipo de contrato.

El folleto, mediante la ayuda de fotografías y mapas, nos muestra la forma en que el grupo aborda un proyecto, desde la topografía del lugar y los estudios de viabilidad hasta la puesta en marcha de los trabajos de ingeniería y construcción. Una ilustración seccionada muestra el proceso minero completo, desde la retirada del material bajo tierra hasta su carga en buques.

Finalmente, el folleto expone que en 1973 el grupo extrajo en Suecia un total de 78 millones de toneladas de roca conteniendo mineral. De este volumen, 54 millones de toneladas se obtuvieron de minas subterráneas. Los yacimientos de mineral de hierro en Suecia alcanzan aproximadamente un volumen global de 4.000 millones de toneladas, mientras que los de metales no féreos contienen sólo unos 250 millones de toneladas.

LOS FOSFATOS DE MESKALA.

Marruecos va a poner en explotación, con ayuda de geólogos e ingenieros de Minas soviéticos, los yacimientos de fosfatos que tiene en Meskala, al sur del país, de

acuerdo con el tratado de colaboración técnica firmado entre la Unión Soviética y la "Office Chérifien des Phosphates", por un período de treinta años. Según este tratado, para 1990, la Unión Soviética recibirá de Marruecos del orden de los 10 millones de toneladas anuales de fosfatos brutos, a cambio de azufre, amoníaco, madera y petróleo.

AGRUMINSA EXPLOTARA LAS MINAS DE BARRUELO.

Agruminsa (el grupo Altos Hornos de Vizcaya es la empresa que explotará las minas de hulla de Barruelo de Santullán, en la provincia de Palencia. Ya se ha firmado el acuerdo con el Banco de Crédito Oficial. Los trabajos preparatorios parece que se iniciarán en seguida.

PRORROGA A FAVOR DEL ESTADO DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS MINERALES EN LA ZONA VILLAGARCIA DE AROSA.

La Sección de Minas de la Delegación Provincial de Industria hizo público que por el Ministerio de Industria, a propuesta de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, se ha dispuesto prorrogar la reserva provisional a favor del Estado para la investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en la "Zona Villagarcía de Arosa", área que comprende las provincias de Pontevedra y La Coruña, y cuya reserva se estableció por Orden ministerial de 31 de enero de 1973.

Esta prórroga entrará en vigor a partir de la fecha de vencimiento de la reserva acordada, y quedará levantada a los dos años, sin otra declaración, salvo en el caso de que se prorrogue de forma explícita.

Sigue encomendada la investigación correspondiente de esta zona de reserva al Instituto Geológico y Minero de España, quien dará cuenta, anualmente, de los resultados que obtenga a la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.

170.000 MILLONES PARA EL PLAN DE ABASTECIMIENTOS DE MINERALES.

Un total de 169.829 millones de pesetas serán invertidos entre 1976 y 1979 en el Plan Nacional de Abastecimiento de materias primas minerales aprobado recientemente en Consejo de Ministros. De ellos, 3.868 millones se destinarán a infraestructura, 21.518 a investigación, 1.243 para revalorización de sectores, y 143.200 millones

para explotación, mantenimiento, modernización y nuevas instalaciones.

AGUAS SUBTERRANEAS

EN LA BUSQUEDA DEL AGUA SUBTERRANEA.

Velocidades de flujo de las aguas subterráneas de milímetros hasta algunos cientos de metros por día pueden determinarse en forma precisa con una sonda. El procedimiento desarrollado por científicos del Instituto de Radihidrometría de la Sociedad de investigaciones de rayos y del medio ambiente de Munich, es en principio muy simple: en la perforación de diámetro pequeño, equipada con un tubo de filtración, se vierte al agua subterránea un medio radiactivo inofensivo para el medio ambiente, midiéndose luego, en forma muy precisa, la rapidez con que el preparado es diluido y repartido por la corriente del agua subterránea. Las sondas se han perfeccionado de tal forma que también los mantos de agua subterránea más poderosos y situados a profundidades grandes se investigan capa por capa, determinando las direcciones de flujo del agua.

QUIMICA

DESCUBRIMIENTO DEL ELEMENTO 106.

El anuncio por un equipo científico soviético, dirigido por el profesor G. N. Flerow, de Dubna, del descubrimiento del elemento 106, ha planteado polémica entre este equipo y el norteamericano, dirigido por el Premio Nobel de Química Glen Seaborg, en torno a la primacía del descubrimiento, ya que también los norteamericanos lo reivindicaban desde 1970. Los soviéticos lo han obtenido por bombardeo de núcleos de plomo con iones acelerados del isótopo 54 del cromo, y los norteamericanos bombardeando con oxígeno el californio 249. La vida media de este elemento es, en el caso de los rusos, de 0,007 a 0,02 segundos, y en el de los americanos, de 0,9 segundos. En la reunión de la IUPAC ("Unión of Pure and Applied Chemistry"), celebrada hace un año, en Hamburgo, se ha establecido una comisión para que decida cuál de los dos equipos tiene la prioridad y, con ello, el derecho para poner nombre al nuevo elemento.

MINERALURGIA

ALTOS HORNOS DE VIZCAYA:
50.000 MILLONES
DE VENTAS EN 1974.

Las ventas consolidadas del grupo Altos Hornos de Vizcaya han alcanzado en 1974 la cifra de 50.000 millones de pesetas, frente a los 34.099 millones del año anterior.

El aumento de la empresa motriz (Altos Hornos de Vizcaya, S. A.) en ese período fue de 5.314 millones de pesetas (31.000 millones, frente a 25.686 en 1973), y el no haber obtenido mayor volumen de facturación se debe tal vez a la reciente venta de las instalaciones de Sagunto a Altos Hornos del Mediterráneo.

Un colega destaca que, según parece, ha sido Laminaciones de Lesaca la empresa del grupo que ha alcanzado mayor aumento en las ventas (7.000 millones, frente a 3.400 millones el año anterior). Esta empresa navarra se integró en el grupo a finales de 1973, al 100 por 100, y su primer presidente, desde entonces, ha sido el ahora director general de Industrias Siderometalúrgicas, don Emilio Miranda.

MISION SIDERURGICA ESPAÑOLA A CHINA.

En el pasado mes de abril se desplazó a la República Popular China una Misión de siderúrgicos, presidida por el director general de UNESID, don Luis Guereca, e integrada por 14 representantes de empresas siderúrgicas, que, junto con UNESID, ostentaban la representación de todo el sector siderúrgico español. Dicha Misión era fruto de la visita que realizó UNESID el pasado mes de noviembre, formando parte de la primera Misión Comercial Oficial española a dicho país, presidida por el director general de Política Comercial, señor Hidalgo de la Quintana.

La finalidad de la Misión siderúrgica ha sido la de establecer un punto de partida para encauzar una demanda continuada de productos siderúrgicos españoles hacia el gran mercado potencial chino.

Las conversaciones se mantuvieron con la "Corporación China de Importación y Exportación de Metales y Metales", en Pekín. Por parte china presidieron las negociaciones el subdirector general y el director de Importación de dicha Corporación, siendo, además, recibido el presidente de la Misión española por el director de Relaciones con Europa del Ministerio de Comercio Exterior.

Las negociaciones se desarrollaron en cinco grupos de trabajo, relativos a: productos largos, planos, tubos, aceros especiales y alambres, cables y otros productos.

Se detallaron, por parte española, todas las posibilidades cuantitativas y cualitativas de exportación a China de nuestros productos, así como las características de las principales empresas, puertos de embarque, situación del mercado, etc.

Con anterioridad a esta Misión de siderúrgicos, nuestro país ha venido realizando en los últimos años algunas exportaciones a la República Popular China, fundamentalmente en el sector de aceros especiales. Pero se trata ahora de dar a conocer nuestras posibilidades en toda la gama de la producción siderúrgica.

La Corporación china insistió en la necesidad de conocer los productos españoles antes de iniciar una corriente comercial de carácter más permanente, lo que es absolutamente comprensible y reafirma el carácter de "primer paso, imprescindible" difícil contacto realizado por la Misión española.

Independientemente de haber sentado las bases para el establecimiento de unas exportaciones en el futuro, la Misión española ha cerrado contratos para entrega, hasta el mes de julio, por un total de 18.000 toneladas, repartidas fundamentalmente en productos planos, tubos sin soldadura y aceros especiales, con un valor global aproximado de 6 millones de dólares, con la posibilidad de concluir nuevos contratos por unos tonelajes adicionales en fechas breves.

Por otro lado, como paso inmediato para el análisis de nuevas posibilidades de exportación durante el presente año, se cursó una invitación a la Corporación China de Metales y Minerales para visitar en el próximo mes de junio la Feria Internacional de Bilbao, con cuyo motivo se proseguirían las conversaciones.

Terminadas las conversaciones en Pekín, la Misión española se trasladó a Cantón, a invitación de la Corporación China de Metales y Minerales, para visitar la feria recién inaugurada en aquella ciudad, dedicada a la agricultura e industria chinas.

La Misión fue objeto de una calurosa bienvenida y una constante y cortés atención, pudiéndose afirmar que su visita ha constituido una excelente base para futuras relaciones comerciales en este sector.

PRODUCCION DE ACERO EN MARZO DE 1975.

Según la Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas (UNESID), la producción de acero en marzo se estima en 1.023.000 toneladas, con un incremento del 2,2 por 100 respecto al tonelaje producido en el mismo mes del año anterior.

La cifra correspondiente al primer trimestre de 1975 ha sido de 2,73 millones de toneladas, prácticamente igual a la del primer trimestre de 1974, que alcanzó la cifra de 2,74 millones de toneladas.



JORNADAS MINEROMETALURGICAS

Del 25 al 29 de junio ha tenido lugar en Bilbao las V Jornadas Nacionales y III Internacionales Minerometalúrgicas, a las que acompañará, dentro del marco de la Feria Internacional de Muestras, una exposición de minerales, maquinaria y elementos para la industria minera.

ENERGIA

HULLA EN AUSTRALIA.

Recientemente se han descubierto en Australia diversos yacimientos de hulla que, según informa el Ministerio de Minas del país, comprenden millones de toneladas, y que parecen ser excelentes para su transformación en petróleo sintético. El Gobierno australiano ha sacado a subasta pública dos campos hulleros (cada uno de 800 kilómetros cuadrados), con la condición de que el carbón que sea extraído se utilice para la obtención de productos petroquímicos y de combustibles líquidos. La primera concesión ha sido adjudicada a la firma "Broken Hill Prop. Co. Ltd.", una de las empresas más importantes del país, fabricante de acero, y la segunda, a un grupo constituido por la firma australiana "Western Mining Corp. Ltd.", uno de los principales productores de níquel, y la gran empresa petrolera norteamericana Shell.

REUNIONES CIENTIFICAS

INSTITUTO DE EDAFOLOGIA
Y BIOLOGIA VEGETAL DEL CONSEJO
SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
II CURSILLO SOBRE MINERALOGIA
DE SEDIMENTOS Y SUELOS.

Organizado por la Sección de Mineralogía de Suelos del Instituto de Edafología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas se desarrollará un cursillo de seis semanas de duración, del 15 de octubre al 30 de noviembre de 1975.

Las clases serán teórico-prácticas y estarán a cargo de profesores e investigadores especializados adscritos a la Sección, y también con un cuadro de profesores invitados.

Las enseñanzas a impartir serán a nivel de postgraduados, eligiéndose un temario en el que se tratarán temas de interés en los diversos campos de la ciencia, con los que la materia propia del cursillo tiene más estrecha re-

lación, como son: la Petrografía, Sedimentología, Estratigrafía, Edafología, Oceanografía, etc., sin olvidar el sector industrial, en lo que se refiere a determinadas industrias, en las que los materiales sedimentarios son materia prima como las del Vidrio, Cerámica, Refractarios y otras.

El cursillo tendrá un carácter eminentemente práctico, por cuyo motivo el número de plazas ha de ser limitado, debido a las características de la propia materia y al tipo especial de prácticas individuales.

Al finalizar el cursillo y después de las pruebas correspondientes, se otorgará un diploma a los asistentes considerados aptos, como certificado acreditativo de su asistencia y formación en las materias tratadas durante el curso.

FILTRADO Y SEPARACION,
CONTROL DEL POLVO
Y DEPURACION DEL AIRE.

Para las empresas y técnicos de la minería son también importantes las Exposiciones sobre Filtrado y Separación y sobre Control del polvo y Depuración del aire que tendrán lugar en el Salón Olimpia, de Londres (Inglaterra), del 16 al 19 de septiembre próximo.

LA POLITICA CIENTIFICA NORTEAMERICANA.

En los hechos siguientes parece apoyarse la idea de la pérdida en este país del papel dominante de las ciencias tecnológicas, la investigación y el desarrollo:

Reducción del porcentaje del producto social bruto del país dedicado a la investigación y desarrollo. Disminución de inversiones en los programas de la NASA y visible estancamiento de la investigación básica. Aumento del desempleo de ingenieros y científicos. Disminución del número de estudiantes en ciencias de la Naturaleza. Oposición de determinados grupos de presión a la construcción de nuevas centrales nucleares.

ECONOMIA

PRESTAMOS A EURODIF.

El grupo Eurodif, S. A., proyecta acudir al mercado internacional de capitales con objeto de obtener préstamos importantes en el trienio 1976-78, sobre todo en los años 1977 y 1978. Eurodif es una sociedad que fue cons-

tituida en 1973 para producir uranio enriquecido. Participan en su capital Francia, Bélgica, Italia y España. Los fondos procedentes de los préstamos serán destinados en parte a financiar la construcción de una planta en Tricastin, en el sur de Francia, con un presupuesto inicial de 7.000 millones de francos.

NACIONALIZACION DE LAS MINAS DE HIERRO Y DE LA INDUSTRIA METALURGICA VENEZOLANA.

El Gobierno ha nacionalizado las minas de hierro y la industria metalúrgica. Las empresas más afectadas por la medida son las americanas Iron Mines, filial de Bethlehem Steel, y Orinoco Mining, filial de United States Steel.

Venezuela produce 2.200.000 toneladas mensuales de hierro y exporta a los Estados Unidos casi toda esta producción, y el resto a Europa Occidental. Desde 1950, de un total de 325 millones de toneladas de mineral producidas, se han exportado 315 millones.

LA SITUACION ECONOMICA ESPAÑOLA.

En 1974 registró nuestro país un déficit corriente superior a los 3.000 millones de dólares (180.000 millones de pesetas), debido a la desfavorable evolución de nuestra balanza comercial, así como al poco dinamismo de las entradas de divisas por el concepto de turismo y transferencias de emigrantes.

Comoquiera que las entradas de capital a largo y corto plazo no pudieron, ni con mucho, compensar el citado déficit, la pérdida de reservas ha ascendido a 774,2 millones de dólares (46.452 millones de pesetas).

La peseta, con todo, no parece candidata a la revaluación, pero, debido a sus estrechas vinculaciones con el dólar (el cual, por otra parte, continúa depreciándose), se mantiene débil frente a la mayoría de las monedas europeas.

EL DEFICIT DE LA BANZA COMERCIAL MINERA.

El déficit de la balanza comercial minera se ha agravado considerablemente durante el último ejercicio, a consecuencia del alza de las materias primas y las dificultades de abastecimiento. Este déficit, que en 1972 se cifró en 11.900 millones de pesetas, pasó a ser de 14.375 millones en 1973 y es probable que en 1974 haya alcanzado los 24.000 millones de pesetas.

CONTAMINACION

EVACUACION DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES

El ministro francés de Calidad de la Vida ha propuesto la creación de un organismo nacional para ocuparse de los problemas planteados por la evacuación de residuos industriales. El proyecto implica el establecimiento de una docena de organizaciones especializadas, constituidas a base de personal empleado actualmente en la industria, las cuales, repartidas por todo el territorio francés, se ocuparán de disponer los medios necesarios para la evacuación de los residuos industriales de carácter peligroso.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

EXTRACCION DE LA ALUMINA DE LA BAUXITA.

La empresa norteamericana ALCOA ("Aluminium Co. of America") ha puesto a punto un nuevo proceso para la extracción del óxido de aluminio de la bauxita, mediante el cual se reduce el consumo de energía eléctrica en un 40 por 100 respecto al consumo requerido por los procedimientos actualmente en uso para la obtención de este óxido. En el nuevo proceso se sustituyen los hornos rotativos tubulares, utilizados hasta ahora, por hornos de parrilla fijos. La reducción del gasto en energía eléctrica se consigue por reducción de las pérdidas de calor irradiado, mediante un mejor aislamiento, y por el aprovechamiento del calor que se pierde en los procesos habituales.

COMBUSTION DE CARBON BAJO PRESION.

En los laboratorios de la "National Research Development Corp.", de Londres, y por contrato con la Oficina de Investigación del Carbón, de Estados Unidos, se ha llevado a cabo un estudio sobre la combustión de carbón en lecho fluidizado bajo presión, para la generación de energía eléctrica. El equipo de investigación inglés ha examinado en particular los efectos del ensuciamiento de las paletas de las turbinas, las emisiones de álcalis, azufre y óxidos de nitrógeno, y el comportamiento del lecho fluidizado a temperaturas comprendidas entre los 900 y los 950° C.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	n. a.
Bolsa de Engelhard	N	g	308
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	7,61
Bolsa de Nueva York	N	g	7,62
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico ...	L	g	277-296
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	273 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	263-272

Menas y concentrados.

Estos metales no tienen cotización como mineral. En el caso de existir alguna venta, se aplica una fórmula en la cual se paga el contenido en metal y los grados de fusión. No hay ninguna relación establecida internacionalmente.

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
HIERRO			
Menas del lago Superior puestas en los puertos más bajos del lago:			
Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,045 P, máx 8,9 % SiO ₂ , máx 5,9 % humedad	N	t	881 FOB-Lago
Old range	N	t	895 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO ₂ , máx. 9,7 %	N	t	958 FOB-Lago
Old range	N	t	972 FOB-Lago
Gruesos para horno Siemens	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita	N	t	— FOB-Lago
Pellets de hierro natural	N	t. u. Fe	24,64 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	44,34 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	24,94 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	447 D-U.K.
Precio productor	L	kg	487 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	509 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	503 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg.	N	kg	597 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	882 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	875 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	197 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	— D-UK

Menas y concentrados:

Las menas de este metal no aparecen normalmente en el mercado libre, ya que las compañías explotadoras normalmente son también beneficiarias. Las únicas menas que alguna vez aparecen en el mercado son las canadienses y en este caso el precio se calcula en dólares por libra de cobalto contenido FOB Ontario (FOB ON). Los precios completamente nominales marcados por el estado canadiense, para favorecer el desarrollo minero son los siguientes:

Menas de 10 % de Co	N	kg Co cont	74,51 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	86,93 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	99,35 FOB-ON

CROMO**Metal:**

En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	t	238.104-264.560
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	303 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	303 D
Fundido al vacío, mín 99,5 % Cr	N	kg	312 D

Menas y concentrados (Cromita).

Se trata de mineral básicamente seco, sujeto a penalidades si no existen suficientes garantías; los términos de los contratos de compra (sujetos a negociaciones) son generalmente más bajos que la cotización en el mercado. En cada caso se tiene en cuenta la relación de cromo a hierro contenida en el mineral (ratio).

Ruso, fragmentos apelmazados, mín 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio, 3,5:1	L	t	7.885-9.293 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	7.322-7.885 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	5.069-6.195 FOB
Ruso, 54/56 % Cr ₂ O ₃ , ratio 4:1, tomando como base para su precio el de ratio 4:1 del 48 %	N	t	7.322-7.885 FOB-E
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	7.317-7.871 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	1.802-2.084 FOB-E

MANGANESO**Metal:**

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	76.061-78.707 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	67,06 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado, 6 %	N	kg	70,79 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	76,03-81,66 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	76,49-78,71 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.217-7.011 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	8.598-9.921 CIF-E

MOLIBDENO**Metal:**

Polvo	L	kg	688-708
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	— FOB

Menas y concentrados:

Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín 85 % MoS ₂ (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS ₂ cont)	L y N	kg Mo cont	302 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	298-304 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	248-293 FOB

NIQUEL**Metal:**

Refinado, en lotes mínimos de 5 t	L	t	251-200 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	258-475 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	235-458 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	— D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	250 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	233 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	— p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	217-242 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	— FOB-f
Francés refinado	F	kg	267 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	297-311 e-w
Japonés	J	kg	268 e-w

Menas y concentrados.

Según contenido en níquel, tomando como base de discusión el precio del níquel en cátodos de 99,9 % con deducciones que dependen de las impurezas y de los gastos de tratamientos. No existe una fórmula internacional de compra, las compañías compradoras estudian cada caso en concreto.

VANADIO**Metal:**

Sólo se cotiza como ferroaleaciones.

Menas y concentrados:

Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	L	kg V ₂ O ₅ cont	249 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	304-380 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	370-380 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	186 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	1.004 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.268-1.491 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO₃			
	OM 'n '1	L	5.556-5.688 CIF-E
Volframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.318 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.463 CIF-E
Volframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.410 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.556 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.595 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.622 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.516 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	794-801 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.151-1.230 D-UK

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	— D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	48,43 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	58,950
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	55,98 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	50.134 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	51.854 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	48,43 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	37.700-39.023 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	L	40.345-41.668 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al ₂ O ₃ empaquetada, en lotes de 20 t	L	t	12.567 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	13.671-14.322

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	3.125-3.385
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	6.510
CINCO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn	L	t	43.652 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	47.621 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 5 £/t)	L	t	44.314 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	44.711 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	47,19 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	50,91 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	48,43 D-USA
Alemán del oeste:			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	48.339
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	48.811
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	45,12 FOB-C
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	50,17 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	51,26 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	51,24-57,17 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	51,50-54,17 e-w

Menas y concentrados:

El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del productor.

Sulfuro del 52 % Zn	L	t	12.504 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	15.060 CIF-E

COBRE**Metal:**

Bobinas (L.M.E.)	L	t	74.077
Cátodos (L.M.E.)	L	t	72.754
Productores USA	N	kg	79,48 FOB-f

Alemán del oeste:

electrolítico	G	t	73.805-74.513
Cátodo	G	t	72.391-74.277

Menas y concentrados:

Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.

Menas del 15 % Cu	L	t	7.502
Menas del 20 % Cu	L	t	10.984
Menas del 25 % Cu	L	t	14.551

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	397.766 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	440 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn ...	L	kg	351 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	54.367 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	96.167 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	145.376 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	247.760 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	271.194 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	291.016 CIF-E
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	26.720 e-w
Producido en USA	N	kg	29,80 D
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del producto. Estos precios están calculados considerando que esas menas no tienen nada de plata.			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	11.582 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	14.683 CIF-E
Metales secundarios			
Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril

ANTIMONIO

Metal:			
Regulos inglés, 99 % Sb, lotes 5 t	L	t	191.806 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	195.113 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	168.657-181.885 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	245 FOB-L
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	292 FOB-L
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	180-186 CIF-NY (e)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	222 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	213-240 e-w
Japonés	J	t	258.525 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.014-1.126 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.126-1.295 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	185.192 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	193.129 D-UK

BERILIO

Metal:			
Barros 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	19.125-19.249 FOB
Aleaciones de aprox. 4 % Be y resto de Cu, en lingotes de 5 lb y en lotes 336 lb, se añade el Cu al precio de cotización de ese día	L	kg	6.878 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.738-1.925 CIF-E
Importado, 10/12% BeO	N	t. u. BeO	1.863 CIF-USA
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada	L	kg	931 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada	N	kg	931 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi	F	kg	1.220 FOT
Mercado internacional, en lotes de tonelada	L y N	kg	733-764 CIF
Menas y concentrados:			
Oxido, mín 60 % Bi	L	kg Bi cont	(n) CIF
CADMIO			
Metal:			
Barras mín 99,95 % Cd., en lotes de tonelada	N	kg	528 D
Lingotes en el mercado libre	L	kg	248-261 CIF
Barras en el mercado libre	L	kg	251-263 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg	F	kg	458 FOT
Menas y concentrados.			
Las menas de este metal no son cotizadas en el mercado, ya que el 80 % del cadmio producido se obtiene de la fundición de los minerales de cinc y el resto de otras metalurgias similares.			
CIRCONIO			
Metal:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf	N	kg	1.490-2.111 FOB
Calidad comercial	N	kg	683-869 FOB
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO ₂	L	t	23.191-26.390 FOB
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂	L	t	23.991-27.190 FOB
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín 99 % Li, en lotes de 100 lb	N	kg	1.273-1.413 FOB-NY
Menas y concentrados:			
Ambligonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 %	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Lepidolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 %	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 %	L	t. u. Li ₂ O	1.562-1.953 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 %	L	t. u. Li ₂ O	1.562-1.953 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Lingote de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg ...	L	t	191.565-192.359 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	138.894 (n) D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	— D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	130.825 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	119.713 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	83.336-85.321 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	102 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	— FOB

Menas y concentrados.

Este metal se recupera a partir de una serie de rocas que en su composición química contienen un alto grado de Mg, tales como la brucita, dolomita, magnesita y olivino.

MERCURIO

Metal:

Mercado europeo, en frascos de 76 lb ...	L	f	7.772-8.054 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	9.067-9.743 CIF-NY

Menas y concentrados.

Las menas no se comercian, ya que son siempre tratadas por los países productores.

NIOBIO O COLUMBIO

Metal:

Calidad metalúrgica 99,5/99,8 % Nb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	3.726-5.588 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.235-3.105 FOB-USA

Menas y concentrados:

Columbita mín 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	L	kg. Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅	236-267 CIF-E
Pirocloro, mín 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cont	217.230 FOB-C
Columbita 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	N	kg	223-236 CIF-USA

TANTALIO

Metal:

Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	4.396-5.526 FOB
Láminas mín 99,9 % Ta ...	N	kg	6.209-7.079 FOB
Varillas mín 99,9 % Ta ...	N	kg	5.588-6.706 FOB

Menas y concentrados:

Tantalita:

Mín 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.739-2.111 CIF-E
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.366-1.676 CIF-E

Columbita: ver mineral de COLUMBIO.

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	153
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	398-579 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	304 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	23.191-26.390 FOB
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	kg	1.199-1.439 FOB
Rutilo, mín 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	44.084 D
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.049 FOB-At
Escorias canadienses, mín 70 % TiO ₂ ...	N	t	4.157 FOB

Metales menores o escasos

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de abril
---------------------------	---------	--------	-----------------

ARSENICO

Metal:

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada	L	t	198.420-264.560
--	---	---	-----------------

Menas y concentrados.

El arsénico es obtenido como subproducto en las metalurgias del cobre, cinc y otras menas.

CESIO

Mín 99,5 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	78,85-203 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.047-34.152 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	24.838-27.943 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.628-21.733 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.419 FOB
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	101-225 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	37.257-40.362 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.047-34.152 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	23.596-27.322 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.524 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín 24 % Cs ₂ O ...	L	t. u. Cs ₂ O	698-732 FOB
--	---	-------------------------	-------------

GALIO

Metal:

Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	50,69 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	33,79 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	30,98 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	— FOB
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	45,06 FOB

Menas y concentrados.

Las menas de esta sustancia no se cotizan en el mercado internacional, ya que todo el galio que se produce en el mundo, se obtiene como subproducto en los procesos de tratamiento de la bauxita y las menas de cinc.

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de abril
GERMANIO			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo	L	kg	16.006 D (i)
En el mercado americano	N	kg	16.502 D
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
HAFNIO			
Metal:			
Esponja	N	kg	9.314 FOB
En barras y placas laminadas	N	kg	14.903 FOB
Menas y concentrados.			
Las menas de hafnio no se comercializan, ya que todo el metal que se produce se obtiene separándolo del circonio después de la metalurgia de éste.			
INDIO			
Metal:			
En barras, mín 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on	L	kg	18,86 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on	N	g	9,96-11,13
Menas y concentrados.			
El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.			
RENIO			
Metal:			
Polvo, mín 99,99 % Re	L	kg	92.596
Polvo en el mercado USA	N	kg	71.409
Menas y concentrados.			
La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los porfidos cupriferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.			
RUBIDIO			
Metal:			
Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g	N	g	78,85-203 FOB
lotes de 1-9 lb	N	kg	34.152-37.257 FOB
lotes de 10-99 lb	N	kg	24.838-27.943 FOB
lotes de 100-999 lb	N	kg	18.628-21.733 FOB
lotes de 1.000 o más lb	N	kg	2.419 FOB
Menas y concentrados.			
El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesio y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.			
SELENIO Y TELURIO			
Metal, Selenio:			
Polvo grado comercial, mín 99/99,5 % Se	N	kg	2.235
De alta pureza, mín 99,9 % Se	N	kg	2.608-2.732

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb	L	kg	2.235 D
Otras procedencias	L	kg	1.273-1.366 CIF
Metal, Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te	L	kg	1.242 D
Barras, mín 99,5 % Te	L	kg	1.242 D
Polvo, en lotes de 100 lb	N	kg	—
Placas, en lotes de 150 lb	N	kg	1.118-1.242 FOB-p
Menas y concentrados.			
No se comercializan las menas de selenio y telurio debido a que la totalidad del metal que se produce, se obtiene como subproducto en la metalurgia de otros metales como son cobre, níquel, plata, etc., no obstante existen minerales en los que aparecen conjuntamente pero que al no ser explotados para la obtención de estos metales, por la razón antes expuesta, no se pueden considerar como menas.			
TALIO			
Metal, en lotes de 25 lb	N	kg	931 D
Menas y concentrados.			
Las menas de este metal no se cotizan en el mercado, ya que todo el talio que se produce se obtiene en la mineralurgia de otras menas.			
Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de abril
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.242-1.614 FOB-f
Hexafluoruros	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.118-1.490
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets (*)	N	kg	1.863
Menas y concentrados:			
Monacita: por ser mineral de tierras raras su precio se especifica en estas últimas.			
TIERRAS RARAS:			
Metal:			
Cerio, mín 99 % neto	L	kg	1.587 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	2.608
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	397.408
Gadolinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	21.112
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	18.628
Lantano, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	4.347
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*)	N	kg	12.667
Samario, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	15.524
Menas y concentrados:			
Monacita:			
Mín 60 %, óxido TR torita	L	t	— CIF-E
Mín 55 %, óxido TR	L	t	13.774-14.561 CIF

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Xenotima:			
Mín 25 % Y_2O_3 ...	L	kg	373-621 CIF
Mín 60 % Y_2O_3 (*) ...	N	kg	— CIF
Mín 90 % Y_2O_3 (*) ...	N	kg	— CIF
Basnasita:			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	62,10-74,51 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	37,26-43,47 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	49,68 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
AZUFRE			
USA para la exportación, mín 99 % S ...			
Brillante ...	N	t	3.825 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	3.714-4.046 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	4.151 CIF-E
Oscuro ...	N	t	3.729 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ...	L	t	4.157 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	4.434-4.711 CIF-E

BARITA

En bruto:			
Calidad químicos y para vidrio:			
Escogido a mano, mín 95 % $BaSO_4$, máx 1 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	1.832-1.974 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % $BaSO_4$, máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.142 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.366-1.738 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, mín 92 % $BaSO_4$, a granel ...	L	t	2.344-2.734 CIF
Molidas:			
En húmedo, mín 95 % $BaSO_4$, a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.727-4.967 FOB
En seco, de grado para lodos, 83/93 % $BaSO_4$, 3/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico, en lotes de camiones ...	N	t	4.408-4.470 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.925 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % $BaSO_4$, mín 99 % a 325 mesh, en lotes de 105 t ...	L	t	7.812-9.114 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.385-3.776 CIF-pe.
Micronizadas:			
Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	11.718-13.020 D-UK

BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.699 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	16.139 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	21.165 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	18.651 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones ...	N	t	5.060 FOB
Deshidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones ...	N	t	12.139 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B_2O_3 ...	N	t	— FOB
65 % B_2O_3 ...	N	t	— FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B_2O_3 ...	L	t	3.098 FOB

CELESTITA

Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % $SrSO_4$, empaquetado, molido 240 mesh ...	L	t	2.803 e-w
---	---	---	-----------

ESPATO FLUOR

Metalúrgico, mín 70 % CaF_2:			
Reino Unido ...	L	t	1.953-2.604 D-UK
USA en pellets ...	N	t CaF_2 cont	4.675 FOB
Mejicano ...	N	t CaF_2 cont	3.787 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF_2:			
Reino Unido, molido 93/95 % ...	L	t	3.515-4.036 CIF
USA, 88/90 % ...	N	t CaF_2 cont	5.069-5.632 FOB
95/96 % ...	N	t CaF_2 cont	5.350-5.970 FOB
97 % ...	N	t CaF_2 cont	5.632-6.477 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF_2:			
Reino Unido, embolsado ...	L	t	4.166-4.948 D-UK
USA, en bruto ...	N	t CaF_2 cont	5.350-6.477 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo ...	N	t CaF_2 cont	5.914 FOB
concentrados ácidos secos ...	N	t CaF_2 cont	6.364-7.761 FOB-m
importado en Europa ...	N	t CaF_2 cont	5.898-6.644 CIF-dp
Mejicano a granel ...	N	t CaF_2 cont	4.568-4.657 FOB

FOSFATOS

USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL ...	N	t	2.297 FOB-m
68/70 % BPL ...	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL ...	N	t	2.918 FOB-m
74/75 % BPL ...	N	t	3.446 FOB-m
76/77 % BPL ...	N	t	3.912 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL ...	L	t	2.957 CIF
Australiano, 83 % BPL ...	L	t	1.663-1.774 FOB
Marroquí, 75/ % BPL ...	L	t	3.548 CIF
Ruso, apatito concentrado, 39 % P_2O_5 ...	L	t	(n)

NOTA: BPL = $Ca_3(PO_4)_2 = 0,458$ % P_2O_5 .

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
GRAFITO			
Alemán	N	t	13.179-84.198 FOB-m
Madagascar	N	t	13.517-33.792 FOB-m
Noruego	N	t	8.494-14.362 FOB-m
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	13.967-25.119 FOB-m
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	19.660 FOB-Ce
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	15.103 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	10.416 FOB-Ce
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	19.660 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	10.416 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	7.812 FOB-Ce
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.416 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	7.812 FOB-Ce
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.817 FOB-Ce
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.971 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.971 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	10.546 e-w
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	923-1.068 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	(n) CIF
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.255-3.906 CIF
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	59,60 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	35,39-43,46 FOB-C
Coarse	N	t. u. K ₂ O	37,87-45,32 FOB-C
Granular	N	t. u. K ₂ O	39,11-46,56 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	44,08-50,29 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K ₂ O	45,95-46,57 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	48,43-51,53 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	88,81-54,02 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	47,81-54,02 FOB-NM
Granular	N	t. u. K ₂ O	49,05-49,67
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	39,11-46,56 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	49,67 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K ₂ O, a granel	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
SAL COMUN			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	423 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	643 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.040 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar	L	t	803 e-w

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
VERMICULITA			
USA	N	t	1.987-2.980 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	3.725-4.967 CIF-AT
En crudo, embolsada	L	t	(n) CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P ₁ , 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	5.013 CIF-E
P ₄ , 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	5.468 CIF-E
Para cerámica:			
C ₁ , 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	4.948 CIF-E
C ₆ , 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	4.882 CIF-E
C ₁₀₁ , 2 % menor 200 mesh	L y N	t	4.817 CIF-E
Para mastique:			
Fi, 78 % menor 325 mesh	L y N	t	5.273 CIF-E

NOMENCLATURA

CALIDAD

(n): Nominal, indica que al ser insuficiente en negocio, no sirve como base para una cuantificación real.

GIRM: Agrupación de importadores de metales.

MERCADO

L: Londres, base del mercado europeo.
 N: Nueva York, base del mercado americano.
 B: Bélgica.
 C: Canadá
 F: Francia.
 G: Alemania del Oeste.
 I: Italia.
 J: Japón.
 SA: Sudáfrica.

UNIDAD

Troy on: onza troy=0,3110 g.
 lb: libra=0,4535 kg.
 t: tonelada métrica.

st: tonelada corta=0,907 t.
 lt: tonelada larga=1,016 t.
 f: frasco=76 lb.
 picul.: picul=133,5 lb.
 tu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada.
 stu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada corta.
 ltu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada larga.
 lb "x" cont.: libro de "x" contenido.
 kg "x" cont.: kg de "x" contenido.
 t "x" cont.: tonelada de "x" contenido.

PRECIO

(n): nominal, indica el nivel de precio probable, sin confirmación.
 n.a: precio no disponible.
 £: Libra Esterlina.
 \$: Dólar USA.
 \$A: Dólar Australiano.
 \$C: Dólar Canadiense.
 \$M: Dólar Malayo.
 DM: Marco Alemán.
 F: Franco Francés.
 FB: Franco Belga.
 l: Lira Italiana.
 Rand: Rand Sudafricano.
 Yen: Yen Japonés.

PUERTOS

N. Y.: Nueva York.
 Lago: Lago Superior.
 ON: Lago Ontario.
 UK: Reino Unido.
 Golfo: Golfo de México.
 H: Huelva.
 S: Setúbal.
 Fla.: Florida.
 Ca.: California.
 N. M.: Nuevo México.
 At.: puerto Atlántico.
 L: Laredo.

FORMA DE ENTREGA

FOB: Franco a bordo, el vendedor asume todos los riesgos hasta que queda puesta la mercancía a bordo. Cuando aparece el nombre del puerto, el vendedor asume toda la responsabilidad hasta la puesta a bordo en ese puerto, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro puerto, es éste el que corre con los gastos.
 FAS: Franco en el muelle de embarque.
 FOT: Franco sobre camión.
 CIF: El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los gastos del seguro y flete hasta el puerto de destino.
 CIF-E: CIF en puerto Europeo.
 CIF-USA: CIF en puerto USA.
 CIF-X: CIF en lugar X.
 D: Franco en el domicilio del comprador
 D-X: D en el lugar X, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro lugar correría con los gastos de traslado.

d-p: punto de entrega.
 e-w: ex warehouse=puesto en fábrica o almacén.
 p.e: libre de gastos hasta el punto de entrada en el país.
 f: fábrica.
 m: mina.
 r: refinería.
 (e): aranceles de aduanas adicionales.
 (i): incluidos los aranceles de aduanas.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
46	3830	22-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
49	4072	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Avila.
49	4074	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
49	4074	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
49	4074	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
49	4075	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
49	4072	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Avila.
49	4072	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
49	4074	26-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Madrid.
49	4074	26-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
49	4075	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
49	4075	26-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
49	4075	26-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Toledo.
52	4350	1-III-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
53	4419	3-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Avila.
53	4419	3-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Cáceres.
53	4420	3-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
53	4420	3-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
53	4420	3-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
53	4420	3-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Zamora.
55	4599	5-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Zamora.
56	4698	6-III-75	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
56	4698	6-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Sevilla.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
58	4885	8-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
60	5053	11-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
63	5345	14-III-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
69	5860	21-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
73	6217	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Avila.
73	6217	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
73	6226	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Oviedo.
73	6223	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
73	6225	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
73	6226	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Oviedo.
73	6227	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Pontevedra.
73	6227	26-III-75	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Segovia.
73	6228	26-III-75	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zamora.
75	6459	28-III-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Toledo.
82	7098	5-IV-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Barcelona.
82	7098	5-IV-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Almería.
84	7263	8-IV-75	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Avila.
84	7263	8-IV-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Castellón de la Plana.
84	7263	8-IV-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huesca.
87	7546	11-IV-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Almería.
89	7727	14-IV-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia.
HIDROCARBUROS				
58	4884	8-III-75	Ind.	ORDEN por la que se renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos sobre las cuadrículas 1 y 8, situadas en la anteriormente denominada zona III (Sahara).
58	4884	8-III-75	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción por vencimiento del plazo de primera prórroga del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Berga", en zona I (Península).
63	5335	14-III-75	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia del permiso de investigación de hidrocarburos "Jumilla".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
69	5855	21-III-75	Ind.	DECRETO por el que se otorgan a CAMPSA cinco permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
73	6200	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos sobre las cuadrículas 15 y 22, situados en la anteriormente denominada Zona III (Sahara).
80	6816	3-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Benejúzar", "Santa Fola", "Tamarca", "Torrepacheco" y "San Javier".
86	7450	10-IV-75	Ind.	DECRETO de concesión de prórroga de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Castellón A, C, D, G e I" y "Golfo de Cádiz B, C, D y E", situados en la zona C, subzonas a) y b), de los que son titulares "CAMPSA" y "Shell".
88	7633	12-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se deniegan las concesiones de explotación "Castillo B" y "Castillo C" y se declaran extinguidos los permisos de investigación de hidrocarburos "Condado de Trevillo" y "Antoniana".
90	7805	15-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia al permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Murcia".
RESERVAS				
73	6212	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se declara de reserva a favor del Estado, para investigación de minerales radiactivos, en el área denominada "Cuenca Tres-Fuencaliente", de la provincia de Cuenca.
73	6213	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en el área denominada "Zona Villagarcía de Arosa", comprendida en las provincias de Pontevedra y La Coruña.
73	6213	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de hierro en el área denominada "Hierros de Vizcaya", comprendida en las provincias de Alava, Santander y Vizcaya.
73	6213	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Cuenca Cuatro-Henarajos", de la provincia de Cuenca.
73	6214	26-III-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Valencia Uno-Alpuente", de la provincia de Valencia.
74	6401	27-III-75	Ind.	DECRETO por el que se declara zona de reserva a favor del Estado para la exploración e investigación de recursos minerales de lignito en el área denominada "Játiva", inscripción núm. 9, comprendida en la provincia de Valencia.
78	6613	1-IV-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción practicada correspondiente a la petición presentada sobre propuesta para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para toda clase de yacimientos minerales y demás recursos geológicos incluidos en la sección C, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Badajoz y Córdoba.
80	6815	3-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos "Zona XXV, Cabrajas del Pinar", comprendida en la provincia de Soria.
80	6815	3-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Segovia Uno", de la provincia de Segovia.
80	6815	3-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Guadalajara Uno-Córcoles", comprendida en la provincia de Guadalajara.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
80	8816	3-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Cáceres Cincuenta y Dos", de la provincia de Cáceres.
81	6938	4-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos, en el área denominada "Castellón Uno-Ventas de Bergis", de la provincia de Castellón de la Plana.
86	7454	10-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se declara reserva provincial a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Salamanca Treinta y Ocho", de la provincia de Salamanca.
VARIOS				
51	4255	28-II-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Haro un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del río Oja o Glera, en los términos municipales de Villalobar de Rioja y Baños de Rioja (Logroño), con destino a ampliación del abastecimiento de agua potable.
55	4590	5-III-75	Gob.	RESOLUCION por la que se registra, como agua potable de manantial, el agua "Mariola" (envasada), del término municipal de Jávea (Alicante).
55	4590	5-III-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización a don Juan Escoda Rovira de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas, en rrenos de dominio público, de los barrancos de Coll Roig y del Aguila, en término municipal de Prasdip (Tarragona), con destino a riesgos por pie.
69	5856	21-III-75	Ind.	DECRETO sobre ampliación de la Zona de Preferente Localización Industrial Minera de Santiago de Compostela (La Coruña).
76	6468	29-III-75	Gob.	DECRETO por el que se regulan las especificaciones microbiológicas a las que han de ajustarse las aguas mineromedicinales envasadas.
78	6568	1-IV-75	Ind.	ORDEN por la que se aprueban las normas de homologación de aparatos radiactivos.
78	6599	1-IV-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Charles Roger Alan Swynerton un aprovechamiento de aguas públicas subálveas, en terrenos de dominio público, del arroyo Zamorana, en término municipal de Alhaurín de la Torre (Málaga), con destino a riego y usos domésticos, no potables.
79	6705	2-IV-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Ramón Villajosana Bertrán y don Jaime Garriga Sampons un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera Fábregas y río Cardoner, en término municipal de Navas (Barcelona), con destino a riego y atenciones de una granja.
80	6798	3-IV-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don José Auge Civera un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Mas Llibre, en término municipal de Dosrius (Barcelona), con destino a riegos de espacios verdes, usos domésticos y atenciones de una piscina.
81	6911	4-IV-75	Gob.	RESOLUCION por la que se autoriza el envasado de agua potable del manantial "La Tosca", en botellas, con capacidad de un litro y medio, un litro y medio litro.
82	7083	5-IV-75	Gob.	RESOLUCION por la que se concede a don José Pont Costa un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de Mayá, en término municipal de Moncalp (Gerona), con destino a riegos por aspersión, usos domésticos, excepto bebida, y atenciones de ganado.
90	7789	15-IV-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía de la riera de Canyamas, en término municipal de Dosrius (Barcelona), con destino de riego a pie, a favor de don Feliciano Homs Castel.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

SERVANDO DE LA CRUZ REINA: *Un modelo del manto superior*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 91-94.

Ha construido un modelo experimental escalado a los parámetros del manto superior de la Tierra. Estudia así el comportamiento de una capa fluida horizontal internamente calentada y enfriada desde arriba. Las características de los patrones convectivos observados favorecen a la convección térmica como el principal mecanismo para explicar los movimientos del manto y sus consecuencias en relación con la Nueva Tectónica Global y el origen del vulcanismo.—L. DE A.

BRUNO FERRARI y J. G. VIRAMONTE: *Contribución al conocimiento de la Geomorfología Regional de Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 95-103.

Los autores, en base a una serie de análisis de rasgos geológico-geomorfológicos del área de estudio, proponen ideas acerca de la existencia de líneas estructurales regionales poco observadas y señaladas anteriormente. Tratan de demostrar que estos rasgos están controlados por una tectónica denominada "Secundaria" (por ser distinta de la "Principal", paralela al graben) de dirección N-S-SSW y E-W-ESE-WNW, forman una suerte de red de retícula dislocada que abarca toda Nicaragua y se proyecta a resto de Centroamérica.

Los rasgos estructurales "secundarios" controlan la red hidrográfica, las costas, la localización, evolución y migración de volcanes, las mineralizaciones, las manifestaciones geotermales, etc. Señalan, en base a lo anterior, la importancia de esta tectónica, la más activa en la actualidad y la responsable de los cambios estructurales actuales que afectan a numerosos fenómenos importantes. Exponen algunas ideas sobre las posibles causas de generación de estas estructuras, señalando la posibilidad de que se derivan de la compresión ejercida sobre el Istmo, por los fondos marinos en un desplazamiento oblicuo conjugado. Recalcan la importancia de estas observaciones y ponen énfasis en

la necesidad de un estudio más detallado posterior para lograr definir la verdadera magnitud del fenómeno.—L. DE A.

JULIO L. GARAYAR S. y JOSÉ G. VIRAMONTE: *Hallazgo de peridotitas en Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 105-114.

Describe un cuerpo diferenciado de peridotita que forma parte de un stock del tipo intermedio; primera manifestación de este tipo de rocas encontrado en Nicaragua. El stock está situado al Norte del país, en las cercanías del pueblo de San Juan del Río Coco (Depto. de Madriz), teniendo una extensión de 52 kilómetros cuadrados aproximadamente. La formación, Pre-Terciario, está constituida por peridotitas, dioritas hornblendíferas, tonalitas biotíticas y granodioritas muscovíticas; la intrusión corta a las rocas metamórficas indiferenciadas del Pre-Terciario. Este intrusivo es aislado y aparentemente diferente del Betolito de Dipilto, que se emplazó durante la orogenia Laramídica. Actualmente están haciendo estudios radiométricos para determinar la edad absoluta de las formaciones metamórficas, así como de los intrusivos mencionados.

Las peridotitas hornblendíferas están compuestas de olivino, hornblenda, piroxeno (augita); opacos (pirrotina) y serpentina. Se presenta holocristalina granular, hipautomórfica: los olivinos se encuentran "craquelados" con serpentinización débil. El afloramiento alcanza un kilómetro cuadrado y se encuentra en forma transicional con las dioritas hornblendíferas.

Las tonalitas biotíticas están rodeando a las dioritas hornblendíferas formando un contacto definido y como facie final de la diferenciación del magma tipo siálico, se presentan grabodioritas muscovíticas, que se hallan en partes periféricas de las tonalitas biotíticas; o quizá sean una alteración hidrotermal posterior a las tonalitas. Además se encuentran diques de pegmatitas de composición granodiorítica, apfilitas y vetas de cuarzo que están cortando tanto al intrusivo como a las rocas metamórficas.

Los autores realizan un detallado estudio químico petro-

gráfico de las diferentes rocas que componen a este cuerpo intrusivo.—L. DE A.

STEPHEN E. KESLER y WILLIAM L. JOSEY: *Comparison of the pre-late paleozoic basement complex on opposite sides of the Cuoco-Chixoy-Polochic fault zone in Western Guatemala and Southern México*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 115-122

El Complejo Basal prepérmico de la América Central está expuesto en una zona arqueada con rumbo SE en Chiapas (México) y rumbo E en Guatemala occidental. Este arco está cortado por la zona de falla Cuilco-Chixoy-Polochic, que parece estar localizada afectando la Placa Americana y la Placa del Caribe en el Terciario. En Chiapas, el lado N de la falla del Complejo Basal consiste en su mayor parte en rocas intrusivas, granodioritas sin foliación, excepto en Pijijiapan y Escuintla, donde hay rocas metasedimentarias, gneiss y esquistos, de cuarzo-feldespatos-biotita. El mármol solamente se conoce en una sola localidad en Guatemala. Al sur de la falla, el Complejo Basal consiste en rocas intrusivas no foliadas, de composición granodiorítica en la parte SW y de rocas metasedimentarias entre las cuales prevalece el mármol (Mármol Pucal), en la parte NE. Estos metasedimentos tienen correlación con el Grupo Chuacús de Guatemala.

Al N de la Falla Cuilco-Chixoy-Polochic han reconocido solamente un período de plegamiento (pre-Pérmico). Al S de la falla, en Guatemala occidental, las rocas del Complejo Basal han pasado por dos eventos de plegamiento. El primero de éstos, el más fuerte, tiene correlación con el único que afecta las rocas de Chiapas.

Esta formación restringe el desplazamiento siniestro dentro de la Placa Americana y la Placa del Caribe. Si las rocas sedimentarias de Chiapas y Guatemala fueran equivalentes, la relación en el ángulo de los rumbos de plegamiento de los dos lados limitaría el desplazamiento a menos de 150 kilómetros. De otra manera, si las rocas intrusivas granodioríticas tienen correlación, el desplazamiento sería mucho menor, quizá del orden de 50 kilómetros. Sin embargo, no se ha logrado encontrar evidencia de dos eventos de plegamiento al lado N de la Falla Cuilco-Chixoy-Polochic, y, por consiguiente, ésta pareciera indicar que las placas Americana y del Caribe estuvieron separadas en parte durante el Paleozoico Medio.—L. DE A.

EDUARDO MARÍN CASTILLO, ELISEO UBEDA GONZÁLEZ y JOSÉ VIRAMONTE OTERO: *Contribución al conocimiento de la génesis del "Talpetate" en Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; páginas 123-138.

Estudian la génesis de un material popularmente denominado "Talpetate", presente en algunos suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas de la costa pacífica de Nica-

ragua. Desde el punto de vista geológico-pedológico, la naturaleza de este material plantea numerosos problemas para su génesis y clasificación, además causa limitaciones en la utilización de estos suelos. Los horizontes de Talpetate se encuentran a la profundidad de 20 a 70 cm., su potencia varía entre 30 cm. y 100 cm. El Talpetate presenta una notable uniformidad de composición mineralógica y química. Las variaciones se deben a diferentes estados de evolución. Se originó sobre acumulaciones de piroclásticos básicos, ricos en partículas de vidrio, depositados en ambientes subaéreos o accidentalmente en cuerpos de agua de poca profundidad, con escasa o nula contaminación de materiales terrígenos.

La particular evolución del Talpetate, se interpreta como debido a la poca potencia que presenta su estructura, textura, composición y cercanía a la superficie, lo cual permite su fácil alteración. La uniformidad de la composición, su particular distribución, limitada a un área relativamente pequeña, y la presencia de varios horizontes de Talpetate a lo largo de los perfiles, hacen pensar en que estos materiales han sido derivados de un mismo complejo volcánico de igual composición. Desde el punto de vista químico, el Talpetate es una roca afectada por un incipiente y particular proceso de laterización. Concluyen que el Talpetate es un tipo de toba mixta basáltica, la cual debido a su escasa potencia y posición en el perfil, se encuentra en diferentes grados de edafización.—L. DE A.

MAXIMILIANO MARTÍNEZ y JOSÉ G. VIRAMONTE: *Estudio Geológico de la Cordillera de los Marrabios, Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 139-148.

La Cordillera de los Marrabios consta principalmente de los volcanes: Chonco, San Cristóbal, Casita, Telica, San Jacinto, Santa Clara, Rota, Cerro Negro, Las Pilas, El Hoyo, Asosca y Momotombo; sigue una orientación SE-NW y se aloja en el sector noroccidental de Nicaragua. Con base en la geomorfología los autores han agrupado los volcanes en cinco complejos: 1) San Cristóbal, 2) Telica, 3) Rota, 4) El Hoyo y 5) Momotombo. Cronológicamente se dividieron en tres grupos de edades: 1) aparatos volcánicos antiguos de probable edad Plio-Pleistocénica, 2) aparatos volcánicos antiguos de probable edad Pleistocénica, y 3) aparatos volcánicos recientes e históricos.

El vulcanismo ha tenido su base piroclástica aparentemente intensa en los inicios del Cuaternario, abarcando una considerable extensión. Estos piroclásticos pueden representar un cambio de facies de la Formación Las Sierras, alojada más al SE, o bien constituyen un grupo independiente correlacionable con los períodos de actividad de las distintas formaciones. Describen numerosas calderas de colapso, de explosión y colapso, y de explosión solamente, algunas de las cuales, por su posición, han escindido la Formación

Las Sierras y otras, en cambio, se han producido sobre algunos aparatos volcánicos.

Estudios petrográficos sugieren una estrecha correspondencia entre geomorfología, cronología y litología. Con base en estos criterios definieron tres formaciones volcánicas, asociadas posiblemente a sus correspondientes equivalentes piroclásticos: Formación Volcánica I, formada aparentemente de abajo hacia arriba por diabasa olivínica, andesita con xenolitos diabásicos y finalmente andesitas vitrofídicas con algunas intercalaciones de basaltos augíticos normales. Formación Volcánica II, caracterizada por la sucesión alterante de andesita y basalto augítico normal. Formación Volcánica III, comprende basalto livínico, siendo muy raros basalto normal y andesita. Proponen utilizar estos patrones para la correlación con otros complejos de la cadena volcánica Pacífica, ya que algunos estudios preliminares acusan las mismas sucesiones petrográficas descritas. Incluye un detallado estudio químico-petrográfico de las diferentes formaciones.—L. DE A.

F. RIVIER: *Contribución estratigráfica sobre la Geología de la Cuenca de Limón, Zona de Turrialba, Costa Rica*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 149-160.

En su esquema paleogeográfico introduce el contexto geológico de las secciones estratigráficas de la región de Turrialba, situadas en el costado Norte de la Cordillera de Talamanca. Costa Rica estaba ocupada del Cretácico superior al Eoceno superior por una fosa oceánica NW-SE extendiéndose sobre el actual emplazamiento de la Cordillera de Talamanca, prolongándose al Norte hasta el margen Sur del lago de Nicaragua (zona de Rivas), y donde se asentaban series volcánicas sedimentarias de grandes espesores (7.000 a 8.000 metros). Después del Eoceno superior la sedimentación volcánica sedimentaria se interrumpe y los depósitos Oligocenos parecen indicar un ambiente nerítico semicerrado. El levantamiento de la Cordillera de Talamanca durante el Mioceno provoca el hundimiento de la zona Norte de Limón, que se terminará en el Cuaternario con el hundimiento del "graben" de Nicaragua, cuyo prolongamiento se continúa en Costa Rica, al Norte de la Cordillera Volcánica Central.

Las secciones estudiadas en la zona de Turrialba, han mostrado variaciones importantes de facies y de espesor en pequeñas distancias de las series Eoceno superior al Mioceno. Estas variaciones le han permitido poner en evidencia un episodio arrecifal en el pasaje Oligoceno-Mioceno y han confirmado la presencia de episodios arrecifales en la serie del Eoceno superior. Estos datos hacen aparecer en el margen Norte de la Cordillera de Talamanca un desplazamiento de las zonas de "altos fondos", del Sur hacia el Norte, desde el Eoceno superior al Mioceno, traduciendo los movimientos de levantamiento de la Cordillera de Talamanca.—L. DE A.

GILBERT TAYLOR: *Preliminary report on the Stratigraphy of Limon, Costa Rica*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 161-166.

Las interpretaciones anteriores de la geología de los alrededores de Puerto Limón (Costa Rica) han supuesto un fallamiento considerable para interpretar la yuxtaposición de litologías muy diferentes. El levantamiento geológico detallado muestra relaciones muy completas de facies entre sedimentos clásticos y calizas de la parte superior del Neogeno. La única deformación concierne fallas radiantes de la Doma Victoria al Este y pliegues suaves con cambios de inclinación hasta 25°.

Ríos al norte y al sur de Limón trazaron la deposición Neogena en el área. Evidencia de estos ríos se halla en la presencia de gravas y conglomerados gruesos y buenas estructuras de corte y relleno. La deposición marina empezó con rocas clásticas finas en la zona de Amphistegina (profundidad de ± 50 m.). La deposición clástica en esta zona profunda se alternó con la construcción de arrecifes coralinos. Láminas anchas de sedimento cubrieron rumbos de arrecifes ya existentes. La extensión superficial de estas láminas clásticas fue determinada por la posición relativa de las embocaduras fluviales en el área estudiada. Arrecifes, con las especies modernas Poritas, Diploria y Montastrea, se desarrollaron en esta serie clástica. Los arrecifes primeros son delgados (2-3 m.), mientras los arrecifes más jóvenes alcanzaron un espesor más grande, hasta 15 metros en el penúltimo rumbo del arrecife. Tras los arrecifes más jóvenes se formaron lagunas, en las cuales se depositaron sedimentos clásticos en una biofacies ostrácodos *Criboelphidium*. Sobre el penúltimo arrecife y cubriendo la mayor parte de la mesa al este de Limón, se halla un limo Pleistoceno (con *Truncorotalia truncatulinoides*) depositado en la zona de profundidad de *Uvigerina Perigrina* (± 150 m.). Este limo está cubierto por rumbos de arrecifes coralinos y es el sedimento clástico más joven en la región.—L. DE A.

W. A. VAN DEN BOLD: *La posición estratigráfica de la formación La Boca, Panamá, Zona del Canal*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; páginas 167-170.

Estudio de ostrácodos de muestras de afloramientos a lo largo de la parte del Canal, llamada "Gaillard Cut" y de muestras de perforaciones hechas en relación con trabajos de la Comisión del Canal, han hecho posible la subdivisión de la Formación La Boca en tres zonas, correspondientes a la profundidad de deposición de los sedimentos. La zona inferior es de facies salobre, la zona superior de facies marina bastante profunda. La zona media, de facies poco profunda, se puede separar en dos partes según un horizonte, que se puede reconocer en otras partes de la región

Caribe y de América Central; a saber, en Guatemala, Cuba y Puerto Rico. De esta manera es posible indicar que la Formación La Boca corresponde a las zonas planctónicas N 6 y N 7 de Blow en la Región Caribe. Esta correlación confirma la de Blacut y Kelpell con la Saucian en California.

Le parece posible sugerir que la Formación Culebra es, aproximadamente, equivalente a la Formación La Boca en facies continental y salobre con una invasión marina, poco profunda, correspondiente a la parte superior de la Formación La Boca.—L. DE A.

JOSÉ G. VIRAMONTE y ROBERT L. WILLIAMS: *Estudio preliminar sobre las ignimbritas andesíticas de Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 171-177.

Los estudios llevados a cabo por la División de Geología de Catastro y Recursos Naturales, con la asistencia del Servicio Geológico Nacional, revelan que las ignimbritas andesíticas están más difundidas dentro de la secuencia volcánica Terciaria del occidente de Nicaragua que lo creído previamente. Son probablemente del Mioceno o de más edad y se presentan en una faja extendida desde la orilla de las montañas de las tierras del interior, con dirección sur-occidental a través de mesas adyacentes, hasta las planicies que rodean la parte este del Lago de Nicaragua y afloramientos discontinuados dentro de la parte noroccidental de la Depresión Nicaragüense.

Recalcan las características petrográficas. La nomencla-

tura de las formaciones es provisional y está sujeta a revisión después de la finalización de los detallados estudios en curso de campo, químicos y radiométricos.—L. DE A.

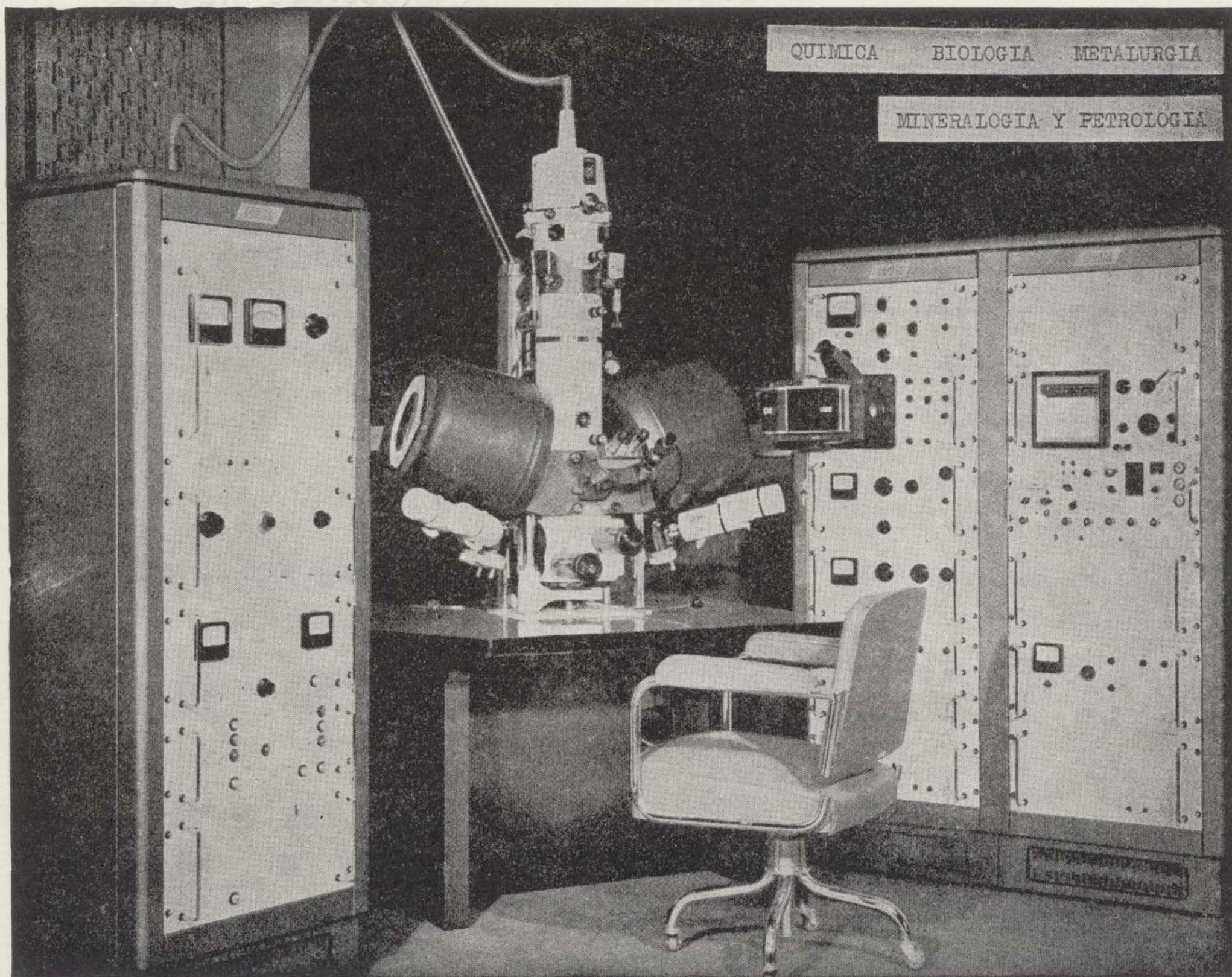
WOODRING, W. P.: *Affinities of Miocene Marine Molluscan Faunas on Pacific Side of Central America*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; páginas 179-187.

Los moluscos marinos del Mioceno se encuentran en el lado Pacífico de América Central, desde Darién hacia el norte hasta la parte sur de Nicaragua. Estos moluscos tienen diversas afinidades zoogeográficas. Algunos tienen afinidades Panamenias, de acuerdo con los términos de la sucesión de faunas en el centro de Panamá, mientras que otros tienen afinidades Peruanas o Peruanas-Ecuatorianas.

Los moluscos encontrados entre Darién o el extremo suroccidental de Costa Rica, tienen afinidades Panamenias y varían en edad desde el Mioceno inferior al Mioceno superior. Las afinidades de una fauna pequeña del Mioceno medio procedente del interior de Costa Rica y de la Formación El Fraile (Mioceno medio) de Nicaragua, también son Panamenias. En contraste, las Formaciones Punta Carballo (Mioceno inferior) y Moctezuma (Mioceno superior) de Costa Rica, y la Formación El Salto (Mioceno inferior o Plioceno) de Nicaragua, tienen afinidades Peruanas y Peruanas-Ecuatorianas.

El autor realiza las preguntas siguientes: ¿Cuáles son las implicaciones de las diversas afinidades zoogeográficas? ¿Será que involucran más que cambios en los patrones de las corrientes marinas?—L. DE A.

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

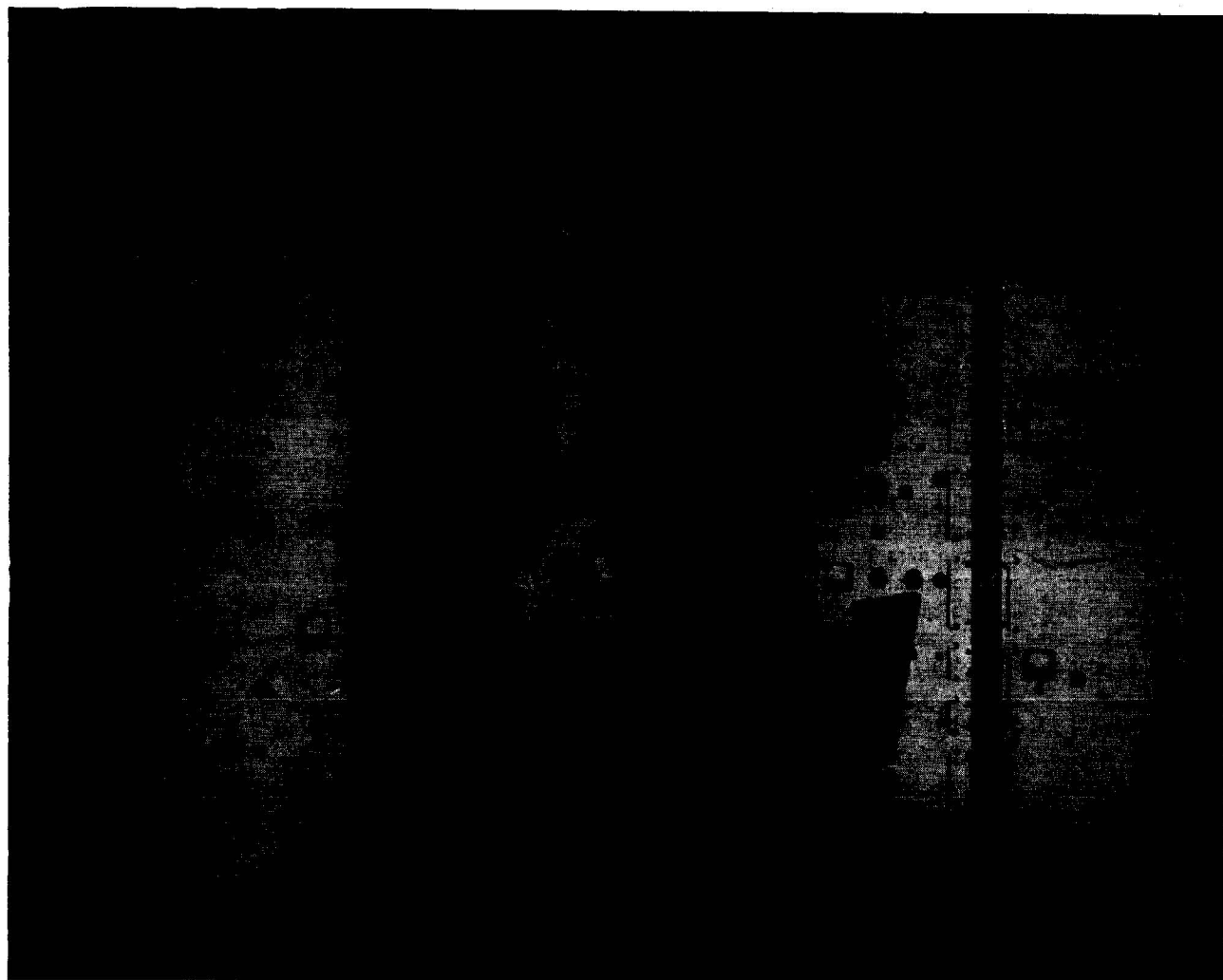
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.

SONDEOS:

PARA MINERIA.
PARA ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
PARA EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES.

- Personal altamente experimentado.
- Profundidades superiores a 2.000 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

TELEF. 261 08 01

MADRID - 6

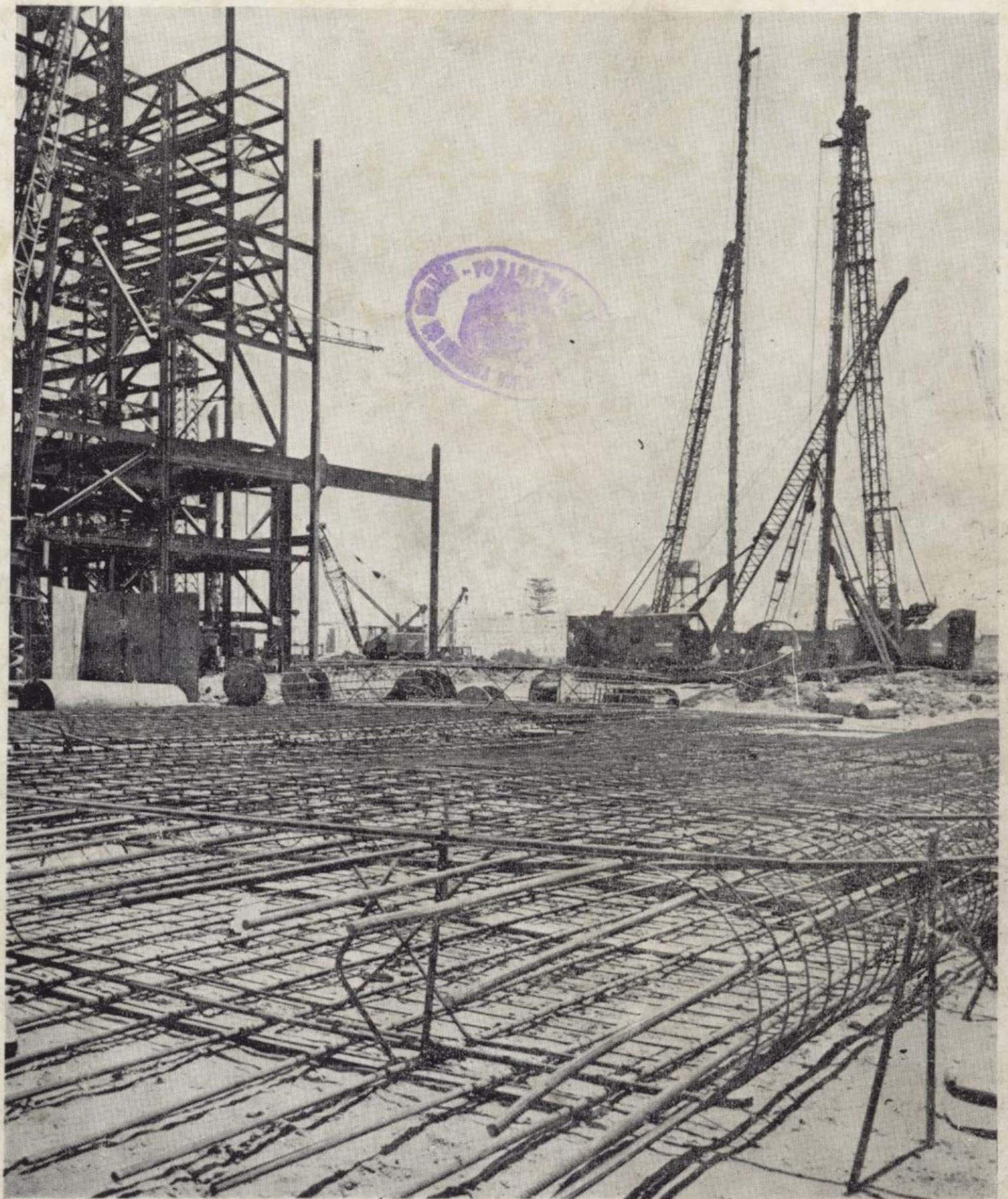
DELEGACIONES EN:

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

EL AAIUN (Sahara)



- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO
- * SONDEOS MINFROS
- * CAPTACION DE AGUAS
- * INYECCIONES
- * PROGRAMAS DE CALCULO
- * RECALCES
- * ANCLAJES
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * INFORMES Y ASESORIA SOBRE MECANICA DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * TABLESTACADOS
- * PILOTES EXCAVADOS
- * ZAPILOTES
- * MICROPILOTES
- * PILOTES HERKULES
- * PILOTES PRETENSADOS
- * GUNITADOS
- * PANTALANES Y OBRAS MARITIMAS ESPECIALES



CENTRAL TERMICA DE ALGECIRAS. Compañía Sevillana de Electricidad. Cimentación del 2.º Grupo mediante pantalla continua y pilotes planos de 80 cm. de espesor y profundidad 25 mts. Medición total ejecutada: 5.924 m².

KRONSA

OFICINAS CENTRALES

MADRID-20
Comandante Zorita, 2 - 4º
Telefs. 2549400 y 2531900
Edificio ATYKA
Telex: AGREC - 23332
Teleg. KRONsINTER

DELEGACIONES

BARCELONA - 6
Balmes, 152, 3º, 5ª
Telefs. 2180500 y 2180508

BILBAO - 11
Ercilla, 24, 4º
Telefs. 237366 y 237107

REPRESENTACIONES: Sevilla, Cádiz, Huelva, Málaga, La Coruña, Oviedo, San Sebastian
Cartagena, Valencia, Tarragona, Alicante