

En este número:

- Algunos procesos morfogenéticos recientes en el valle del río Alberche (sistema central español). La depresión de Aldea del Fresno-Almorox.
- Sobre algunos Aptychi del sur de Alicante.
- Génesis de los depósitos de hierro del suroeste de la provincia de Badajoz: mina Monchi.
- Características geológicas y geotécnicas de los depósitos del Cuaternario en la zona central de Asturias (Región de Pravia, Cornellana, Oviedo, Sama de Langreo, Sariego, Gijón y Avilés).
- Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fría del Triás de la Cordillera Ibérica. I) Caolinita y dickita.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVII, Primer Fascículo. Enero - Febrero 1976

# boletín geológico y minero

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





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



**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

**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.**

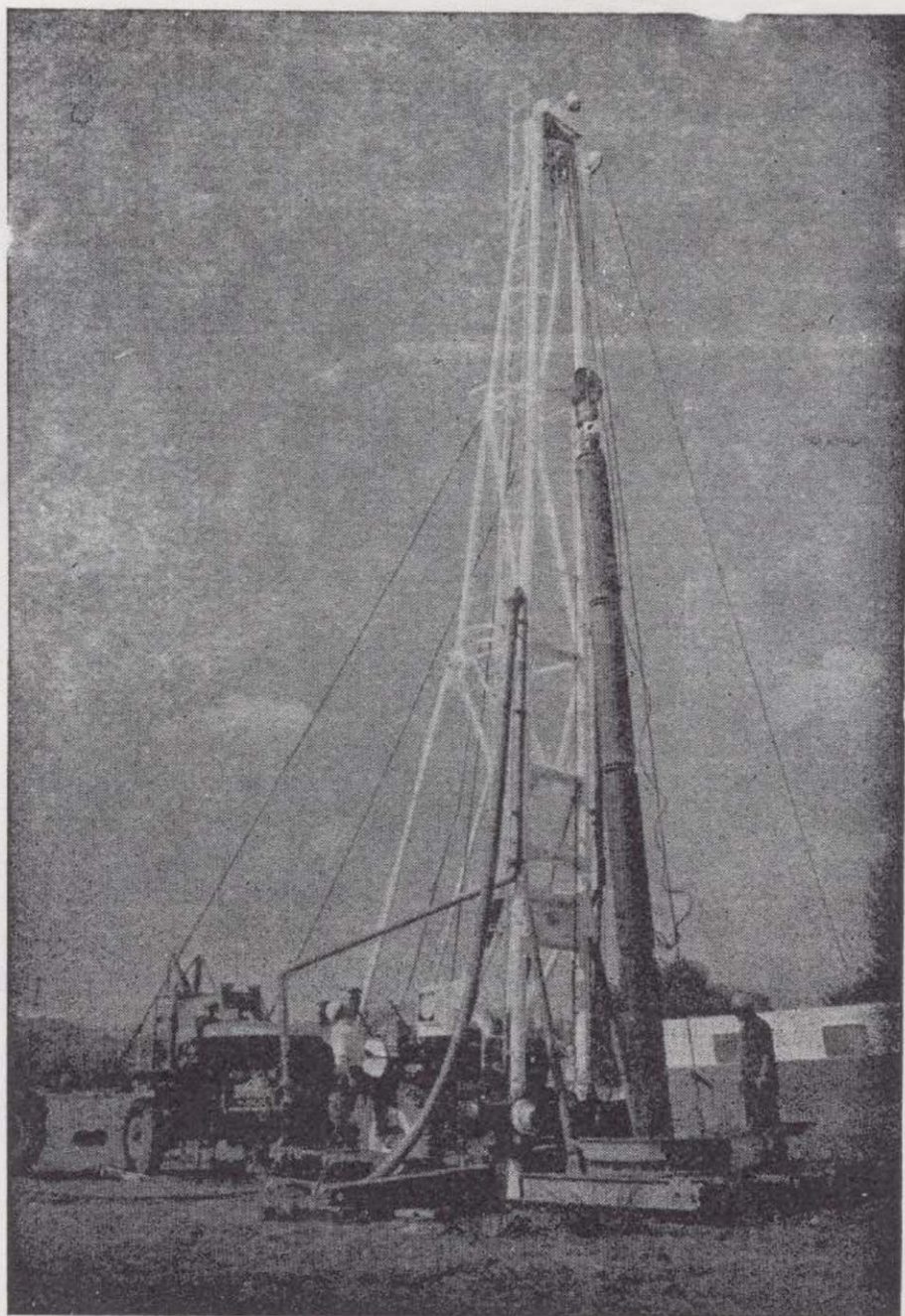
**Dr. Fleming, 3 - 5.º piso**

**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 «Wire-Line System».
- Testigueso continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.
- Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.



## **ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS**

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

# **AGUA Y SUELO, S. A.**

**Dr. Fleming, 3 - 5.º piso**

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

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

## **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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

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

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

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

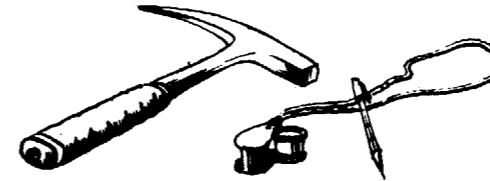


**FINA IBERICA S.A**

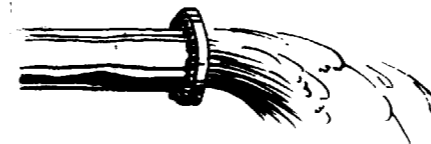
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

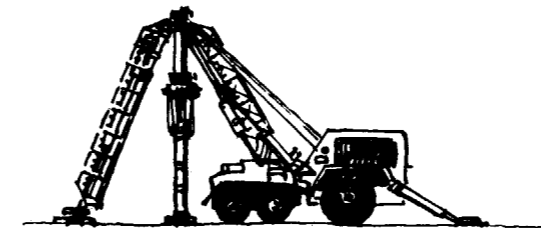
Tno. 2 59 78 04



Investigacion  
Geologica



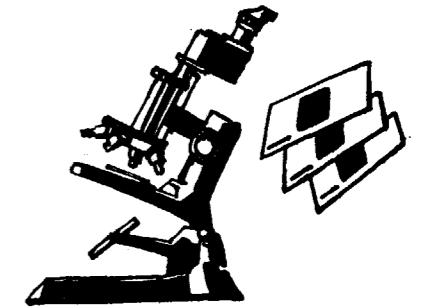
Hidrogeologia



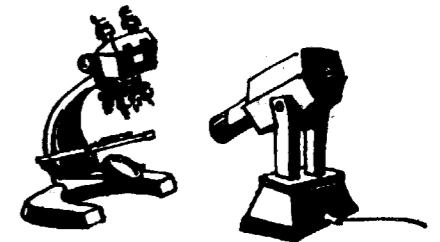
Perforacion



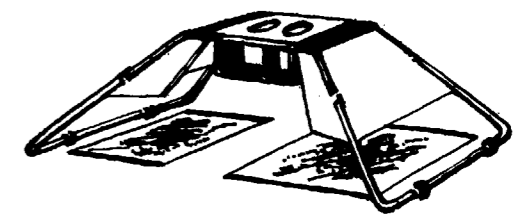
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia

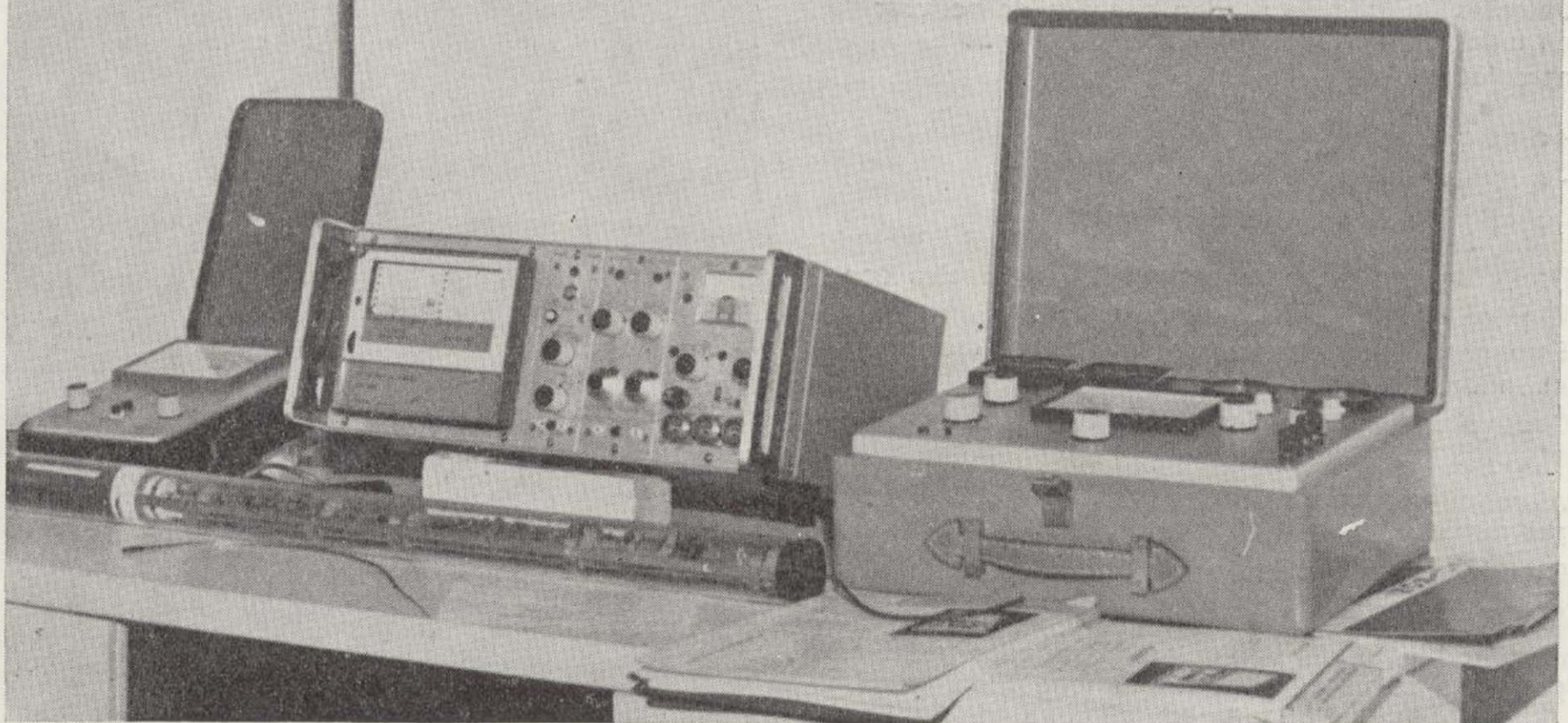
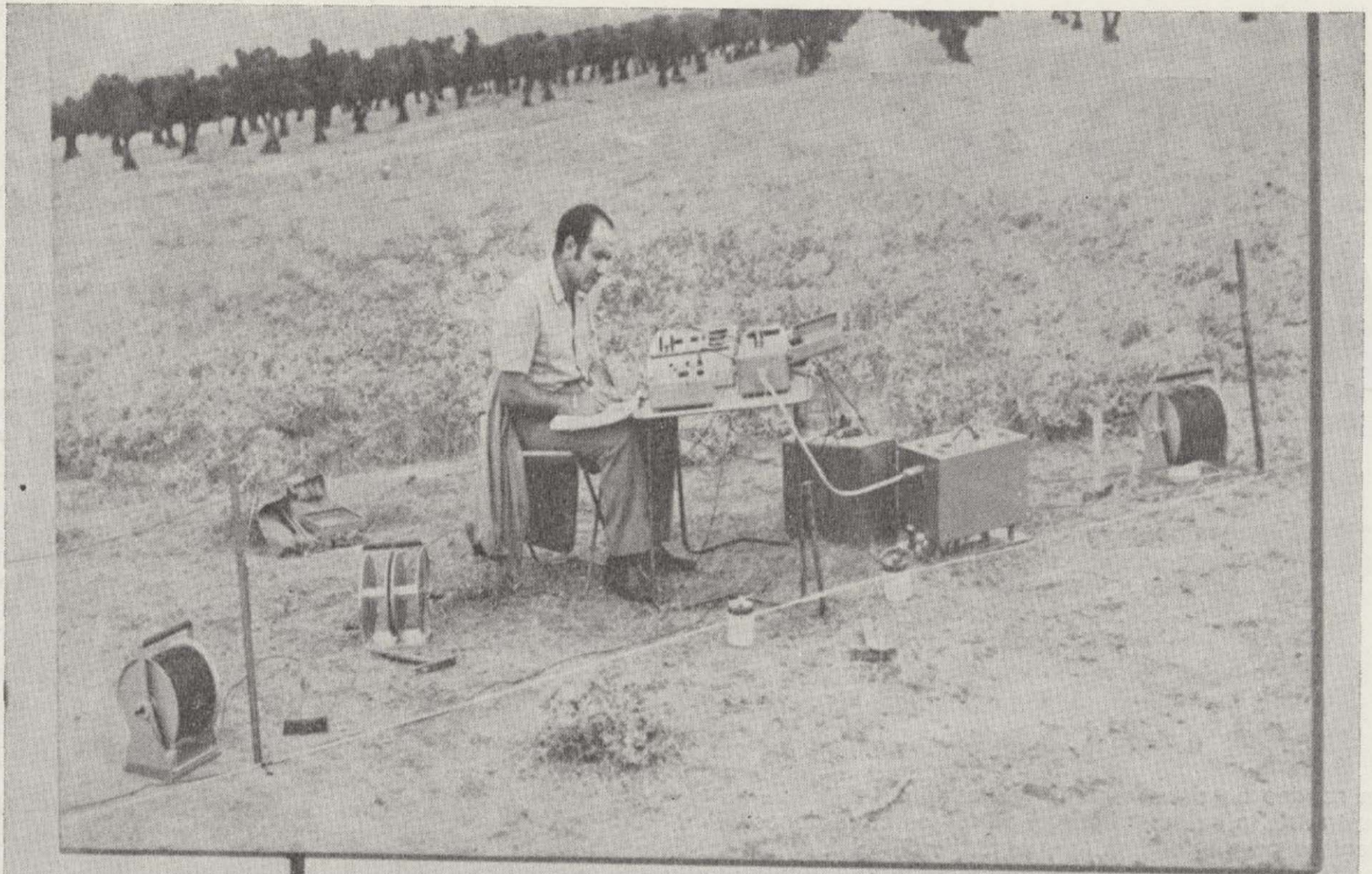


Laboratorio

# 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

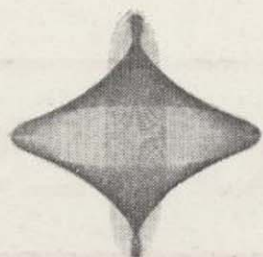
MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

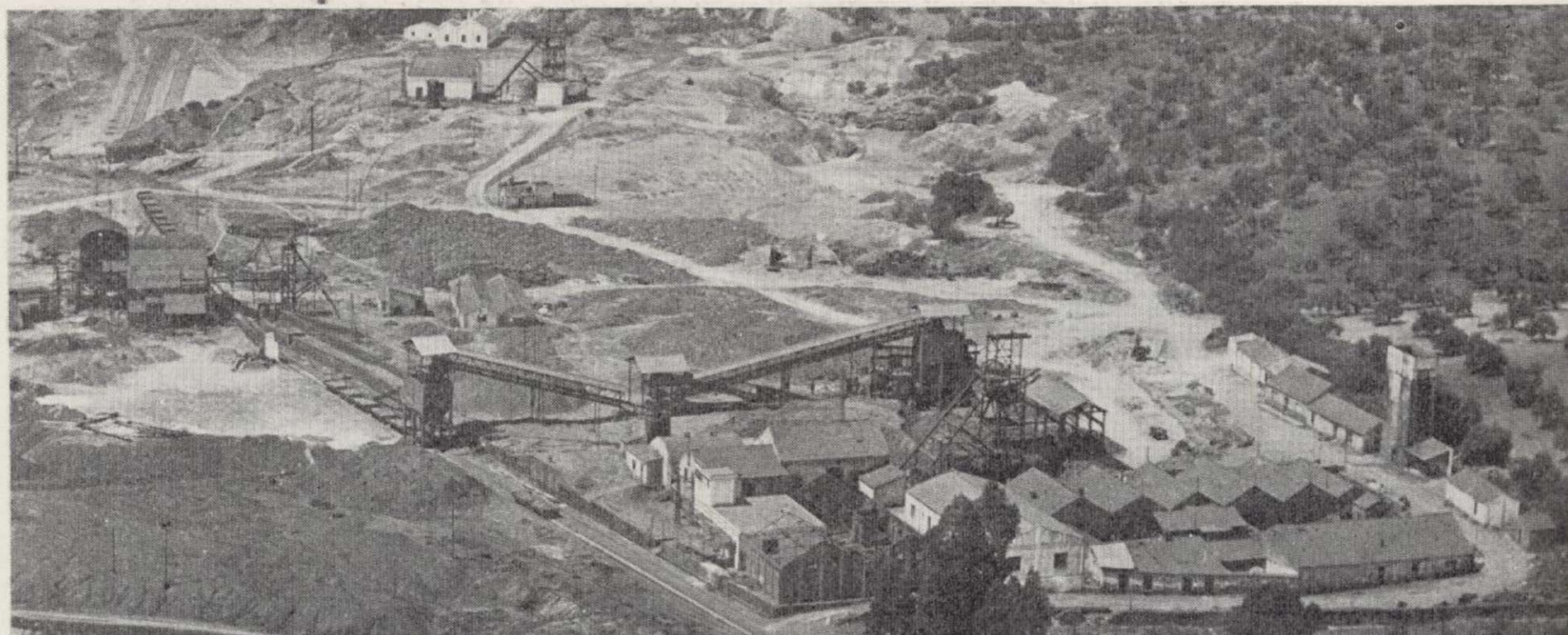
TESTIFICADORES ELECTRICOS  
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS



# 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

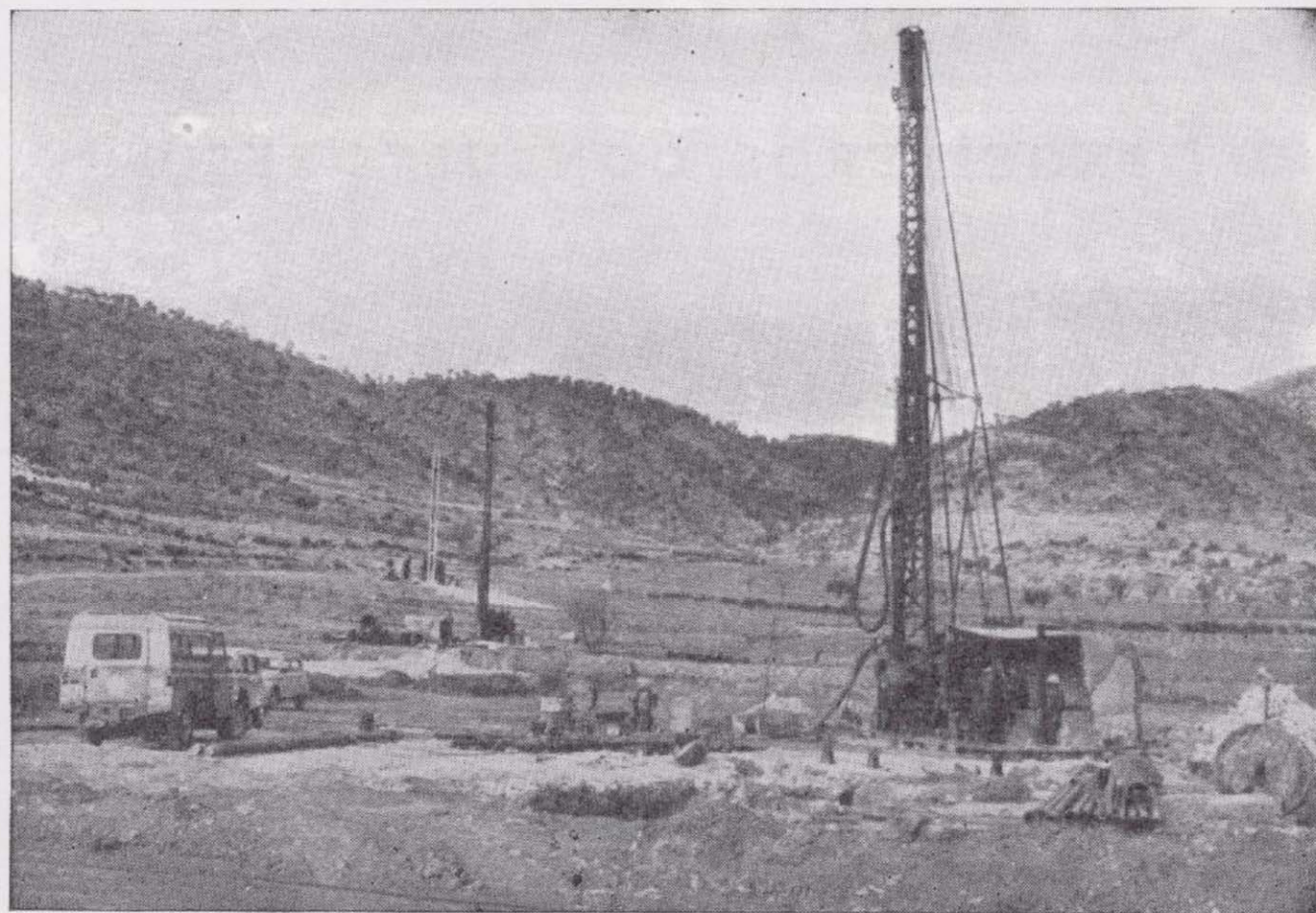
ESTUDIOS DE DESARROLLO REGIONAL  
ORDENACION DEL TERRITORIO  
DESARROLLO TURISTICO  
ESTUDIOS SECTORIALES  
ESTUDIOS DE VIABILIDAD  
ESTUDIOS DE TRANSPORTES  
ESTUDIOS ECONOMICO - FINANCIEROS

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.

# SONDEOS RODES



**SONDEOS PARA**

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

**ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.**

**ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.**

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

★ ★ ★

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

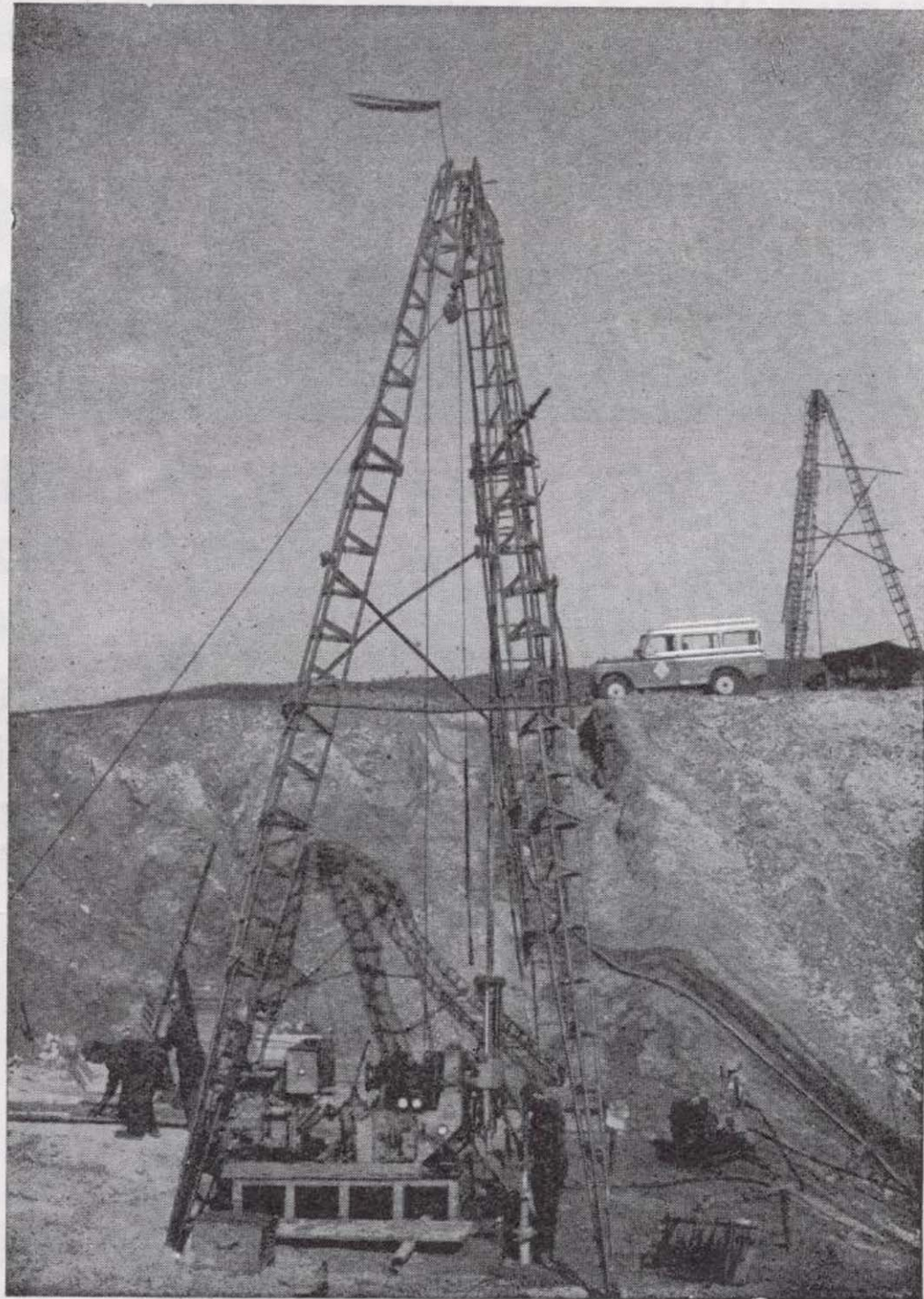
★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

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

**VILLENA (Alicante)**

**TERRATEST  
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.

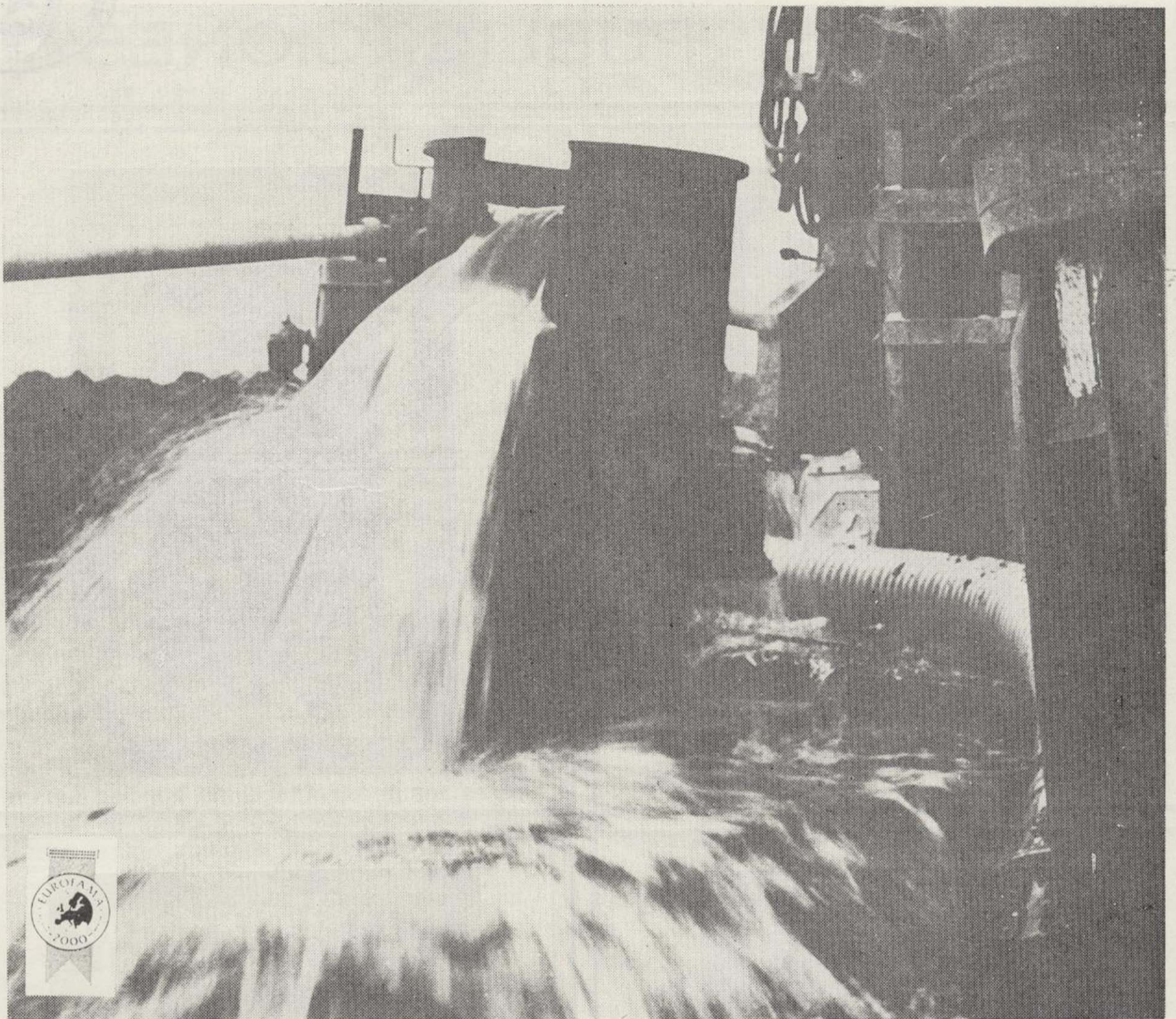
**Perforación de Producción.** - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

**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





## **El largo camino hacia el agua exige equipos y experiencia: Nosotros sabemos llegar.**

Nosotros alumbraremos el agua que espera bajo sus pies.

Disponemos de modernos equipos capaces de trabajar en cualquier tipo de terreno, contamos con personal especializado en las más avanzadas técnicas de sondeo y llevamos más de veinticinco años captando aguas subterráneas.

En definitiva, estamos preparados para proporcionarle el caudal que usted necesita. Pídanos información.

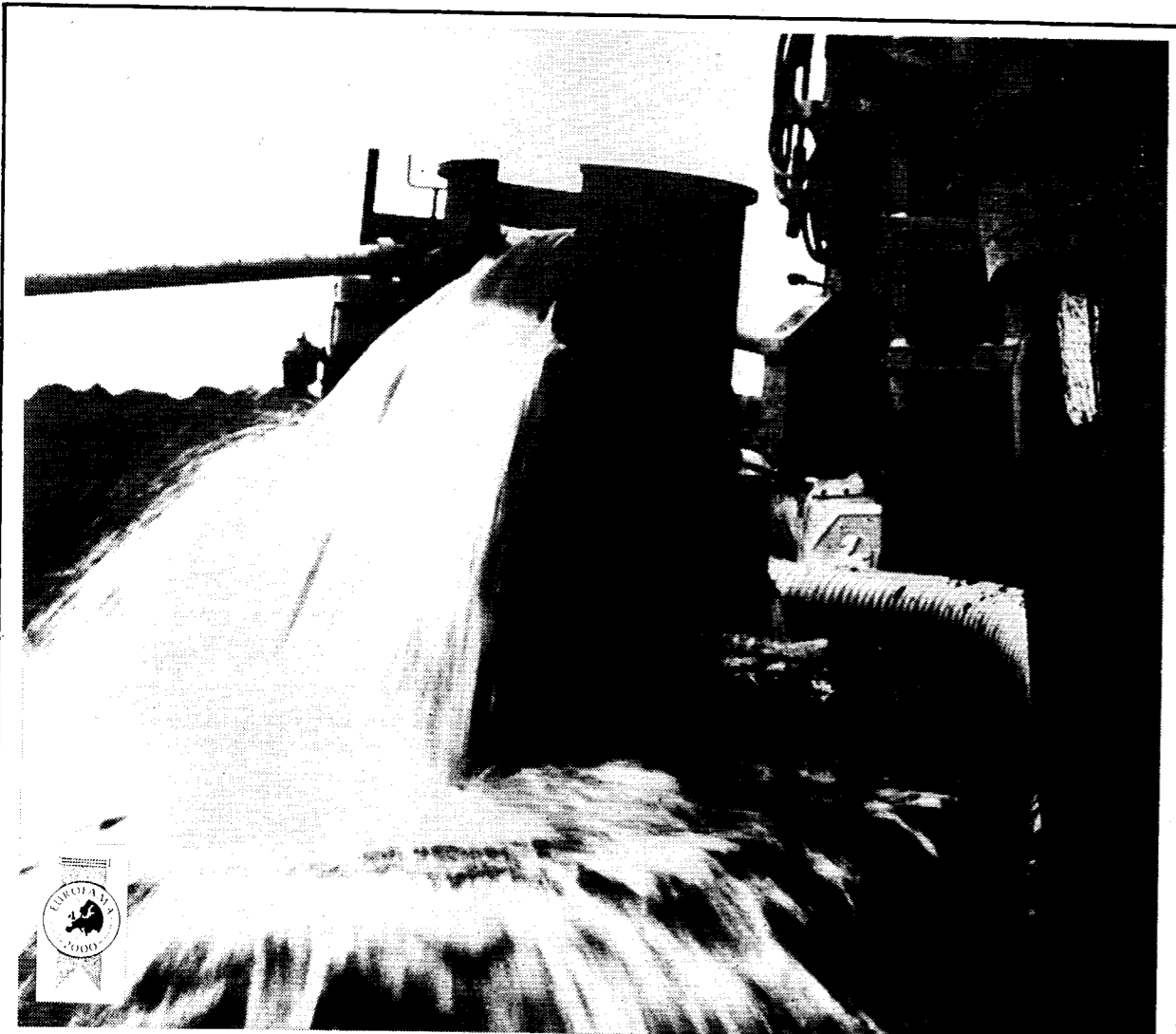


**Vegarada**  
PERFORACIONES

Guzmán el Bueno, 133

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

Delegaciones regionales en toda España



**El largo camino hacia  
el agua exige  
equipos y experiencia:  
Nosotros sabemos llegar.**

Nosotros alumbraremos el agua que espera bajo sus pies.  
Disponemos de modernos equipos capaces de trabajar en cualquier tipo de terreno, contamos con personal especializado en las más avanzadas técnicas de sondeo y llevamos más de veinticinco años captando aguas subterráneas.  
En definitiva, estamos preparados para proporcionarle el caudal que usted necesita. Pídanos información.

Delegaciones regionales en toda España



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

**Tomo 87**

**Fascículo I**

**Enero - Febrero 1976**

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	J. DE PEDRAZA GILSANZ: Algunos procesos morfogenéticos recientes en el valle del río Alberche (sistema central español). La depresión de Aldea del Fresno-Almorox ... ..	1
	J. LILLO BEVIA: Sobre algunos <i>Aptychi</i> del sur de Alicante ...	13
<b>Minería</b>	CASILDA RUIZ GARCÍA: Génesis de los depósitos de hierro del suroeste de la provincia de Badajoz: mina "Monchi" ... ..	15
<b>Geotecnia</b>	J. A. MARTÍNEZ-ALVAREZ y M. TORRES-ALONSO: Características geológicas y geotécnicas de los depósitos del Cuaternario en la zona central de Asturias (Región de Pravia, Cornellana, Oviedo, Sama de Langreo, Sariego, Gijón y Avilés) ... ..	32
<b>Estudio de Minerales y Rocas</b>	M.ª RUIZ CRUZ y M. A. CABALLERO LÓPEZ LENDINEZ: Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fina del Trias de la Cordillera Ibérica. I) Caolinita y dickita ... ..	47
<b>Información</b>	Gestión y conservación de los acuíferos como consecuencia del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. IX Curso de Hidrogeología Aplicada y Seminario Internacional sobre "La Contaminación de las Aguas Subterráneas como consecuencia del vertido de residuos sólidos".—Noticias.—Mercado de minerales y metales.—Información legislativa. Notas bibliográficas ... ..	57

### DIRECCION Y REDACCION

Ríos Roas, 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

Roca aborregada modelada por la acción glaciaria cuaternaria. (Compárese la escala con la persona situada a la izquierda.) Circo de Gredos (Ávila).

Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

---

*Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-III-1976.*

# Algunos procesos morfogenéticos recientes en el valle del río Alberche (sistema central español). La depresión de Aldea del Fresno-Almorox<sup>(\*)</sup>

Por J. de PEDRAZA GILSANZ (\*\*)

## RESUMEN

El presente trabajo trata de aportar algunos datos para la interpretación de la evolución morfológica del sistema central español. En concreto, se define una nueva depresión relacionada o condicionada por la reciente actividad tectónica del valle.

## ABSTRACT

This writing is referred to Geological Structures influence in the Alberche river valley (sistema central español). It is defined as "Aldea del Fresno-Almorox", depression, as well as neotectonics moviments in this valley.

## INTRODUCCION

La complejidad de las fosas o depresiones internas, así como el trazado de la red hidrográfica, son problemas a los que todos los trabajos sobre la evolución del sistema central hacen referencia.

Al establecer la geología general, encaminada a la interpretación geomorfológica de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama, hemos podido observar una serie de elementos morfológicos, de especial importancia para la interpretación evolutiva de la cuenca del Tajo. Si bien, esos trabajos (1) quedan en su mayoría in-

cluidos dentro del macizo cristalino y nuestro objetivo fundamental es la clasificación del relieve, es evidente un paralelismo entre la evolución de las depresiones internas y externas.

Por esta razón, así como para una posible correlación y enlace con otros trabajos que se están desarrollando dentro de la Cuenca Terciaria Meridional, es por lo que pretendemos dar esta breve aportación, en la cual se establecen las características generales del valle del río Alberche y se define la, por nosotros llamada, "depresión de Aldea del Fresno-Almorox".

## I. CONTEXTO MORFOESTRUCTURAL DEL RIO ALBERCHE.

El sistema central español posee toda una serie de complejas líneas orográficas, tanto principales como subsidiarias, que pueden, en su conjunto, agruparse en tres grandes unidades: Somosierra y Guadarrama, con dirección prácticamente NE-SW; Gredos, con dirección casi E-W, y Gata y Estrella, tendientes igualmente a la dirección NE-SW. Estas tres grandes unidades for-

(\*) Comunicación presentada en la II Reunión Nacional del Grupo de Trabajo de Cuaternario, Jaca, septiembre de 1975

(\*\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Universidad Complutense (cátedra de Geodinámica Externa), Madrid.

(1) Los trabajos referidos son:

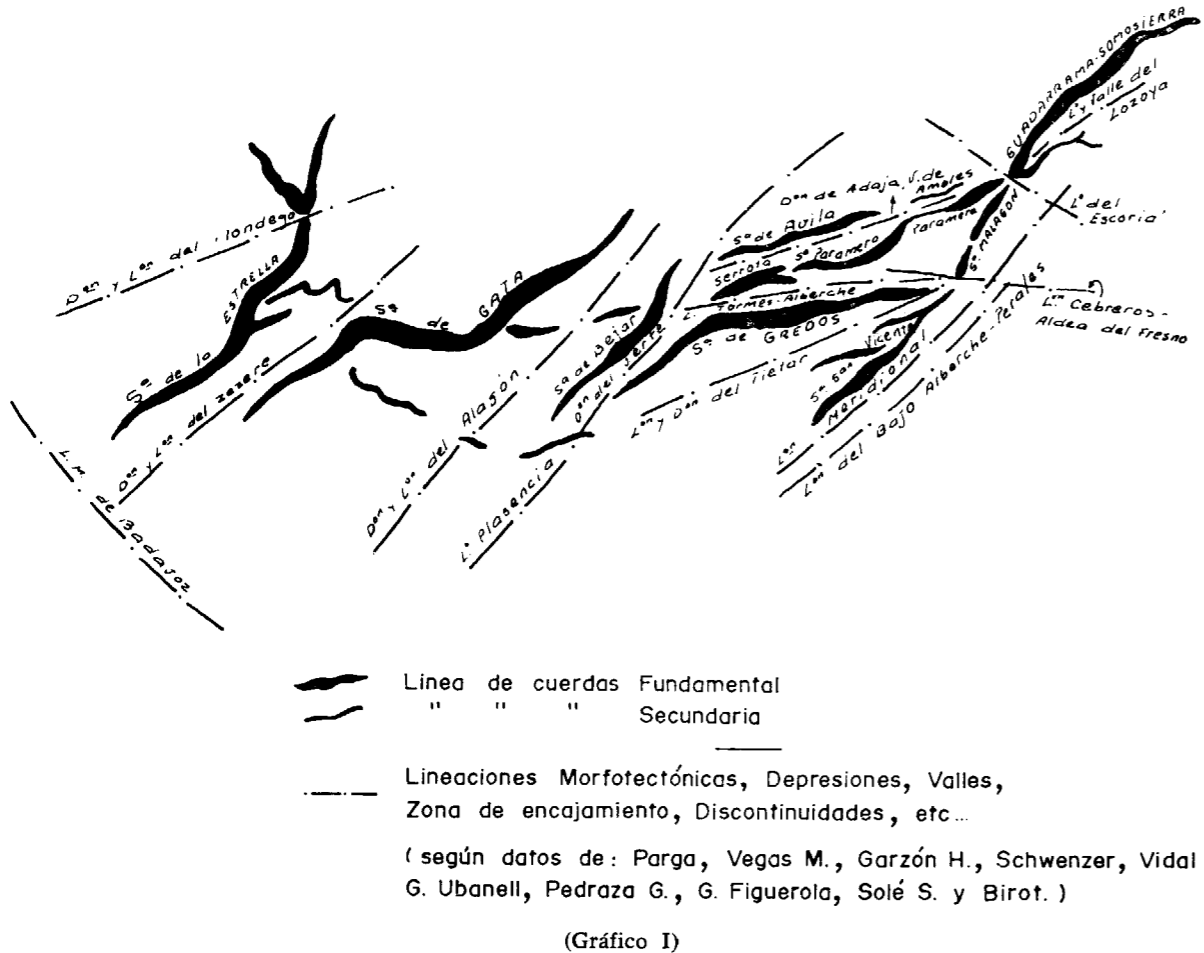
Estudio geomorfológico del extremo oriental de la cadena San Vicente-Peña de Cenicientos (Pedraza, 1973).

Interpretación geomorfológica de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (tesis doctoral, actualmente en elaboración).

man en conjunto una gran H, tendida hacia el SE (gráfico I). En este conjunto morfoestructural, Gredos queda situado en el tramo horizontal en una especie de pinzadura entre los otros dos macizos a favor de dos accidentes morfoestructónicos: el de Plasencia y el de San Martín de Valdeiglesias-El Tiemblo-Cebreros (gráfico I y III). El primero se puede definir como un sistema de fracturas que, en conjunto, forman una alineación morfológica simple de dirección NE-SW (C. To-

A. G. UBANELL, en sus respectivas tesis doctorales) presenta una complicada red de elementos morfoestructónicos que van desde la dirección N-S (fractura de Cebreros-Cerro de Guisando, alineación morfoestructónica de Valdequedada-Embalse de San Juan) a la NW-SE (sistema morfoestructónico de El Barranco-El Tiemblo-Embalse de Picadas) (II).

En resumen, el macizo fundamental de Gredos (gráfico III) queda limitado entre esos dos accidentes como un gran arco de concavidad hacia el S-

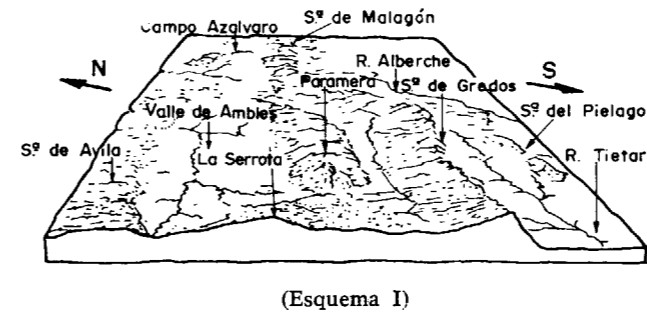


RRE DE ASSUNÇÃO, 1949-1951-1962), y L. C. GARCÍA DE FIGUEROLA, 1963-1965). El segundo (actualmente en estudio por nosotros, así como por

(2) Sin duda, existen otros elementos menores o intermedios, tal es el caso de Somosierra en su enlace con la Ibérica al tomar una dirección E-W, así como el enlace entre Gata y Estrella, que forma igual dirección forman en tre ambos macizos otra especie de H subsidiaria.

SE y posse una clara meridionalidad, mayor de la que correspondería si la tectónica no hubiera comprimido este sistema.

Estos tres elementos del sistema central español establecen una notable influencia en la red hidrográfica actual, mientras la red de Somosierra y Guadarrama presenta una marcada perpendicularidad al sistema montañoso, al menos en su reco-



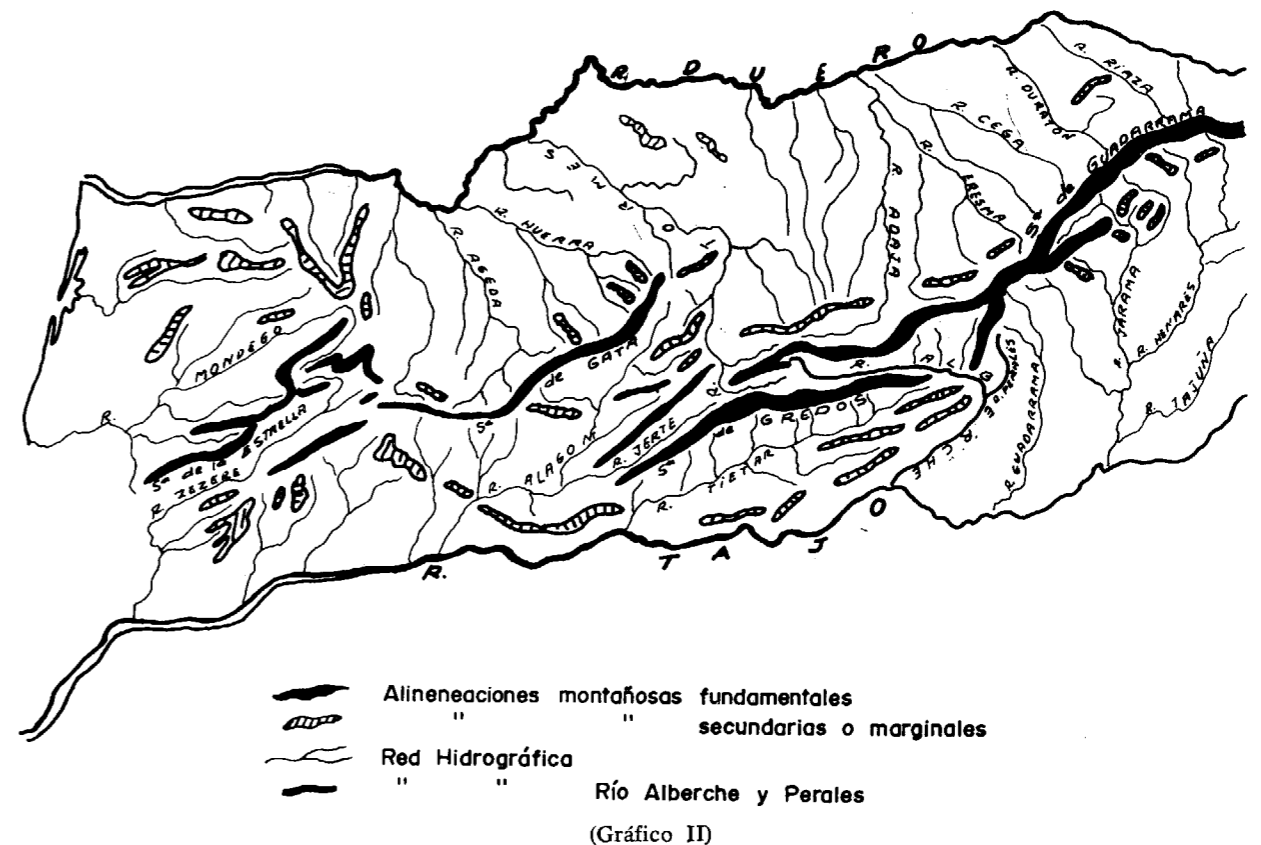
rrido superior, la de Gredos es prácticamente paralela y la de Gata y Estrella es una combinación de ambos casos. Este sentido general de la red, que en cada caso presenta toda una serie de peculiaridades, permite definir "a priori" un paralelismo entre bloques y red hidrográfica, lo cual ya ha sido señalado por infinidad de autores (gráfico II).

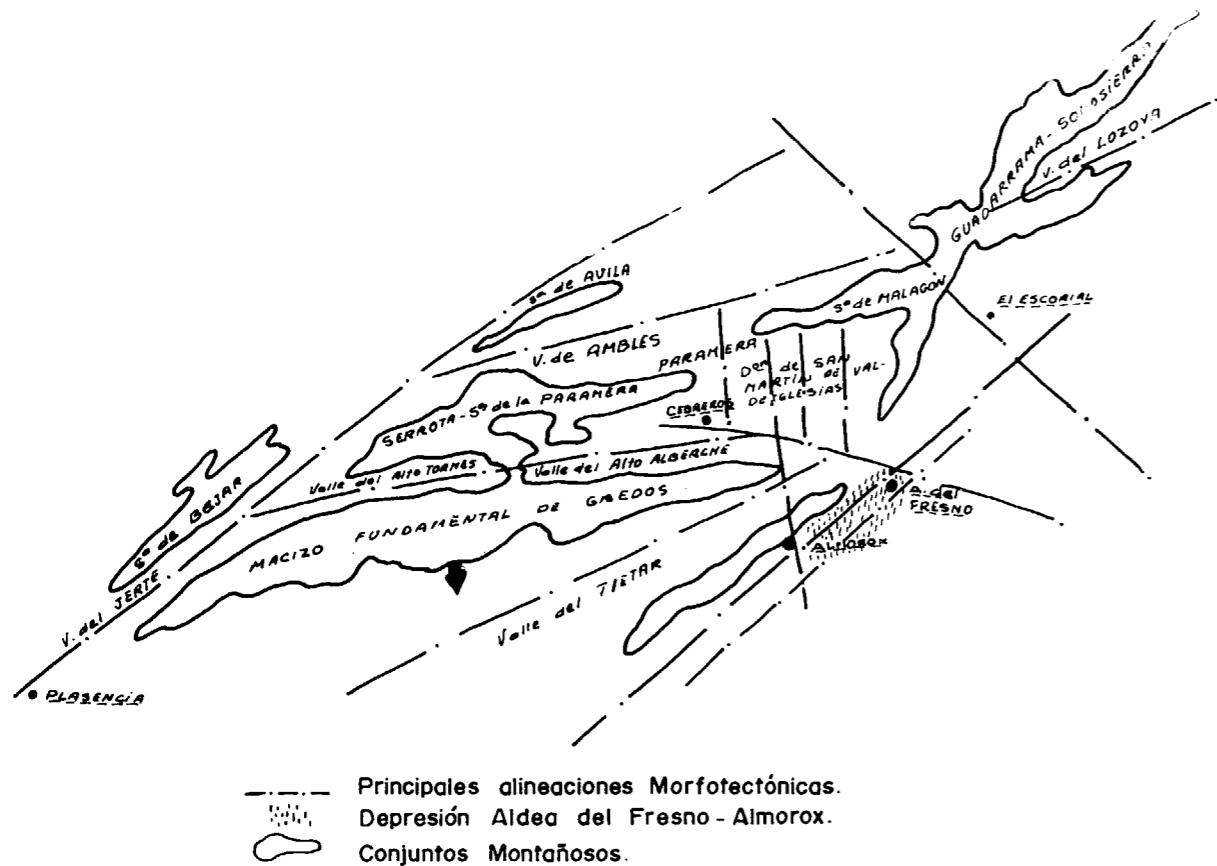
En el caso del río Alberche la peculiaridad es sin duda mayor, pues si bien el Tormes, el Adaja y, en cierto modo, el Tietar son ríos condicionados por depresiones tectónicas E-W, en su curso alto

y medio, de las cuales salen mediante bruscos codos hacia la llanura terciaria, el Alberche, al contrario, vuelve a realizar otro giro más, tomando una dirección paralela a la alineación de la sierra de San Vicente-Peña de Cenicientos, alineación que por su dirección (NE-SW) es una especie de prolongación de Somosierra-Guadarrama (gráfico I).

En resumen, el río Alberche forma una U con la concavidad dirigida hacia el W-SW. Partiendo del esquema que VIDAL BOX da para la sierra de Gredos (1937), podemos establecer el recorrido de este río del siguiente modo (esquema I):

a) Tras su nacimiento en la ladera sur del Pico Moros (2.065 metros) se introduce en una depresión tectónica que con dirección E-W queda confinada entre el macizo fundamental de la sierra de Gredos, al Sur y la alineación Serrota-Sierra de la Paramera-Superficie de la Paramera, al Norte. Esta represión forma una especie de rombo cerrado hacia el Oeste, en el nacimiento del río, y hacia el Este, en la zona del pantano del Burguillo. Tras este recorrido, en la primera depresión tectónica definida como la del Alberche, el río ha pasado





(Gráfico III)

desde las superficies superiores (la de cumbres —1.800, 2.000— y y las dos de meseta, la M<sub>3</sub> y la M<sub>2</sub> —1.300, 1.000—, según la nomenclatura de Schwenzner), a la inferior (M<sub>1</sub> —980, 800— de Schw. o Pediment, Birto y Solé).

En la zona del Burguillo, al NW de El Tiemblo, aprovechando una alineación estructural E-W, el río se encaja en profunda garganta en los materiales metamórficos del afloramiento de La Cañada (FÚSTER-MORA PEÑA, 1970).

b) Tras salir de este encajamiento, se sitúa en una superficie inferior a la del Pediment (700 metros de cota media), formada por un conjunto de bloques hundidos y basculados hacia el cauce actual del río y que posee morfología de una superficie de erosión tipo glacis. Esta depresión de San Martín de Valdeiglesias-El Tiemblo-Cebreros, de forma rectangular, tiene una dirección general NW-SE, y sobre ella destacan una serie de cerros residuales del Pediment, disectado al for-

marse la superficie inferior, así como de esa superficie inferior al quedar encajada la red. Los límites de esta depresión pueden establecerse: al Norte, por la superficie del Pediment, sumamente degradada; al Oeste, por los escarpes de la Paramera y superficies superiores a ella (M<sub>3</sub>, M<sub>2</sub> y de cumbres), al Este y Sur, por los escarpes del Pediment, excelentemente conservados en la zona de Las Rozas de Puerto Real. La configuración de dicha depresión hace que el río Alberche, al llegar a la zona de La Cabrera, sufra un fuerte encajamiento en los granitos leucocráticos de dicha zona, así como en los materiales metamórficos del afloramiento de El Escorial-Villa del Prado (M. PENADO MORENO, 1970). De modo semejante a lo que anteriormente habíamos señalado en el embalse del Burguillo, el río, mediante una garganta a la altura del embalse de Picadas, sale al tercer tramo de su recorrido, ya en la llanura terciaria.

c) En este tercer tramo del Alberche, que va desde la zona de contacto entre el macizo cris-

talino y los depósitos de la Cuenca Terciaria (3) hasta su desembocadura en el Tajo, es donde se desarrolla este trabajo, y en él pretendemos establecer lo siguiente:

1) Que si bien hidrográficamente el río Alberche debe tener una continuidad en su nombre hasta el Tajo, es el río Perales el que posee la continuidad morfoestructural en la zona sedimentaria, recorriendo una depresión periférica que queda perfectamente definida en la zona que nosotros denominaremos "depresión de Aldea del Fresno-Almorox". De este modo queda completado el esquema de VIDAL BOX en ligeros retoques.

2) Según este contexto queda descartada toda explicación del codo del Alberche, en la zona del embalse de Picadas, como una captura de un afluente del Perales al remontar hacia la zona superior del Pediment. Por ello, el río Alberche en todo su conjunto, ha mantenido siempre el mismo recorrido, según las depresiones mencionadas anteriormente, y al salir a la zona sedimentaria, es un simple afluente del río Perales, río que sigue la ligera inflexión producida en los materiales de la cobertera debida a las fracturas del zócalo.

En resumen, el río Alberche recorre desde su nacimiento tres depresiones morfotectónicas escalonadas:

1) *La del alto Alberche*, que le define su cauce desde su nacimiento, en la superficie de cumbres, hasta la llanura del Pediment.

2) *La de San Martín de Valdeiglesias-El Tiemblo-Cebreros*, que mediante el encajonamiento del Burguillo, en forma de garganta, le define su cauce en la superficie inferior al Pediment.

3) *La de Aldea del Fresno-Almorox*, que, mediante el encajamiento de La Cabrera-Picadas, le introduce en la zona de terrazas y glacis terrazas encajados en la superficie inferior al Pediment.

Estas tres depresiones, con dirección E-W, NW-SE y NE-SW, son las que toma en cada tramo el río y responden a claras direcciones de fracturación tardihercínica reactivas en la época alpíca.

Por supuesto, cada una de estas unidades morfoestructurales presentan un conjunto de elemen-

(3) Estos depósitos pueden ser definidos como típicos de una cuenca confinada o semiconfinada intermontana, en la nomenclatura anglosajona.

tos morfológicos complejos, que, sin duda, escapan al objeto de este trabajo, ya que lo fundamental es el establecimiento y definición de la última de las depresiones aludidas: la de Aldea del Fresno-Almorox (4).

## II. LA DEPRESION DE ALDEA DEL FRESNO-ALMOROX.

### II-1. SITUACIÓN, CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO Y LÍMITES.

La presente depresión se halla situada en el borde septentrional de la submeseta sur castellana y dentro de esta región o conjunto natural, la unidad geomorfológica que la define es el contacto entre el macizo antiguo y la cuenca terciaria, es decir "el contacto entre el macizo y la zona de sedimentos de cuenca confinada o semiconfinada, tipo cuenca intermontana" de la nomenclatura anglosajona. El contacto entre ambas unidades (PEDRAZA, 1973) se realiza mediante un sistema de fallas inversas, de origen tardihercínico y reactivadas en la época alpíca. Estas fallas están desniveladas a su vez, por movimientos posteriores tardialpícos y recientes (?).

En definitiva, esta zona de Aldea del Fresno-Almorox se puede definir como una "Depresión de Borde", siguiendo la dirección del contacto entre el macizo y su cuenca, es decir la NE-SW.

La relación de esta depresión con la zona de enlace entre Gredos y Guadarrama es evidente, ya que la depresión de San Martín-El Tiemblo-Cebreros posee gran número de líneas morfotectónicas que tienen una neta continuidad hasta esta depresión (esquema geomorfológico). Así: SCHWENZNER

(4) Sobre la complejidad evolutiva de este valle da idea la gran variedad de funcionamiento e independencia en sus distintos tramos, ya que si bien la depresión de San Martín de Valdeiglesias-El Tiemblo-Cebreros no posee prácticamente depósitos, sí existen, sin embargo, en el tramo más alto del río Alberche y en una pequeña depresión de uno de sus afluentes, el río Cofio. Estos depósitos han sido estudiados por A. González Ubanell (1975), en la zona de La Serrota (Depresión de San Martín de la Vega del Alberche), a unos 1.500 metros de altura, y su autor les atribuye una edad terciaria. En cuanto a los del río Cofio, se hallan en período de estudio en la actualidad por el autor de este trabajo y el anteriormente citado A. González Ubanell, aunque, sin duda, se trata de depósitos ante-cuaternarios por su posición.

establecía ya una clara alineación estructural entre Almorox, Cadalso de los Vidrios, Cebreros y Navalperal, dándole como falla supuesta (5), pues bien, éste sería el límite sur de lo que puede considerarse como depresión netamente, antes de que el río se abra a la llanura de Escalona.

Por otro lado y en el caso de prolongar la línea NW-SE, que, pasando por Cebreros, establece uno de los límites de la depresión de San Martín-Cebreros-El Tiemblo, nos encontraríamos que, tras ser la zona de basculamiento de la superficie superior al Pediment, y de este mismo hacia el valle del Alberche, viene a salir a la altura de Aldea de Fresno.

Si bien esta zona, estudiada por nosotros de una manera detallada, es donde se presentan los fenómenos más claros de hundimiento y las formas más



Figura 1

Frente de escarpes que definen la "Alineación morfológica bajo Alberche-Perales"

típicas de una fosa subsistente, no hay duda que en todo su conjunto la línea Perales-Alberche (éste desde su salida del macizo cristalino) presente las características de una inflexión del zócalo, paralela a la línea de contacto y equiparable a las depre-

(5) Es de destacar que, en trabajo anterior, (Pedraza, 1973), se pudo comprobar toda una serie de fracturas que, en su conjunto, daban esta alineación morfológica. En lo que se refiere al tramo Cadalso-Almorox, se citan, incluso, granitos transformados y diques acompañantes de esta fractura. En cuanto al tramo de Cadalso-Cebreros también puede establecerse esta alineación como fractura. Es decir, que tal accidente es claramente perceptible, si bien a base de un sistema de fallas norteadas.

siones internas de la sierra. Es de destacar también que esta dirección de la inflexión concuerda no con la de Gredos, sino con la de la sierra de San Vicente-Peña de Cenicientos, que es prácticamente la de Guadarrama-Somosierra, si bien ligeramente tendida hacia el Este (gráficos I y III).

En definitiva: la prolongación de la línea tectónica definida por SCHWENZNER (1936) (Almorox-Navalperal) hacia el Sur entre los arroyos de la Parra y Carcabones, la prolongación de la línea tectónica que limita por el NE la depresión de Cebreros-El Tiemblo-San Martín, la línea morfológica meridional de VIDAL BOX (1942) y el frente de escarpes, en que terminan todo un sistema de vertientes glaciales, son los elementos morfológicos que en el relieve actual denuncian la clara inflexión del zócalo, que, como veremos, ha venido actuando de forma individualizada hasta épocas recientes (fig. 1).

## II-2. PROCESOS MORFOGENÉTICOS RECIENTES.

El hundimiento continuado que ha mantenido esta depresión, claramente identificable, se puede establecer por varios hechos destacados:

a) *Morfológicos*, la superficie inferior al Pediment en muchos lugares se puede establecer como una simple desnivelación de éste, sin que la erosión posterior haya podido anular las articulaciones escarpadas según las fracturas que lo desnivelaron, estos hechos quedan claramente visibles en la zona de Picadas-Quejigal y Almorox-Cadalso de los Vidrios. Teniendo en cuenta que esta superficie corta por igual a depósitos miocenos y materiales cristalinos, en la zona de contacto entre ambos, es evidente que su génesis es posterior a esos depósitos (PEDRAZA, 1973), si, además, tenemos en cuenta que el juego de bloques, como ya señalaron BIROT y SOLÉ (1954), tiene una marcada independencia, sobre todo a partir del mioceno, y en ciertas zonas el basculamiento es inferior al poder morfológico de los sistemas erosivos y éstos han labrado un claro glacis de erosión encajado en el Pediment, tendremos, en definitiva: un Pediment desnivelado, a expensas del cual se ha labrado un glacis de erosión inferior a él, cuya cota media puede situarse a los 700 metros en esta región; un juego diferencial de bloques más acusado en unas zonas que en otras, siendo precisamente el límite NW de la depresión que nos ocupa, una de las zonas donde ha sido

mayor el juego diferencial de bloques, con ello se ve que si bien la depresión aludida distaba mucho de poseer una clara individualización, ya se encontraba, sin embargo, dentro de las zonas de mayor movilidad. En cuanto a la edad de esta superficie inferior al Pediment, si bien es problemático su establecimiento, puede considerarse como del Plioceno Medio a Superior, ya que su trazado presenta una total individualización respecto al cauce del río Alberche, y la del Pediment es dada por varios autores (BIROT y SOLÉ (1954), SCHWENZNER (1939)) como Plioceno Inferior a Medio.

Partiendo de esta superficie se han desarrollado tres generaciones diferentes de superficies con perfil de glacis, es decir, superficies suavemente inclinadas hacia los cauces respectivos según la dirección de esorrentía y partiendo del Alberche como río principal.

*La primera.*—Puede definirse como un conjunto de *vertientes glaciales escalonadas*. Se trata de una superficie muy degradada en zonas y que se articula directamente con la superficie inferior al Pediment, sus cotas medias pueden establecerse entre los 620 metros, superior, y 540, inferior.

La complejidad de su trazado se marca en una gran densidad de escarpes y articulaciones que establecen sucesivos pasos en la progresiva jerarquización y encajamiento de la red (esquema geomorfológico). Este sistema, para nosotros, obedece a un proceso de hundimiento, a la vez que los cambios climáticos favorecían la progresiva delimitación de los cauces fluviales, explicación que creemos más simple que la de suponer el gran número de replanos, del orden de 10, con sus respectivas articulaciones, debidos a simples fenómenos climáticos. Si tenemos en cuenta que esta superficie se halla encajada en la anterior y en algunas zonas posee una débil cobertera de depósitos procedentes de la degradación de la raña, así como también el hecho de su total dependencia de los cauces actuales, hacia los cuales se dirige morfológicamente, es evidente que se trata de una superficie de edad Pliocuaternaria, edad que es cuando la depresión de Aldea del Fresno-Almorox toda su individualidad y el cauce del río Alberche queda completamente definido en las depresiones que hoy lo limitan. El máximo desarrollo de esta superficie escalonada, en esta zona de Villa del Prado-Almorox, lo posee en la margen izquierda del río Alberche, lo cual nos da un desplazamiento de la esorrentía y, por tanto, del en-

tonces incipiente valle del Alberche-Perales, hacia el NW

*La segunda.*—Puede definirse como un *glacis simple de ladera* cubierto de depósitos mixtos, laterales y longitudinales, con una litología equivalente a lo que en otras zonas se había denominado rañizo; es decir, un conglomerado grosero de cantos de cuarzo y cuarzo semirredondeados, a veces con bloques y con una gran rubefacción; la matriz es fundamentalmente de grava y posee una cierta cementación. Su límite inferior se sitúa a los 500 metros, y el superior, a los 540, la zona de inflexión la presenta a los 520 metros; todas ellas son cotas medias, la altura sobre el cauce actual del río es de 40 a 70 metros, lo que da idea de la movilidad tectónica del valle en esta zona. El máximo desarrollo en este caso se presenta en la margen derecha del río Alberche, lo cual implica un desplazamiento de la esorrentía con respecto al nivel anterior, ya que en este caso era del NW hacia el SE. Tras este sistema se desarrolló en este valle un *glacis terraza*, que queda, aproximadamente, a los 40-45 metros sobre el cauce del río, en lo que respecta al nivel erosivo, ya que el nivel de depósito, formado por gravas rubefactadas y discordantes sobre ellas un coluvión de ladera también rubefactado más grosero, presenta cotas muy variables. Ambos sistemas, tanto el glacis como este nivel, pueden ser considerados como de edad Pleistoceno Inferior, aunque sin duda, no se poseen criterios suficientes y exclusivamente nos guiamos por el hecho de no tratarse de terrazas perfectamente definidas. Inferior a estos niveles es cuando pueden definirse un claro sistema de terrazas, si bien su proximidad a los escarpes de la sierra y la movilidad de esta cuenca han dado unos derrames de ladera muy poderosos, tanto sobre el cauce, cuando éstas se formaban, como con posterioridad. Este sistema sirve como guía fundamental para establecer la edad relativa de todos estos fenómenos, ya que el primer nivel situado a 30 metros sobre el cauce actual (en lo que se refiere al nivel erosivo de la terraza, pues los depósitos, igual que en el caso anterior, se presentan en cotas muy diferentes) es el que se viene dando de un modo generalizado en la cuenca del Tajo como más constante y uniforme, poseyendo una edad de Pleistoceno Medio a Superior.

*La tercera.*—Con posterioridad a la terraza de 30 metros a otra de 25 metros sobre el cauce ac-

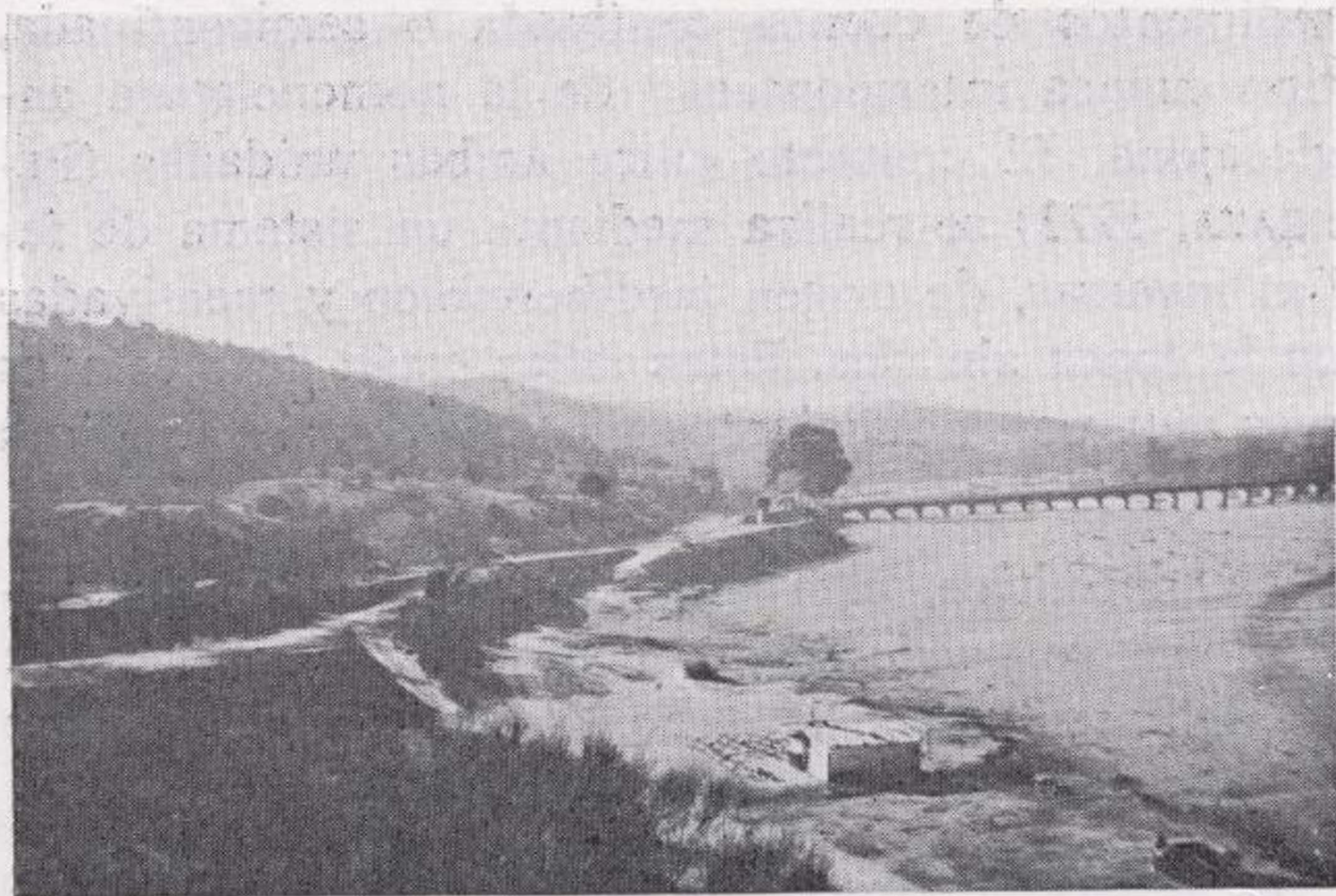
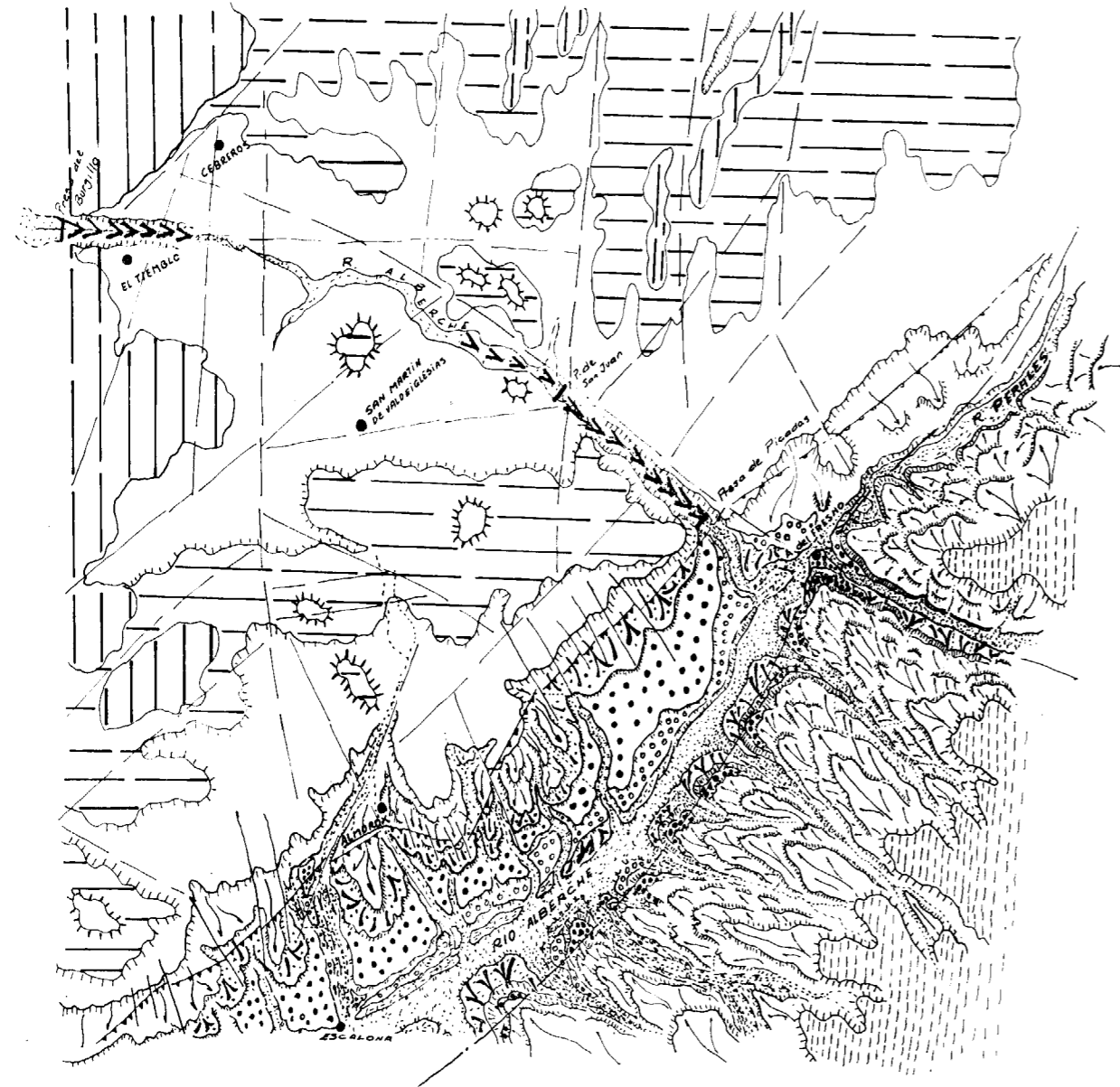


Figura 1

Frente de escarpes que definen la "Alineación morfológica  
bajo Alberche-Perales"



ESQUEMA GEOMORFOLOGICO



- |                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Superficies Superiores               | Escarpe                            |
| Pediment                             | Líneas de escorrentía              |
| S. Inferior                          | Encajamiento                       |
| S. Inferior (?), Divisoria           | Contacto cristalino - sedimentario |
| Vertientes Glacis                    | Líneas morfotectónicas             |
| Glacis Superior                      | Relieves residuales                |
| Terrazas Superiores - Glacis Terraza |                                    |
| Terrazas Medias                      |                                    |
| " Bajas                              |                                    |
| Aluvial, cauce, 1ª terraza           |                                    |
| Glacis Inferior                      |                                    |

tual del río, así como a los correspondientes depósitos subyacentes, el cauce del río Alberche sufrió un claro proceso de desviación y es cuando prácticamente quedó establecido lo que es el cauce actual. Esta se puede definir como la segunda gran fase de consolidación del cauce del río. La morfología dominante se establece en un *glacis de ladera*, que se articula con los escarpes de la margen izquierda del río Alberche y truncando a las terrazas inferiores llega hasta los 10 metros sobre el cauce actual, donde queda cortado por la terraza más reciente (+4 a +6 metros) y por el cauce del río. Este glacis es fundamentalmente de depósito y en muchas zonas puede ser definido como un *glacis cono*, debido a la coalescencia de varios conos de deyección que proceden de los barrancos de los escarpes. El material de este glacis es fundamentalmente de grava y limo procedente de los derrames de ladera y de los aportes de la red secundaria del río Alberche. El máximo desarrollo de este glacis se halla en la margen izquierda, con lo cual volvemos a tener un desplazamiento de la escorrentía desde el SE al NE. Todo este sistema puede definirse igualmente por correlación con otras zonas de la Cuenca del Tajo, como Plesitoceno Superior.

Es indudable que estos criterios no son determinantes del hundimiento del valle fluvial, ya que el mismo fenómeno podríamos tenerlo con un simple encajamiento continuado de la red y una serie de variaciones en los aportes, todo ello basado en motivos climáticos. Por ello, completando lo anterior, se establecen otros criterios:

*Criterios tectónicos.*

Aparte de lo señalado para la superficie inferior al Pediment, en tiempos más recientes, puede establecerse:

A) Una clara variación en la línea del talweg del río Alberche, lo cual es perfectamente perceptible en la zona del Rincón donde el río posee una serie de depósitos formados por un conglomerado de base, una alternancia de limos y gravas de tonos verdosos y rojizos y una serie arcilloso-conglomerática, fundamentalmente arcillosa, la cual a diferencia de las anteriores no posee ninguna estructura sedimentaria ya que sin duda se



Figura 2

Contacto, dislocado, entre los materiales Cuaternario y Mioceno

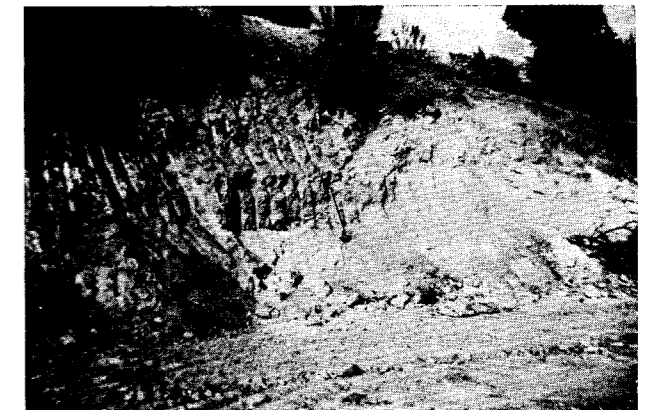


Figura 3

Detalle del contacto de la figura 2

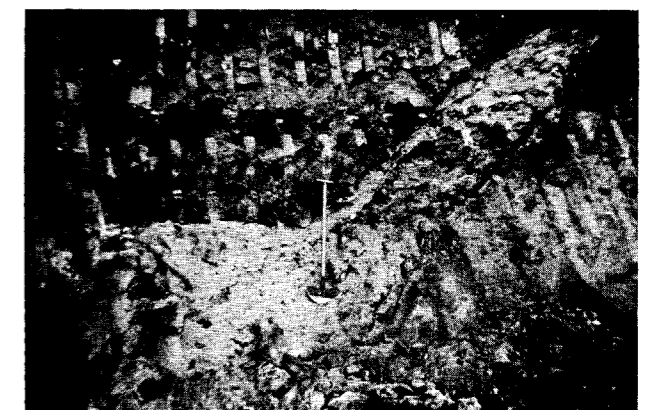


Figura 4

Detalle del contacto de la figura 2



Figura 2

Contacto, dislocado, entre los materiales  
Cuaternario y Mioceno

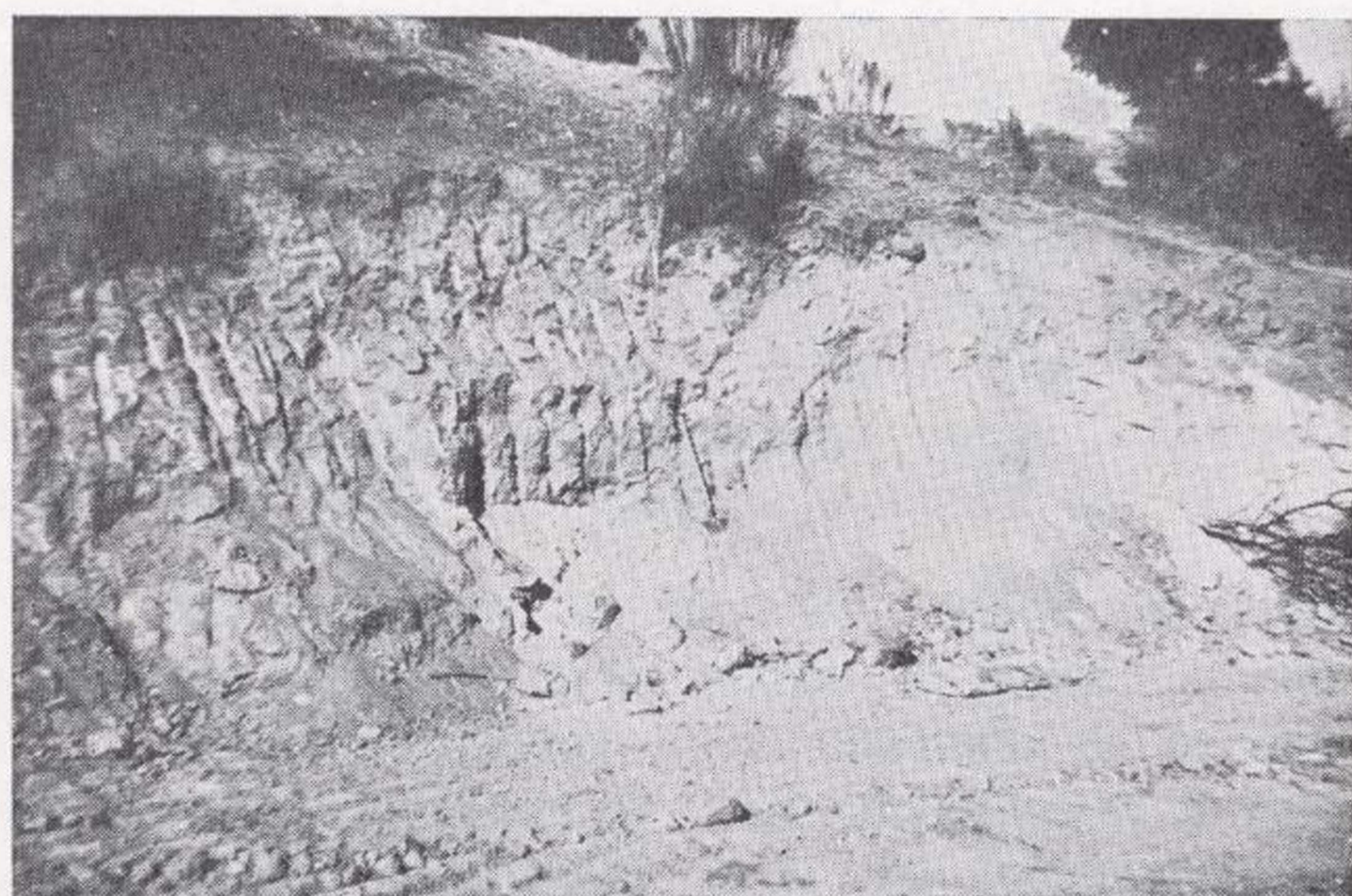


Figura 3

Detalle del contacto de la figura 2

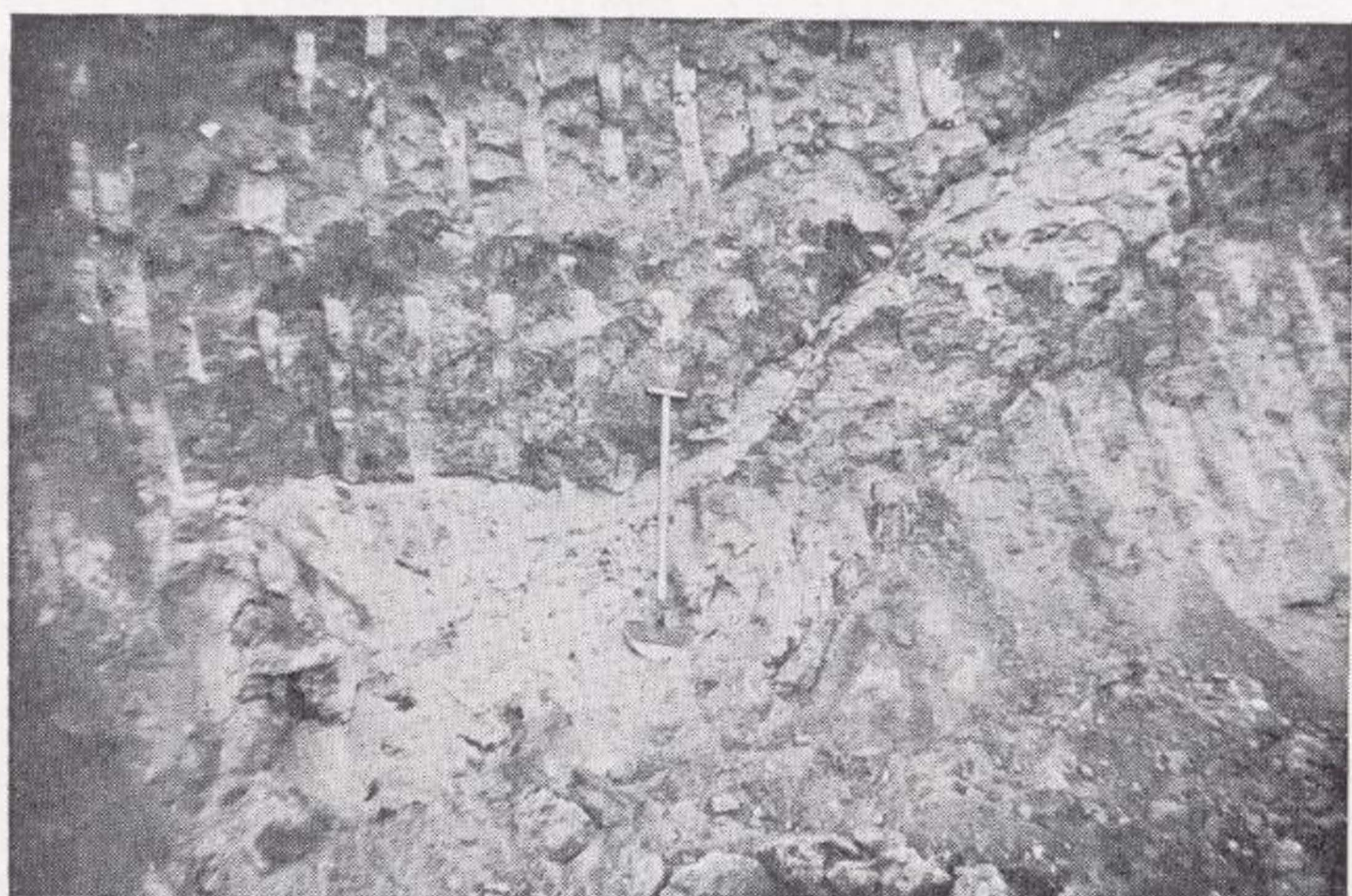


Figura 4

Detalle del contacto de la figura 2

ESQUEMA DE SINTESIS

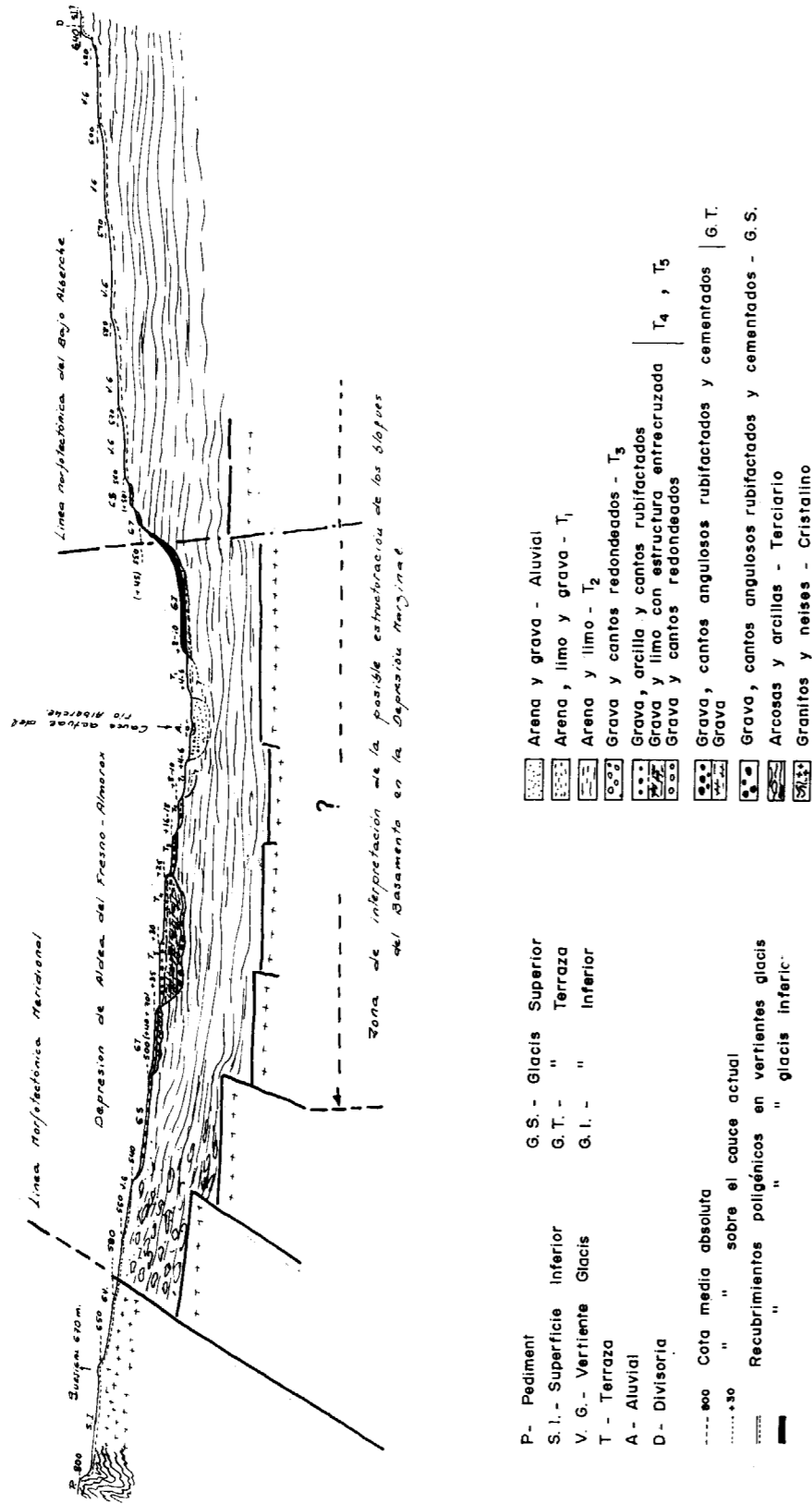


Figura 5

Vista de conjunto, a la izquierda de la zona de contacto de la figura 1, en la que se aprecia el buzamiento de la serie del Cuaternario Medio

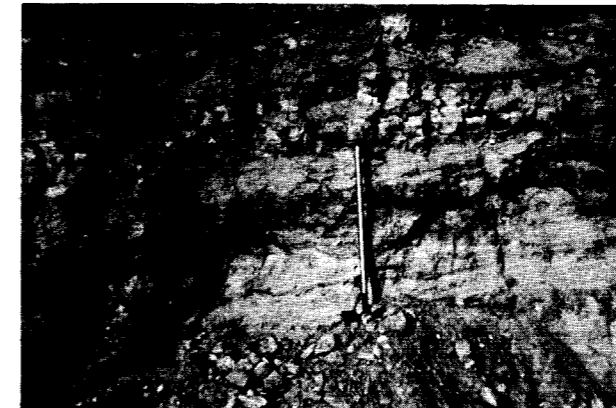


Figura 6

Detalle de los materiales cuaternarios de las figura. anteriores (2, 3, 4 y 5)

trata de un aporte de ladera. Estos depósitos poseen dos superficies de aterramiento situadas a +30 y +25 metros (en esta zona del Rincón), en la actualidad la base de sedimentación se halla a una altura de +10 metros sobre el cauce e incluso en otras zonas, como ocurre en la desembocadura del arroyo Arrofresno y más hacia el SW, se halla hundida bajo el cauce actual. Esto demuestra que las terrazas medias e inferiores se encuentran por encima de la antigua línea del talweg, de una manera más exacta; el río Alberche poseía una subsidencia neta al depositarse esta secuencia. Dado que estos materiales se corresponden con se-

ries semejantes de otras zonas (6) y quedan directamente relacionadas con el nivel de +30 metros, la edad de este hundimiento debe de situarse en el Pleistoceno Medio a Superior.

B) Por otro lado en estos depósitos se ve una acción directa de estos fenómenos de hundimiento en varias zonas, en esta misma zona del Rincón la serie posee un neto buzamiento hacia el NW. En la desembocadura del arroyo Arrofresno estos depósitos presentan un contacto truncado con los del Mioceno teniendo un buzamiento hacia el SW, igualmente en la desembocadura del arroyo Nazaret se encuentran dislocados con buzamiento hacia el NE.

C) Esta serie de sedimentación da una reconstrucción del antiguo cauce del Alberche que queda cortado por el cauce actual, desplazándose este antiguo cauce a uno y otro lado del río según las zonas, así la línea del antiguo talweg en la zona del Rincón queda a la derecha del cauce y tras sufrir una ligera inflexión va paralela al cauce actual hasta la zona del Alamin, a partir de donde la línea del cauce actual y antiguo, prácticamente se confunden para situarse, a la altura de Escalona, netamente en la margen izquierda del río.

D) En lo que se refiere a la evolución más reciente de esta depresión, hemos de consignar que en un sondeo realizado en la cabecera de la misma, Aldea del Fresno (7), a un metro sobre el cauce permanente, es decir, en la llanura de inundación actual, se han encontrado 16 metros de gravas y arena con lo cual se demuestra un claro hundimiento en esta zona al hallarse la base del aluvial a -15 metros. Si tenemos en cuenta que en la zona de Talavera (7), es decir, en la desembocadura del río Alberche en el Tajo, la potencia es únicamente de seis metros, prueba palpablemente el funcionamiento de esta fosa, su juego reciente y diferencial respecto a otras zonas del cauce.

En definitiva, el cauce del río Alberche en la zona sedimentaria y al menos entre Aldea del Fresno-Almorox sigue una depresión tectónica que siendo reflejo de los desajustes del zócalo ha afectado a la cobertura hasta tiempos recientes.

(6) Goy, J. L., y Zazo, C.

(7) Estos datos nos han sido comunicados por Antonio Sastre Merlin, que, actualmente, realiza en el valle del río Alberche su tesis de licenciatura, dentro del programa de investigación que en la cuenca del Tajo realiza la Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos del Instituto "Lucas Mallada" del C. S. I. C.



Figura 5

Vista de conjunto, a la izquierda de la zona de contacto de la figura 1, en la que se aprecia el buzamiento de la serie del Cuaternario Medio

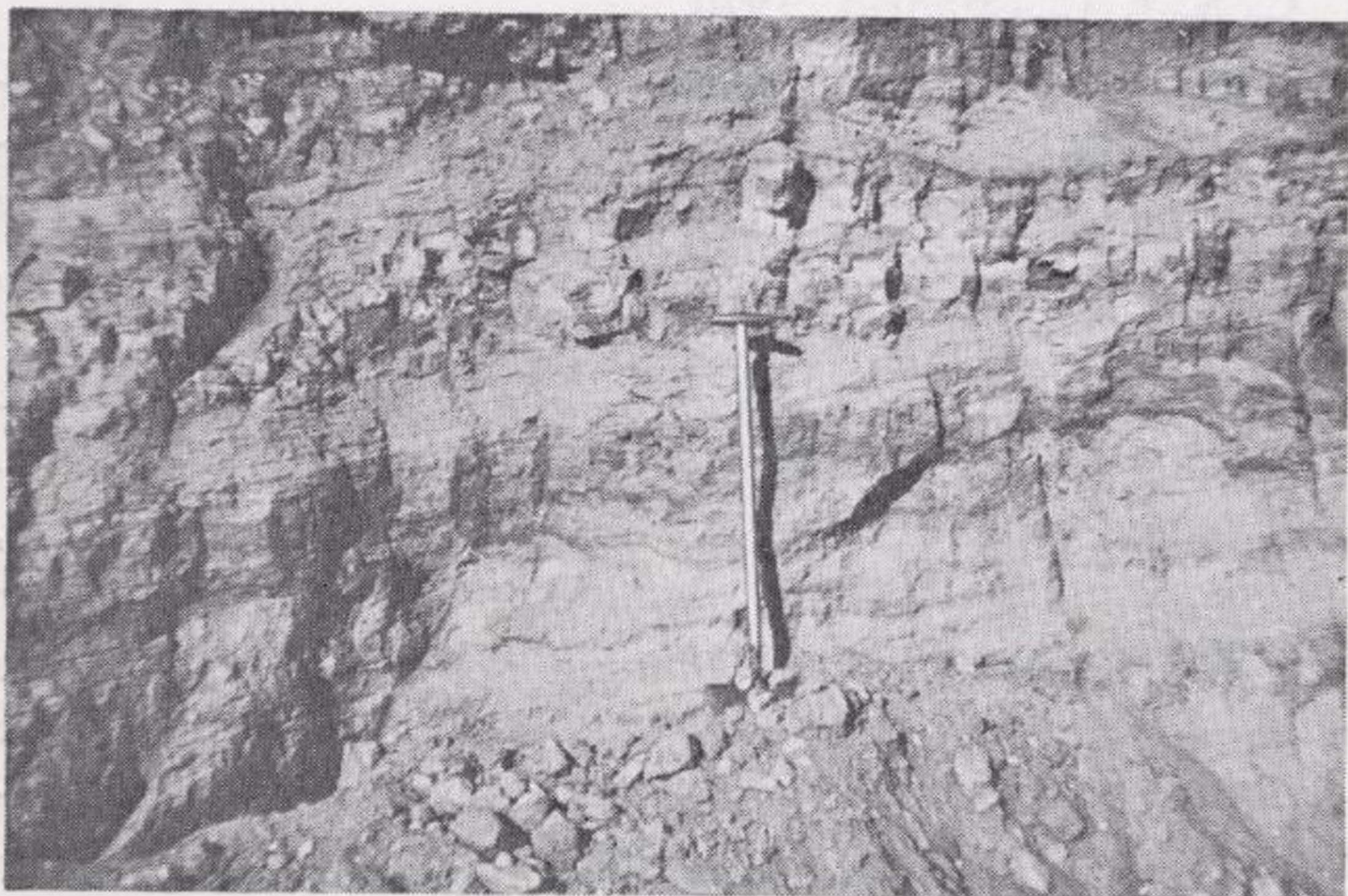


Figura 6

Detalle de los materiales cuaternarios de las figuras anteriores (2, 3, 4 y 5)

## BIBLIOGRAFIA

- ALFÉREZ, F.: *Sistema de terrazas del río Tajo al W de Toledo*. I Curso Franco-Español del Cuaternario, Excursión B, Madrid (20-X-1974) y Tesis Doctoral, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid (1974).
- ALIA MEDINA, M.: *Evolution post-hercynienne dans les régions centrales de la Meseta espagnole*. 24th, IGG, Ser 3, pp. 265-272, Montreal (1972).
- BIROT, P., y SOLÉ SABARIS, L.: *Investigaciones sobre la Morfología de la Cordillera Central española*. Consejo Superior de Investigación Científica, Instituto "Juan Sebastián el Cano", Madrid (1954).
- FÚSTER, J. M., y MORA PEÑA, A.: *El carácter del metamorfismo en el macizo de La Cañada (Sistema Central español)*. Estudios Geológicos, C. S. I. C., Instituto "Lucas Mallada", vol. XXVI, pp. 317-321, Madrid (septiembre 1970).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Excursión geológica por el bloque del Piélagos (Toledo-Avila)*. Notas y Comunicaciones del I. G. M. E., núm. 50, primer fasc., Madrid (1958).
- —: *El dique diabásico del norte de Extremadura*. Notas y Comunicaciones de I. G. M. E., núm. 77, pp. 129-164, Madrid (1963).
- GARZÓN HEYDT, M. G.: *Estudio morfoestructural de la transversal Avila-San Vicente (Sierra de Gredos)*. Tesis de Licenciatura, Departamento de Geomorfología y Geotectónica, Universidad Complutense de Madrid, 1972.
- GONZÁLEZ UBANELL, A.: *Localización de una Depresión Terciaria en el curso alto del Alberche (Sistema Central español)*. "Boletín Geológico y Minero del I. G. M. E.", tomo LXXXVI (número en prensa), Madrid, 1975.
- —: *Los diques aplíticos de Almorox-Navamorcuende (Sistema Central español) en relación con los decrecimientos distales tardihercynicos*. "Com. das Serv. Geol. de Portugal", tomo dedicado a la tercera reunión sobre la geología del SW de la Península Ibérica (en prensa).
- GOY, J. L., y ZAZO, C.: *Cuaternario de las Hojas Geológicas de Torquemada y Santa María del Campo*. Trabajo realizado para el I. G. M. E., en colaboración con Fina Ibérica (en prensa).
- MARTÍN ESCORZA, C.; CARBO GOROSÁBEL, A., y GONZÁLEZ UBANELL, A.: *Contribución al conocimiento geológico del Terciario aflorante al norte de Toledo*. "Bol. de la R. S. E. H. N. (Geol)", núm. 7, pp. 167-182, Madrid, 1973.
- MOLINA BALLESTEROS, E.: *Estudio de Terciario Superior y Cuaternario del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Tesis Doctoral, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid (junio de 1974) (dos tomos).
- ORIOLE RIBA: *Tetrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid*. V Congrès International del INQUA, Livret Guide L'excursión C<sub>2</sub>, Madrid-Barcelona (septiembre de 1957).
- PARGA, J. R.: *Sistema de fractura tardihercynica del Macizo Hespérico*. Trabajos del Laboratorio de Geología de Lage. Lage (Coruña), 1969.
- PEDRAZA GILSANZ, J.: *Estudio geomórfico del extremo Oriental de la Cadena San Vicente-Peña de Cenicientos*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Universidad Complutense de Madrid (octubre de 1971) y "Boletín Geológico y Minero del I. G. M. E.", tomo LXXXIV-I, pp. 1-14, Madrid, 1973.
- PEINADO MORENO, M.: *Carácter del metamorfismo en macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central español)*. "Estudios Geológicos", volumen XXVI, pp. 323-326, Instituto "Lucas Mallada", C. S. I. C., Madrid, 1970.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A., y ASENCIO AMOR, I.: *Rasgos sedimentológicos y geomorfológicos del sistema de terrazas del río Henares, en la zona de Alcalá-Azuqueca (Nota preliminar)*. "Bol. Geol. Min. del I. G. M. E.", tomo LXXXIV-I, pp. 15-22, Madrid, 1973.
- SCHWENZNER, J. R.: *La morfología de la región montañosa central de la Meseta española*. Traducción de Vidal Box, publicada en el "Boletín de la R. S. E. H. N.", tomo XLI, pp. 121-147, Madrid.
- SHAFIC NAMMARY, SAID: *Estudio del Cuaternario de la región de Talavera de la Reina (Sector medio de la cuenca del Tajo)*. Tesis de Licenciatura, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, abril 1973.
- TORRES ASSUNCAO, C., y CORREIA PERDIGAO, J.: *Sobre o prolongamiento do alinhamento filoniano dolerítico de Odemira-Vidigueira até Onguela*. Com das Ser. Geol. de Portugal, tomo XLVI, pp. 349-363, 1962.
- VEGAS MARTÍN, R.: *Wrench (transcurrent) fault System of the Southwestern Iberian Peninsula, Paleogeographic and morphostructural implication*. "Geol. Rundschau", 64, 1, pp. 266-278, Stuttgart (Februar 1975).
- VIDAL BOX, C.: *La línea morfotectónica meridional de la Sierra de Guadarrama*. "Boletín R. S. H. N.", tomo XL, Madrid, 1942.
- —: *Ensayo sobre la interpretación morfológica y tectónica de la Cordillera Central, en el segmento comprendido en la provincia de Avila*. "Boletín de la R. S. E. H. N.", tomo XXXVII, núm. 1-6, Madrid, 1937.
- GALLARDO, J., y VAUDOUR, J.: *Problemas morfológicos de la región de Alcalá de Henares*. "Anales de Edafología y Agrobiología", tomo XXVIII, núm. 12, Madrid (1969).

Recibido: Noviembre 1975.

Sobre algunos *Aptychi* del sur de Alicante

Por JOSE LILLO BEVIA (\*)

## RESUMEN

Se figuran y describen algunos *Aptychi* del Malm de la sierra de Crevillente (Alicante) y sus alrededores, donde son particularmente abundantes en el Oxfordense, Kimmeridgense y Titónico.

## RESUME

On fait figuration et description de quelques *Aptychi* du Malm de la S.<sup>a</sup> de Crevillente et leurs voisines, où ces spécimens sont particulièrement abondants dans l'Oxfordien, Kimmeridgien et Tithonique.

Los afloramientos del Oxfordense, Kimmeridgense y Titónico de la vertiente meridional de la sierra de Crevillente, muestran una abundante fauna de Ammonites, entre la cual son particularmente abundantes los *Aptychus*, sobre todo en los niveles del Oxfordense Superior y del Titónico.

A continuación describimos y figuramos los géneros recolectados en los yacimientos 17A, 18A, 19A y 20A de la sierra de Crevillente, entre cuya fauna característica de Ammonites se encuentran los géneros a los cuales se atribuye la pertenencia de los *Aptychus*. Los *Aptychus* de formas más anchas corresponden a la apertura de Ammonites de sección más cuadrática donde los índices de altura y anchura son iguales o casi iguales (*Laevaptychus* probablemente pertenece a la fauna abundante de *Aspidoceras* del Oxfordense). Los *Lamellaptychus*, más alargados, corresponden a *Taramelliceras* y en general *Oppelidae* del *Kimmeridgense Inferior* (1).

## DESCRIPCIONES SISTEMATICAS

## APTYPCHI

Género: *Laevaptychus*.  
*Laevaptychus latus* (PARKISON, 1811).  
(Lámina I, figura 1).

(\*) Catedrático del I. N. E. M. "Sorolla", C/ Maderas, sin número, Valencia-11.

(1) Las siglas de yacimientos empleadas corresponden a las siglas que han sido utilizadas en la descripción estratigráfica de las mismas en LILLO, J.; MANERA, C.; COLMERK, J. C. Contribución al conocimiento geológico de la Sierra de Crevillente y sus alrededores (Alicante). *Estudios Geológicos*: 30: 253-269 (1974)

1957. *Laevaptychus*. ARKELL, Treatise, p. 440, F-558, 12.  
1966. *Laevaptychus latus*. A. LINARES, p. 78, I-4, F-1.

## Descripción.

Superficie exterior con finos poros; interior con gruesas líneas; apex redondeado; proyección umbilical redondeada; de gran tamaño; procede de *Aspidoceras*, *Hybonotoceras*, *Simoceras*.

## Yacimientos.

Oxfordense superior, niveles rojos, de la Rambla de Amorós (sierra de Crevillente-Alicante).

Género: *Punctaptychus*. TRAUTH, 1927.  
*Punctaptychus punctatus* (VOLTZ, 1837).  
(Lámina I, figuras 3 y 4).

1837. *Aptychus punctatus*. VOLTZ, déterm. *Aptych.*, p. 48-49.  
1927. *Punctaptychus punctatus*. VOLTZ-TRAUTH, p. 200-228.  
1957. *Punctaptychus punctatus*. VOLTZ-ARKELL, Treatise, L-439, F-558, 10.  
1966. *Punctaptychus punctatus*. VOLTZ-LINARES, p. 69, L-6, F-7.

Según ARKELL (Treatise, 1957, p. L439) se caracteriza esta especie por una sínfisis interna muy recorta desde el ápice hasta el ángulo terminal o ventral siendo éste marcadamente agudo. El ápice es redondeado, siendo la proyección umbilical de forma semicircular.

El margen lateral extremo presenta una faceta

lateral sobre la que los pliegues se superponen hacia la sínfisis. La característica más importante es la de poseer láminas flexuosas imbricadas, siendo muy marcadas en el margen lateral externo y muy suaves hacia la superficie de la sínfisis. En la región donde se hacen suaves, aparecen las láminas punteadas, lo cual caracterizan a *Punctaptychus*.

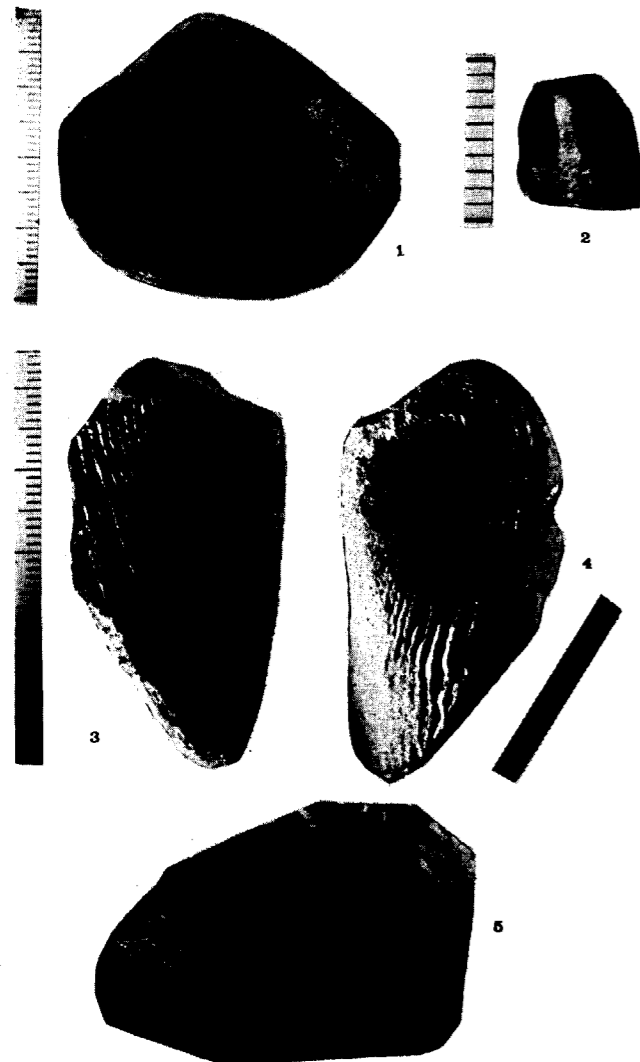


Lámina I

Figura 1 *Laevaptychus latus*. PARKINSON, Oxfordense Superior de la Sierra de Crevillente, 17A20.

Figura 2 *Pteraptychus* sp.: Barremo-Aptense de la Alcoraya, 31A13.

Figura 3 *Punctaptychus punctatus*. VOLTZ: Kimmeridgense Inferior de la Sierra de Crevillente, 19A8.

Figura 4 Idem, ídem. Ejemplar del mismo yacimiento.

Figura 5 *Lamellaptychus* sp.: Titónico de facies andaluza del Este de la Sierra del Rollo, 20A3.

El número total de ejemplares encontrados es de 32.

#### Analogías y diferencias.

Es parecido a *Lamellaptychus*, pero los pliegues marginales son oblicuos y se hallan punteados hacia el margen interno o sínfisis en *Punctaptychus*.

#### Yacimientos.

Aparece en los niveles superiores del Malm. Nuestros ejemplares proceden del Oxfordense-Kimmeridgense.

#### *Lamellaptychus* sp.

(Lámina I, figura 5).

1957. *Lamellaptychus*. ARKELL, Treatise, L439, F-557, 4; 558, 7.

#### Descripción.

*Aptychus* de pequeño tamaño, con la superficie exterior surcada por costillas con pequeños repliegues que se estrechan en la parte ventral. Pueden proceder de *Taramelliceras*, *Neochetoceras*, *Haploceras*, *Oppelia*.

Ha sido encontrado en el Titónico de facies andaluza de la sierra del Rollo.

#### *Pteraptychus* sp.

(Lámina I, figura 2).

Pequeño ejemplar, piritoso, recogido en el Barremo-Aptense de la Alcoraya, sierra Mediana, con abundante fauna de *Pulchellias*, *Hyporbulites*, *Barremites* y *Melchiorites*.

#### BIBLIOGRAFIA

ARKELL, W. J.: *In Treatise on Invertebrate Paleontology Pars L. Mollusca 4*. University of Kansas Press (1957).

JIMÉNEZ DE CISNEROS, D.: *Excursiones a las Sierras de la Horna, del Rollo y de Crevillente*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.", 7: 115-123 (1907).

LINARES, A.; VERA, J. A.: *Precisiones estratigráficas sobre la serie mesozoica de la Sierra Gorda (Granada)*. "Estudios Geológicos", 22: 65-99 (1966).

TRAUTH, F.: *Aptychenstudien*. "Ann Nat. Mus. Wien", Band 41 (1927), p. 171-259; Bd. 42 (1928), p. 121-163; pl. 2-4; Bd. 44 (1930), p. 329-411, pl. 3-5; ; Band. 45 (1931), p. 17-136, Pl. 1; band, 47 (1936), p. 127-145 (1927-36).

— *Die Lamellaptychi des Oberjura und der Unterkreide*. "Paleontographica", Bd. 88-A: pp. 115-229. pl. 1-6 (1938).

VOLTZ, P. L.: *Determination des fossiles connus sous le nom*. "d'Aptychus. Inst. Journ. génr. Soc. Trav. Sc. France et l'Etrang", sec. 1 t. 5, pp. 48-97 (1837).

Recibido: Mayo 1974.

## Génesis de los depósitos de hierro del suroeste de la provincia de Badajoz: mina Monchi.

Por CASILDA RUIZ GARCIA (\*)

#### RESUMEN

La mina "Monchi", situada próxima al contacto del batolito de Burguillos del Cerro con las rocas de carbonatos de la Sierra del Cordel, presenta una metalización ferrífera epigenética de skarn.

Se establece un método de trabajo para llegar al conocimiento de la génesis del depósito. Con este objeto, se hace el estudio petrográfico - metalogénico de nuestras tomadas en el campo, a partir de testigos de sondeo y en el interior de la mina.

La metalización ferrítica (magnetita), se ha depositado posteriormente a la roca eruptiva y a los silicatos del skarn y con anterioridad a los sulfuros.

Se diferencian tres fases: silicatada, ferrífera y sulfurada, con un descenso gradual de la temperatura de la primera a la última.

La temperatura correspondiente a la metalización ferrífera es inferior a los 500° C y la de los sulfuros a los 300° C.

Se determina el origen del hierro para la formación del depósito. Se comprueban procesos de asimilación los cuales nos permiten deducir que el enriquecimiento en hierro ha tenido lugar al digerir la magma masas de material ricas en este elemento.

#### RESUMÉ

La mine "Monchi" se trouve proche au contact entre le batolite de "Burguillos del Cerro" et les roches de carbonates de la "Sierra del Cordel". Elle présente une métallization épigénétique de fer en skarn.

On établit une méthode de travail pour savoir la genèse du dépôt en effectuant l'étude pétrographique - métallogénique des échantillons pris dans les forages, dans l'intérieur de la Mine et sur le terrain.

La minéralization de fer (magnétite) est postérieure à la roche eruptive et aux silicates de skarn et antérieure aux sulfures.

Nous pouvons différencier trois phases: une de silicates, une autre de fer et la dernière de sulfures avec une diminution graduelle de la température de la première à la dernière phase.

La température de la phase du fer est inférieure aux 500° C et celle des sulfures aux 300° C.

Nous déterminons l'origine du fer qui a donné lieu à la formation du dépôt. Nous démontrons l'existence de procès d'assimilation dans le magma. Ceux-ci nous permettent déduire que l'enrichissement en fer est dû principalement à la digestion de matériels riches en cet élément.

#### ABSTRACT

The Monchi mine near contact between the "Burguillos del Cerro" batholith and carbonates rocks the "Sierra del Cordel", shows an iron epigenetic metallization of skarn.

A working method is established in order to get to know the genesis of the deposit. On this purpose we make a metallogenetic petrographic study of the specimens obtained from the field, investigation corings and inside the mine.

(\*) Laboratorio de Petrografía y Metalogenia del IGME.

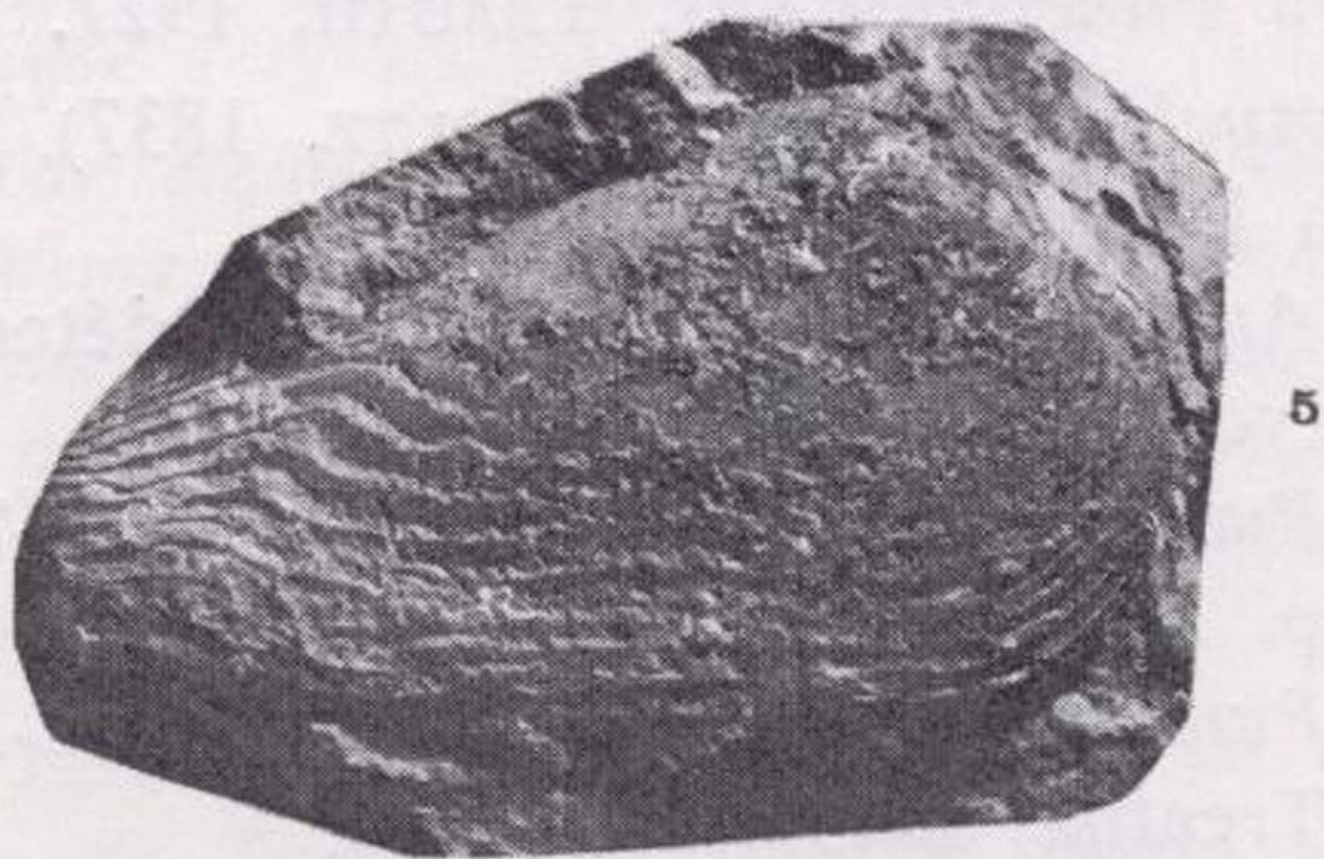
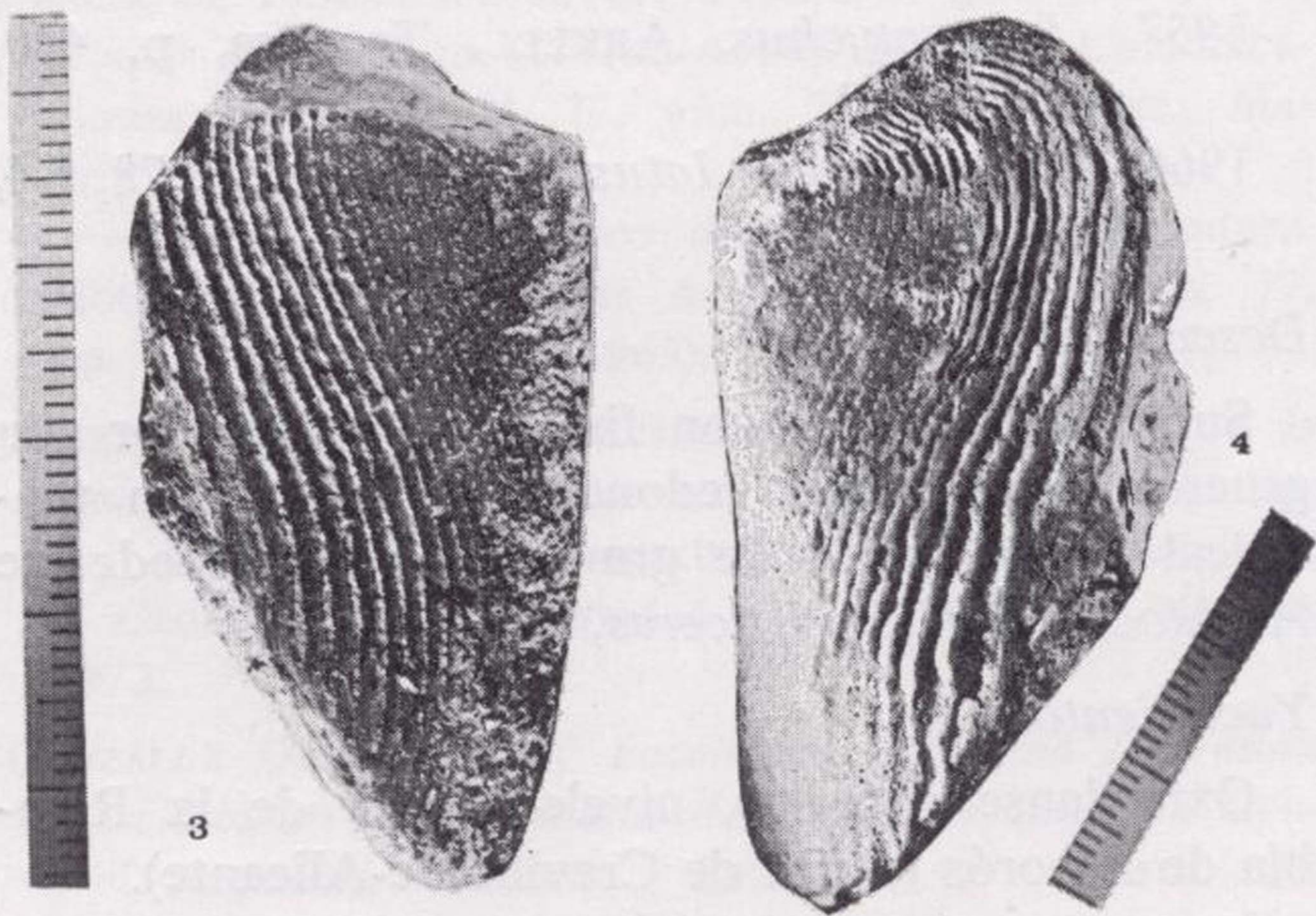
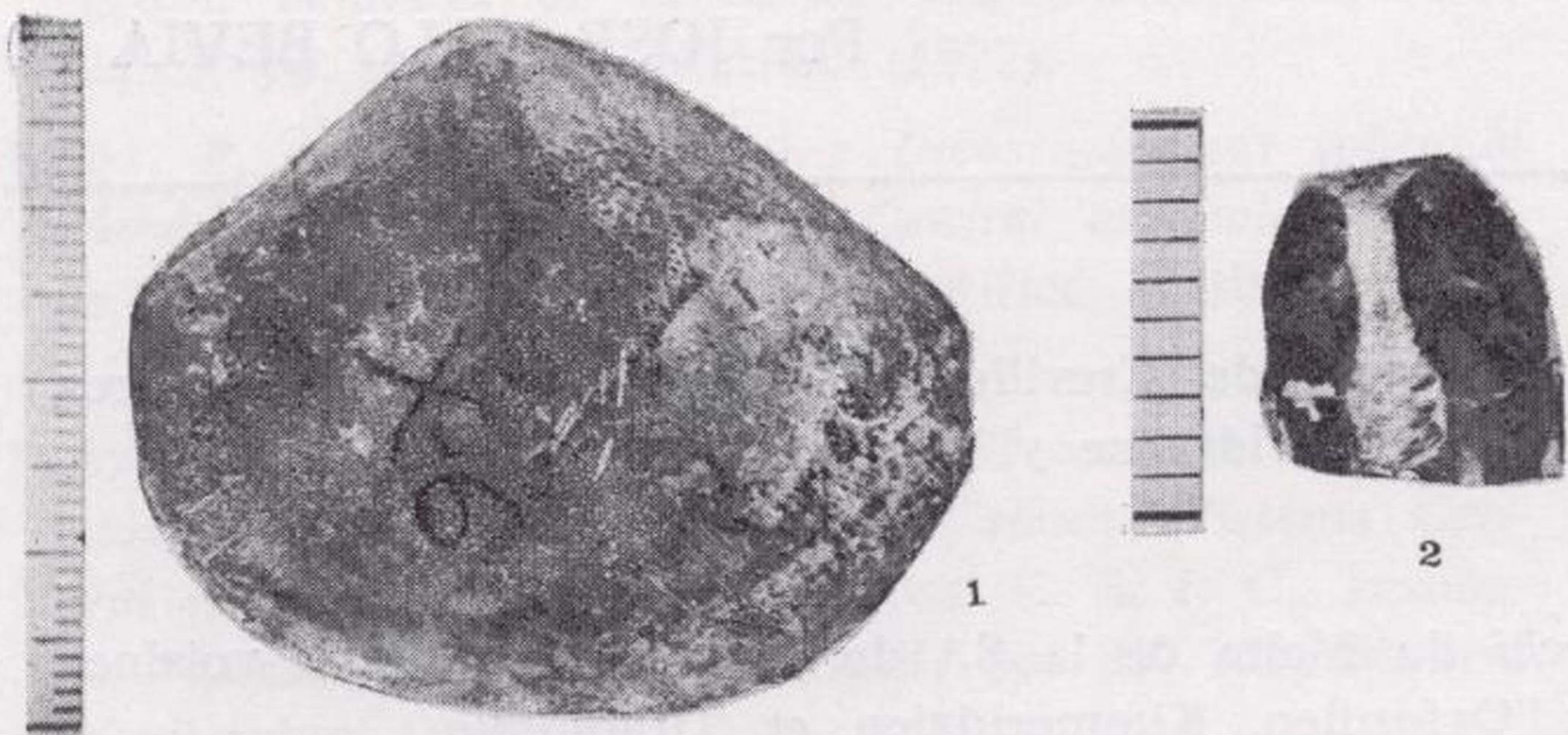


Lámina I

The iron metallization (magnetite) has taken place after the eruptive rock and the skarn silicates and before the sulphides.

Three phases have been determined: silicate, iron and sulphide phases, with a gradual decrease of temperature from the first one to the last.

The temperature for the iron metallization is under 500° C and for the sulphide one under 300° C.

We establish the origin of iron for the deposit formation. We demonstrate assimilation processes, which let us think that the enrichment of iron has occurred when the magma engulfed masses of material which are rich in this element.

## INTRODUCCION

La mina "Monchi" pertenece a la provincia metalogénica del Suroeste de España, que abarca parte de las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.

Es un depósito de skarn cuya mena es la magnetita. El hecho de que la magnetita no sea fosforosa lo hace especialmente interesante ya que en la actualidad es la mena de hierro más solicitada, por su fácil localización por métodos geofísicos y su concentración por métodos magnetométricos.

Sobre la génesis de esta mina se han dado diferentes teorías hasta el momento. GASCÓN MIRAMÓN (1904) considera que los criaderos de Burguillos tienen la siguiente génesis: 1) segregación magmática anterior a la consolidación de la roca eruptiva (lo que metalogénicamente se considera como una desmezcla en el fundido); 2) alteración y transformación de las rocas ricas en materiales ferríferos; 3) concentración de las inclusiones por metamorfismo secundario.

ROSO DE LUNA, I. (1955) deduce que el yacimiento es de génesis pneumatolítica de transición entre la deposición ortomagmática y la hidrotermal; en las regiones donde las condiciones de presión y temperatura fueron menores, puede pasarse a deposición hidrotermal, dando origen a depósitos de hematites.

ARRIBAS, A. (1962) clasifica el yacimiento de Burguillos como un tipo intermedio entre los yacimientos pirometasomáticos tipo Mary Kathleen y los clásicos yacimientos de contacto con magnetita, tipo Banato (Rumania). Este autor defiende, como Roso de Luna, una génesis espigenética para la mineralización de la mina "Monchi".

Llega a las conclusiones siguientes: la metalización se produjo como consecuencia del metamorfismo de contacto entre las calizas y el completo diorítico-monzonítico de Burguillos. El hierro se for-

mó durante la fase pneumatolítica que siguió al emplazamiento de sienitas anfibólicas en el contacto. Lo que no sólo supone una acción de sustitución pneumatolítica.

PASTOR MENDIVIL, M. y DOETSCH, J. (1965), estudian las minas de hierro y manganeso de la zona meridional de Badajoz. Sobre la génesis de las menas de hierro, los autores ponen de manifiesto la dificultad de dar una única teoría general de formación.

Los autores descartan el origen magmático. Se inclinan por una acción pneumatolítica de contacto con acompañamiento hidrotermal.

## SITUACION

La mina "Monchi" está próxima al pueblo de Burguillos del Cerro, y al Oeste del mismo. El acceso a ella está en un ramal que parte, con dirección Norte de la carretera de Burguillos del Cerro a Jerez de los Caballeros.

Se localiza en las proximidades del contacto de las calizas de la sierra del Cordel, con el batolito granítico postectónico de Burguillos del Cerro. Corresponde a las antiguas denominaciones "Aurora" y "Consuelo".

La metalización puede considerarse constituida por cinco bandas o lentejones, que tienen las siguientes Inogitudes aproximadas, del más septentrional al más meridional: 120 m., 60 m., 20 m., 20 m., y 200 m., según mostramos en la figura 1.

La dirección de las bandas metalizadas concuerda aproximadamente con la de las calizas de la sierra del Cordel, es decir, N 20° E. Su buzamiento también coincide con el de las calizas adyacentes y es de unos 75 a 80° hacia el E, como también se observa en el corte transversal que de la mina presentamos en la figura 2.

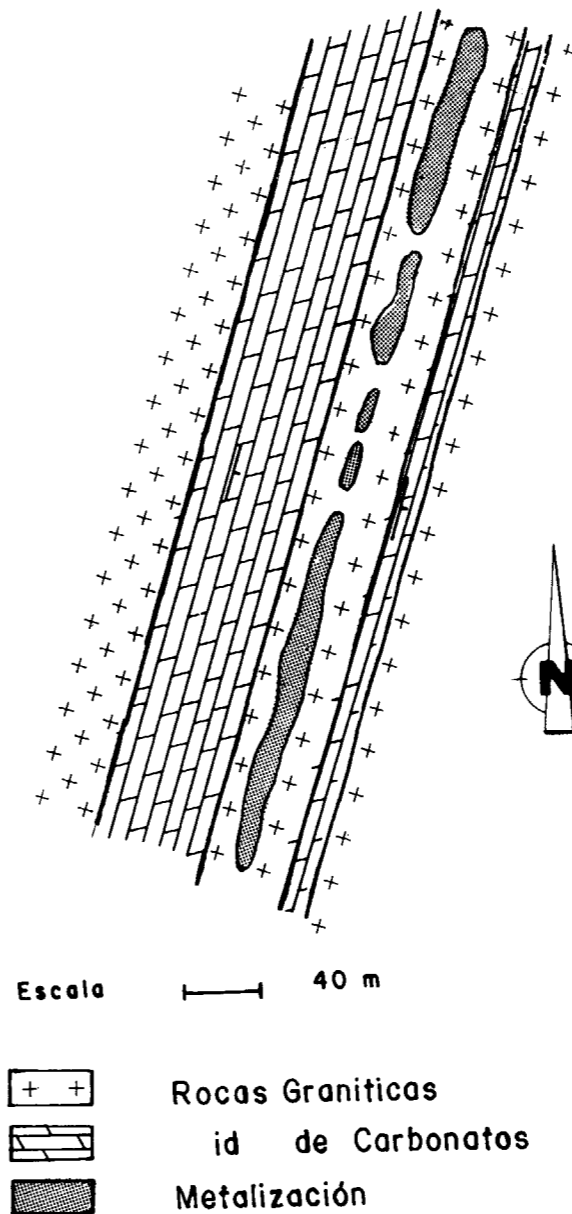


Figura 1  
Vista en planta de la metalización de mina "Monchi".

## PROBLEMAS GENERALES

La estrecha relación espacial que existe entre roca eruptiva y depósito de hierro, hace que este depósito pertenezca, en primera aproximación, a la categoría de depósito de contacto. Esto nos lleva a intentar resolver, los problemas que existen sobre la génesis de este tipo de criadero, fundamentalmente la procedencia del hierro.

Hasta hace poco tiempo se ha venido pensando que los depósitos ferríferos de skarn, que abarcan el 7 por 100 de la producción mundial de este metal, se han originado por reacción de los fluidos pneumatolíticos con la roca de caja. De esta forma supone ROSO DE LUNA, I. (1955) que se han formado los criaderos de hierro de la zona estudiada, cuando dice textualmente: "Los criaderos son de génesis pneumatolítica de transición entre la deposición ortomagmática y la hidrotermal". Análogamente se expresa ARIBAS, A. (1962): "El hierro se formó durante la fase pneumatolítica que siguió al emplazamiento de las sienitas anfibólicas en el contacto."

Estos autores suponen, a la vista de lo expuesto, que el hierro procede de la roca eruptiva, que en la zona estudiada es una roca de tipo granítico, tan sólo modificada en las inmediaciones del contacto.

La procedencia del hierro a partir de la roca eruptiva, tal y como los anteriores autores lo consideran, es hoy muy debatida por los representantes de la Escuela Singenetista que dicen, y con razón, que difícilmente un magma pobre en hierro, como el granítico que tiene un máximo del 4 por 100 en hierro, puede originar las acumulaciones ferríferas que se encuentran en las metalizaciones que se han venido denominando metasomáticas de contacto.

Una característica de los depósitos de este tipo, es su asociación con formaciones de skarn y está universalmente admitido que se forma a altas presiones y temperaturas, por reacción de fluidos de naturaleza magmática con las rocas calcáreas o morganos de la envolvente metamórfica. Esto produce, casi universalmente, una desilicificación de la roca granítica que, al asimilar hierro y otros materiales de la aureola metamórfica, al mismo tiempo que aporta sílice para la formación de los minerales del skarn, se tornea en roca más pobre en sílice, sienítica o aún más básica, monzonítica, cuarzo-diorítica o incluso diorítica.

Todo esto concuerda con lo que dicen OELSNER, O. y KRÜGER, E. (1968), cuando afirman que los depósitos de hierro suelen ir más unidos a rocas de tipo sienítico que a rocas de tipo granítico, ya que las rocas sieníticas se han originado por asimilación de material rico en hierro y pobre en sílice y alcalis.

Por tanto, a nuestro juicio, existen dos características esenciales en la formación de depósitos pneumatolíticos de contacto: la presencia de mine-



rales de skarn y la disilicificación de la banda marginal de la roca plutónica que, más que portadora, es modificadora de un material ya existente.

Los problemas fundamentales en relación con este tipo de depósitos se refieren a la procedencia o fuente del metal que les ha originado y a la temperatura de formación de los mismos.

### METODO DE TRABAJO

El procedimiento de investigación depende en gran parte de las relaciones del depósito, así como de la distribución de la mena de hierro dentro del yacimiento.

La estructura geológica de esta mina, presentada en las dos figuras adjuntas (figs. 1 y 2), justifica que su investigación se haya efectuado por medio de sondeos inclinados, distribuidos en la superficie del depósito, sensiblemente perpendiculares al buza-

La analogía de los materiales cortados por los sondeos al atravesar las distintas unidades, nos permite resumir de forma sucinta, por medio de un corte transversal (fig. 2), los resultados obtenidos a partir de la investigación de los testigos, una vez hechas las correspondientes correlaciones.

Se ha hecho el estudio petrográfico-metalogénico de muestras tomadas a partir de los sondeos de investigación, en el campo y en el interior de la mina, centrando nuestro interés en el problema genético.

Respecto al estudio de las metalizaciones en probeta pulida, hemos dividido los minerales metálicos en primarios y secundarios, es decir, originados a partir de los primarios; en los minerales secundarios hemos colocado entre paréntesis el primario o primarios, a partir del cual se ha originado.

Después de esta primera división de los minerales, los hemos subdividido según su abundancia, en

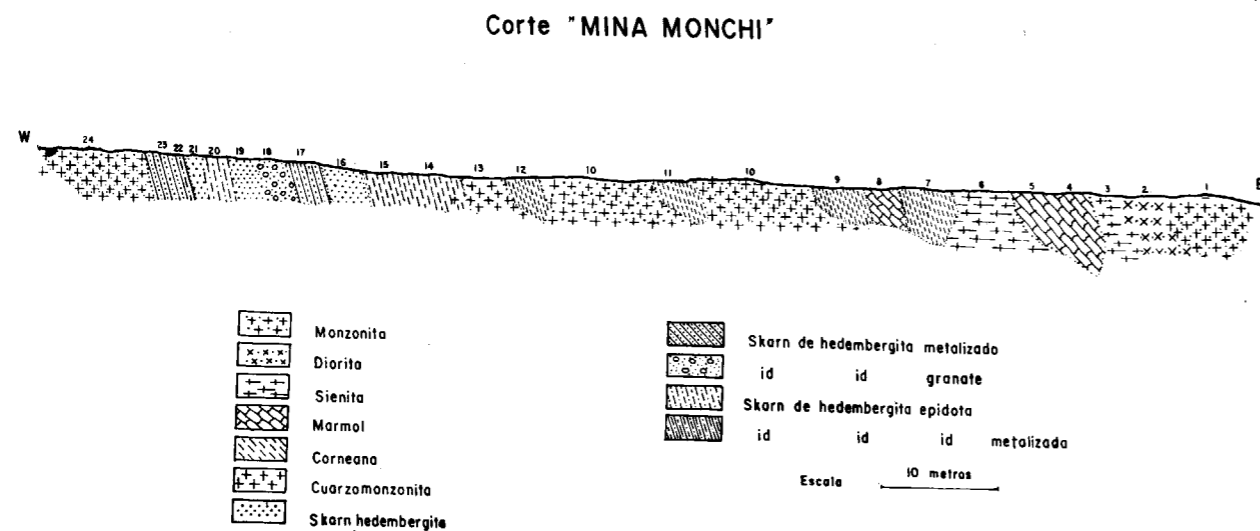


Figura 2

miento de las masas metalizadas, es decir, están dirigidos de E a W con una inclinación de 40° con la vertical. Para el mejor desarrollo de nuestro trabajo los sondeos han proporcionado una recuperación superior al 90 por 100 del volumen total del sondeo, la cual es muy superior a la que exigen los autores soviéticos, STAMMBERGER, F. (1965), página 50, que sugieren un mínimo de un 80 por 100 de recuperación para que la investigación del depósito pueda ser efectuada por este método.

principales o accesorios, y dentro de cada grupo han sido enumerados, primero los minerales de hierro, y después los restantes, siempre en orden de abundancia decreciente.

Las medidas de microdureza han sido obtenidas con un microdurómetro Leitz.

Los valores de reflectividad se han medido en tantos por ciento con un fotómetro multiplicador Leitz y filtro verde ( $\lambda=546$ ).

### PETROGRAFIA

El estudio petrográfico corresponde a los diferentes materiales que se atraviesan antes y después de cortar la metalización.

En el corte se representan los distintos materiales numerados.

1. *Monzonita*.—Textura hipidiomorfa. Feldespato potásico ortosa 42,1 % ( $2V_x=60-66^\circ$ ), plagioclasa 37,2 % ( $An_{20-24}$ ) oligoclasa maclada por varias leyes; en cantidad accesorio, hornblenda 9,5 %, biotita 6,3 %, cuarzo 2,8 % y apatito en cristales idiomorfos y bien desarrollados, circón, esfena, anfíbol de la serie tremolita-actinolita ( $2V_x=80-84^\circ$ ) y minerales opacos, en conjunto alcanzan 2,1 %; existen filoncillos de carbonato de un espesor de 0,75 milímetros y de clorita de 0,03 mm atravesando la roca, claramente posteriores a ella. Hay zonas de esta monzonita que han sufrido efectos cataclásticos, los cuales han originado una textura en mortero y en estas zonas trituradas es donde principalmente se sitúa la biotita con especial abundancia, lo cual no debe extrañarnos, ya que la biotita es un "stress mineral", HARKER, A. (1974), pág. 148.

Estas rocas contienen un enclave de una corneana cuarzofeldespática muy rica en biotita ferrífera parda pleocroica, que muestra un borde de reacción en contacto con la monzonita, lo que es una prueba de la existencia de procesos de contaminación o asimilación en mayor o menor escala de la roca sedimentaria por parte de la roca plutónica adyacente. Otra prueba evidente de que han exis-

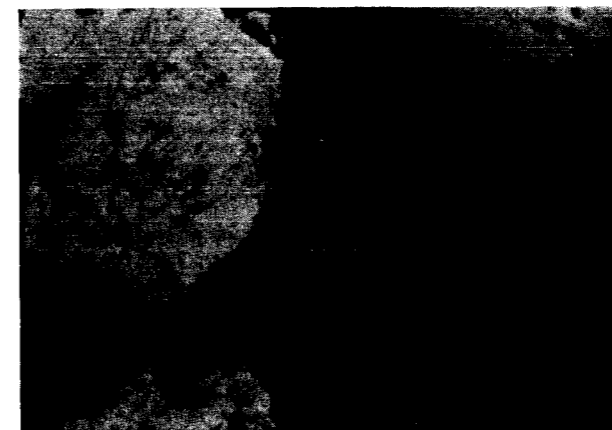


Figura 3

Cristal de cordierita (en el centro), que pone de manifiesto un proceso de asimilación (X36, NX)

tido estos fenómenos, es la aparición de bellos cristales de cordierita en el interior de la roca plutónica (fig. 3).

2. *Diorita*.—Textura hipidiomorfa en mortero (fig. 4). Plagioclasa 49,4 % ( $An_{30-35}$ ) andesina maclada y zonada, biotita 32,8 %, componentes accesorios, hornblenda 8,3 %, feldespato potásico 4,9 %, cuarzo 3,4 % y apatito, minerales opacos, clorita y moscovita 1,26 %.

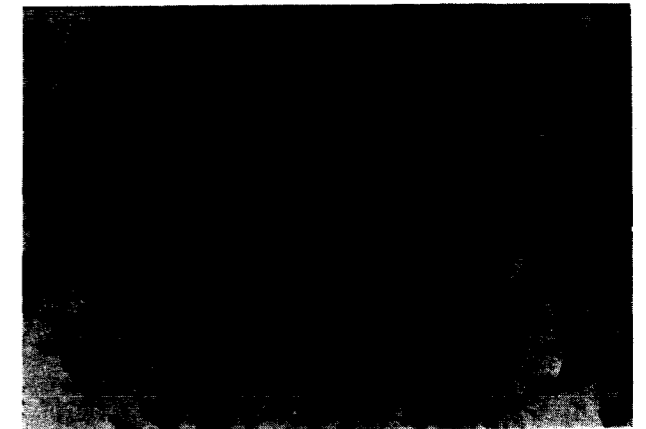


Figura 4

Diorita con alto contenido en ferromagnesianos (biotita) (X36, N//).

3. *Sienita alcalina*.—Está formada por cristales de micropertita microclínica maclados en parrilla y, según Carlsbad, con  $2V_x=81,5^\circ$  con la albíta orientada ópticamente y de augita egirínica  $2V_x=88^\circ$  y  $ZAC=20^\circ$ , lo cual corresponde a un piróxeno alcalino con un 60 % de molécula de augita, se presenta este mineral en cristales hipidiomorfos bien desarrollados, de color verde, que por pleocroismo pasa a un verde más claro con tinte amarillo. La plagioclasa tiene cristales poco desarrollados, que se sitúan en las zonas intersticiales entre los cristales de pertita; accesoriamente hay cuarzo, apatito, biotita y minerales opacos. Esta sienita es una roca saturada que no contiene sílice libre, en contraposición con todas las anteriores.

4. *Mármol*.—Compuesto principalmente de carbonato cálcico y brucita, casi en la misma proporción; accesorios, serpentina, forsterita, periclase y minerales opacos. La brucita tiene secciones de contornos irregulares formadas por agregados laminares curvados con extinción radiada, que dan la sen-

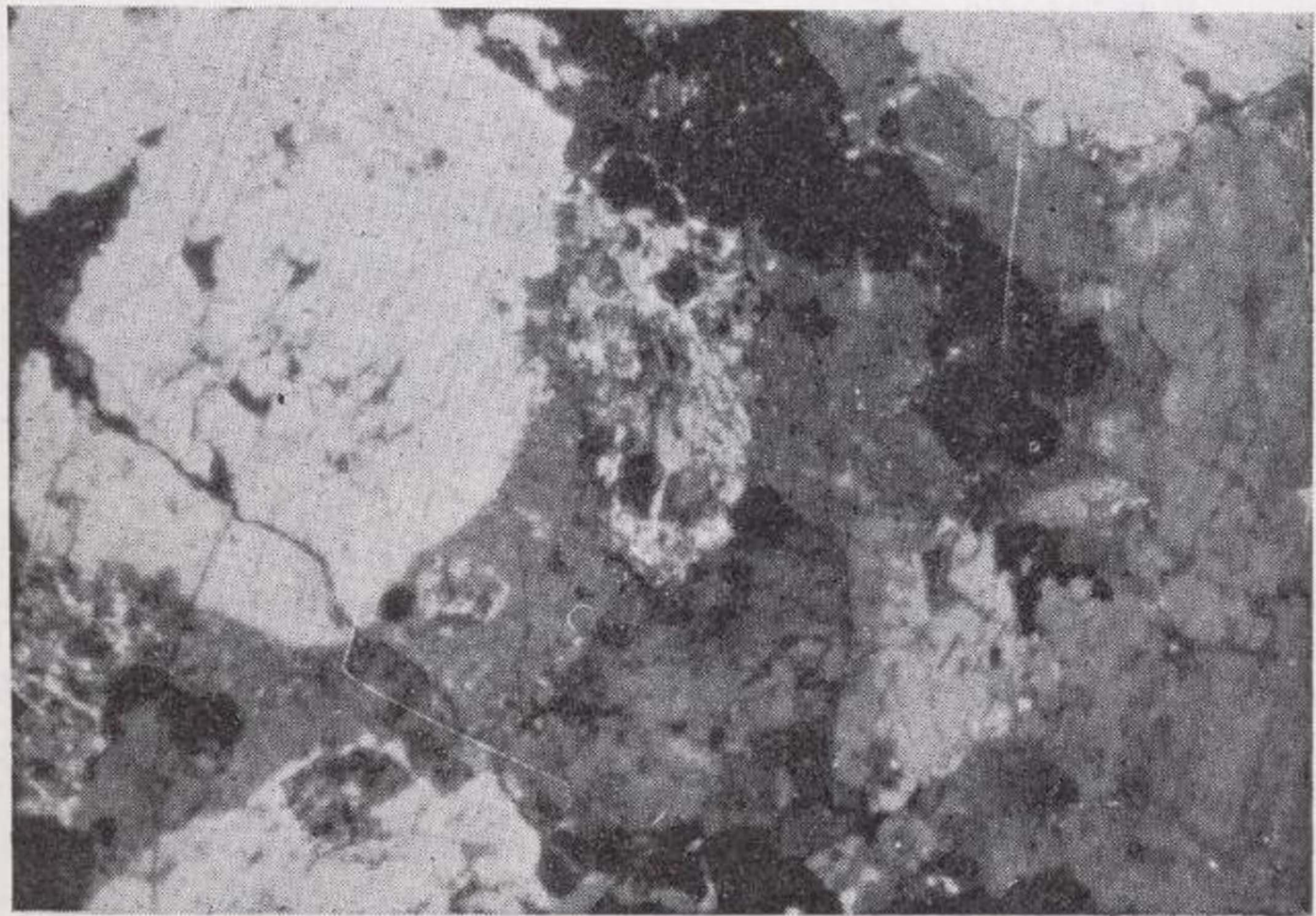


Figura 3

Cristal de cordierita (en el centro), que pone de manifiesto un proceso de asimilación (X36, NX)

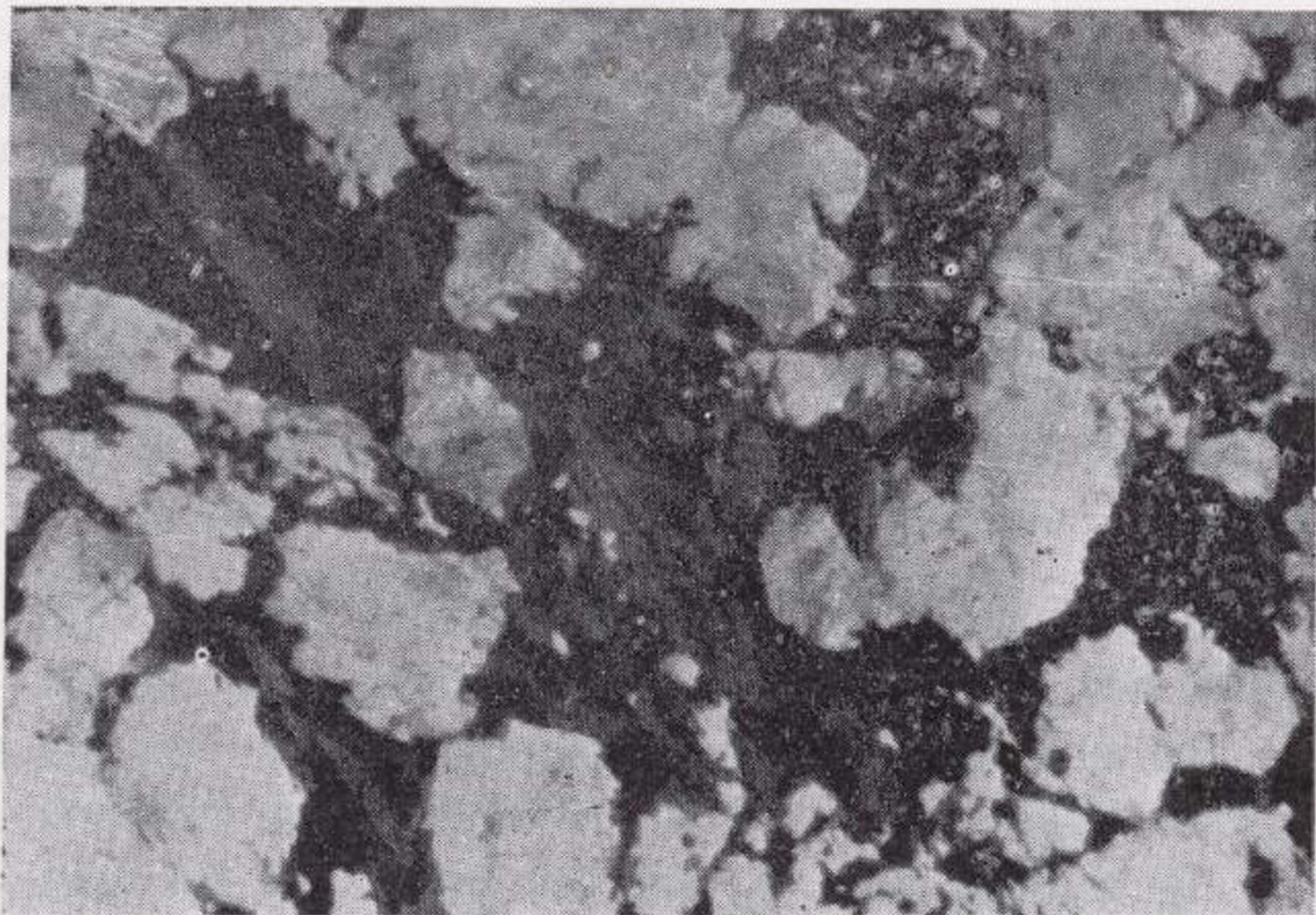


Figura 4

Diorita con alto contenido en ferromagnesianos (biotita)  
(X36, N//).

sación de agregados fibrosos; es el producto de alteración de la periclase, de la que queda una única sección pequeña de color pardo, exfoliación cúbica, isótropa, y que está rodeada por brucita en forma de roseta. Hay secciones de forsterita transformándose en serpentina y secciones de este mineral pseudomórficas de forsterita, ya que la serpentina es secundaria de forsterita. Todos los minerales de esta roca, con excepción del carbonato cálcico, son producto de metamorfismo de contacto.

5. *Mármol dolomítico*.—Formado por dolomita y serpentina principalmente; el carbonato presenta textura suturada; minerales accesorios son forsterita, que ha pasado en su mayor parte a serpentina y minerales opacos.

Estas zonas de carbonatos no son sino enclaves en la roca eruptiva.

6. *Sienita*.—Menos alcalina que la descrita. Formada por feldespato potásico microclina y plagioclasa oligoclasa; el primero se presenta en cristales desarrollados, a veces hipidiomorfos, con maclas en parrilla y de Carlsbad, siempre peritítico; la plagioclasa mucho menos abundante, está alterada en sericita; son minerales accesorios, cuarzo, biotita, hornblenda, circón, apatito y minerales opacos. El cuarzo es siempre intersticial, la hornblenda se presenta en cristales más desarrollados que la biotita y el circón es siempre idiomorfo.

7. *Corneana feldespática*.—Con biotita ferrífera parda muy abundante y diópsido en menor proporción; la alanita es accesoria. Esta corneana es un enclave del que se pueden sacar las mismas conclusiones que dedujimos del estudio del enclave corneánico en una monzonita ya descrita.

8. *Mármol*.—Formado por carbonato magnésico con brucita y serpentina como componentes principales; accesorios: forsterita, periclase y minerales opacos. Se observan granos de forsterita con serpentinización incipiente. La periclase, en proporción escasísima, se presenta en granos isométricos de color amarillo parduzco e isótropos.

9. *Corneana feldespática*.—Formada principalmente por plagioclasa ( $An_{35}$ ) andesina maclada, y clinopiroxeno diópsido ( $2V_x=55^\circ$ ;  $Z\Delta C=39^\circ$ ); minerales accesorios son biotita y opacos.

Claramente posteriores a todos los minerales de estas corneanas, se observan bandas y zonas irre-

gulares de feldespato potásico que atraviesa a los minerales de la corneana, especialmente a plagioclasa y piróxeno. Como este feldespato potásico no es mineral primario de las corneanas estudiadas, creemos que se trata de un aporte alcalino de la roca plutónica, que contiene este mineral, a las rocas metamórficas.

10. *Monzonita*.—Formada por plagioclasa ( $An_{20-24}$ ) oligoclasa, maclada, zonada y alterada parcialmente a sericita, feldespato potásico, hornblenda y biotita. En la parte central de esta unidad existe hiperstena ( $2V_x=76^\circ$ ;  $Z//C$ ) corresponde a una hiperstena de contenido en enstatita de 78 % (broncita, fig. 5). Minerales accesorios son circón, apatito,



Figura 5

Presencia de broncita en la roca eruptiva, indicando procesos de contaminación (X36, N//)

to y opacos. Exceptuando la parte oriental de esta unidad, en el resto la biotita es mineral principal. El cuarzo está en cantidad accesoria, menos en la zona occidental de esta unidad (cuarzomonzonita, 13).

11. *Corneana*.—Estas corneanas son enclaves que siguen la dirección regional NNE-SSW. Textura granoblástica, con tamaño de grano mucho más reducido que sus acompañantes ígneas (fig. 6); componentes principales, plagioclasa ( $An_{35}$ ) andesina maclada, biotita y piróxeno diópsido ( $2V_x=54,5^\circ$ ;  $Z\Delta C=39^\circ$ ); componentes accesorios son apatito, anfíbol y minerales opacos.

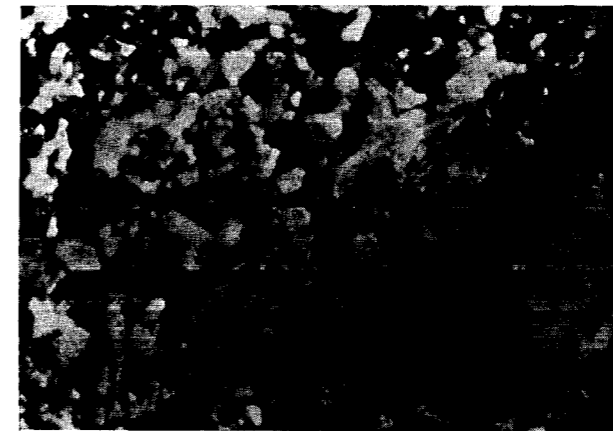


Figura 6

Contacto entre corneana y roca plutónica. Obsérvese la diferencia de tamaño de grano (X36, NX)

12. *Corneana plagioclásico-biotítica* (fig. 7). Son enclaves de textura idéitica a los que acabamos de describir, pero con ausencia de piróxeno; contienen bandas y secciones de feldespato potásico que suponemos aportado por la roca monzonítica adyacente.

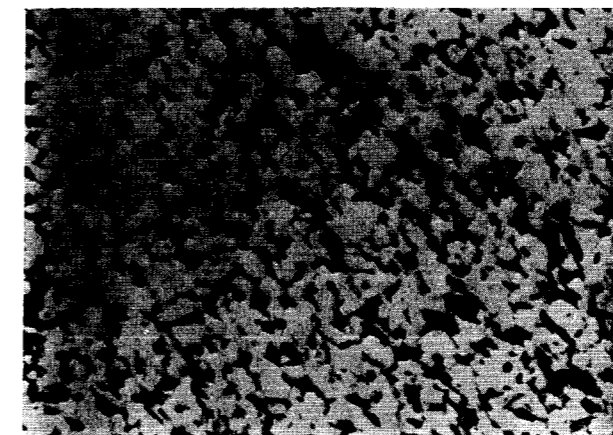


Figura 7

Enclave de corneana de plagioclasa y biotita (X36, N//)

14. *Corneana*.—Muestra orientación dimensional muy marcada. Se compone fundamentalmente de cuarzo, clinopiróxeno de la serie diópsido-hedembergita ( $2V_x=56^\circ$ ;  $Z\Delta C=40^\circ$ ), que corresponde a un término próximo al extremo magnésico, con 89 por 100 de diópsido, débilmente pleocroico en

rosa, biotita y anfíbol hornblenda; minerales accesorios son plagioclasa, circón, esfena y opacos.

La orientación dimensional que se observa en la roca, es paralela al primitivo plano de estratificación, pues al movernos perpendicularmente al mismo se observa un marcado cambio de composición mineralógica, con predominio de bandas piroxénicas, anfíbolicas y plagioclásicas.

15. *Corneana biotítico-feldespática*.—Plagioclasa ( $An_{33}$ ) andesina y biotita, que varía de hipidiomorfa a alotriomorfa, son componentes principales; minerales accesorios: circón, clorita y opacos.

Todas estas corneanas muestran zonas muy ricas en feldespato potásico que suponemos procede, como ya hemos mencionado, de las rocas ígneas adyacentes, pues estas rocas son deficitarias en  $K_2O$  como también lo eran en sílice y, por el contrario, estos óxidos se encuentran profusamente distribuidos en monzonitas y cuarzomonzonitas.

16. *Skarn*.—Compuesto esencialmente por clinopiroxeno de la serie diópsido-hedembergita ( $2V_x=64^\circ$ ;  $Z\Delta C=47^\circ$ ), que corresponden al extremo ferrífero de la serie, es decir, a hedembergita; presenta color verde con pleocroísmo de verde a verde amarillento parduzco y menor proporción de plagioclasa ( $An_{37}$ ) andesina y piróxeno diópsido de tamaño muy inferior a hedembergita, destaca de ésta por su color débilmente rosado, casi incoloro. Mineral accesorio, apatito.

Se observan fenómenos de potasificación con distribución irregular, les atribuimos el mismo origen que dimos al hablar de las corneanas.

Distribuidos en la matriz de estas rocas, y también a lo largo de vetas discordantes, existen numerosas secciones de minerales opacos, magnetita y pirita, que incluso pueden ser considerados componentes principales. Son de formación claramente posterior a hedembergita y plagioclasa, pues ocupan posiciones intersticiales respecto a las mismas.

17. *Skarn de hedembergita metalizado*.—Está constituido por hedembergita y plagioclasa ( $An_{37}$ ) andesina en menor proporción; los minerales metálicos son siempre posteriores a hedembergita y plagioclasa y aparecen siempre en tamaños más reducidos que la primera.

El contenido en minerales metálicos aumenta progresivamente según avanzamos hacia el Oeste en el skarn de hedembergita, que más que hedembergita son cristales compuestos hedembergita-hornblenda con el piróxeno ocupando el núcleo y

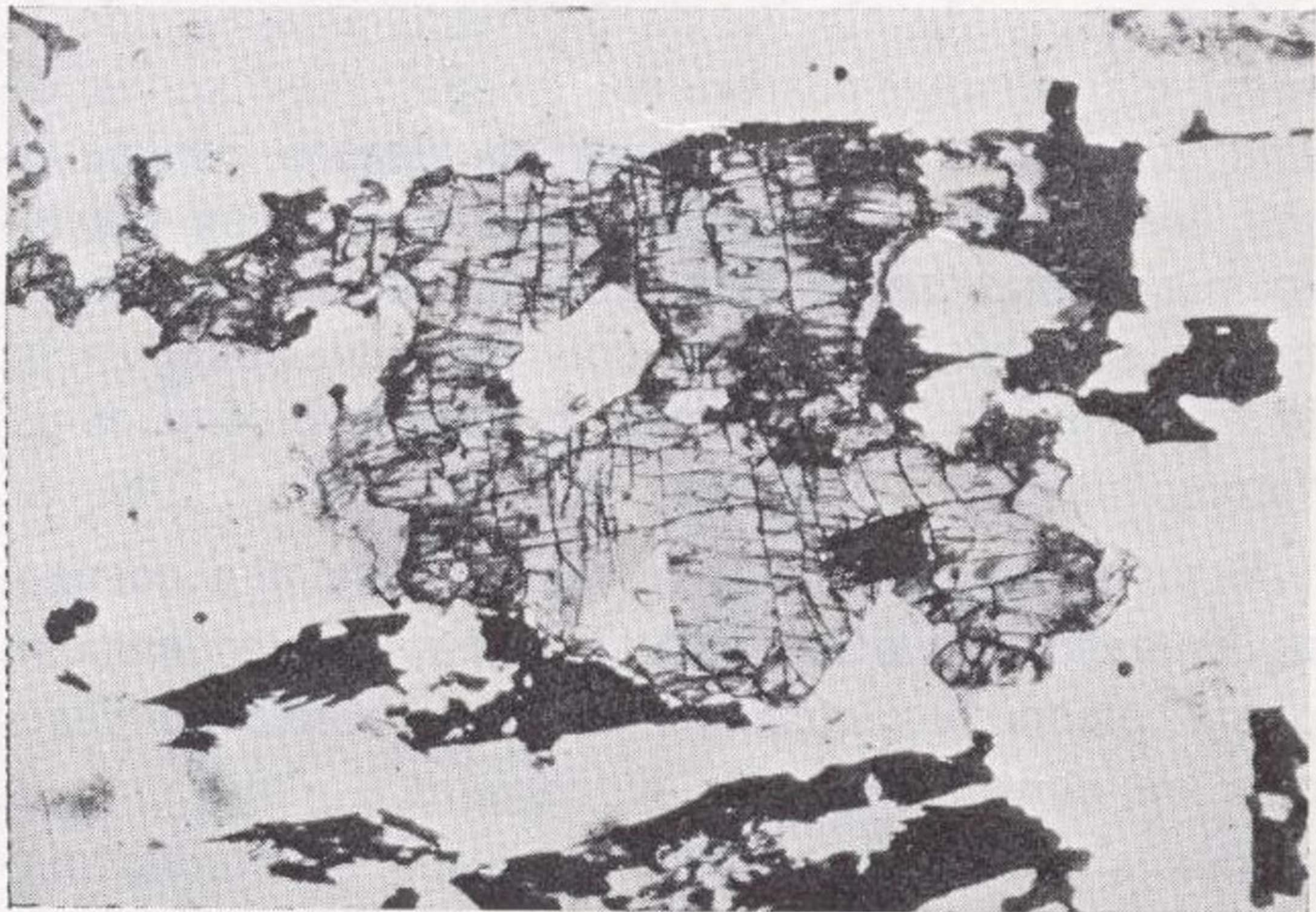


Figura 5

Presencia de bronzita en la roca eruptiva, indicando procesos de contaminación (X36, N//)

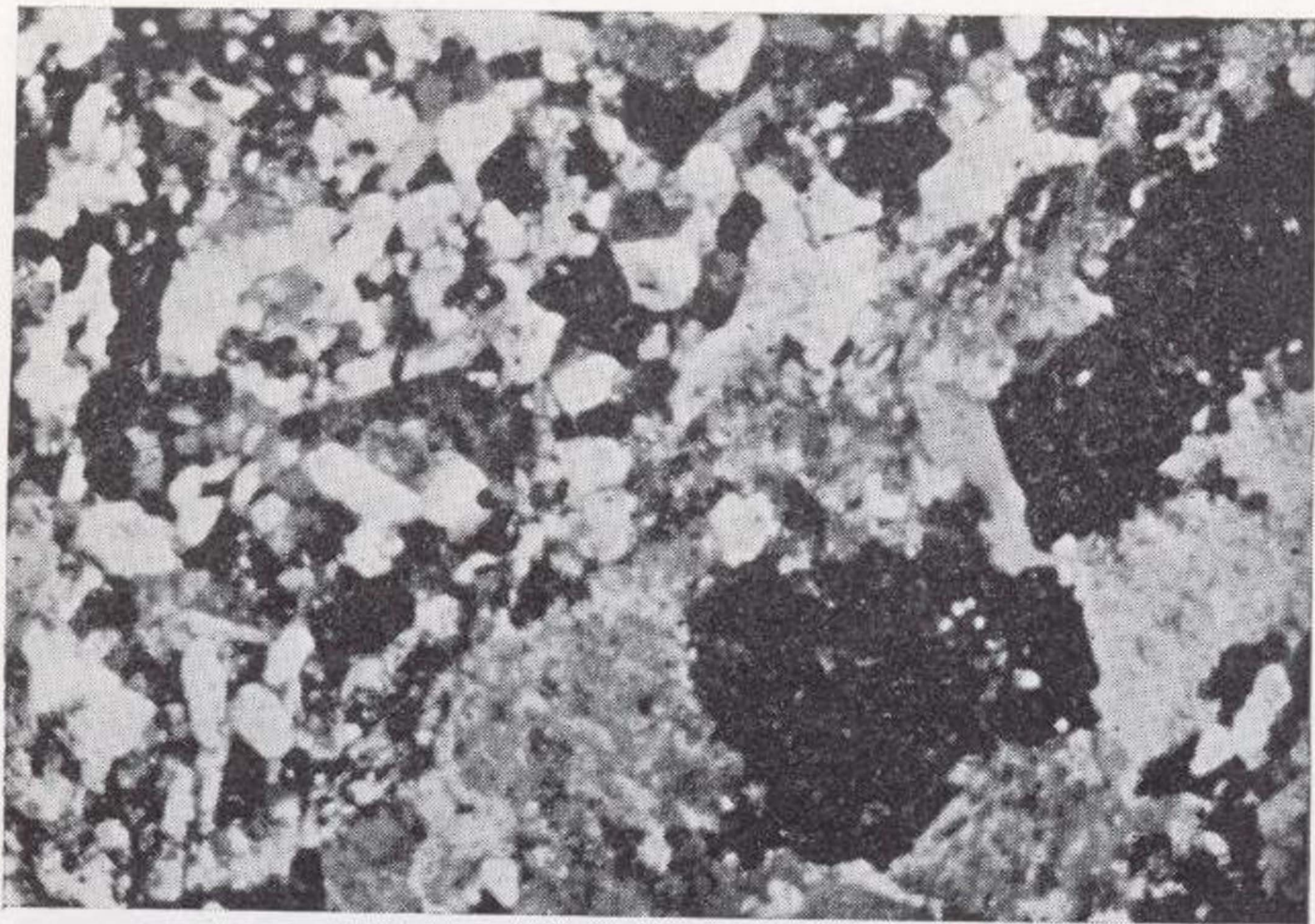


Figura 6

Contacto entre corneana y roca plutónica. Obsérvese la diferencia de tamaño de grano (X36, NX)

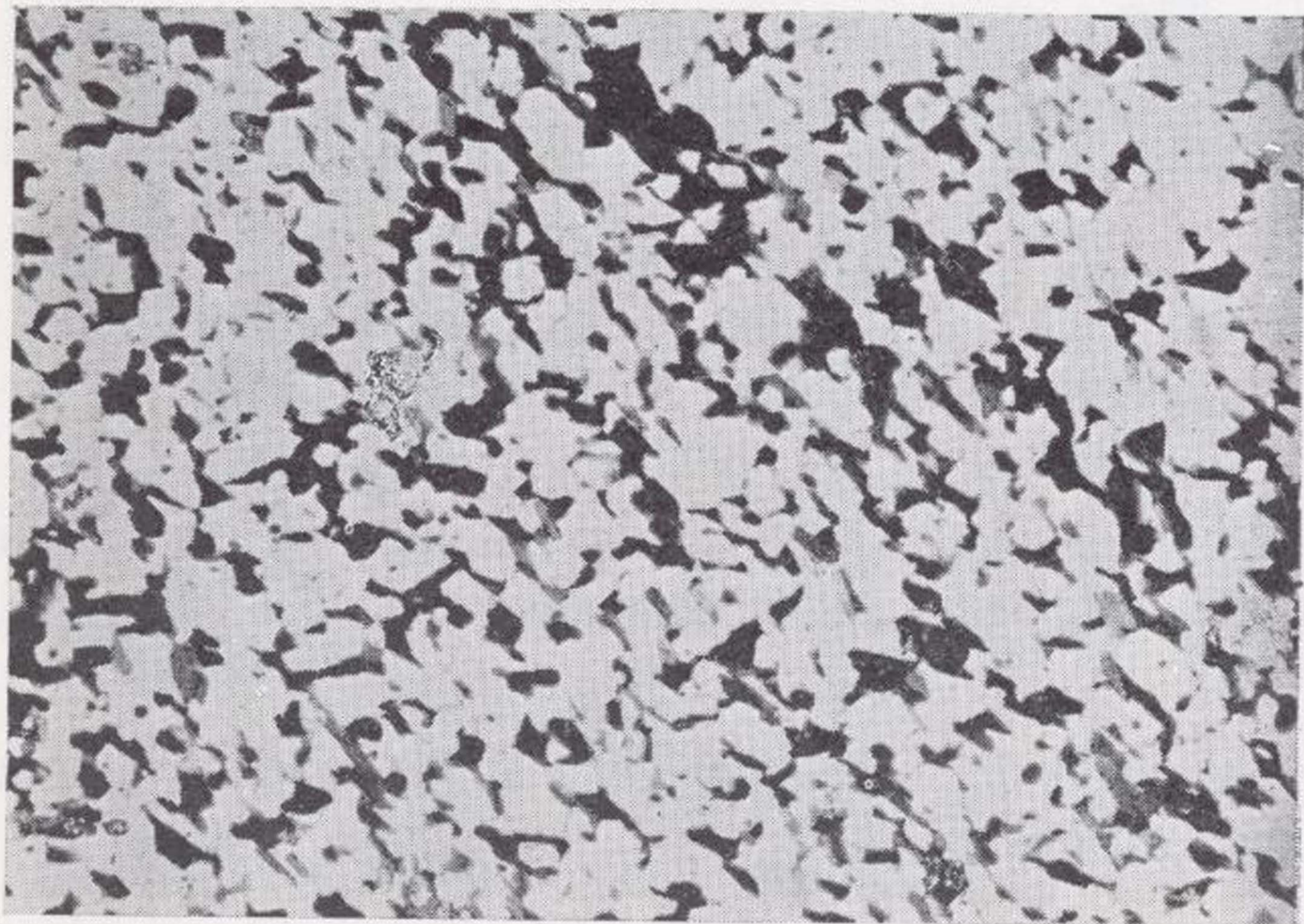


Figura 7

Enclave de corneana de plagioclasa y biotita (X36, N//)

parte principal del cristal y la hornblenda verde en zonas periféricas. Los metálicos, magnetita y pirrotina, son intersticiales y posteriores a la hedembergita (fig. 8). La hornblenda marginal a la hedembergita es posterior a ésta y fundamentalmente anterior a la metalización, ferífera (fig. 9). Tan sólo una hornblenda verdosa que aparece en estrechas vetillas, es posterior a los minerales metálicos. Continúan observándose los fenómenos de potasificación distribuidos de forma irregular.

18. *Skarn de hedembergita y granate*.—Tiene abundancia de metálicos, fundamentalmente pirrotina; en cantidad accesoria, hay alanita.

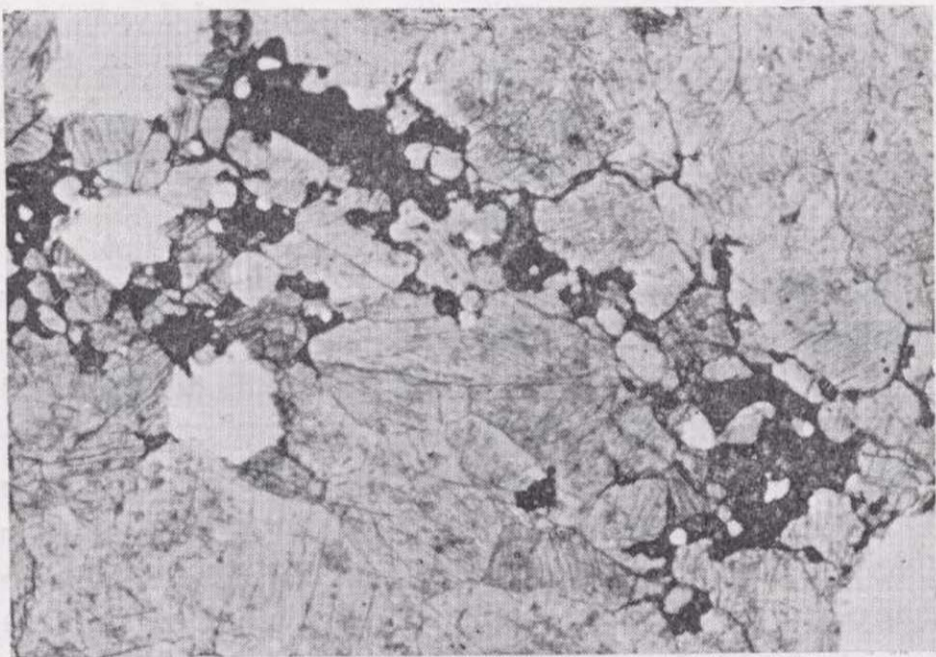


Figura 8

Skarn de hedembergita en minerales metálicos intersticiales y posteriores a este piroxeno. Obsérvense las secciones basales del piroxeno (X36, N//)

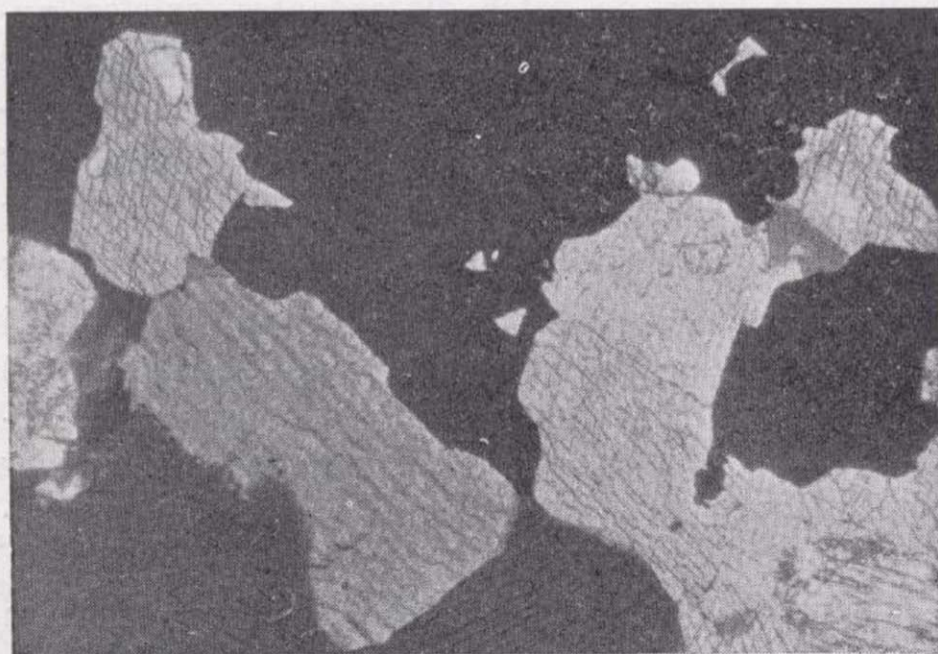


Figura 9

Hornblenda y magnetita asociadas. Obsérvense cómo la magnetita penetra en la hornblenda (X90, N//)

El granate ha sido determinado a partir de los valores siguientes:

Índice de refracción,  $N=1,83$ .

Tamaño de la celdilla unidad,  $a=11,97 \text{ \AA}$ .

Densidad,  $G=3,77$ .

Los cuales han sido llevados a proyección en el diagrama presentado por HUTCHISON, C. S. (1974), pág. 210, y después de los cálculos correspondientes, ha resultado ser un granate tipo andradita, con parte de grosularia. Exactamente andradita=62,7 por 100 y grosularia=37,3 por 100.

Los minerales metálicos siguen siendo posteriores a los silicatos anhidros (fig. 10).

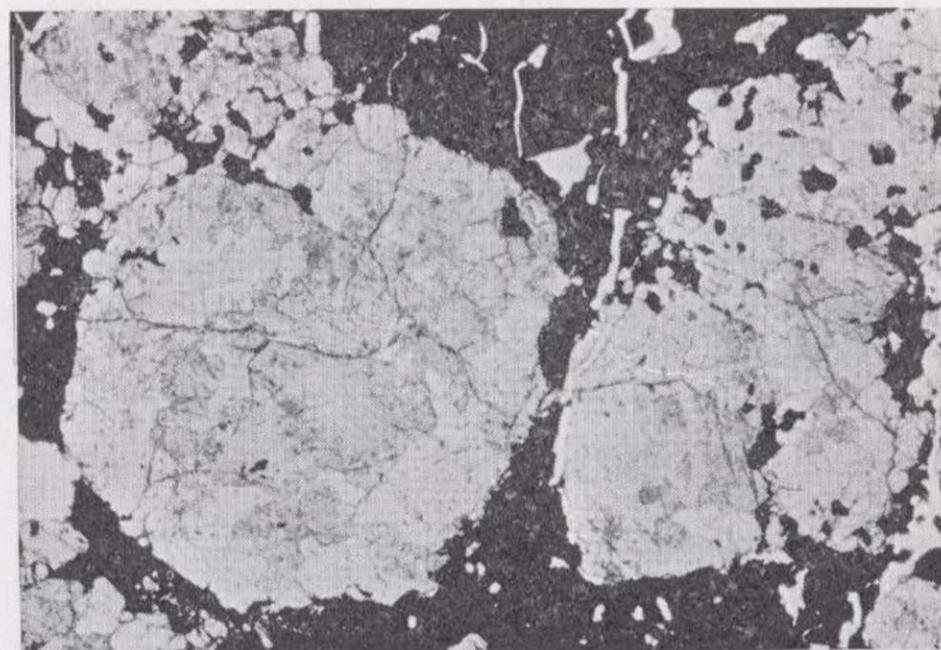


Figura 10

Skarn de hedenbergita y andradita impregnado por minerales metálicos posteriores (X36, N//)

Existen vetas de clorita y calcita que atraviesan a todos los mineralies de este skarn.

19. *Skarn de hedembergita*.—Contiene cierto porcentaje de metálicos intersticiales y posteriores a hedembergita.

20. *Skarn de hedembergita y epidota*.—Epidota ( $2V_x=86^\circ$ ). Mineral accesorio, alanita. El diópsido magnesiano, menos frecuente que la hedembergita, es incoloro, y se presenta orlado por hornblenda verde.

21. *Skarn de hedembergita*.—Tiene hornblenda y alanita en menor proporción. La hornblenda, que siempre orla a la hedembergita, se ha formado con posterioridad a este último mineral. Continúan los fenómenos de potasificación. Son frecuentes las secciones intersticiales de minerales metálicos, cla-



ramente posteriores a hedembergita y hornblenda. En la zona central de esta unidad, existe un enriquecimiento de alanita, que se presenta en cristales bien desarrollados, hipidiomorfos, y con frecuencia maclados (fig. 11); presenta su característico color pardo rojizo, con intenso pleocroísmo,  $x$ =incoloro,  $y$ =pardo algo amarillento,  $z$ =marrón oscuro algo rojizo. La alanita es posterior a hedembergita y an-

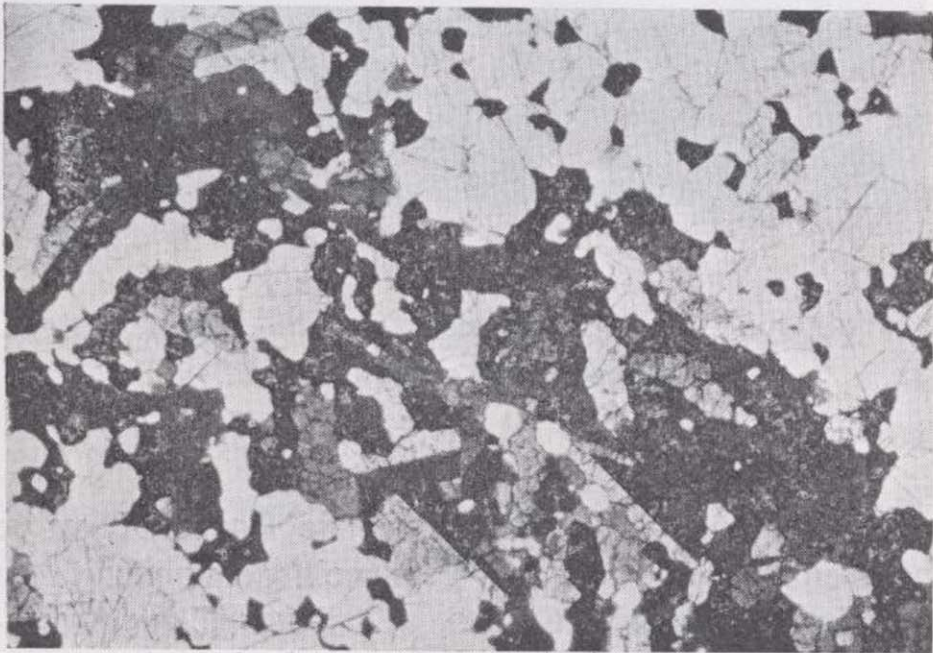


Figura 11

Alanita, con característicos colores de pleocroísmo, asociada a magnetita en skarn (X36, N//)

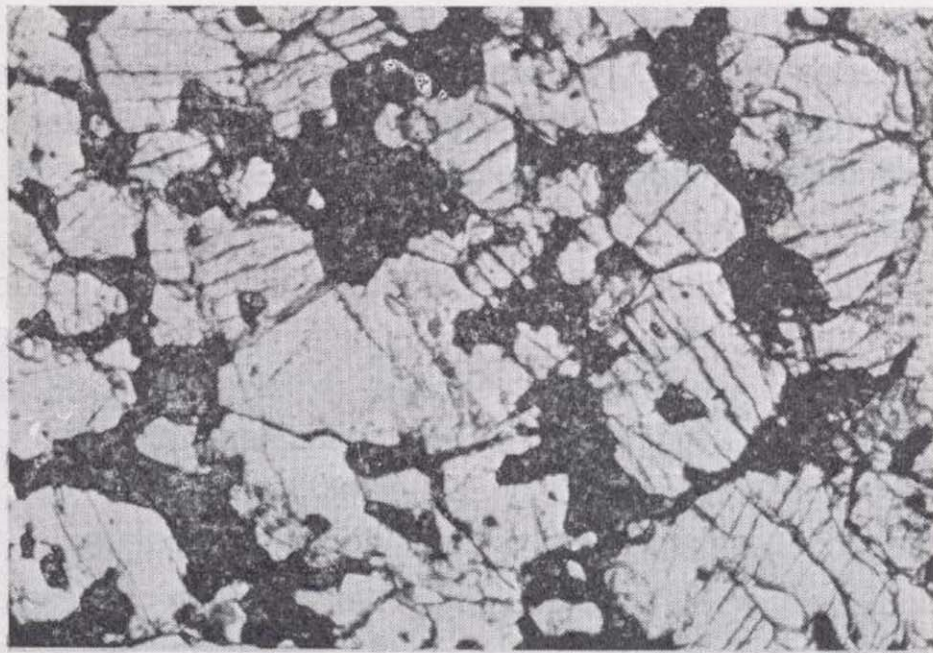


Figura 12

Skarn de epidota con magnetita intersticial y posterior (X90, N//)

terior a los minerales metálicos, que ocupan una posición intersticial respecto a la alanita.

22. *Skarn de epidota y hedembergita metalizado.*—Los minerales metálicos (magnetita principalmente y pirrotina en cantidad accesoria) son abundantes y posteriores a epidota (fig. 12). Minerales

accesorios, son plagioclasa y cuarzo. Algunas estrechas vetas de hornblenda verde son posteriores a la epidota y a los minerales metálicos.

23. *Skarn de hedembergita metalizado.*—La hedembergita va acompañada de hornblenda verde que la orla. Se observa el mismo orden paragenético: hedembergita-hornblenda-minerales metálicos-vetas de hornblenda verde. La metalización está constituida principalmente por magnetita y pirrotina.

24. *Monzonita.*—Textura hipidiomorfa granular, de grano muy superior al de las corneanas que engloba. Feldespato potásico ortosa perfitico 41,1 %, plagioclasa oligoclasa 37,2 %, y hornblenda 10,5 %, son componentes principales; biotita 5,3 %, cuarzo 2,8 % y minerales opacos, circón y alguna sección de alanita forman el 2,1 %, como minerales accesorios. Los enclaves de corneana que contienen, muestran bordes de reacción que sugieren un intercambio de material entre la roca sedimentaria y la ígnea.

Dentro de estas rocas monzoníticas hay zonas con especial enriquecimiento en ferromagnesianos, hornblenda o biotita (fig. 13).

Algunas monzonitas de este "stock", fundamentalmente las de la banda marginal en contacto con el skarn, presentan abundantes secciones de diópsido, que no es mineral normal en las monzonitas de las zonas anteriores; atribuimos la presencia de este piróxeno a fenómenos de contaminación e interacción de materiales entre roca ígnea y las rocas metamórficas adyacentes.

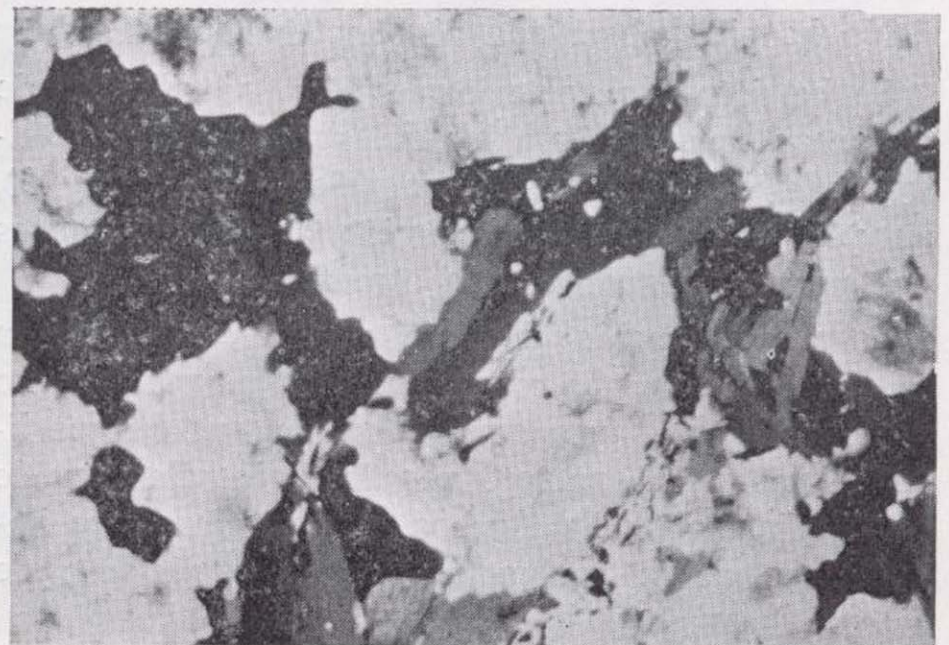


Figura 13

Monzonita con zonas de especial enriquecimiento en ferromagnesianos, biotita (X36, N//)

## METALIZACION

Vamos a tratar en particular de la metalización económica que se explota en el skarn. Dicha metalización está formada por los siguientes materiales:

*Minerales primarios.*—Esencial: magnetita.

Principales: Vonsenita, pirrotina y lolingita.

Accesorios: Ilvaíta, pirita, calcopirita, cobaltina y bismuto-bismutina.

*Minerales secundarios.*—Hematites (magnetita), limonita (pirita y magnetita), pirita (pirrotina) y marcasita (pirita).

*Magnetita:*  $Fe_3O_4$ . Es el único mineral que se explota en la mina. Se presenta con textura en mosaico granoblástico; a veces en alternancia fajeada con vonsenita y lolingita. Los diámetros medios de sus granos, oscilan entre 1 mm y 0,07 mm. Tiene buen pulido y se reconocen los cruceros (111) y (100).

Microdureza Vickers=514-579. Su color es gris; es isótropa, aunque se han observado cristales con débil anosotropismo anómalo. Reflectividad=16,5 %—17,8 %, inferior al valor de reflectividad que dan UYTENBOGAARDT, V. y BURKE, E. A. J. (1971) para la magnetita medida con igual longitud de onda.

Se presenta prácticamente inalterada; sólo en algunos cristales se ha observado una incipiente martitización; esta martitización o hematitización de la magnetita, se localiza en zonas superficiales lo que demuestra que es, sin duda, un proceso descendente debido a acciones meteóricas.

No ha sido observada ninguna desmezcla.

Se ha formado posteriormente a los silicatos de las rocas eruptivas y a los del skarn, fundamentalmente a hedembergita y hornblenda (fig. 8 y 9), aunque una pequeña proporción de esta última es posterior a magnetita y la atraviesa.

La concentración de este mineral, que, en la mina se efectúa por procedimientos magnéticos, no presenta ningún problema, debido a sus bordes lisos y netos en contacto con los minerales que le acompañan (fig. 15). Ambos factores son muy importantes en la evaluación de un yacimiento de hierro, OHLE, E. L. (1972).

*Vonsenita:*  $BO_5Fe_2^{2+}Fe^{3+}$ . Presenta color negro brillante, habitus fibroso y se dispone en bandas alternantes con magnetita (fig. 14).

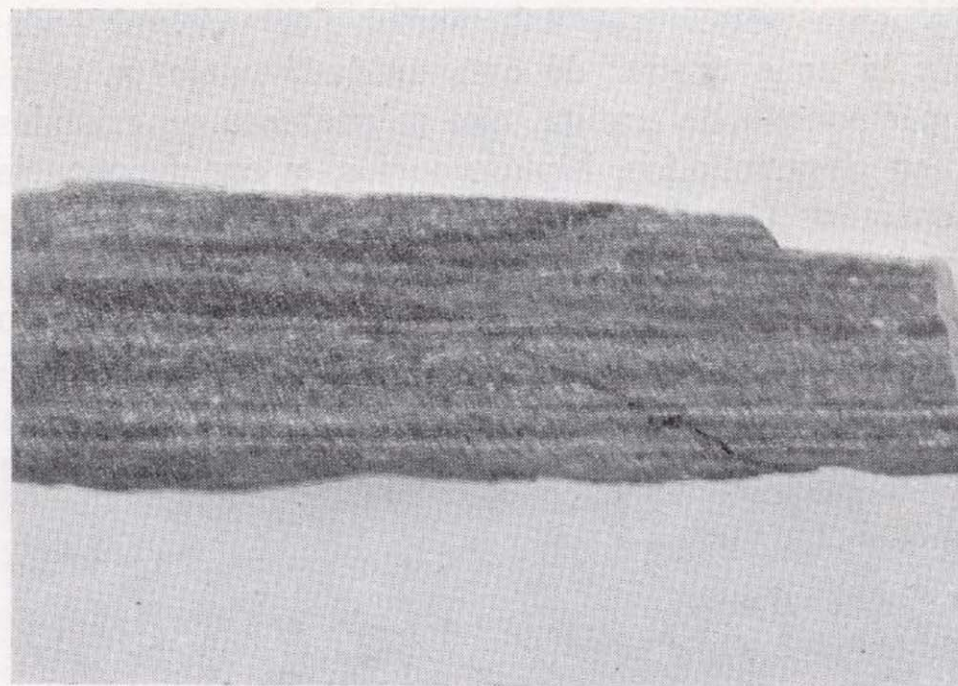


Figura 14

Vonsenita fibrosa alternante con finas bandas de magnetita (Reducción,  $\times 3/5$ )

El estudio óptico, químico y de Rayos X, ya se hizo en nuestro trabajo: Presencia de vonsenita en la mina "Monchi", CUETO, A., RUIZ, C. y ARÉVALO, P. (1971), llegándose a la conclusión de que se trata de una vonsenita muy semejante a la de Jayville, LEONARD, B. F. y VLISIDIS, A. C. (1961).

*Pirrotina:* SFe. Se presenta en masas irregulares, sus granos tienen diámetros medios que oscilan alrededor de los 0,144 mm llegando en algunos casos a 1 mm de diámetro. El pulido es bueno. Presenta crucero marcado, y en ocasiones se observan macas.

Microdureza Vickers=222-322. Su color es pardo rosado con pleocroísmo de blanco rosado a blanco rosado pardo. La reflectividad en aire para ambas posiciones (dado que es un mineral anisótropo), ha resultado ser 33-44 % y 35,9-38 %, respectivamente. El anisotropismo es fuerte, en tonos pardos y grises.

A veces se altera a pirita, alteración que progresa según el crucero (0001) de la pirrotina. Aparece atravesada por estrechas vetas de limonita descendente.

La pirrotina va asociada a hedembergita y hornblenda principalmente, entre los componentes no metálicos; de los metálicos está en íntima relación, con magnetita, pero se ha generado con posterioridad a ella, ya que se observan numerosas secciones de pirrotina atravesando y rodeando a magnetita (fig. 15).

Se ha observado un enriquecimiento de este mi-

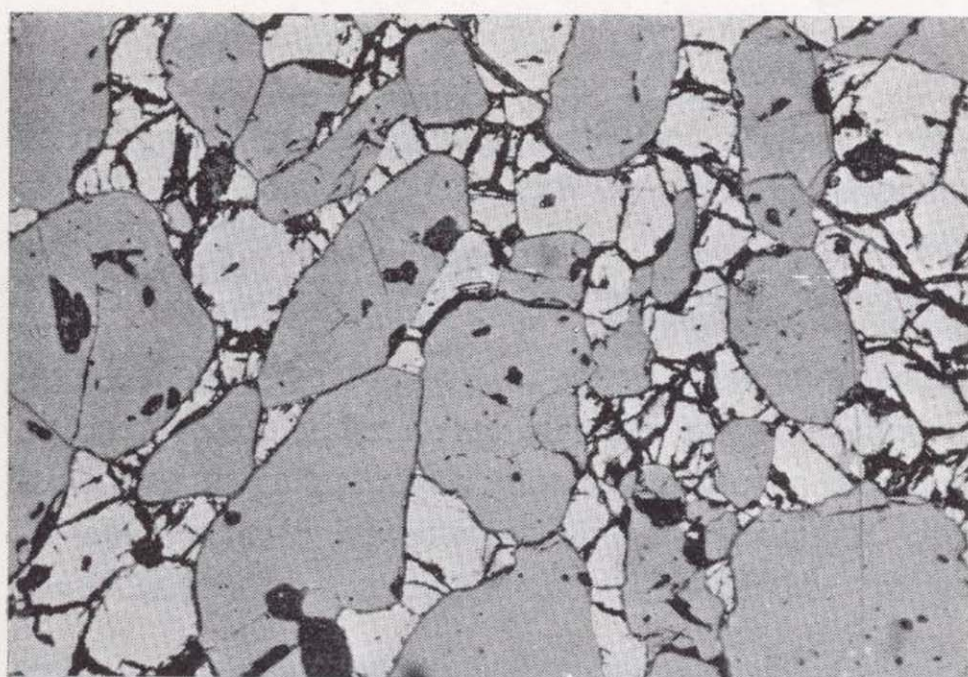


Figura 15

Pirrotina que rodea a magnetita y es posterior a ella (luz reflejada, aire, X90, N//)

neral según vamos avanzando en la metalización hacia el Norte en el sentido del rumbo.

*Lolingita* (Fe, Co, Ni) As<sub>2</sub>. Se presenta en bandas alternantes con magnetita. Textura granoblástica de cristales bien desarrollados con diámetros comprendidos entre 0,89 mm y 0,07 mm; debido a esto se puede separar fácilmente con molindas inferiores a 1 mm.

Su pulido es bueno. Hemos observado algunos cristales maclados. Microdureza Vickers=610. El color es blanco muy puro, con pleocroísmo de blanco amarillento a blanco azulado. Reflectividad en aire=55,5 %.

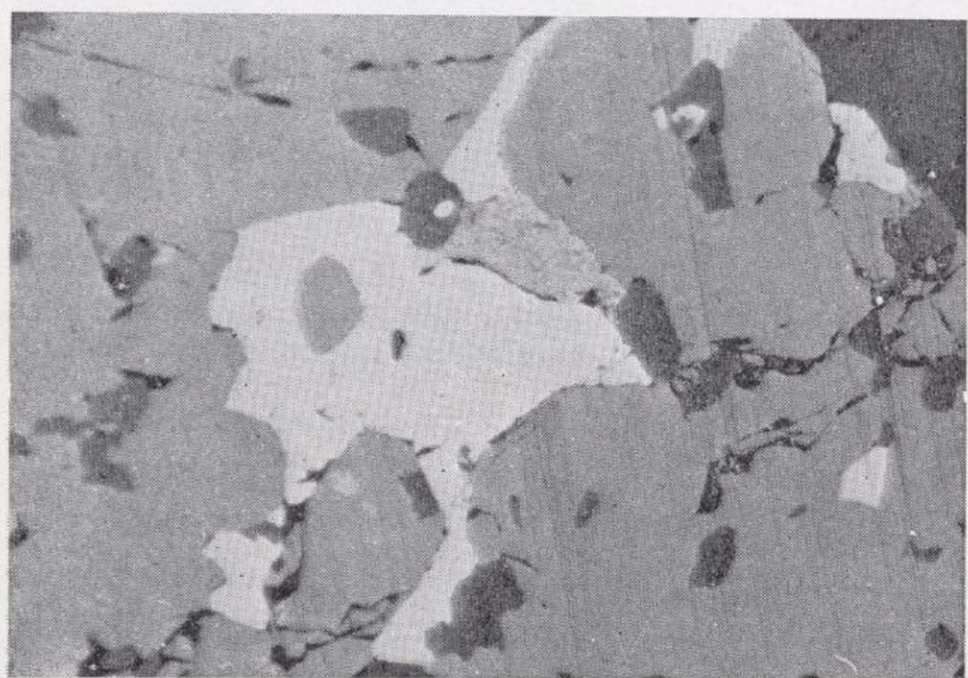


Fig. 16

Lolingita (blanco), posterior a magnetita (gris claro). Diseminados granos de ganga (gris oscuro) (Luz reflejada, aire, X90, N//)

Se ha generado posteriormente a magnetita (figura 16).

El mineral ha sido separado y analizado por difracción de Rayos X, ya que ópticamente hay varios minerales muy semejantes. Posteriormente se ha realizado el análisis químico, es el siguiente:

As ... ..	71,62 %
Fe ... ..	19,7 %
Co ... ..	8,67 %
Bi ... ..	no se aprecia
Cu ... ..	no se aprecia

A partir de este análisis, el mineral puede clasificarse como una lolingita cobaltífera, ya que el hierro está en proporción inferior al 85 por 100 y el cobalto supera al níquel, esto según el criterio tradicional dado por HOLMES, R. J. (1947), aunque posteriormente ha sido discutido por RADCLIFFE, D. (1968).

*Ilvaíta*: Ca Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>(OH/O/Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Es un mineral relativamente raro en la naturaleza y aparece como un último mineral en los depósitos de skarn de hedbergita, BURT, D. M. (1971). Generalmente, se presenta en vetas (fig. 17) que tienen un espesor medio de 0,05 mm. Los cristales tienen generalmente forma de agujas y muestran contactos netos y rectilíneos.

Microdureza Vickers=792; dureza de pulido mayor que magnetita. El color es gris, con intenso pleocroísmo de reflexión (fig. 18) que en aire tiene tonos grises, azulados y rosados y, en aceite, tonos que van del gris al añil, a veces se observan tonos

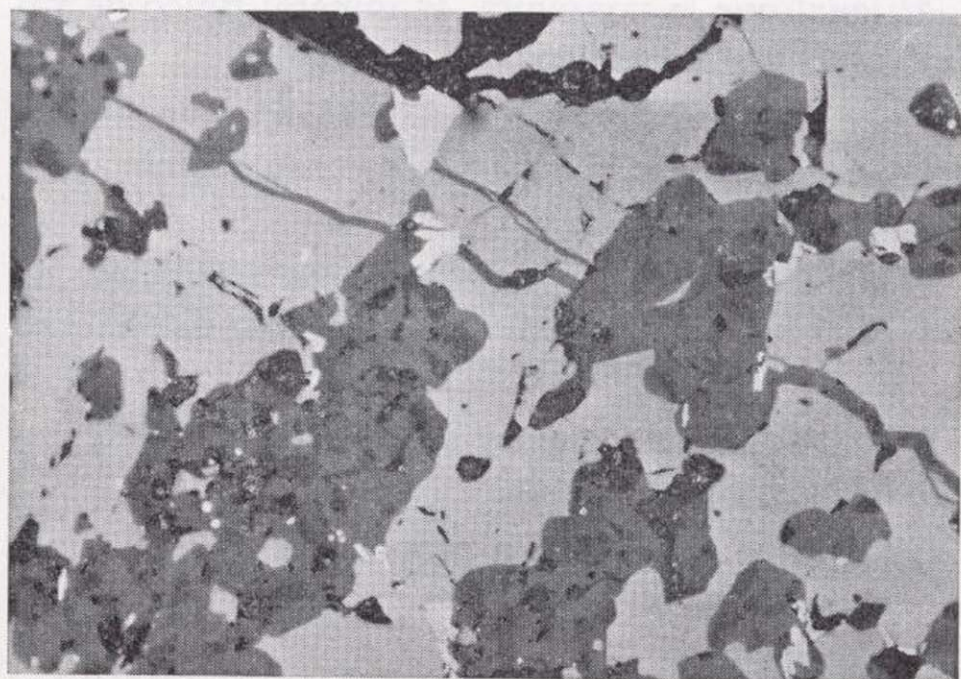


Figura 17

Ilvaíta en vetas, atravesando a magnetita (Luz reflejada, aire, X90, N//)

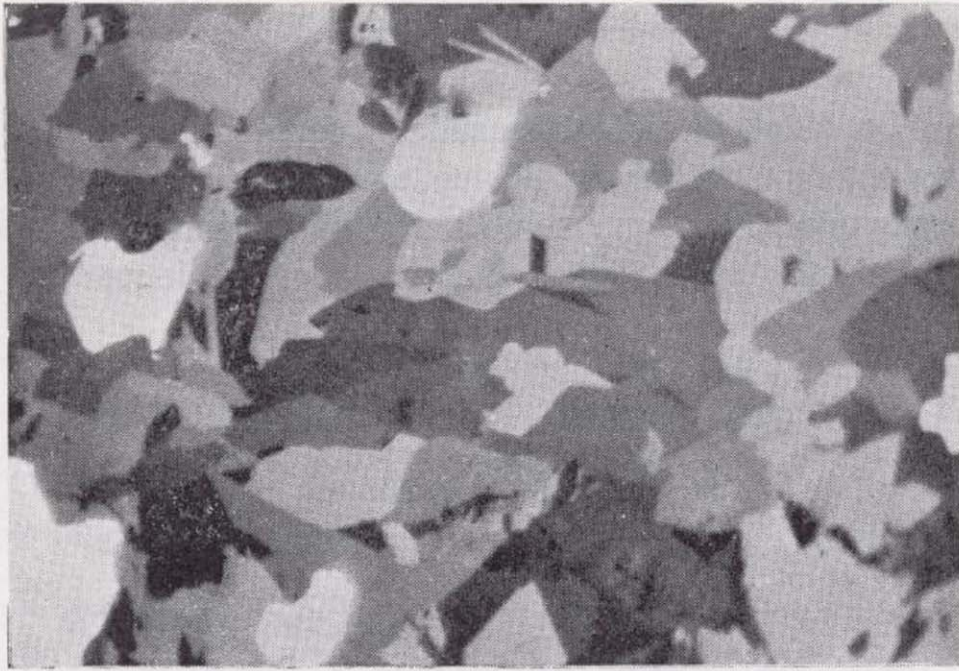


Figura 18

Ilvaite, mostrando su fuerte pleocroísmo (luz reflejada, aceite, X350, N//)

verdes, rojos y violetas; en secciones tabulares presenta color gris oscuro con tinte azulado para la posición longitudinal (diferencia con vonsenita) y pardo rosado con tinte rojizo para la posición diagonal. Reflectividad en aire = 6,7 % y 7,5 % para ambas posiciones, ya que es un mineral anisótropo. Este anisotropismo es fortísimo (fig. 17), de naranja vivo a gris muy oscuro, casi negro, pasando por tonos rojizos y grises azulados; es característico para secciones paralelas a (010) los colores naranja en las dos posiciones diagonales (diferencia con vonsenita).

Se altera a hematites y limonita.

Claramente posterior a magnetita, a la que atraviesa en vetas (fig. 17).

Al igual que la vonsenita, es mineral típico de yacimientos metasomáticos de contacto.

**Pirita:**  $S_2Fe$ . Su proporción dentro de la metalización es muy escasa. Sus granos forman mosaico junto a magnetita y lollingita.

Fundamentalmente procede de la alteración de pirrotina a la que sustituye siguiendo direcciones de cruceo basal (0001).

Se ha observado alguna sección de pirita transformándose en marcasita.

**Calcopirita:**  $CuFeS_2$ . La proporción de este mineral es pequeña. Su tamaño es reducido y oscila alrededor de 0,048 mm.

Microdureza Vickers = 203-205. Presenta su típico color amarillo latón. Reflectividad = 42 %. Se han reconocido maclas.

Generalmente va asociada a pirrotina y es, en parte, simultánea y, en parte, posterior a ella: por tanto, no hay duda de que calcopirita es posterior a magnetita.

Debido a su escasa proporción, hay que desechar la idea de explotarlo como subproducto.

**Cobaltina**  $(Co, Fe)AsS$ . Aparece en bajísima proporción, inferior a la de la calcopirita. Siempre va asociada a lollingita, aunque presenta un tono rosado característico que destaca del blanco de la lollingita; también el anisotropismo de cobaltita es más débil.

**Bismuto-Bismutina:** Su proporción es escasísima. Se presentan distribuidos muy irregularmente. El bismuto tiene formas esqueléticas con diámetros muy reducidos, oscilando alrededor de 0,014 milímetros.

El bismuto presenta mal pulido, con abundantes rayas (fig. 19), debido a su baja dureza (inferior a la del resto de los minerales que le acompañan).

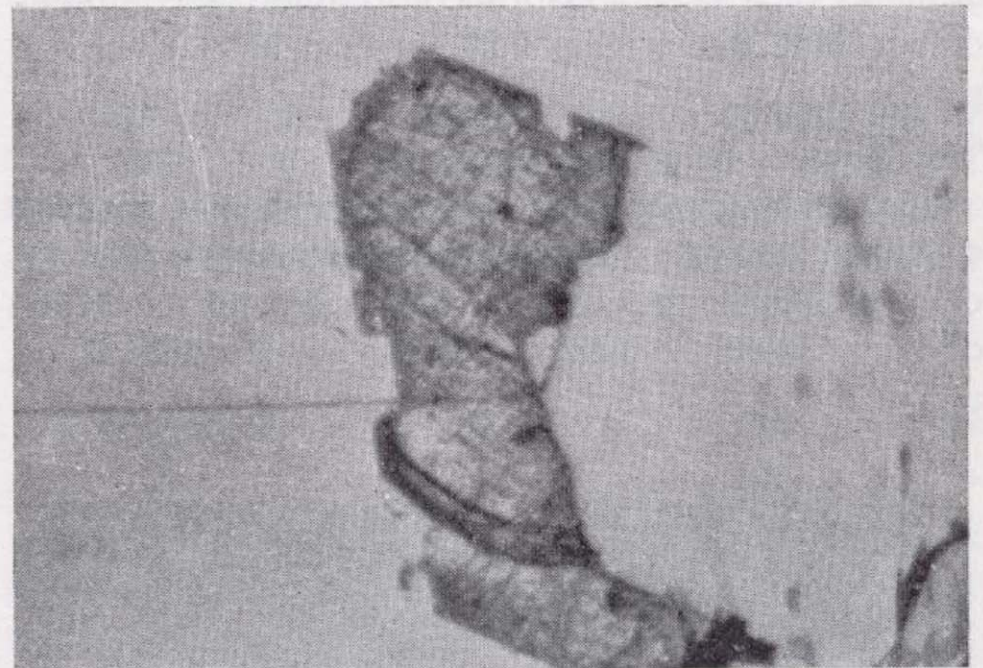


Figura 19

Cristal de bismuto en pirita. Obsérvense las abundantes rayas de pulido (luz reflejada, aceite, X350, N//)

El bismuto está asociado a bismutina o incluido en lollingita; la bismutina se diferencia del bismuto por su color azulado y su menor dureza.

Su bajísima proporción dentro de la metalización, excluye la posibilidad, a pesar del elevado precio del metal bismuto, de que sean recuperados como subproductos en esta mina.

## TEMPERATURA DE FORMACION

Del estudio a escala meso y microscópica efectuado en esta mina, y empleando criterios semejantes a los usados por LAMEY, C. A. (1961) para depósitos de hierro metasomáticos de contacto, se pone de manifiesto que la metalización ferrífera, es una metalización de skarn, formada con posterioridad a todos los minerales de la roca eruptiva a los que cruza (fig. 20). y, por tanto, su temperatura de formación será inferior a la de la roca eruptiva ya que la temperatura decrece con el tiempo;

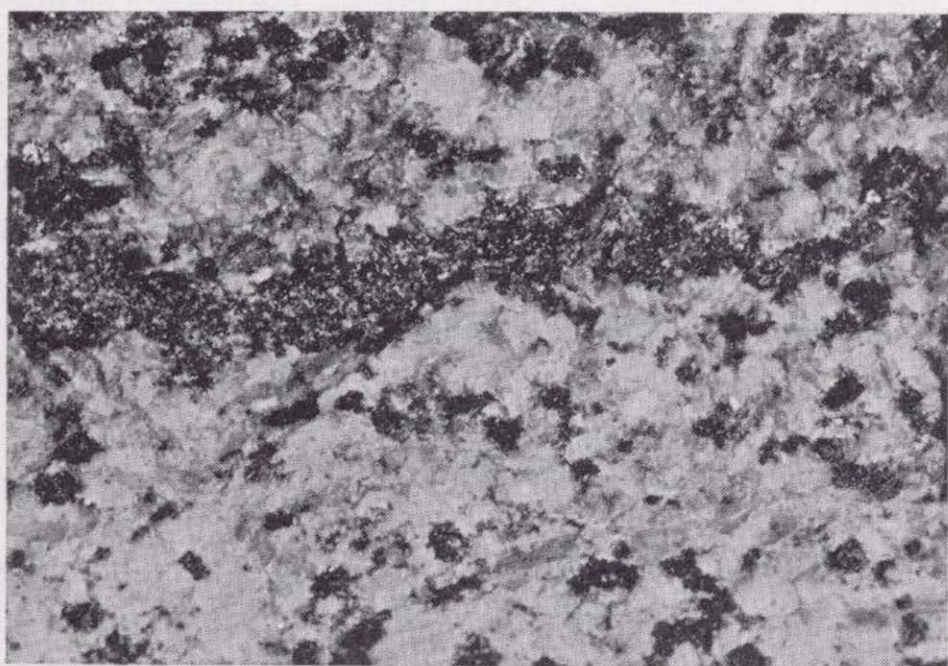


Figura 20

Metalización formada posteriormente a la roca eruptiva a la que se atraviesa. Muestra de mano (Reducción X 1/2)

po; por otra parte, la presencia de esta magnetita, excluye la posibilidad de que el depósito sea puramente singenético. También es posterior la metalización a los silicatos del skarn, granate andradita (fig. 10), piroxeno diópsido-hedembergita (figura 8) y epidota (fig. 12). Es fundamentalmente simultánea a hornblenda, que es en gran parte, anterior a la magnetita (fig. 9), por la que es orlada y en una pequeña parte posterior a la misma, ya que la cruza en forma de vetillas. El orden de deposición paragenética, por tanto, es: diópsido-hedembergita-andradita-hornblenda-magnetita-vonsonita-ilvaíta-sulfuros-clorita y calcita.

Respecto a la temperatura de formación de metalizaciones de skarn con magnetita como la presente, LELEU, M. et al. (1973), dan temperaturas comprendidas entre 500-600° C para la formación de los minerales de skarn de Grecia; SANGSTER, D. F. (1969) las da en un rango de 480-800° C para los de la Columbita Británica, y 500-600° C para la forma-

ción de la magnetita; SHOJI, T. (1975) da temperaturas inferiores a 600° C pero no superiores a 400° C para la metalización de hierro y cobre en skarn de Chichibu (Japón); DIMANCHE, F. (1971) sitúa la temperatura de la metalización de los skarn de la isla de Elba en el intervalo de 450-500° C.

Para determinar la temperatura de nuestra metalización ferrífera partimos de la base de que la temperatura decrece con el tiempo y, por tanto, la temperatura máxima de deposición de magnetita es igual o más baja que la del skarn, ya que la magnetita se depositó en época en que el skarn se hallaba ya formado y su separación tuvo lugar fundamentalmente por procesos de sustitución del piroxeno, granate, anfíbol, etc.

La proporción de  $TiO_2$  de la magnetita de esta mina se encuentra comprendida entre 0,02 por 100 y 0,2 por 100, y es propia de magnetitas del período postmágico, mientras que una proporción superior al 0,5 por 100 corresponde a magnetitas ortomagmáticas. La magnetita de esta mina nunca presenta  $TiO_2$  en forma de ilmenita desmezclada en los planos (111) y, teniendo en cuenta que este componente es abundante en forma de esfena en las rocas del entorno de la metalización, hay que pensar que no se alcanzó la temperatura de 600-700° C, que es la de la desmezcla, RÖSLER, H. J., y LANGE, H. (1965). La magnetita es, pues, postmagmática y no ortomagmática.

En esta mina se reproducen las tres fases propias de los skarns. KIEU DUONG, P. (1969): a) fase silicatada, b) fase ferrífera, c) fase sulfurada. Existe, como vamos a ver, un descenso gradual de temperatura de la primera a la última.

La formación de hedembergita y andradita (figura 10) corresponde a un mismo estadio, donde existe un aumento en la movilidad del magnesio y una mayor inercia del hierro. Con la formación de estos dos minerales (fase silicatada) acaba el primer período de formación del skarn (intervalo 650-500° C, caracterizado por la presencia de minerales anhidros (piroxeno-granate).

A partir de este momento comienza la segunda etapa de formación de minerales postmagmáticos en el intervalo 500-400° C. Este período se caracteriza por la introducción de grupos (OH) en la celdilla cristalina.

En este período aumenta extraordinariamente la actividad de los álcalis Na y K en las disoluciones postmagmáticas, al mismo tiempo que el Fe alcanza en las mismas su máxima concentración.

Todo esto determina la formación de hornblenda y magnetita (fig. 9), cuya estrecha asociación pone de manifiesto la simultaneidad o casi simultaneidad de su formación, siendo la magnetita inmediatamente posterior a hornblenda, aunque una pequeña parte es simultánea. La abundancia de hornblenda indica la presencia del hierro y álcalis en las disoluciones, al igual que la de magnetita pone de manifiesto la presencia de  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  en las mismas (fase ferrífera).

Teniendo en cuenta que la composición y naturaleza de las menas están condicionadas por la de la roca encajante, se puede hablar de una misma "facies mineral", tanto para los minerales metálicos como para la roca de caja, NICOLINI, P. (1970).

La hornblenda es un mineral característico de la facies de las corneanas de hornblenda, y WINKLER, H. G. F. (1967) establece como límite inferior de temperatura de esta facies la de  $520 \pm 15^\circ C$ . Trabajos posteriores de WINKLER, H. G. F. (1970) y (1974), no cambia mucho esa temperatura, en lo que a nosotros afecta, ya que WINKLER, H. G. F. (1974), página 233, da como temperatura de formación de la hornblenda alrededor de  $500^\circ C$ , siendo la temperatura, según el mismo autor, prácticamente independiente de la presión. Por tanto, podemos establecer el límite superior de temperatura de la formación ferrífera epigenética de magnetita en  $500^\circ C$ . Ya hemos dicho que la magnetita es inmediatamente posterior a la hornblenda del skarn y, por tanto, formada a temperatura ligeramente inferior, pues en la paragénesis de esta mina se observa un descenso gradual de temperatura, que comienza con la formación de diópsido y hedenbergita y acaba con la formación de magnetita, que marca el límite inferior de temperatura de la metalización hipercrítica.

Como ya hemos indicado, la presencia de sulfuros (fase sulfurada) es propia de metalizaciones de skarn, y en esta mina, como también es regla general, los sulfuros, pirrotina, pirita, calcopirita, etc., que acompañan a la metalización de magnetita, son, sin duda, posteriores a la misma (figs. 15 y 16).

Los fluidos mineralizadores que han constituido la metalización de esta mina han mostrado, en todos sus estadios, abundancia del elemento Fe, como lo demuestra que hayan formado sucesivamente magnetita y minerales que son ferríferos, en todos o casi todos sus miembros, pirrotina, pirita, lollingita, calcopirita y cobaltina.

La cubanita,  $S_2Fe_2Cu$ , es un termómetro geológico importante, RAMDOHR, P. (1969), y BORCHERT, H. (1934), ya que a temperaturas comprendidas entre  $250-300^\circ C$  se desmezcla de la calcopirita. El hecho de que este sulfuro no aparezca en la calcopirita de esta mina no puede atribuirse a ausencia o escasez de Fe en los fluidos mineralizadores, como ya hemos indicado, sino a la circunstancia de no haberse alcanzado la temperatura de la desmezcla; por tanto, la calcopirita se formó bien entrado el período hidrotermal, a temperaturas inferiores a los  $300^\circ C$ .

Resumiendo, la metalización epigenética de la mina "Monchi", consta de una metalización ferrífera de magnetita, formada en el período hiper-crítico, a temperaturas inferiores a  $500^\circ C$ , y una metalización de sulfuros hidrotermales posteriores, que han comenzado a formarse a temperaturas próximas a los  $300^\circ C$  y han seguido formándose en un amplio intervalo de temperaturas inferiores.

#### ORIGEN DEL HIERRO

Ya hemos expuesto, al hablar de los problemas generales, las dificultades a la hora de explicar el origen del hierro para este tipo de metalizaciones, vamos, por tanto, a intentar resolverlo para el caso de este depósito.

Para la formación de un yacimiento de hierro, este elemento debe ser concentrado, al menos, cinco o seis veces respecto de su proporción media o "clark" en las rocas de la corteza terrestre, que es del 5 por 100, HOLSER, W. T., y SCHNEER, C. J. (1961); en este proceso hay que explicar, por tanto, el origen del hierro acumulado, que, para nuestro caso particular de un depósito metasomático de contacto, es cuestión muy importante.

Con frecuencia se ha atribuido el origen del hierro a una fuente desconocida, aunque esto no resulte muy científico.

En algunos yacimientos de este tipo, como en Scott, Mine, STERLING LAKE, N. Y., se ha explicado el origen del hierro como procedente de la roca en que encaja la metalización, HAGNER, A. F., et al. (1963), que, en este caso, es una anfibolita. A la misma fuente atribuyen el hierro COLLINS, L. B. (1969).

Para otros autores, el hierro de las metalizaciones de skarn se puede explicar incluso a partir de

las rocas intrusivas, BARTHOLOMÉ, P. (1970). Por el contrario, KITTL, E. (1966), argumenta que las rocas graníticas no constituyen fuentes de metales, que, como el hierro, son más propios de rocas básicas o ultrabásicas, pero son el motor susceptible de movilizar o concentrar mineralizaciones anteriores.

En otras ocasiones, el hierro, bien puede ser material primario, en el sentido de que ha alcanzado su concentración final totalmente a través de un proceso de diferenciación ígnea, o bien puede proceder del material engolfado o asimilado por el plutón, fundido en un estadio profundo y expulsado en el estadio final de la consolidación del magma, STANTON, R. L. (1972), pág. 620.

La existencia de procesos de asimilación se pone de manifiesto, tanto en los afloramientos de campo como en el estudio petrográfico efectuado, ya que se observan síntimas inequívocos de que la roca eruptiva ha asimilado materiales de las rocas metamórficas adyacentes y de que este proceso ha determinado la contaminación de la roca eruptiva.

BURNHAM, C. W. (1959), admite que la variación de la composición de las rocas plutónicas en contacto con rocas de carbonatos, se debe a la mayor o menor contaminación, o sea a la mayor o menor asimilación. En nuestro caso vamos a ver cómo las rocas plutónicas tienen composición variada: cuarzomonzonita, monzonita, diorita y sienita.

Los criterios de la existencia de este proceso son los siguientes:

a) La desilicificación que experimentan las rocas plutónicas, ya que al asimilar hierro y otros materiales de las rocas metamórficas adyacentes, al mismo tiempo que aportan sílice para la formación de los minerales del skarn, pasan de monzonitas, figura 2 (1), a sienitas, fig. 2 (3) y (6), pasando por dioritas, fig. 2 (2), en los contactos con enclaves de roca de carbonato.

b) Contenidos anormales de minerales ferromagnesianos, biotita, piroxeno y anfíbol en la roca eruptiva fig. 2 zona (2) fig. 4, fig. 2 zona (24) y figura 13.

c) Presencia de minerales anómalos en rocas eruptivas ácidas, como la cordierita o pinnita (pseudomórfica de cordierita) fig. 2 zona (1), fig. 3, y la broncita en la roca eruptiva fig. 2, zona (10) y fig. 5.

d) Bandas o zonas de coloración oscura, formadas por minerales ferromagnesianos y xenolitos que presentan todos los grados de asimilación, incluidas en la roca eruptiva (fig. 21).

e) Enclaves de bordes redondeados incluidos en la roca eruptiva que indican la reacción entre la roca eruptiva y el material asimilado.

f) Bordes de reacción en la biotita de corneanas, cuando éstas se hallan en contacto con la roca eruptiva fig. 4, zona (1).



Figura 21

Zona de coloración oscura, formada por minerales ferromagnesianos, incluida en la roca eruptiva. Muestra de mano (Tamaño natural)

A la vista de estos procesos de asimilación, pensamos que el magma granítico palingenético ha digerido grandes masas de material rico en hierro del entorno metamórfico, y que, por tanto, el hierro de este depósito es un hierro de origen sedimentario.

Por todo lo anterior, cabe deducir que el enriquecimiento en hierro ha tenido lugar no por procesos de diferenciación ígnea, sino por procesos de asimilación.

#### CONCLUSIONES

La mina Monchi presenta una metalización ferrífera, de magnetita principalmente, epigenética de skarn.

La metalización se ha formado posteriormente a los minerales de la roca eruptiva.

las rocas intrusivas, BARTHOLOMÉ, P. (1970). Por el contrario, KITTL, E. (1966), argumenta que las rocas graníticas no constituyen fuentes de metales, que, como el hierro, son más propios de rocas básicas o ultrabásicas, pero son el motor susceptible de movilizar o concentrar mineralizaciones anteriores.

En otras ocasiones, el hierro, bien puede ser material primario, en el sentido de que ha alcanzado su concentración final totalmente a través de un proceso de diferenciación ígnea, o bien puede proceder del material engolfado o asimilado por el plutón, fundido en un estadio profundo y expulsado en el estadio final de la consolidación del magma, STANTON, R. L. (1972), pág. 620.

La existencia de procesos de asimilación se pone de manifiesto, tanto en los afloramientos de campo como en el estudio petrográfico efectuado, ya que se observan síntomas inequívocos de que la roca eruptiva ha asimilado materiales de las rocas metamórficas adyacentes y de que este proceso ha determinado la contaminación de la roca eruptiva.

BURNHAM, C. W. (1959), admite que la variación de la composición de las rocas plutónicas en contacto con rocas de carbonatos, se debe a la mayor o menor contaminación, o sea a la mayor o menor asimilación. En nuestro caso vamos a ver cómo las rocas plutónicas tienen composición variada: cuarzomonzonita, monzonita, diorita y sienita.

Los criterios de la existencia de este proceso son los siguientes:

a) La desilicificación que experimentan las rocas plutónicas, ya que al asimilar hierro y otros materiales de las rocas metamórficas adyacentes, al mismo tiempo que aportan sílice para la formación de los minerales del skarn, pasan de monzonitas, figura 2 (1), a sienitas, fig. 2 (3) y (6), pasando por dioritas, fig. 2 (2), en los contactos con enclaves de roca de carbonato.

b) Contenidos anormales de minerales ferromagnesianos, biotita, piroxeno y anfíbol en la roca eruptiva fig. 2 zona (2) fig. 4, fig. 2 zona (24) y figura 13.

c) Presencia de minerales anómalos en rocas eruptivas ácidas, como la cordierita o pinnita (pseudomórfica de cordierita) fig. 2 zona (1), fig. 3, y la broncita en la roca eruptiva fig. 2, zona (10) y fig. 5.

d) Bandas o zonas de coloración oscura, formadas por minerales ferromagnesianos y xenolitos que presentan todos los grados de asimilación, incluidas en la roca eruptiva (fig. 21).

e) Enclaves de bordes redondeados incluidos en la roca eruptiva que indican la reacción entre la roca eruptiva y el material asimilado.

f) Bordos de reacción en la biotita de corneanas, cuando éstas se hallan en contacto con la roca eruptiva fig. 4, zona (1).

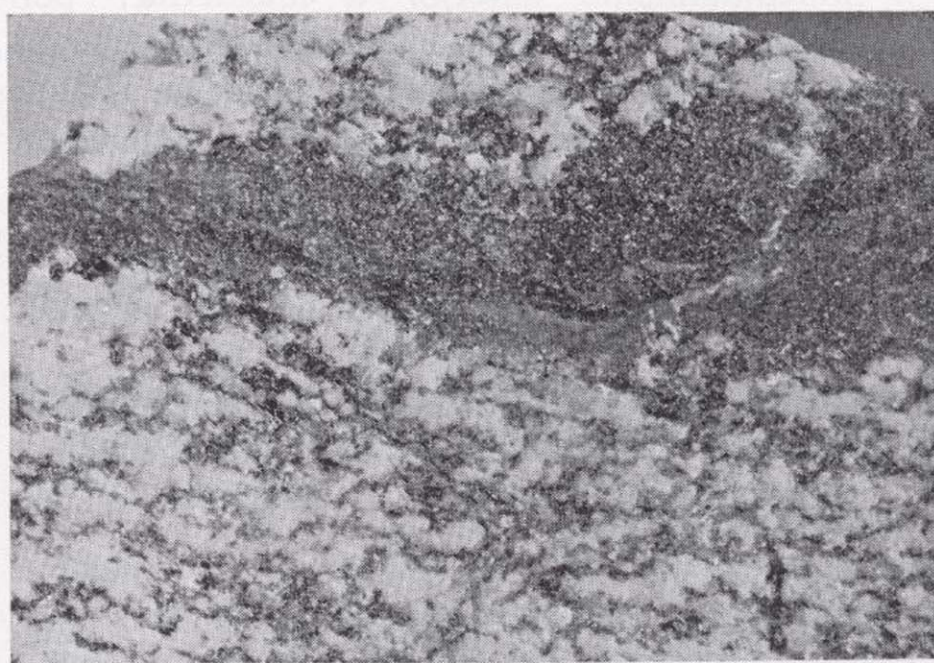


Figura 21

Zona de coloración oscura, formada por minerales ferromagnesianos, incluida en la roca eruptiva. Muestra de mano (Tamaño natural)

A la vista de estos procesos de asimilación, pensamos que el magma granítico paligenético ha digerido grandes masas de material rico en hierro del entorno metamórfico, y que, por tanto, el hierro de este depósito es un hierro de origen sedimentario.

Por todo lo anterior, cabe deducir que el enriquecimiento en hierro ha tenido lugar no por procesos de diferenciación ígnea, sino por procesos de asimilación.

## CONCLUSIONES

La mina Monchi presenta una metalización ferrífera, de magnetita principalmente, epigenética de skarn.

La metalización se ha formado posteriormente a los minerales de la roca eruptiva.

El orden de deposición paragenética es: diopside-hedembergita - andradita - hornblenda - magnetita - vonsenita - ilvaíta - sulfuros - clorita - calcita.

Se reproducen las tres fases propias de los skarn:

- Fase silicatada, formada por hedembergita y andradita; su temperatura de formación es superior a los 500° C.
- Fase ferrífera, formada por hornblenda y magnetita; la hornblenda es casi en su totalidad inmediatamente anterior a magnetita; por tanto, la temperatura de formación de la metalización de magnetita es inferior a 500° C, ya que el límite superior de temperatura de formación de la magnetita, lo establece la temperatura de formación de la hornblenda, que es alrededor de 500° C (prácticamente, independiente de la presión).
- Fase sulfurada, formada por pirrotina, calcopirita, etc., dentro del período hidrotermal, a temperaturas próximas e inferiores a los 300° C.

Existen, tanto a escala macroscópica, como microscópica, claros procesos de asimilación por parte de la roca eruptiva, la cual ha digerido grandes masas de material rico en hierro de las zonas metamórficas adyacentes, que ha determinado la contaminación de la roca eruptiva.

Por tanto, deducimos que el enriquecimiento en hierro no ha tenido lugar por procesos de diferenciación ígnea, sino por procesos de asimilación.

#### AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud al profesor Tirso Febrel por la constante ayuda que de él he recibido.

Agradezco al IGME las facilidades dadas para la realización de este trabajo, dentro de la investigación de hierros del suroeste.

Quiero dar las gracias a mis compañeros de los laboratorios del IGME, que, de una forma u otra, han hecho posible este trabajo.

Mi agradecimiento, por todas las facilidades que he recibido de la empresa que dirige la mina Monchi y, especialmente, de don José Gómez Cardeña.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, A.: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Burguillos del Cerro (Badajoz)* "Est. Geol.", vol. XVIII. Madrid, pp. 173-192 (1962).
- BARTHOLOME, P.: *Minerais et skarns dans les auréoles de métamorphisme*. "Mineral. Deposita", Berl., 5, n. 4, pp. 345-353 (1970).
- BORCHERT, H.: *Ueber Entmischungen in System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung als geologisches Thermometer*. "Chemie der Erde 9", pp. 145-172 (1934).
- BURNHAM, C. W.: *Contact metamorphism of magnesian limestones at Crestmore, California*. "Bull. Geol. Soc. Am.", 70, pp. 879-920 (1959).
- BURT, D. M.: *The facies of some Ca-Fe-Si skarns in Japan*. "Annual Report of the Director Geophysical Laboratory", pp. 185-188 (1971).
- COLLINS, L. B.: *Host rock origin of magnetite in pyroxene skarn and gneis and its relation to alaskita and hornblende granite*. "Econ. Geol. 64", n. 2, USA, páginas 191-201 (1969).
- CUETO, A.; RUIZ, C., y ARÉVALO, P.: *Presencia de vonsenita en la mina "Monchi", Badajoz (España)*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII-II, pp. 186-190 (1971).
- DIMANCHE, F.: *Les minerais de magnétite et les skarns du Ginevro (Ille d'Elbe, Italie)*. "Mineral. Deposita", vol. 6, pp. 356-379 (1971).
- GASCÓN MIRAMÓN, A.: *Los criaderos de hierro de Burguillos del Cerro (Badajoz)*. Madrid, pp. 43 (1904).
- HAGNER, A. F.; COLLINS, L. G., y CLEMENCY, C. V.: *Host rock as a source of magnetite ore, Scott Mine, Sterling Lake, New York*. "Econ. Geol.", vol. 58, pp. 730-768 (1963).
- HARKER, A.: *Metamorphism*. "Chapman and Hall", pp. 362 (1974).
- HOLMES, R. J.: *Higher mineral arsenides of cobalt, nickel and iron*. "Bull. Geol. Am.", V, vol. 58, pp. 299-391 (1947).
- HOLSEN, W. T., y SCHNNER, C. J.: *Hydrothermal magnetite*. "Geol. Soc. Am. Bull.", vol. 72, pp. 369-386 (1961).
- HUTCHISON, C. S.: *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*, John Wiley, pp. 527 (1974).
- KIEU DUONG, P.: *Skarns et minéralizations asociés*. "Chronique des mines et de la recherche minière, n. 387, octubre, pp. 292-359 (1969).
- KITTL, E.: *Características de los yacimientos metalíferos y de los ciclos metalogénicos en la Argentina*. Comunicación Museo Arg. Ciencias Nat. Bernardino Rivadavia. Ins. Nac. Invest. Ciencias Nat., Buenos Aires, "Geol", t. II, n. 1, p. 13 (1966).
- LAMEY, C. A.: *Contact metasomatic Iron Deposits of California*. "Bull. Geol. Soc. of Am.", vol. 72, n. 5, pp. 669-678 (1961).
- LELEU, M.; MORIQUIS, A., y PICOT, P.: *Sur des minéralizations de type skarns au Laurium. Grèce*. "Mineral Deposita", vol. 8, n. 3, septiembre, pp. 259-263 (1973).
- LEONARD, B. F., y VLISIDIS, A. C.: *Vonsenite at the Jailville Magnetite deposits, St. Lawrence Country, New York*. "Am. Min.", 46, pp. 7-8 (1961).
- NICOLINI, P.: *Gitologie des concentrations minérales stratiformes*. Gauthier-Villars, p. 792 (1970).
- OELSNER, O., y KRUGER, E.: *Erzlagerstätten. Intramagmatische Lagerstätten Lagerstätten der überkritischen Abfolge*. "Bergakademie Freiberg", p. 88 (1968).
- OHLE, E. L.: *Evaluation of iron ore deposits*. "Econ. Geol.", vol. 67, n. 7, noviembre, pp. 953-964 (1972).
- PASTOR MENDÍVIL, M., y DOETCH, J.: *Manganesos y hierros de la provincia de Badajoz*. "Not. Com. IGME", n. 43, pp. 31-134 (1956).
- RADCLIFFE, D.: *Chemistry of safforite - löllingite*. "Can. Miner.", 9, 579 (1968).
- RAMDOHR, P.: *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, p. 1174 (1969).
- RÖSLER, H. J., y LANGE, H.: *Geochemische Tabellen*. "Veg Deutscher", Leipzig, p. 328 (1965).
- ROSO DE LUNA, I.: *Explicación de la hoja n. 853, Burguillos del Cerro (Badajoz)*. IGME, Madrid, p. 108 (1955).
- SANSTER, D. F.: *The contact metasomatic magnetite deposits of Southwestern British Columbia*. "Bull. Geol. Surv. Can", 172, p. 85 (1969).
- SHOJI, T.: *Role of Temperature and CO<sub>2</sub> pressure in the formation of skarns and its bearing on mineralization*. "Ec. Geology", vol. 70, pp. 739-749 (1975).
- STANTON, R. L.: *Ore Petrology*. Mc. Graw Hill Book Company, pp. 713 (1972).
- STAMMBERGER, F.: *Theoretische Grundlagen der Bemusterung von Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe*. "Akademie Verlag, Berlín, p. 254 (1965).
- UYTENBOGAARDT, W., y BURKE, E. A. J.: *Tables for microscopic identification of ore minerals*. Elsevier Publishing Company, p. 430 (1971).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Revised Second Edition. Springer Verlag, Berlín, p. 237 (1967).
- WINKLER, H. G. F.: *Abolition of Metamorphic Facies. Introduction of the four Divisions of Metamorphic Stage, and a Classification based on Isograds in Common Rocks*. "N. Jahrbuch F. Mineralogie Monatsefte", pp. 189-248 (1970).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer Verlag, New York Inc., pp. 320 (1974).

Recibido: Julio 1975.



# Características geológicas y geotécnicas de los depósitos del Cuaternario en la zona central de Asturias (Región de Pravia, Cornellana, Oviedo, Sama de Langreo, Sariego, Gijón y Avilés.)

Por J. A. MARTINEZ-ALVAREZ (\*) y M. TORRES-ALONSO (\*\*)

## RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los depósitos del *Cuaternario* existentes en la zona central de Asturias (figura 1), bajo la doble acepción de sus características geológicas y geotécnicas. Se hace a) una representación cartográfica (fig. 2) de estos materiales, de acuerdo con una tipología establecida de los mismos, agrupándolos en 20 unidades descriptivas. Asimismo, en b) elabora una síntesis cronológica (fig. 5), y por último, c) se estudian las cualidades geotécnicas generales (fig. 4) de los mismos.

## 1. INTRODUCCION.

En el presente trabajo se realiza una síntesis actualizada del conjunto formado por los depósitos del *Cuaternario* o de asimilable cronología, existentes en el ámbito de la zona central de Asturias; su extensión exacta se refleja en el esquema de situación adjunto (fig. 1).

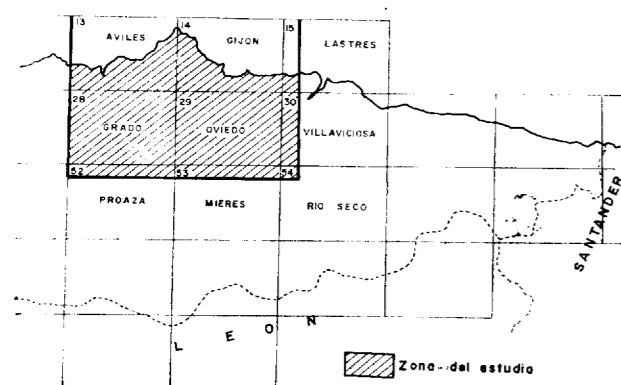


Figura 1

Además de la amplitud superficial de los distintos tipos de depósitos diferenciados en esta región, reflejada en el mapa (fig. 2), se ha elaborado una descripción geológica de los mismos; asimismo, una enumeración de sus correspondientes características geotécnicas generales, como fase previa a estudios de detalle que se encuentran en vías de realización.

Los depósitos cuaternarios presentes en esta zona se caracterizan por dos circunstancias fundamentales, su gran *extensión* y acentuada *diversidad*. Si consideramos los suelos incipientes de origen fluvial y suelo vegetal, nos encontramos ante el hecho de que el 90 por 100 de esta región está recubierta por depósitos del Cuaternario (MARTÍNEZ-ALVAREZ y TORRES-ALONSO (19)).

## 2. ZONAS GEOMORFOLOGICAS CARACTERISTICAS.




En base a sus características particulares, dentro del conjunto del ámbito analizado, se han podido diferenciar las siguientes zonas geomorfológicas fundamentales (figs. 2 y 3):

- a) Zona *costera*.
- b) Zona de "*rasas*" *litorales*.

(\*) Cátedra de "Geología General y Estructural", de la Escuela Técnica Superior de Minas, de Oviedo.

(\*\*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

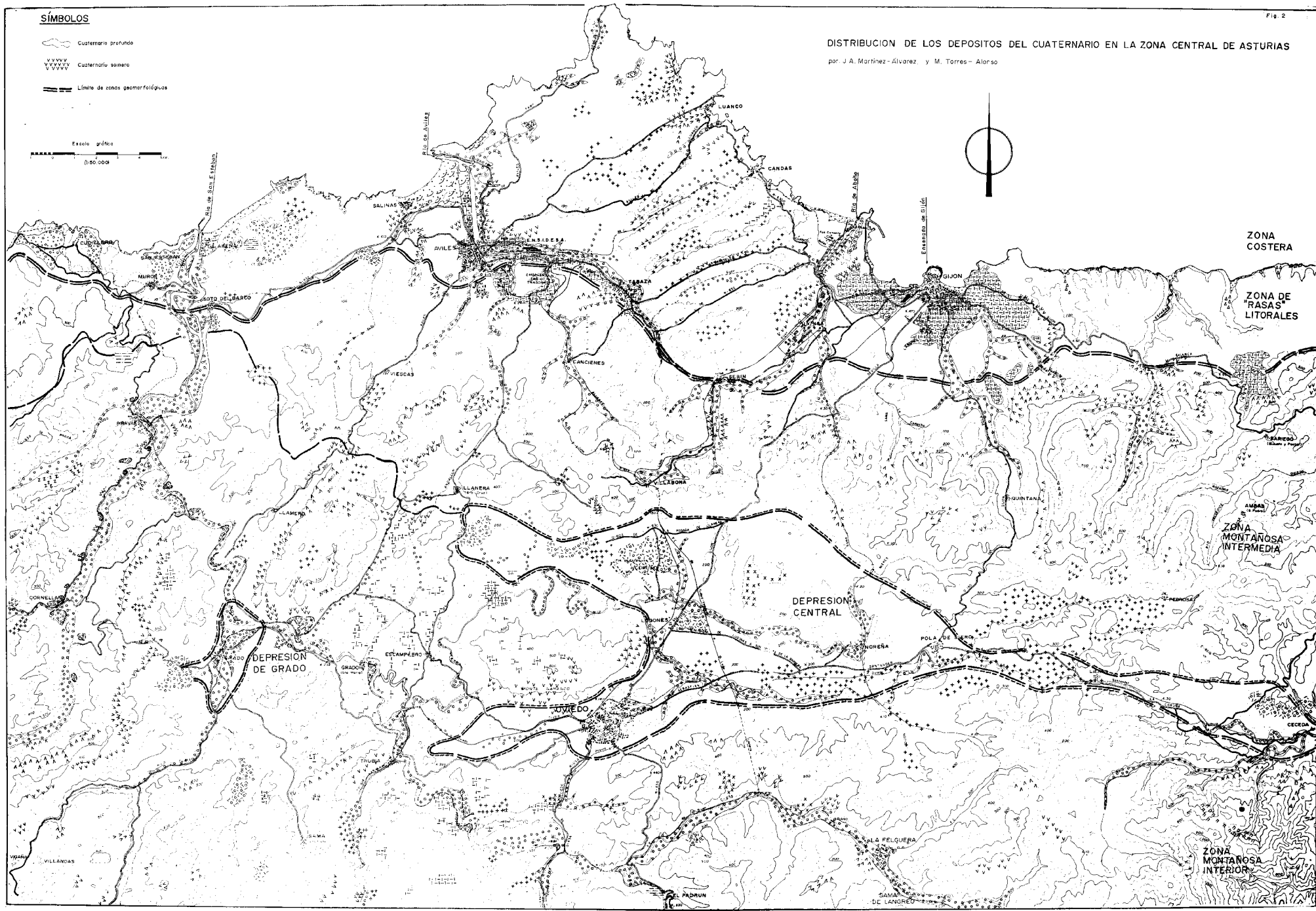
**SÍMBOLOS**

-  Cuaternario profundo
-  Cuaternario somero
-  Límite de zonas geomorfológicas

Escala gráfica  
1:50.000

**DISTRIBUCION DE LOS DEPOSITOS DEL CUATERNARIO EN LA ZONA CENTRAL DE ASTURIAS**

por J. A. Martínez-Alvarez y M. Torres-Alonso



- c) Zona montañosa intermedia.
  - d) Zona de la depresión Central y de Grado.
  - e) Zona montañosa interior.
- a) Zona costera.—Su extensión se concreta al cordón que se prolonga a todo lo largo de la línea de costa; formado por el acantilado continental y las áreas colindantes, que corresponden a los dominios entre-mareas.

b) Zona de "rasas" litorales.—Comprende una franja de terreno inmediata a la línea costera, que se extiende a todo lo largo de la zona estudiada; presenta una anchura media del orden de 5 a 8 kilómetros. En el área del cabo de Peñas (entre las localidades de Avilés y Gijón) se produce un notable ensanchamiento.

Esta zona se caracteriza por su configuración prácticamente plana, que se desarrolla sobre la cota

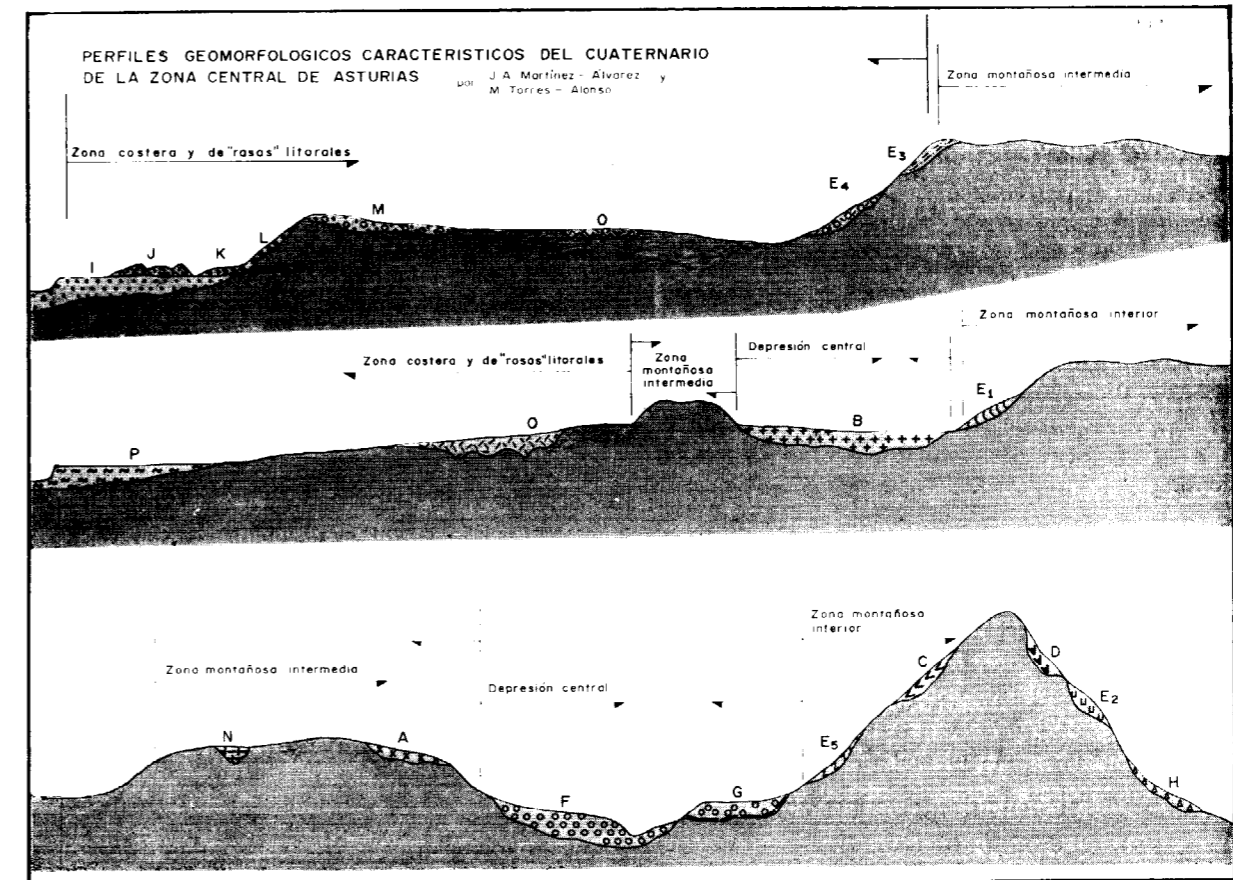


Figura 3

Las formas propias de esta zona se pueden agrupar en dos tipos: formas planas, propias de procesos verificados por la dinámica marina, y formas irregulares o caóticas, de acumulación de materiales.

Los depósitos derivados de los procesos sedimentarios se agrupan en los denominados propiamente costeros (playas, arenales, dunas, etc.), y los fluvio marinos (depósitos de rías), resultantes de la superposición de la dinámica fluvial y marina.

de 100 metros, aproximadamente. Su uniformidad se ve únicamente afectada por las depresiones creadas por la dinámica fluvio marina, como son las rías de San Esteban de Pravia, Avilés y Aboño, así como una depresión singular enclavada en el área de ubicación de Gijón y sus alrededores.

Los tipos de depósitos más difundidos en esta zona son las terrazas marinas y los derivados de procesos cársticos. Los primeros presentan un carácter detrítico muy marcado, alcanzando una am-

# PERFILES GEOMORFOLOGICOS CARACTERISTICOS DEL CUATERNARIO DE LA ZONA CENTRAL DE ASTURIAS

por J. A. Martínez - Álvarez y M. Torres - Alonso

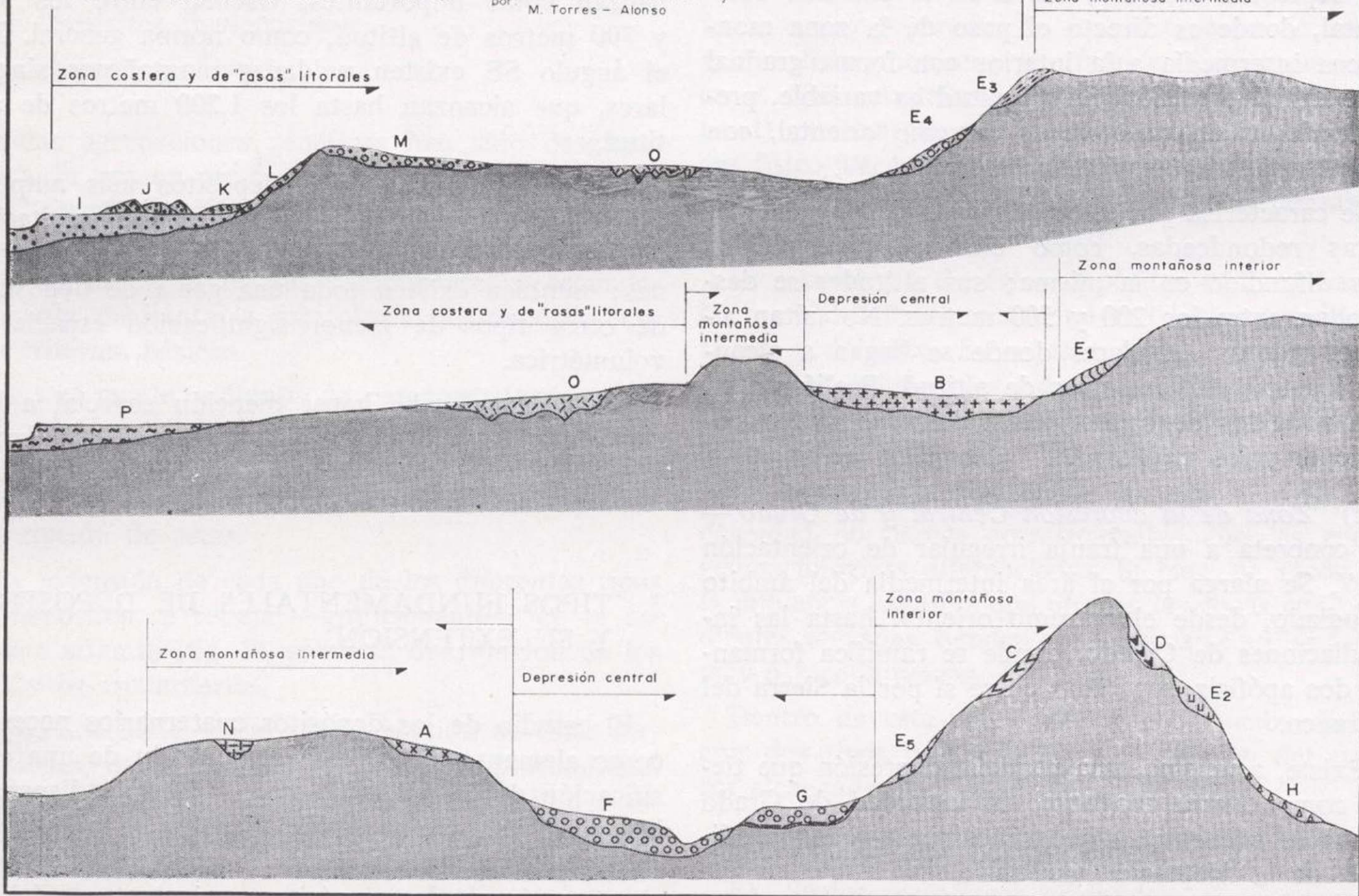


Figura 3

plia difusión en el extremo occidental hasta las inmediaciones de Avilés; así como otros pequeños retazos, que, a modo de testigos, alcanzan el cabo de Torres. Los depósitos de origen cárstico se caracterizan por su naturaleza arcillosa, acompañada de fracciones gruesas; su ubicación se localiza en las proximidades de Gijón y Avilés, donde alcanzan una notable difusión.

c) *Zona montañosa intermedia*.—Queda ubicada entre dos zonas deprimidas. Concretamente, en su vertiente septentrional por la mencionada "zona de "rasas" litorales" y meridionalmente por la "depresión central"; salvo en el extremo occidental, donde es directo el paso de la zona montañosa intermedia a la interior con forma gradual y de difícil precisión. Su amplitud es variable, presentando un máximo en su extremo oriental, con una disminución progresiva hacia el W.

Se caracteriza por estar integrada por formas maderas redondeadas, como elemento morfológico más difundido en la misma; sus altitudes se desarrollan entre los 200 y 500 metros. No faltan algunos puntos singulares donde se llegan a alcanzar los 600 y 700 metros de altitud. Proliferan en esta zona los depósitos gravitacionales de tipo coluvionar y los arcillosos.

d) *Zona de la depresión Central y de Grado*.—Se concreta a una franja irregular de orientación E-W. Se alarga por el área intermedia del ámbito estudiado, desde el extremo oriental hasta las inmediaciones de Oviedo, donde se ramifica formando dos apófisis, separadas entre sí por la Sierra del Naranco.

Existe, asimismo, una pequeña depresión que tiene como centro geográfico la localidad de Grado y que se encuentra —geográficamente— independizada de la "depresión Central".

La unidad constituida por esta depresión tiene como límites naturales la "zona montañosa intermedia" por su margen septentrional y la "zona montañosa interior" por su vertiente meridional y margen occidental.

El conjunto de la "depresión Central" está integrado por áreas de escaso relieve, constituidas por una sucesión de formas de escasa identidad topográfica y cuyo conjunto se desenvuelve en cotas muy próximas a los 200 metros de altitud.

Los procesos de alteración y disgregación del substrato rocoso están regidos por procesos físico-químicos. Los depósitos a que dan lugar tales pro-

cesos, salvo casos muy concretos, son depósitos residuales de grano fino. Con amplia proliferación de los depósitos limo-arcillosos y arenosos.

e) *Zona montañosa interior*.—Se encuentra ubicada en la parte más meridional del conjunto estudiado, a modo de franja regular que se extiende de E a W; si bien, en el cuadrante SW alcanza una mayor extensión hacia el N, dada la ausencia de la "depresión Central" y la sensible reducción de la "zona montañosa intermedia".

Esta zona se encuentra integrada por una sucesión de formas de considerable esbeltez, que alcanzan cotas importantes. Oscilan entre los 300 y 700 metros de altitud, como norma general. En el ángulo SE existen unidades montañosas singulares, que alcanzan hasta los 1.200 metros de altitud.

En líneas generales, los depósitos más ampliamente representados son los de carácter gravitacional, bien sea en forma de canchales o de coluviones; también existen toda una gama de depósitos de otros tipos de menor significación espacial y volumétrica.

Finalmente, cabe hacer mención especial a los depósitos fluviales, que constituyen un conjunto ampliamente difundido por la unidad estudiada.

### 3. TIPOS FUNDAMENTALES DE DEPOSITOS Y SU EXTENSION.

El estudio de los depósitos cuaternarios necesita como elemento directriz la elaboración de una clasificación de los mismos, como criterio indispensable para una mejor sistematización y diferenciación de los distintos tipos. La confección de una clasificación de los depósitos recientes asimilables al Cuaternario, cabría realizarla en base a distintos criterios; tales como el "cronológico", "genético" y "litológico". El criterio cronológico ha sido desestimado, por los pocos datos existentes. El criterio genético es el que mayor interés presenta para la realización de una sistematización de los depósitos.

Puesto que el fin de este trabajo es la exposición de las características geológicas - geotécnicas de las formaciones cuaternarias y dada la estrecha dependencia que las últimas tienen de las primeras, hemos creído oportuno abordar la clasificación geológica

con un criterio mixto; tomando como base de partida el "genético" y complementado con la información derivada del "litológico". Ello nos ha permitido diferenciar unas macrounidades, que hemos dado en llamar "agrupaciones genéticas", en base a los distintos agentes dinámicos responsables de la creación de los depósitos. Las agrupaciones diferenciadas son las siguientes:

- Depósitos eluviales.
- Depósitos gravitacionales.
- Depósitos fluviales.
- Depósitos costeros.
- Depósitos fluvicosteros.
- Depósitos cársticos.

Estas agrupaciones genéticas han sido desglosadas a su vez en otras de rango inferior denominadas "tipos". La diferenciación dentro de una misma agrupación se ha realizado en función de la naturaleza litológica de sus componentes y secundariamente mediante la morfología del depósito, como criterios básicos.

En el cuadro adjunto de *características geotécnicas de los depósitos cuaternarios* (fig. 4) se recogen los distintos tipos de depósitos diferenciados dentro de cada agrupación; asimismo, la sintética descripción de éstos.

La extensión de cada uno de los diferentes tipos de depósitos se refleja —gráficamente— en el esquema adjunto (fig. 2), sobre la distribución de los depósitos cuaternarios.

Una adecuada y real representación de estas formaciones, tanto en superficie como en profundidad, presenta problemas derivados de su magnitud o espesor y de su distribución superficial. Se ha adoptado el criterio de no representar aquellos suelos cuyos espesores se muevan en la escala del centímetro, pues en caso contrario —tal y como adelantábamos en la introducción— estaríamos ante una región completamente tapizada por diversos depósitos. Otra dificultad radica en que muchos tipos de depósitos periféricamente pierden de forma gradual espesor y resulta prácticamente imposible definir su límite cartográfico exacto.

En razón de las dificultades expuestas para la expresión cartográfica de la extensión superficial de los depósitos, se ha adoptado un sistema de representación combinado. Las acumulaciones correspondientes a formaciones de cierta importancia,

con la posibilidad de una cartografía detallada, se reflejan en el esquema limitadas por una línea continua, a fin de facilitar su ubicación. En los casos de depósitos de escasa potencia y de difícil delimitación cartográfica, se representan mediante símbolos relacionados con su génesis y composición, pero sin delimitación concreta.

A continuación pasaremos a desarrollar una descripción de las características particulares que presentan las diferentes agrupaciones genéticas y de los tipos integrados en los mismos.

*Depósitos eluviales*.—Tienen su origen en los procesos de meteorización "in situ" por la acción, conjunta o por separado, de los fenómenos de naturaleza físico-mecánica y química. Concretamente, en la zona montañosa interior (áreas de mayor altitud) predominan los depósitos ligados a procesos físico-mecánicos; mientras que en el resto son los de índole química los principales responsables de la creación de los mismos.

La morfología de éstos depósitos es muy variable y de difícil diferenciación con los suelos de carácter pedológico. Su constitución litológica guarda una estrecha analogía con el substrato rocoso infrayacente o con los productos de alteración derivados de los mismos.

La distribución geográfica es muy amplia; su densidad no parece correlacionable con las zonas geomorfológicas diferenciadas. Si bien, en razón de la influencia negativa que ofrecen las zonas con pendientes acusadas, tienden a concentrarse en las áreas más o menos planas.

Dentro de esta agrupación genética cabe distinguir dos tipos fundamentales, en función del espesor alcanzado por los mismos, a saber:

- A) Suelos meteóricos someros.
- B) Suelos meteóricos profundos.

A) Suelos meteóricos someros.—En este tipo se incluyen aquellos depósitos cuya potencia raramente supera los 50 cm., generalmente recubiertos por una cobertera vegetal, que impide su progresiva degradación por efectos de lixiviación y arrastre gravitacional. Su distribución geográfica es amplia, aun cuando las áreas ocupadas por los mismos son reducidas y de difícil caracterización, debido a los suelos pedológicos sobrepuestos. En el esquema adjunto (fig. 2) se representan únicamente los depósitos más significativos.

**CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS DEPÓSITOS ATRIBUIBLES AL "CUATERNARIO" EN LA ZONA CENTRAL DE ASTURIAS** por: J. A. Martínez-Alvarez y M. Torres-Alonso

Agrupaciones genéticas	Tipos descriptivos	Descripción litológica	Símbolos	Características geotécnicas generales	
ELUVIALES	A Suelos meteóricos someros	Materiales heterogéneos, formados por gravas, gravillas, arenas y arcillas. Con cierto contenido en materia orgánica.	X X	Incoherentes. Localmente freáticos. Escarificables. Circunstancialmente aprovechables como material compactable.	
	B Suelos meteóricos profundos	Materiales heterogéneos, formados por bloques, gravas, arenas, limos y arcillas.	+ +	Incoherentes o semicoherentes. Parcialmente freáticos y drenantes. Escarificables. Selectivamente aprovechables, como material de compactación. Deslizantes.	
GRAVITACIONALES	C Coluviones recientes heterogéneos	Materiales de litología heterogénea, naturaleza en relación con el substrato y tamaño variable.	V V	Incoherentes o semicoherentes. Parcialmente freáticos y drenantes. Escarificables. Selectivamente aprovechables como material compactable.	
	D Canchales	Materiales calcáreos sueltos en tamaño muy variable.	V V	Incoherentes. Drenantes. Deslizantes. Escarificables. Parcialmente aprovechables para áridos y como subbase de calzadas.	
	E Coluviones antiguos	Materiales calcáreos cementados de tamaño variable.	U U	Coherentes. Parcialmente deslizantes, drenantes y escarificables.	
	E <sub>1</sub> Calcáreos		U U		
	E <sub>2</sub> De cuarcitas	Materiales cuarcíticos, parcialmente cementados.	U U	Coherentes o semicoherentes. Parcialmente deslizantes, drenantes y escarificables.	
	E <sub>3</sub> Pizarrosos	Materiales pizarrosos y arcillosos, parcialmente cementados.	Z Z	Semicoherentes. Deformables. Deslizantes. Escarificables.	
FLUVIALES	F Aluviones evolucionados	Conglomerados cuarcíticos de bloques con niveles arcillosos y arenosos.	O O	Incoherentes o semicoherentes. Freáticos. Drenantes. Aprovechables para áridos, también como tierra o material compactable de calidad.	
	G Terrazas fluviales		O O		
	H Aluviones torrenciales	Congregados heterogéneos. Con niveles importantes de tierras, lodos y arcillas.	A A	Incoherentes o semicoherentes. Freáticos. Deformables. Deslizantes. Con deficiencias para material compactable de calidad.	
	COSTEROS	I Playas y arenales	Depósitos arenosos.	O O	Incoherentes. Freáticos. Drenantes. Escarificables. Material aprovechable como elemento filtrante y parcialmente, para áridos finos.
		J Dunas	Depósitos arenosos, con formas típicas.	O O	Semicoherentes. Freáticos. Drenantes. Escarificables. Material aprovechable como elemento filtrante y parcialmente para áridos finos.
K Depósitos gruesos de abrasión		Materiales heterogéneos, formados por bloques, y cantos.	O O	Incoherentes. Inestables. Parcialmente escarificables. Difícilmente aprovechable como material compactable de calidad.	
CÁRSTICOS	L Coluviones costeros	Depósitos heterogéneos, formados por bloques, gravas y arenas.	O O	Incoherentes. Drenantes. Freáticos. Deslizantes. Escarificables. Parcialmente aprovechables como material compactable.	
	M Terrazas marinas	Conglomerados cuarcíticos con matriz arenosa. Niveles irregulares de arenas.	O O	Semicoherentes. Freáticos. Drenantes. Escarificables. Aprovechables como material compactable de calidad y para áridos.	
	N Tierras rojas y pardas	Materiales residuales de la decalcificación de las calizas, arcillas, rojas y pardas, pequeña fracción de arena y cantos aislados de caliza.	I I	Incoherentes. Deformables. Deslizantes. Escarificables. Difícilmente aprovechable como material compactable.	
	O Depósitos terrosos y cársticos	Materiales heterogéneos: arcillas, arenas, gravas, bolos y bloques, de diversa naturaleza.	I I	Incoherentes. Deslizantes. Escarificables. Freáticos. Drenantes. Material generalmente aceptable para compactación de mediana calidad.	
FLUVIOCOSTEROS	P Depósitos heterogéneos de las "rias"	Materiales heterogéneos, de distribución irregular. Gravas, arenas, limos y arcillas. Apreciable cantidad de materia orgánica.	~ ~	Incoherentes o semicoherentes. Deformables. Deslizantes. Escarificables. Freáticos. Drenantes. Material difícilmente aprovechable para compactación. Parcialmente aprovechable para áridos.	

Figura 4

En función de su composición litológica cabe distinguir dos subtipos fundamentales: a) Los arenosos, que engloban cantos angulosos de areniscas o cuarcita, a los que acompaña una variable fracción arcillosa, procediendo —generalmente— de la alteración de los tramos detríticos presentes en las formaciones paleozoicas. b) Los arcillosos, conteniendo fragmentos calcáreos o detríticos de formas irregulares, que tienen su origen en la alteración de los niveles pizarro-arcillosos con intercalaciones calcáreas, areniscosas, etc.

B) Suelos meteóricos profundos. — Comprende los depósitos procedentes de la meteorización profunda y progresiva, alcanzando espesores que fluctúan entre 0,5 y 2 m. En contraposición de los someros, existe una notable profusión de los mismos y sus afloramientos suelen tener dimensiones significativas, representables a la escala del esquema adjunto. Su distribución geográfica no guarda ninguna relación visible con la zonación geomorfológica propuesta, pero su asentamiento suele ser coincidente con formas planas o de escasa pendiente. Existiendo una casi total identidad —en el hecho constatado— de que estos depósitos han sido creados a expensas de la meteorización profunda de las diversas unidades paleozoicas; preferentemente, sobre las formaciones devónicas y del carbonífero medio. La composición litológica es análoga a lo expuesto en el caso de los suelos meteóricos someros.

Los depósitos arcillosos procedentes de la alteración "in situ" de los macizos calcáreos no se incluyen en este apartado de eluviones, en razón de la peculiar fenomenología que los origina; siendo integrados en la agrupación de los depósitos cársticos.

*Depósitos gravitacionales.*—En esta denominación se agrupan una variada gama de depósitos cuyo común denominador es el preeminente papel jugado por la gravedad en su génesis.

Esta agrupación genética es la que mayor densidad y difusión presenta dentro del ámbito analizado. Su presencia se concreta en las zonas geomorfológicas correspondientes a las denominadas "zona montañosa interior" y "zona montañosa intermedia", en las que las pendientes naturales favorecen los efectos de la gravedad; en tanto que, en las zonas planas ("depresión Central" y "rasas litorales") los depósitos son muy escasos y ligados a formas abruptas del relieve incluidas en éstas áreas.

En líneas generales, los depósitos correspondientes a la zona montañosa interior tienen un origen sensiblemente diferente a los de la zona montañosa intermedia. Los primeros deben su iniciación a procesos de meteorización de gran trascendencia (físico-mecánicos y químicos), que actúan sobre las unidades del substrato paleozoico dotadas de un grado de diagénesis elevado, dando lugar a acumulaciones de materiales poco evolucionados. Los segundos —como origen más generalizado— proceden de la acción de una meteorización más somera, que se desarrolla en gran parte sobre el substrato mesozoico, coronado por formaciones detríticas de bajo grado de cementación; lo que facilita la desintegración de los mismos y la creación de unos depósitos con un falseado grado de evolución en sus componentes (cantos con un elevado índice de redondeamiento, que ya poseían en las formaciones de origen).

La agrupación genética de los depósitos gravitacionales es susceptible de ser desglosada en una serie de tipos diferentes, en función de la naturaleza litológica de los elementos más abundantes en cada caso particular, a saber:

- C) Coluviones recientes heterogéneos.
- D) Canchales.
- E) Coluviones antiguos.
  - E<sub>1</sub> Calcáreos.
  - E<sub>2</sub> De cuarcitas.
  - E<sub>3</sub> Pizarrosos.
  - E<sub>4</sub> Arcilloso-detríticos.
  - E<sub>5</sub> Mixtos.

C) Coluviones recientes heterogéneos.—Con esta denominación se agrupan un gran número de depósitos muy extendidos por las zonas montañosas interior e intermedia; caracterizables por la variedad litológica de sus componentes, extensible al tamaño de los mismos y la ausencia de fenómenos de cementación. Su morfología es variable, dependiendo en gran parte de la morfología topográfica del entorno de su ubicación; generalmente, son acumulaciones que se adaptan a las laderas con un máximo en las partes bajas de las mismas o en las áreas intermedias que implican una ruptura de pendiente. La potencia de los sedimentos fluctúan entre términos muy amplios, desde unos centímetros hasta 4 ó 5 metros; la distribución según su tamaño —aún

cuando no es susceptible de reglas fijas— como norma general, los elementos gruesos se acumulan en la parte baja y periférica.

D) Canchales. — Acumulaciones de materiales gruesos de diversos tamaños (bloques, cantos y gravas), de naturaleza calcárea (existen algunos silíceos), sin huellas de cementación y de morfología inestable. Se concentran exclusivamente en la zona montañosa interior y concretados a áreas que alcanzan las máximas altitudes, formadas —generalmente— por macizos homogéneos calcáreos o cuarcíticos y en cuyas laderas se acumulan estos depósitos. El origen es debido únicamente a fenómenos físicos, que producen una disgregación mecánica de las rocas.

E) Coluviones antiguos.—Bajo esta acepción se agrupan una serie de depósitos de diversa litología y tamaños, que tienen una cierta autigüedad. Lo que ha permitido el que hayan sufrido una cierta transformación posterior a su deposición; tal como la existencia de un grado variable de cementación, debido a fenómenos secundarios. El conjunto de los mismos presenta una cierta difusión, pero que queda circunscrita a la zona montañosa interior; salvo un subtipo (arcillo-detrítico) peculiar de la denominada “depresión Central”.

Dentro de este tipo de coluviones antiguos cabe diferenciar una serie de subtipos, en razón de la litología de los mismos y la estructura peculiar de cada uno de ellos, a saber:

E<sub>1</sub>. Calcáreos. — Son depósitos similares a los canchales, que presentan uno o varios horizontes cementados a modo de costras, formando verdaderas brechas calcáreas. Su origen se presume debido a la filtración de aguas carbonatadas, que en condiciones apropiadas precipitan el carbonato cálcico en forma de cemento.

E<sub>2</sub>. Cuarcíticos.—Al igual que en el caso anterior, proceden de antiguos canchales posteriormente cementados por soluciones ferruginosas, calcáreas, etc., que han creado estas costras.

E<sub>3</sub>. Pizarrosos.—Acumulaciones antiguas de materiales pizarrosos en forma de cantos y lascas, englobados en una matriz arcillosa, que posteriormente han sufrido una cierta compactación y cementación (muy inferior a los calcáreos y cuarcíticos).

E<sub>4</sub>. Arcillo-detríticos.—Son depósitos de una amplia extensión y generalmente de reducida potencia, difícilmente superan los 2 metros. Su ubicación se

concreta en áreas incluidas en la “depresión Central” y la de Grado, guardando una estrecha vinculación con las formaciones del Terciario. Estos depósitos provienen de la meteorización superficial de los niveles margo-arcillosos, calcáreo-margosos y conglomeráticos, que presentan un pequeño grado de cementación; debido a fenómenos de disolución y precipitación por medio de las aguas superficiales.

E<sub>5</sub>. Mixtos.—Con esta nomenclatura se recopilan algunos depósitos aislados, caracterizables por una variada litología en su composición y que presentan un cierto grado de cementación. Son peculiares de laderas amplias, cuyo substrato rocoso presenta una gran variedad litológica.

*Depósitos fluviales.*—Las formaciones de origen fluvial están ampliamente representadas en la totalidad del entorno estudiado. El volumen total de estos depósitos alcanza un nivel discreto, dado que —en la mayoría de los casos— la red fluvial discurre por valles bastante encajados, con unos sedimentos de reducida extensión superficial y que, en profundidad, difícilmente alcanzan los 10 metros de potencia.

Estos depósitos no guardan ninguna relación con las zonas geomorfológicas diferenciadas, dado que son unidades independientes, poseyendo una orientación general S-N, que corta las diversas unidades geomorfológicas.

Esta agrupación genética se ha desglosado en una serie de tipos:

- F) Aluviones evolucionados.
- G) Terrazas fluviales.
- H) Aluviones torrentiales.

F) Aluviones evolucionados.—En este tipo se integran los depósitos que presentan un grado de evolución bastante marcado (considerable grado de redondeamiento de los elementos gruesos y medios) y están ligados directamente a los cursos fluviales actuales; correspondiendo —normalmente— con los sedimentos existentes en los cursos medio e inferior de los mismos. Se caracterizan por su cierta uniformidad litológica, dado que el material es fundamentalmente cuarcítico en sus fracciones gruesa (bloques, bolos y cantos) y media (arenas); mientras que la fracción fina (arcillas y limos) representa un pequeño volumen dentro del conjunto. Su morfología interna es muy peculiar, en función de

los rápidos cambios laterales y en profundidad que presentan sus componentes; existiendo una mayor uniformidad en los depósitos correspondientes a los cursos medios y una asimetría más marcada en los cursos inferiores.

G) Terrazas fluviales.—Depósitos con características de evolución muy similares a las del tipo anterior. Su composición varía, en cuanto a que las fracciones arenosas son más escasas en forma de niveles, pero subsisten como matriz de los elementos gruesos; la fracción fina (arcillas y limos) se reduce sensiblemente con respecto al caso de los aluviones. La distribución geográfica va asociada —casi siempre— a las vías fluviales más importantes (ríos Narcea y Nalón), en las que se escalonan cuatro niveles, correspondientes a 4-5 m., 10-12 m., 40 m. y 80 m. La potencia de los sedimentos es más reducida que la de los aluviones, fluctuando entre 0,5 y 4 m.

H) Aluviones torrentiales. — Acumulaciones de materiales diversos en cuanto a naturaleza y tamaño, caracterizados por su escasa evolución, representada por las formas angulosas de los materiales gruesos. Su distribución geográfica es reducida y siempre asociada a elementos hidrográficos de cursos reducidos y angostos, como es el caso de los ríos insertados en la “zona de rasas litorales” o en valles angostos con arroyos subsidiarios de la red hidrográfica fundamental. La potencia de los sedimentos es variable, pero dentro de términos discretos; dada la heterogeneidad de su composición, cabe destacar la frecuente presencia de coladas de lodos y arcillas, generalmente ausentes en los aluviones evolucionados.

*Depósitos costeros.*—Los depósitos costeros están presentes a lo largo de toda la línea de costa, aunque de forma interrumpida, dando lugar a una variada gama de acumulaciones bastante diversificadas y de escasa extensión. Mención especial merecen los depósitos costeros ubicados dentro de la zona de rasas litorales, que presentan una amplia difusión en el extremo occidental, en forma de manchones de notable extensión superficial.

Este conjunto se ha dividido en una serie de tipos específicos:

- I) Playas y arenales.
- J) Dunas.
- K) Depósitos gruesos de abrasión.
- L) Coluviones costeros.
- M) “Terrazas marinas”.

I) Playas y arenales. — Depósitos arenosos de grano medio de acusada uniformidad, que se extienden desde la ría de San Esteban de Pravia hasta las inmediaciones de Gijón, formando pequeñas playas en la mayoría de los casos; su extensión suele ser coincidente con el actual espacio entre-mareas.

J) Dunas.—Son depósitos arenosos, de composición similar al tipo anterior y la morfología típica de estas acumulaciones. Su presencia se concentra en las inmediaciones de San Juan de la Arena, Salinas y Verdicio, así como pequeños reductos correspondientes a antiguas playas elevadas con dunas consolidadas (área del cabo de Peñas).

K) Depósitos gruesos de abrasión.—Acumulaciones de materiales gruesos de tamaños variables, incluyendo desde grandes bloques, hasta cantos de reducidas dimensiones. Proceden de la acción abrasiva del mar sobre el acantilado continental; con una evolución muy reducida y cuya morfología no presenta formas concretas, definible como caótica. La presencia de estos depósitos se encuentra en las márgenes occidental y oriental de la costa.

L) Coluviones costeros.—Son depósitos en cuyo origen intervienen de forma superpuesta los agentes gravitacionales continentales y la acción abrasiva marina. Compuestos por materiales heterogéneos, tanto en composición como en tamaño, presentando un estadio de evolución bastante acusado, que se manifiesta en forma de un avanzado grado de redondeamiento y aplanamiento. Su presencia en las costas analizadas queda concretado a acumulaciones muy localizadas.

M) Terrazas marinas. — Se trata de depósitos originados en otros tiempos sobre la actual zona de rasas litorales. Acumulaciones esencialmente detríticas de naturaleza cuarcítica y con un elevado grado de evolución; compuestos por tramos de gravas y bloques de matriz arenosa, niveles arenosos y horizontes arcillosos esporádicos, de distribución irregular y con carácter lentejonar, en ocasiones. Su espesor fluctúa entre 2 y 8 m. Los afloramientos se concentran entre el extremo occidental y Avilés, existiendo pequeños retazos, a modo de testigos, que alcanzan las proximidades de Gijón.

*Depósitos fluviocosteros.*—Denominación utilizada para definir unos depósitos específicos ubicados en las rías, por lo que también se les conoce como “depósitos de rías”. La génesis es mixta, en cuan-

to a que se debe a la superposición de la dinámica fluvial y marina con sus aportes de materiales respectivos.

La composición se caracteriza por su gran heterogeneidad de tamaños (gravas, arenas, limos y arcillas); si bien su naturaleza presenta una notable homogeneidad de carácter cuarcítico. Es de destacar la presencia de niveles organógenos importantes, hasta de dos metros de potencia, que se intercalan dentro de la unidad detrítica; compuestos por turba, concentraciones de algas y fangos ricos en materia orgánica (superficiales). La morfología interna se caracteriza por su asimetría, proveniente de la existencia de múltiples variaciones laterales de composición, tanto en profundidad como en superficie; derivadas de ser la zona de incidencia y superposición de la sedimentación fluvial y marina. Estas acumulaciones alcanzan espesores entre 10 y 20 m., siendo por ello los que alcanzan una mayor potencia dentro del conjunto analizado.

Su presencia en la zona estudiada queda concretada a las rías de San Esteban de Pravia, Avilés y Aboño.

**Depósitos cársticos.**—La difusión que presentan estos depósitos reviste cierta amplitud, más en razón del número de afloramientos que por la extensión de los mismos, salvo en casos muy concretos, como son los alrededores de Gijón y Avilés.

Estos depósitos no son definibles en función de las zonas geomorfológicas diferenciadas, dada su presencia y distribución en todas ellas; con la salvedad de las áreas de altitud más singular —dentro de la “zona montañosa interior”—, en que los fenómenos de índole físico-químico son sustituidos por los de carácter físico-mecánico (creación de canchales).

Estos depósitos han sido divididos en dos tipos fundamentales:

- N) Tierras rojas y pardas.
- O) Depósitos terrosos y clásticos.

N) Tierras rojas y pardas.—Bajo esta denominación se agrupan un conjunto de depósitos eminentemente arcillosos, que se concentran —en su mayoría— en la zona montañosa interior y siempre ubicados sobre las unidades calcáreas paleozoicas; concretamente, proliferan en los niveles basales del carbonífero (“Caliza de Montaña”), y menos frecuentes en las formaciones devónicas (“Complejo

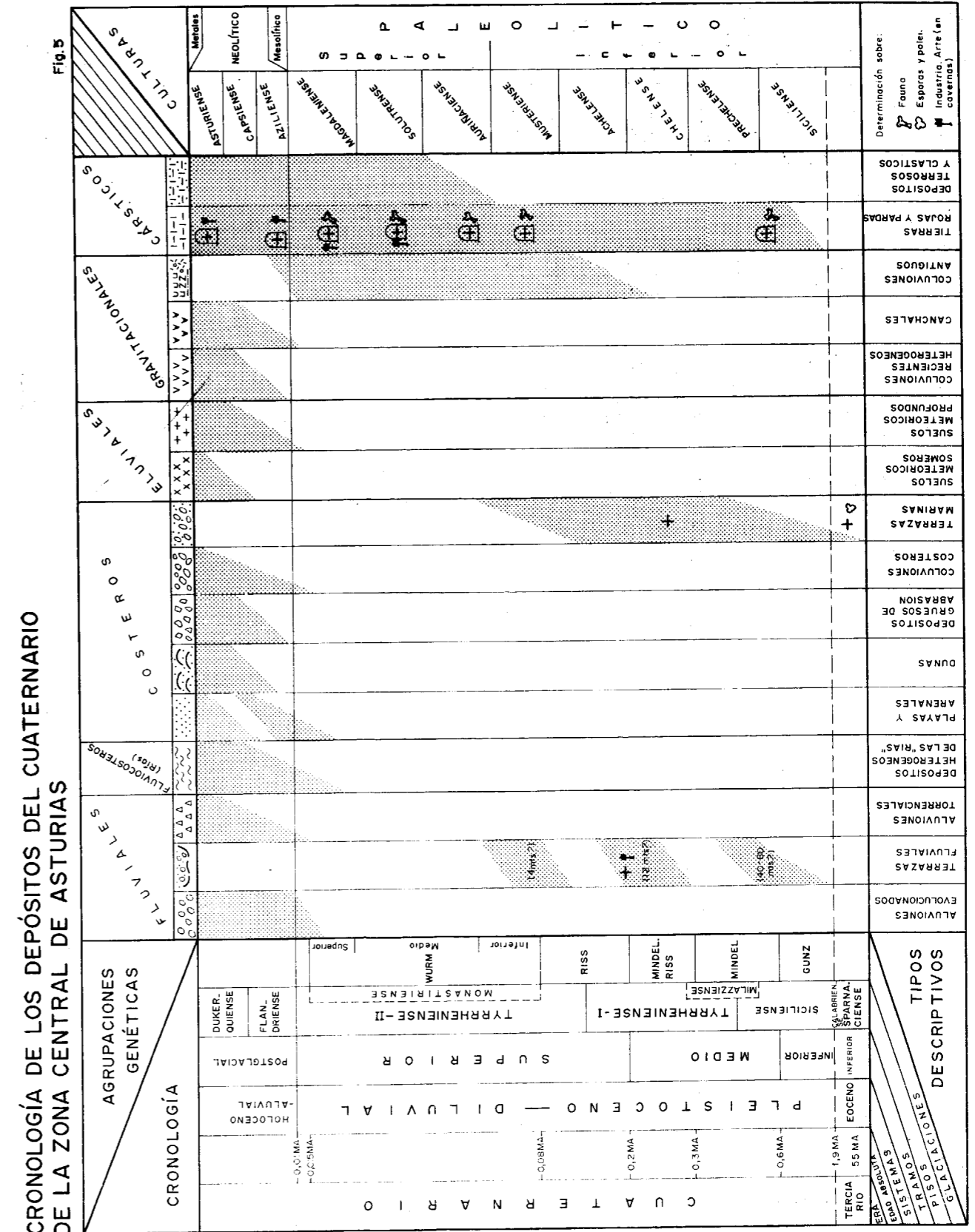
de Rañeces”, “Moniello” y “Candás”). Presentan un carácter puntual y asociadas a formas de absorción colmatadas por estos depósitos. Su morfología superficial es la propia de las formas cársticas (dolinas, uvalas y poljes); en profundidad es variada y de difícil precisión. Se trata de sedimentos arcillosos rojizos, localmente pardos, que engloban una reducida fracción arenosa procedente del residuo insoluble a los fenómenos de decalcificación y algunos cantos de caliza inalterada procedentes de las zonas periféricas.

O) Depósitos terrosos y clásticos.—Se presupone que estas acumulaciones tienen un origen híbrido, puesto que se trata de sedimentos típicos de alteración de los materiales calcáreo-dolomíticos y otros de carácter detrítico (gravas y arenas), procedentes de áreas periféricas —ligados a factores gravitacionales— que se intercalan o superponen a estas formaciones arcillosas. Estos depósitos se encuentran presentes en la “zona montañosa intermedia” y, sobre todo, en las áreas deprimidas de la “zona de rasas litorales”, como es el caso de Gijón y Avilés. En ambas zonas, siempre asociados y sobreimpuestos a los niveles calcáreo-dolomíticos del Jurásico inferior, cuya alteración da lugar a estas acumulaciones de arcillas marrón-amarillentas que fosilizan un paleolapiaz de considerables dimensiones; los niveles detríticos (constituidos por gravas y arenas) se suponen tengan un origen gravitacional, proporcionados por los niveles conglomeráticos del Jurásico superior. La morfología de estas acumulaciones (potencias de hasta 6 metros) es muy diversificada y cambiante; superficialmente, origina formas más o menos planas o romas; en profundidad, su límite inferior es muy irregular, dado el importante paleorrelieve que los delimita. Los niveles detríticos presentes son de distribución anárquica.

4. CRONOLOGIA DE LOS DEPOSITOS CUATERNARIOS.

La datación cronológica de los distintos tipos de depósitos es muy reducida e incompleta, y basada en estudios puntuales, efectuados por diversos autores sobre la fauna, industria y arte (pinturas) localizados en los depósitos y cavernas.

A modo de resumen, en el cuadro adjunto de *Cronología de los depósitos del Cuaternario en la zona central de Asturias* (fig. 5) se recogen las citas concretas. Predominando las que hacen refe-





rencia a depósitos cársticos; concretamente, restos faunísticos, de industria y pintura, localizados en las cuevas de Candamo, Llanera y Las Caldas.

La mayor parte de los tipos de depósitos descritos carecen de datos concretos, y su cronología se representa (mediante áreas sombreadas) de modo aproximado o estimativo.

## 5. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES DE LOS DIVERSOS GRUPOS DE DEPOSITOS.

El análisis y estudio de las características geotécnicas de los depósitos cuaternarios presenta un gran interés, en función de su amplia y diversificada presencia; máxime cuando grandes acumulaciones de estos depósitos son coincidentes con las áreas de ubicación de importantes núcleos urbanos (Gijón y Avilés), zonas industriales (polígonos industriales) y la alta densidad de elementos generales de comunicación y servicios, presentes en el conjunto de la zona analizada.

La elaboración de las mencionadas características geotécnicas generales se ha hecho tomando como punto de partida una variada y diversa documentación recopilada en forma de sondeos geotécnicos, proyectos ejecutados y experiencias propias.

El objeto de este apartado es la definición de las principales características geotécnicas de los diferentes tipos de depósitos, que se recogen —de forma resumida— en el *Cuadro de características geotécnicas de los depósitos atribuibles al Cuaternario* (fig. 4). Las correspondientes definiciones se expresan en términos cualitativos; puesto que su comportamiento —dentro de un mismo tipo— presenta una gran heterogeneidad, tal como se expuso en el apartado anterior al analizar su composición y estructura interna.

Las características geotécnicas estudiadas se pueden agrupar en los siguientes apartados:

- Características físico-mecánicas elementales.
- Características geohidrológicas.
- Condicionamientos del arranque de materiales.
- Condicionamientos de la estabilidad de taludes.
- Valoración de los materiales como cimiento.
- Aprovechamientos.

*Características físico-mecánicas elementales.*—En el caso que nos ocupa, el interés se ciñe en la coherencia. Entendiéndose por coherencia el grado de relación o enlace (cementación o compactación) entre los distintos componentes presentes en el depósito. La coherencia permite agrupar a los depósitos en tres unidades:

- Depósitos coherentes.
- Depósitos semicoherentes.
- Depósitos incoherentes.

Cuyos términos representan una escala decreciente en su coherencia, que va desde un considerable grado de la misma, hasta —prácticamente— hacerse nula.

*Características geohidrológicas.* — El análisis de la incidencia del agua sobre el comportamiento geotécnico de los depósitos cuaternarios se centra en dos facetas:

- Drenaje.
- Niveles freáticos.

Dada la trascendencia que ambos elementos tienen sobre los problemas específicos de estabilidad de laderas y capacidad de carga de los distintos tipos de depósitos.

*Condicionamiento del arranque de materiales.*—En función de la posibilidad de utilización de las técnicas de “escarificación” o “ripabilidad”, los depósitos se pueden dividir en tres grupos:

- Depósitos escarificables.
- Depósitos semiescarificables.
- Depósitos no escarificables.

Entendiéndose por escarificables aquellos cuya excavación total se puede realizar mediante el empleo de medios mecánicos; semiescarificables, mediante medios mecánicos de gran potencia y uso esporádico de explosivos, y no escarificables, los que requieren el empleo de explosivos globalmente.

*Condicionamientos de la estabilidad de taludes.* Dentro de la complejidad que representa la estabilidad de taludes o laderas, los materiales no estables cabe agruparlos en dos tipos fundamentales:

- Materiales deslizantes.
- Materiales deformables.

Entendiéndose por materiales deslizantes aquellos que, debido a causas extrínsecas, resultan inestables para cierto tipo de taludes, y materiales deformables, los que su inestabilidad reside en causas intrínsecas.

*Valoración de los materiales como cimiento.*—La capacidad de carga de los depósitos, a efectos de elementos de fundación, se expresan por términos *estimativos convencionales*, equivalentes a unos intervalos de carga expresada en Kg/cm<sup>2</sup>, a saber:

- Alta  $\cong (>4 \text{ Kg/cm}^2)$ .
- Baja Media  $\cong (2-4 \text{ Kg/cm}^2)$ .
- Baja  $\cong (1-2 \text{ Kg/cm}^2)$ .
- Muy baja  $\cong (<1 \text{ Kg/cm}^2)$ .

Como tónica general, el conjunto de los depósitos presentan una capacidad de carga reducida (baja). Tanto en razón de sus características propias como por la frecuente superposición de factores negativos; tales como las condiciones geohidrológicas, estabilidad, presencia de materiales orgánicos, etc.

*Aprovechamientos.*—Los materiales integrados en los depósitos del Cuaternario, en relación con los tipos de aprovechamientos, se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Primarios (Rocas industriales).
- Secundarios (Tierras geotécnicas).

En los primeros se engloban aquellos materiales que pueden ser objeto de explotación en forma de graveras, areneros y arcilleras, para cubrir las necesidades de las industrias de la construcción. Los secundarios abarcan aquellos materiales que pueden ser explotados circunstancialmente para la construcción de terraplenes, rellenos, etc., y cuyas exigencias de calidad son sensiblemente inferiores a los aprovechamientos de rocas industriales.

### DEPOSITOS ELUVIALES.

A) Suelos meteóricos someros.—Existen dos subtipos fundamentales, los arenosos y los arcillosos. Los arenosos son suelos de subgrupo SP (según Casagrande), incoherentes, escarificables, dotados de buen drenaje, parcialmente freáticos, localmente deslizantes y dotados de una capacidad de carga baja; materiales adecuados para su utiliza-

ción en terraplenes y como explanada mejorada. Los arcillosos son suelos del subgrupo CL, semicoherentes, escarificables, con drenaje deficiente, deformables, con una capacidad de carga baja y posible existencia de asientos importantes; materiales de difícil compactación para su utilización en terraplenes.

B) Suelos meteóricos profundos.—Tanto en composición como en características geotécnicas, presentan una gran similitud con los suelos meteóricos someros; diferenciándose en la mayor potencia de éstos.

### DEPOSITOS GRAVITACIONALES.

C) Coluviones recientes heterogéneos.—Depósitos de granulometría amplia y cambiante, predominando los subgrupos GP y GC, incoherentes o semicoherentes, escarificables, con drenaje aceptable (dependiendo del contenido en fracción arcillosa), parcialmente freáticos, deslizantes (en función de la presencia de agua y el grado de la pendiente), baja capacidad de carga como cimiento. Materiales generalmente aprovechables para la construcción de terraplenes; en ausencia de la fracción arcillo-limosa, pueden utilizarse para la creación de explanadas mejoradas y subbase.

D) Canchales. — Depósitos de bolos y gravas, generalmente con pocos finos; incoherentes, escarificables, drenaje excelente, no freáticos, deslizantes (muy inestables), con capacidad de carga nula en razón de su inestabilidad. Materiales aptos para áridos de baja calidad, pues suelen ser muy quebradizos, así como para subbase granular.

E) Coluviones antiguos:

E<sub>1</sub>. Calcáneos.—Depósitos de bolos y gravas, con horizontes cementados; coherentes, semiescarificables, drenaje irregular, no freáticos, deslizantes; no aconsejable su utilización como elemento de cimentación, en función de su inestabilidad. Materiales parcialmente aptos para áridos de baja calidad y subbase granular.

E<sub>2</sub>. De cuarcitas.—Depósitos de bolos, acompañados de una fracción arenosa variable; coherentes y zonalmente semicoherentes, semiescarificables, drenaje aceptable, no freáticos, deslizantes; capacidad de carga variable entre baja y media, no son apropiados para cimentaciones en razón de su in-

estabilidad. Materiales apropiados para la construcción de terraplenes, y selectivamente, para explanadas mejoradas y subbase granular.

E<sub>3</sub>. Pizarrosos de granulometría variable, predominando el subgrupo CF; semicoherente, escarificables, drenaje deficiente, no freáticos, deformantes y deslizantes; baja capacidad de carga como cimientito y posible presencia de asientos diferenciales. Materiales no aptos para su utilización como elementos compactables.

E<sub>4</sub>. Arcilloso-detriticos.—Depósitos arcilloso-arenosos, predominando los subgrupos SF y CL; semicoherentes, escarificables, drenaje deficiente, no freáticos, deformables y deslizantes; capacidad de carga baja, posible presencia de asientos. No aptos como material compactable de calidad.

E<sub>5</sub>. Mixtos.—Depósitos de granulometría muy amplia y cambiante; semicoherentes, escarificables, drenaje irregular, no freáticos, parcialmente deformables y generalmente deslizantes, capacidad de carga baja. Materiales de difícil aprovechamiento.

#### DEPOSITOS FLUVIALES.

F) Aluviones evolucionados.—Depósitos compuestos de bolos y cantos rodados, así como un conjunto de materiales de menor tamaño, que se integran en los subgrupos GW y GP; materiales incoherentes, escarificables, drenaje excelente, freáticos, localmente deslizantes en taludes importantes; capacidad de carga baja, influenciada por las oscilaciones del nivel freático. Materiales aptos para su empleo como áridos machacados de gran dureza (los cantos rodados) y áridos finos (fracción arenosa), como material compactable de calidad, explanadas mejoradas y subbase granular seleccionada.

G) Terrazas fluviales.—Depósitos de composición y características geotécnicas muy similares a las expuestas para el tipo anterior.

H) Aluviones torrenciales.—Depósitos de composición muy heterogénea, predominando el subgrupo GF; incoherentes o localmente semicoherentes, escarificables, drenaje anómalo, deslizantes y deformables (presencia de coladas de lodos y arcillas); capacidad de carga como cimientito baja y localmente muy baja (zona de lodos), posible existencia de asientos totales y diferenciales de importancia.

#### DEPOSITOS COSTEROS.

I) Playas y arenales.—Depósitos arenosos de gran uniformidad, predominando el subgrupo SU; incoherentes, escarificables, drenaje excelente, freáticos, capacidad de carga baja (influenciada por las oscilaciones del nivel freático). Materiales aprovechables para fines filtrantes y como áridos finos.

J) Dunas.—Depósitos de composición análoga al tipo anterior, con unas características geotécnicas muy similares.

K) Depósitos gruesos de abrasión.—Acumulaciones de materiales gruesos, acompañada de una fracción media irregular; incoherentes, parcialmente escarificables por el tamaño de algunos componentes, drenaje excelente, no freático, deslizante, capacidad de carga muy baja como cimientito, no siendo recomendable su utilización en función de su acusada inestabilidad. Materiales cuya fracción más gruesa (bloques) puede ser utilizada en la construcción de escolleras y terraplenes.

L) Coluviones costeros.—Depósitos heterogéneos, con predominio del subgrupo GP, incoherentes, escarificables, drenaje excelente, localmente freáticos, deslizantes, capacidad de carga muy baja (acusada inestabilidad). Materiales aptos para su utilización como fuente de áridos de machaqueo y como material compactable de calidad.

M) Terrazas marinas.—Depósitos constituidos fundamentalmente por el subgrupo GW, presencia de niveles intercalados correspondientes a los subgrupos SP y CL; semicoherentes, escarificables, drenaje excelente, freáticos; capacidad de carga media (si no está afectada por el nivel freático). Materiales apropiados para su empleo como áridos machacados (fracción gruesa), áridos finos (fracción arenosa), material compactable de calidad, explanadas mejoradas y base granular seleccionada; los niveles arcillosos (pobres en fracción arenosa) son aptos para su empleo en cerámica de baja calidad.

#### DEPOSITOS FLUVIO-COSTEROS.

P) Depósitos de composición y distribución muy heterogénea, los subgrupos más representativos son los siguientes: GP, SU, SF, CL y Pt; incoherentes o semicoherentes, escarificables, drenaje aceptable en líneas generales, parcialmente freáticos; capacidad de carga baja a muy baja, dada la pre-

sencia ocasional de niveles organógenos en ó por debajo de la cota de cimentación, posibilidad de grandes asientos. Materiales parcialmente aprovechables para áridos (fracción gruesa y media).

#### DEPOSITOS CARSTICOS.

N) Tierras rojas y pardas.—Depósitos representados por subgrupos CL y CI; incoherentes e semicoherentes, escarificables, drenaje deficiente, no freáticos, deformables, capacidad de carga baja, con posible existencia de asientos. Materiales de escaso aprovechamiento.

O) Depósitos terrosos y clásticos.—Depósitos eminentemente arcillo-limosos (CL y ML), en los que se intercalan niveles detriticos (GC y GP); incoherentes y semicoherentes, escarificables, drenaje deficiente, no freáticos, localmente deformables; capacidad de carga baja a muy baja, posible presencia de asientos. Los materiales arcillo-limosos son de difícil compactación en su posible empleo en terraplenes, las intercalaciones detriticas son aprovechables para terraplenes y explanadas mejoradas.

#### 6. CONCLUSIONES.

— La zona estudiada se caracteriza por la alta densidad de los depósitos atribuibles al Cuaternario. Tales depósitos, unidos a los *suelos orgánicos superficiales*, constituyen un recubrimiento que ocupa más del 90 por 100 de la superficie de la región (fig. 2).

— Los depósitos son muy diversos. Se han diferenciado unos *grupos* de acuerdo con atributos genéticos (un total de 6). Estos se han subdividido en *tipos* de rango inferior y sentido fundamentalmente descriptivo (fig. 4).

— La cronología de los depósitos es compleja y diversa. Los datos cronológicos aportables se sintetizan en el cuadro correspondiente (fig. 5), en el mismo coexisten datos concretos aportados por la fauna, arte, etc., y otros de tipo valorativo.

— El análisis sistemático de las características geotécnicas de los diversos tipos de depósitos pone de manifiesto que se trata de unas unidades con una problemática geotécnica compleja y diversificada; ésta queda resumida en el cuadro adjunto (fig. 4).

— Los materiales estudiados presentan un interés extractivo reducido. Su importancia, como fuente de aprovisionamiento de *rocas industriales*, es mínima; tanto por sus escasos volúmenes que requieren —normalmente— tratamientos previos de selección y manipulación, como por estar ubicados en una zona de amplias posibilidades en rocas industriales, procedentes de la explotación de diversos niveles del substrato rocoso. El máximo interés extractivo se centra en el capítulo de “aprovechamientos *secundarios*”, como son tierras seleccionadas para grandes construcciones (terraplenes, presas de tierra, rellenos, etc.), dado que muchos de los materiales de estos depósitos cumplen las prescripciones técnicas necesarias.

— Los depósitos fluviales (correspondientes al tipo de aluviones evolucionados) presentan interés como elementos susceptibles de aprovechamientos de aguas subálveas. Las mayores posibilidades se concentran en las llanuras aluviales y terrazas de inundación correspondientes a los cursos de los ríos Nalón y Narcea.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) FRAGA-TORREJÓN, E.: *Catálogo bibliográfico de la fauna cuaternaria asturiana*, Monografías geológicas VIII, 1 vol., 75 págs. Oviedo (1958).
- (2) GERVILLA, M.; BEROIZ, C., y OTROS: *Mapa geológico de España*, a escala 1:50.000, hoja de Oviedo (29). Inst. Geol. Min. Esp., map. geol. y mem., Madrid (1974).
- (3) GERVILLA, M.; BEROIZ, C., y OTROS: *Mapa geológico de España*, a escala 1:50.000 hoja de Villaviciosa (30). Inst. Geol. Min. Esp., map. geol. y mem., Madrid (1974).
- (4) GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M.: *Síntesis estratigráfica del Cretácico de Asturias*. Bol. Inst. Est. Ast., Sup. Cien, núm. 18, 119 págs., mapa geol., cort., láms., figs. y fot. Oviedo (1973).
- (5) HERNÁNDEZ PACHECO, F.; LLOPIS-LLADÓ, N., y OTROS: *Libro-guía de la excursión N2 del cuaternario de la región cantábrica*. INQUA, V Congr. Inter., Dip. Prov. Oviedo, 1 vol., 72 págs., map., figs., Oviedo (1957).
- (6) INST. GEOL. MIN. ESP.: *Mapa de rocas industriales de España*, a escala 1:500.000, Madrid (1973).
- (7) INST. GEOL. MIN. ESP.: *Mapa geotécnico general*, a escala 1:20.000, hoja 2 (3-1) Avilés. Madrid (1972).

(8) INST. GEOL. MIN. ESP.: *Mapa geotécnico general*, a escala 1:200.000, hoja 3 (4-1), Oviedo. Madrid (1972).

(9) INST. GEOL. MIN. ESP.: *Mapa geotécnico general*, a escala 1:200.000, hoja 9 (3-2) Cangas de Narcea, Madrid (1972), Etsimo, Oviedo.

(10) INST. GEOL. MIN. ESP.: *Mapa geotécnico general*, a escala 1:200.000, hoja 10 (4-2), Mieres, Madrid (1972), Etsimo, Oviedo.

(11) LLOPIS-LLADÓ, N., y JORDÁ, F.: *Mapa del cuaternario de Asturias*, INQUA, V Cong. Inter. Dip. Prov. Oviedo, 1 map., a 1:250.000, Oviedo (1957).

(12) LLOPIS-LLADÓ, N.: *Estudio de la región del Cabo de Peñas*, mapa geológico de Asturias, hojas 1 y 2. Instituto Est. Ast., 1 vol., 116 págs., map. geol., 1:25.000, figs., fot., corts., cuadr., Oviedo (1962).

(13) LLOPIS-LLADÓ, N.: *Estudio geológico de los alrededores de Avilés (Asturias)*, mapa geológico de Asturias, hoja 5, Inst. Est. Ast., I vol., 68 págs., map. geol., 1:25.000, figs., corts., fot. cuadr., Oviedo (1968).

(14) LLOPIS-LLADÓ, N.: *Estudio geológico de la región norte de Llanera (Oviedo)*, mapa geológico de Asturias, hoja 6, Inst. Est. Ast., I vol., 90 págs., map. geol., 1:25.000, corts., figs., fot., Oviedo (1968).

(15) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Rasgos geológicos de la zona oriental de Asturias*, Inst. Est. Ast., 1 vol., 132 páginas, map. geol., a escala 1:100.000, figs., cuadr., láminas, Oviedo (1965).

(16) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A., y TORRES-ALONSO, M.: *Rasgos geológicos y geotécnicos de la zona urbana de Oviedo*, Doc. Invest. Geol. y Geot., núm. 8, D. Oviedo (1968).

(17) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A., y TORRES-ALONSO, M.: *Nota sobre las formaciones arcillosas cuaternarias de los alrededores de Gijón*, Act. Geol. Hisp., tomo III, núm. 4, págs. 3-112, Barcelona (1968).

(18) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.; TORRES-ALONSO, M., y GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M.: *Rasgos geológicos de los alrededores de Gijón*, Publ. Esc. Tec. Sup. Ing. Min., Oviedo, map. geol., a 1:10.000, Oviedo (1968).

(19) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A., y TORRES-ALONSO, M.: *Distribución estratigráfica de las rocas industriales de la zona central de Asturias (Región de Oviedo-Gijón-Avilés)*, Bol. Geol. Min., tomo LXXXV-11, págs. 193-207, 3 figs., Madrid (1974).

(20) MARY, G.: *Depots marins et eolisation ancienne pres du phare de Peñas*. Brev. Geol. Ast., año XIV, número 3, págs. 29-32, 3 figs., Oviedo (1970).

(21) MARY, G., y MEDUS, J.: *Presence de Sparnacien á la base d'une "rasa" au Monte Granda á l'ouest de Avilés (Asturies-Espagne)*, Com. Rend. Som. Soc. Geol. Fran, págs. 125-126, París (1971).

(22) TORRES-ALONSO, M.: *Estudio geotécnico general de la zona central de Asturias*, tesis doctoral, 9 vol. (inédito), Oviedo (1971).

(23) TORRES-ALONSO, M.: *Resumen del estudio geotécnico general de la zona central de Asturias*. "Boletín Geol. Min. Esp.", tomo 83-6, págs. 631-636, 2 figs., Madrid (1972).

(24) VIRGILI, G.; MARY, G., y OTROS: *Depósitos marinos del cuaternario antiguo (?) sobre la cuarcita armoricana del cabo Torres (Gijón)*. Brev. Geol. Ast., año XII, núm. 2, págs. 4-8, 3 fig., Oviedo (1968).

Recibido: Noviembre 1975.

# Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fina del Trias de la Cordillera Ibérica I) caolinita y dickita

Por M.<sup>a</sup> RUIZ CRUZ y M. A. CABALLERO LOPEZ-LENDINEZ (\*)

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio mineralógico por difracción de rayos X, A.T.D. y microscopia electrónica de los minerales con espaciado entorno a 7 Å, caolinita y dickita, presentes en los sedimentos triásicos de la cordillera Ibérica. A partir de los datos obtenidos, así como de su distribución dentro de la cuenca se establecen las condiciones genéticas para los mismos.

## ABSTRACT

In this paper we are making a mineralogical study by means of X-ray diffraction, DTA and electron microscopy of minerals with interplanar spacing surrounding at 7 Å, Kaolinite and Dickite, present in the Triassic sediments in the Iberica ridge (Spain). From the data obtained in this way, as well as from their distribution in the mentioned basin, we can establish their genetical conditions.

## INTRODUCCION

Los estudios mineralógicos sobre las fracciones finas del Trias de la cordillera Ibérica dan comienzo en 1969 con el estudio realizado por MARFIL sobre los sedimentos del Keuper del sector meridional de la cuenca. Este autor encuentra un bajo porcentaje de caolinita en el Keuper y lo considera como un mineral detrítico.

MARFIL, ALONSO y GARCÍA (1971) estudian el material cementante del Trias inferior y entre los minerales que encuentran están la caolinita y la dickita; a este último mineral lo suponen formado durante la diagénesis, en condiciones hidrotermales.

CABALLERO (1972) estudia la mineralogía de la fracción fina del Trias en cuatro cuencas españolas, encontrando que la caolinita es, en general, un mineral abundante aunque sí bastante frecuente.



Figura 1

Mapa esquemático de la cordillera Ibérica y situación en el mismo de las series estudiadas.

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

DE LA PEÑA (1972) en su estudio sobre el Muschelkalk de la cordillera Ibérica encuentra igualmente caolinita en pequeña proporción.

GABALDÓN y DE LA PEÑA (1973) citan la presencia de caolinita en el Trias inferior, en la zona de Molina de Aragón.

cio de los minerales de la arcilla, así como su génesis está ligada íntimamente a la evolución geomorfológica del área fuente, al clima, compartimentación de la cuenca y a los iones presentes en la misma. Todos estos factores condicionan que la evolución de las cuencas dependa en gran parte de las

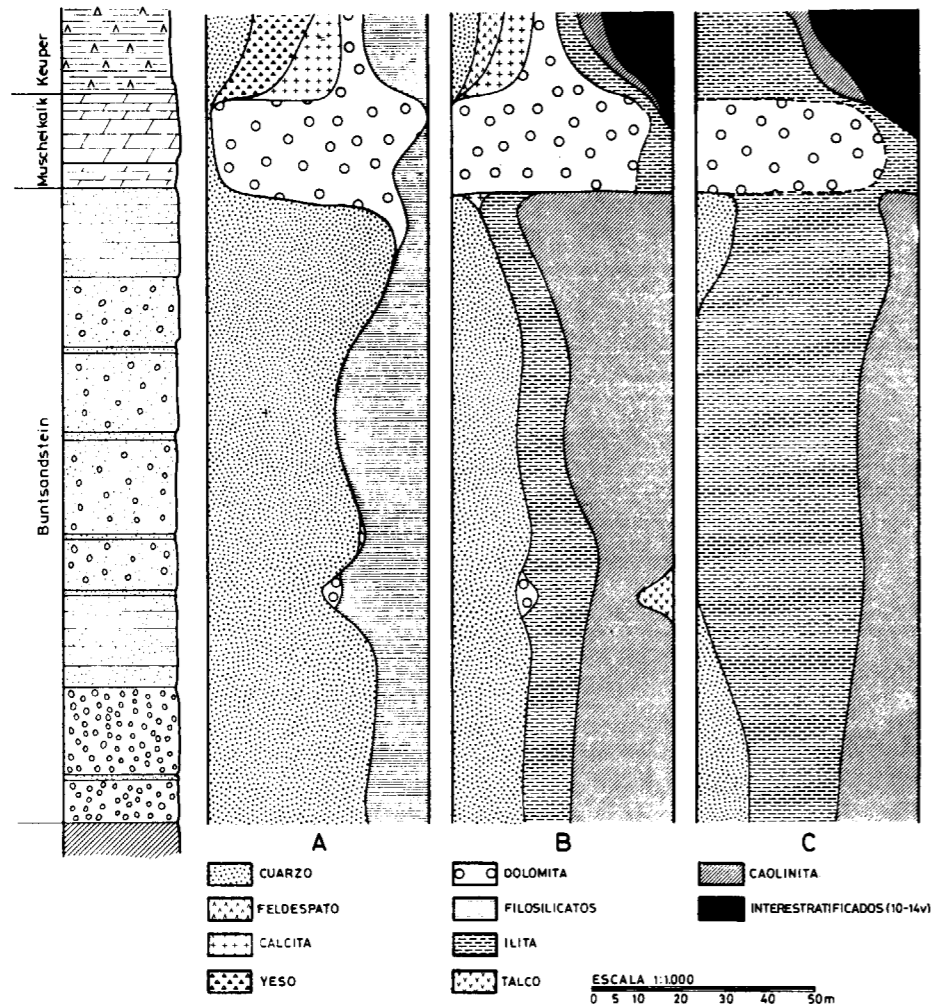


Figura 2

Columna litológica y variación de la composición mineralógica de las muestras globales (A), de la fracción limo (B) y de la fracción arcilla (C) de las mismas. Serie de Albarracín.

El presente trabajo es parte de un detallado estudio mineralógico realizado en catorce series triásicas pertenecientes a la cordillera Ibérica. Los estudios realizados por CABALLERO (1972) pusieron de manifiesto que la distribución en el tiempo y en el espa-

condiciones locales. Estos hechos han sido los que nos han inducido a realizar un detallado estudio de la fracción fina del Trias de la cordillera Ibérica con objeto de tratar de establecer las relaciones existentes entre los diferentes minerales arcillosos, en-

tre minerales arcillosos y no arcillosos, y las condiciones que han determinado la evolución de la cuenca en el tiempo y en el espacio.

En este primer trabajo exponemos los resultados y consideraciones obtenidas para la caolinita y la

RESULTADOS EXPERIMENTALES

La caolinita es un mineral muy frecuente en el Trias de la cordillera Ibérica. De las series estudiadas por nosotros y cuya situación geográfica se

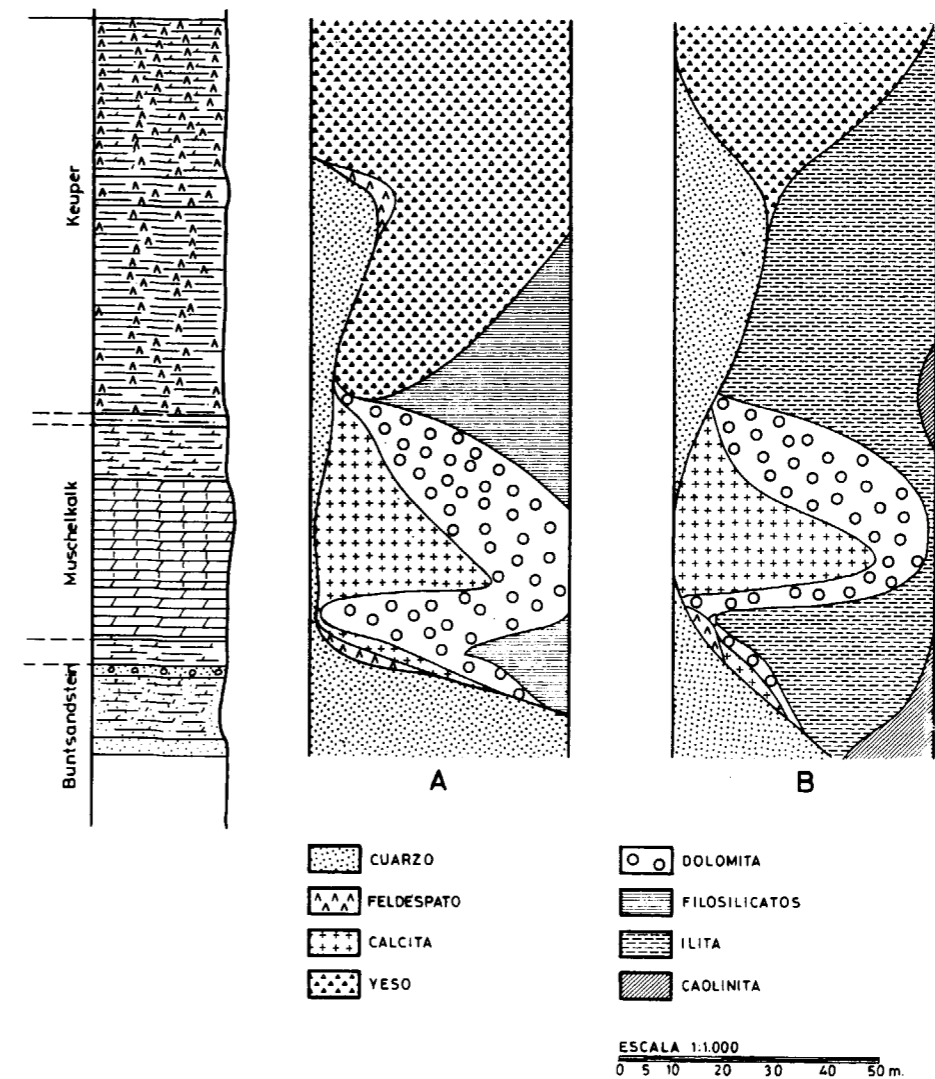


Figura 3

Columna litológica y variación de la composición mineralógica de las muestras globales (A) y de la fracción arcilla (B) de las mismas. Serie de Segura de los Baños.

dickita; en futuras publicaciones aparecerán dichos resultados para los restantes minerales que constituyen las fracciones finas de los sedimentos triásicos de la Cordillera Ibérica.

expone en la figura 1, las que presentan mayor riqueza en este mineral son las de Albarracín y Segura de los Baños; igualmente, la dickita, mineral poco frecuente en los sedimentos triásicos, alcanza

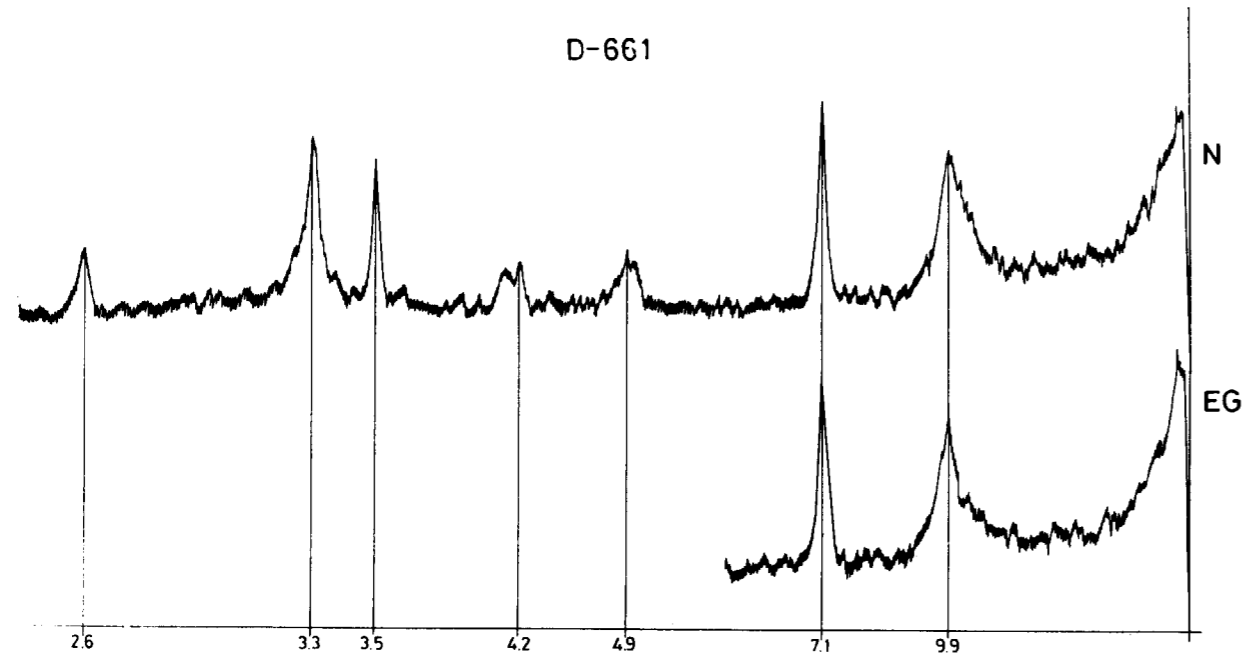


Figura 4

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N) y tratado con etilenglicol (EG) de la fracción menor de  $2\mu$  de una muestra que contiene caolinita. Serie de Segura de los Baños.

en estas series una elevada proporción; por ello nos referiremos fundamentalmente a los estudios realizados sobre muestras pertenecientes a estas series.

En las figuras 2 y 3 se exponen las columnas litológicas y la variación mineralógica de las muestras globales, de la fracción limo y de la fracción arcilla de las series de Albarracín y Segura de los Baños, respectivamente. En ambos casos la caolinita aparece concentrada en la fracción menor de dos micras y en la parte inferior de la serie; la dickita, por el contrario, aparece concentrada en la fracción limo, aunque en la misma posición estratigráfica.

*Difracción de rayos X.*

En la figura 4 se expone el diagrama de difracción obtenido sobre un agregado orientado de la fracción menor de dos micras de una muestra perteneciente a la serie de Segura de los Baños. En él pueden observarse las reflexiones (001) a 7,1 Å (002) a 3,5 Å y (130) a 2,6 Å de la caolinita; tras el tratamiento con etilenglicol puede observarse cómo ni la intensidad ni la simetría de la línea (001) varían. Junto a la caolinita se encuentra en esta muestra illita, la cual presenta una reflexión (001) a 9,9 Å poco aguda y abierta hacia la región de los menores ángulos.

La figura 5 corresponde a los diagramas de difracción obtenidos sobre agregados orientados de la fracción menor de dos micras de una muestra perteneciente a la serie de Albarracín. En ella puede observarse que el tratamiento con etilenglicol no afecta la intensidad ni la simetría de la reflexión (001) de la caolinita (fig. 5 EG); por el contrario, el tratamiento térmico destruye la red de la caolinita y sus reflexiones desaparecen (fig. 5, 550°). Estas muestras poseen, junto con caolinita, illita de baja cristalinidad y una pequeña cantidad de talco.

En la figura 6 se exponen los diagramas de difracción de la fracción menor de dos micras de una muestra perteneciente a la serie de El Cercadillo, en la zona NW de la cuenca; en ella puede observarse cómo el tratamiento ácido (fig. 6 TA) destruye la clorita, eliminando sus líneas de difracción, y por el contrario no afecta a la reflexión (001) de la caolinita.

La identificación de la dickita se ha realizado sobre los difractogramas de polvo pertenecientes a la fracción limo de las muestras estudiadas, ya que en esta fracción es donde este mineral se encuentra muy concentrado.

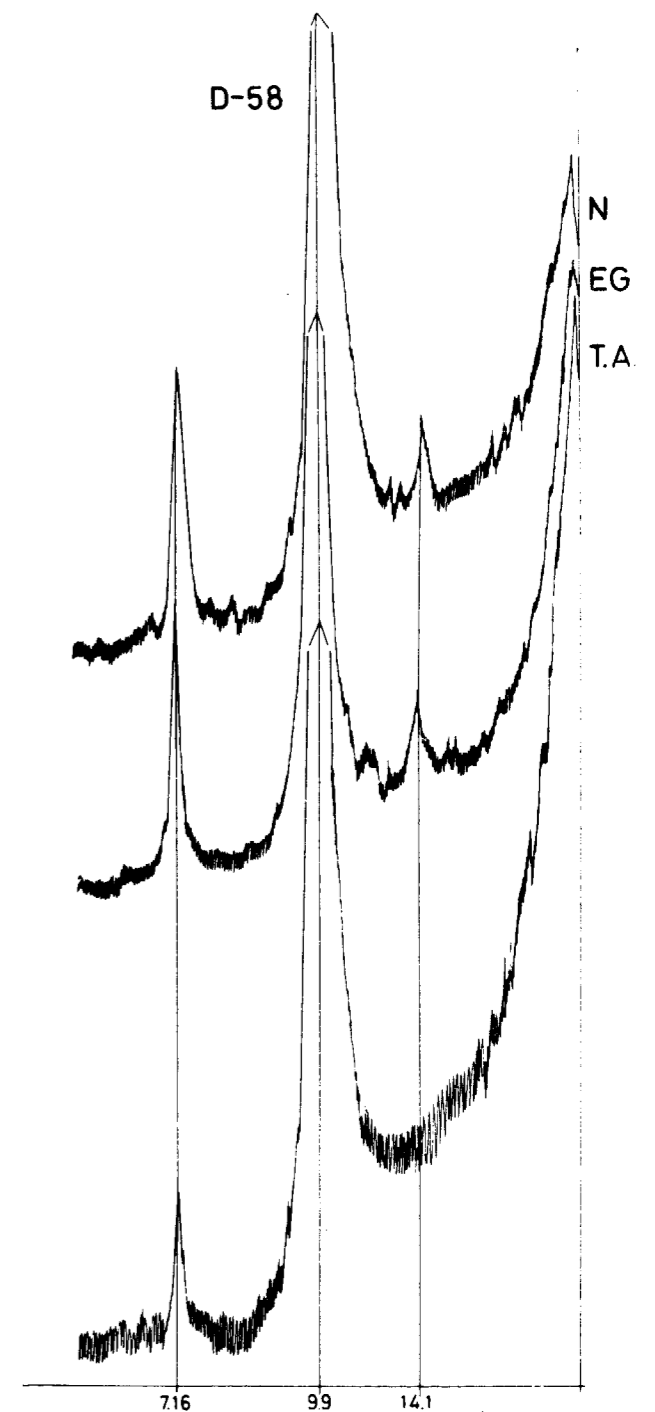


Figura 6

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y tras una атаque ácido (TA) de la fracción menor de  $2\mu$  de una muestra constituida por caolinita, illita y clorita. Serie de El Cercadillo.

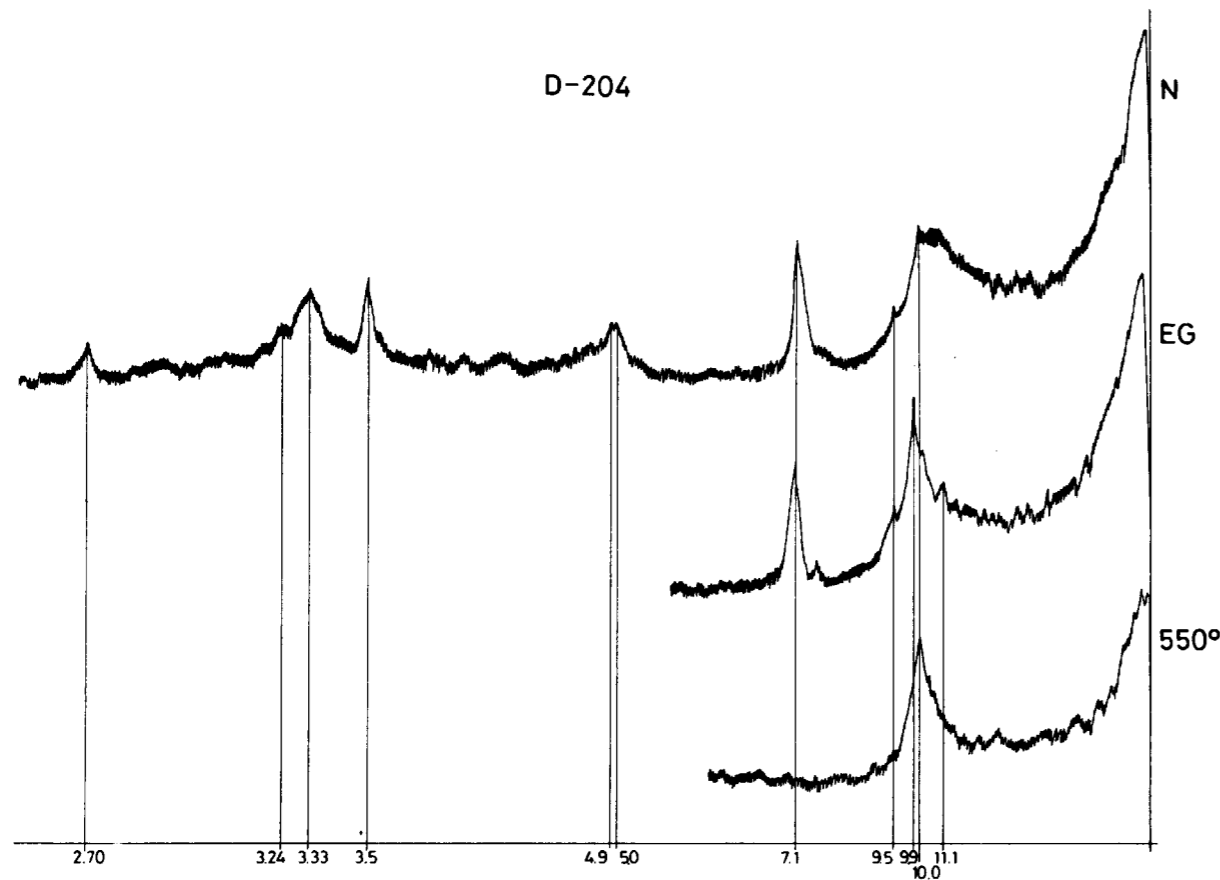


Figura 5

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550° C (550°) de la fracción menor de  $2\mu$  de una muestra formada por caolinita, illita abierta y una pequeña cantidad de talco. Serie de Albarracín.

En la figura 7 se expone el difractograma de polvo de una muestra perteneciente a la serie de Albarracín; en ella se han señalado las reflexiones más importantes de la dickita; ésta se ha diferenciado de la caolinita por las reflexiones a 4,2 Å, 3,9 Å y 3,4 Å las cuales no son comunes a ambos minerales y son propias del que tratamos. Junto a la dickita se encuentran en esta muestra, cuarzo y mica.

#### Análisis térmico diferencial.

En la figura 8 se exponen los diagramas de ATD realizados para algunas muestras de la serie de Albarracín. Las curvas D-203A y D-205A corresponden a la fracción arcilla de dos muestras constituidas por caolinita e ilita. Presentan un primer endo-

térmico a 590°C, mucho más agudo que las muestras cuyo único constituyente es ilita. Las características que poseen estas curvas son semejantes a las dadas por COLE y HOSKING (1957) para mezclas artificiales de ilita y caolinita.

Las curvas D-203L, D-207L y D-208L pertenecen a la fracción limo de estas muestras. La dickita es el componente fundamental, acompañada por caolinita. A 100°C presentan un efecto endotérmico muy ancho y de poca intensidad. Otros dos endotérmicos aparecen a 600°C y 670°C, el primero ancho y el segundo mucho más agudo, correspondientes a caolinita y dickita, respectivamente. Curvas semejantes obtienen SMITHSON y BROWN (1957) en muestras de composición mineralógica similar. A 980°C aparece un efecto exotérmico característico de todas las dickitas (HOLDRIDGE y VAUGHAN, 1957).

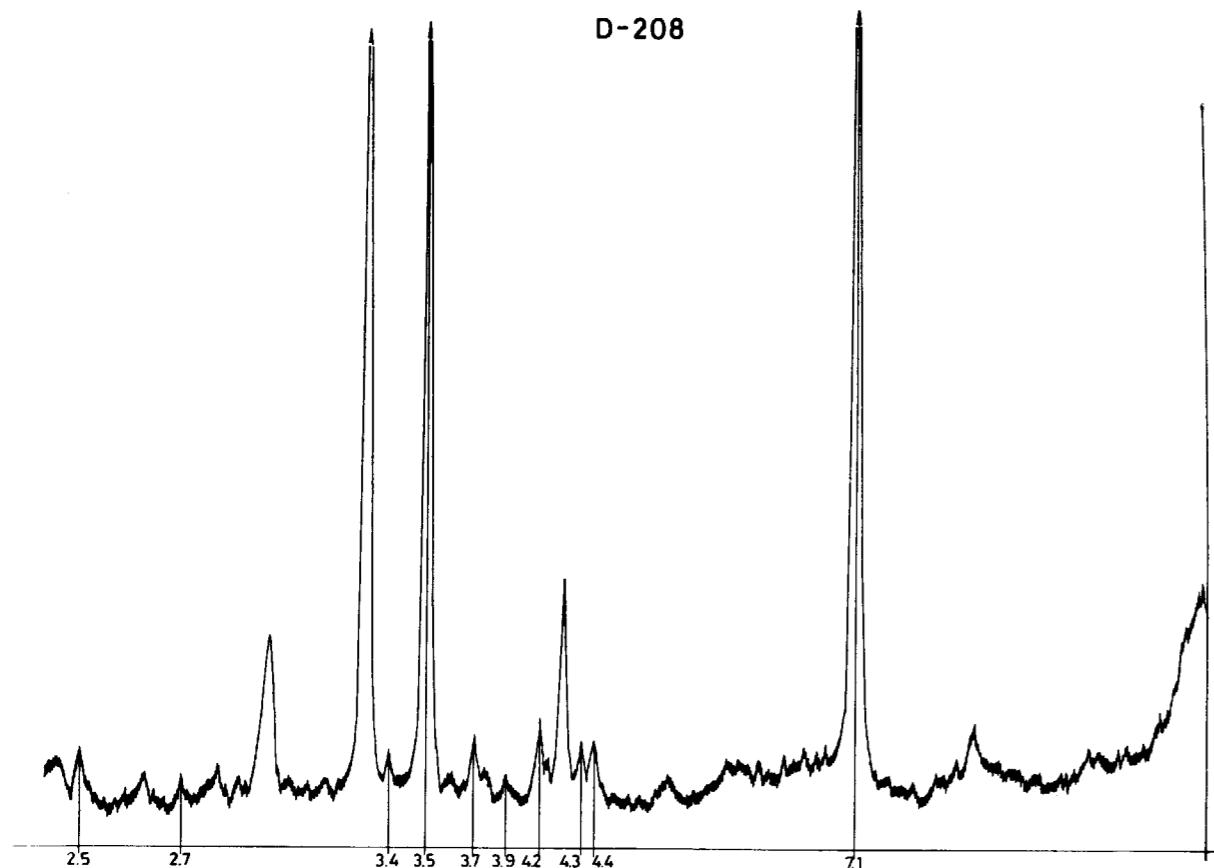


Figura 7

Diagrama de polvo realizado a la fracción limo de una muestra formada por dickita, ilita y cuarzo.

#### Microscopia.

Se ha realizado un estudio por microscopia de luz transmitida y se ha observado que las muestras que poseen dickita la presentan en forma de agregados en abanico, que constituyen una parte del cemento de las areniscas.

El estudio por microscopia electrónica ha puesto de manifiesto que los cristales de dickita se suelen

#### DIFUSIÓN Y CONCLUSIONES

##### a) Génesis.

La caolinita, encontrada desde hace tiempo en los sedimentos triásicos, es considerada, en general, como poco abundante. CABALLERO (1972) hace notar que, al menos en el Trias español, aparece en mayores proporciones de lo que se pensaba, así como

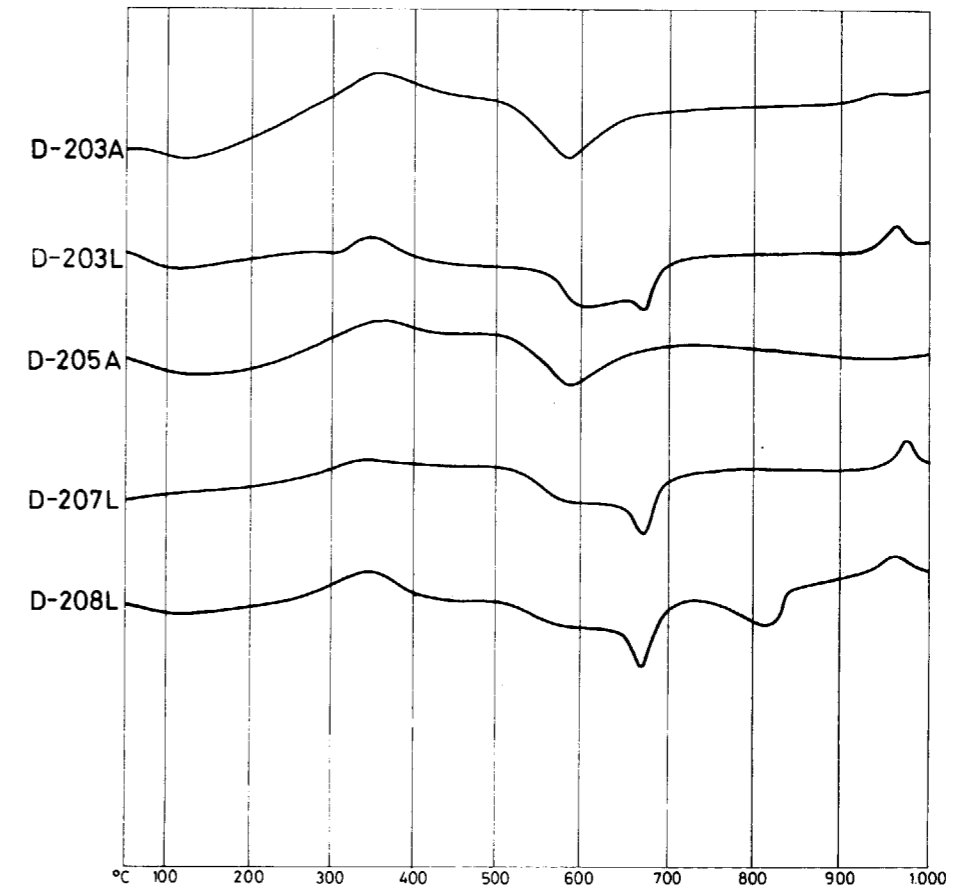


Figura 8

Diagramas de ATD realizados sobre distintas muestras de la serie de Albarracín. A: fracción arcilla, L: fracción limo.

presentar en aglomerados de gruesos cristales de tamaño superior a las dos micras, tal como se muestra en la figura 9. Como puede observarse en ella, la morfología de los cristales de dickita es muy característica.

distribuida de forma irregular. Efectivamente, en la cuenca Ibérica existen zonas en las que no aparece caolinita mientras en otras la proporción de este mineral puede ser hasta de un 30 por 100.

En este último tipo de series sedimentarias encon-

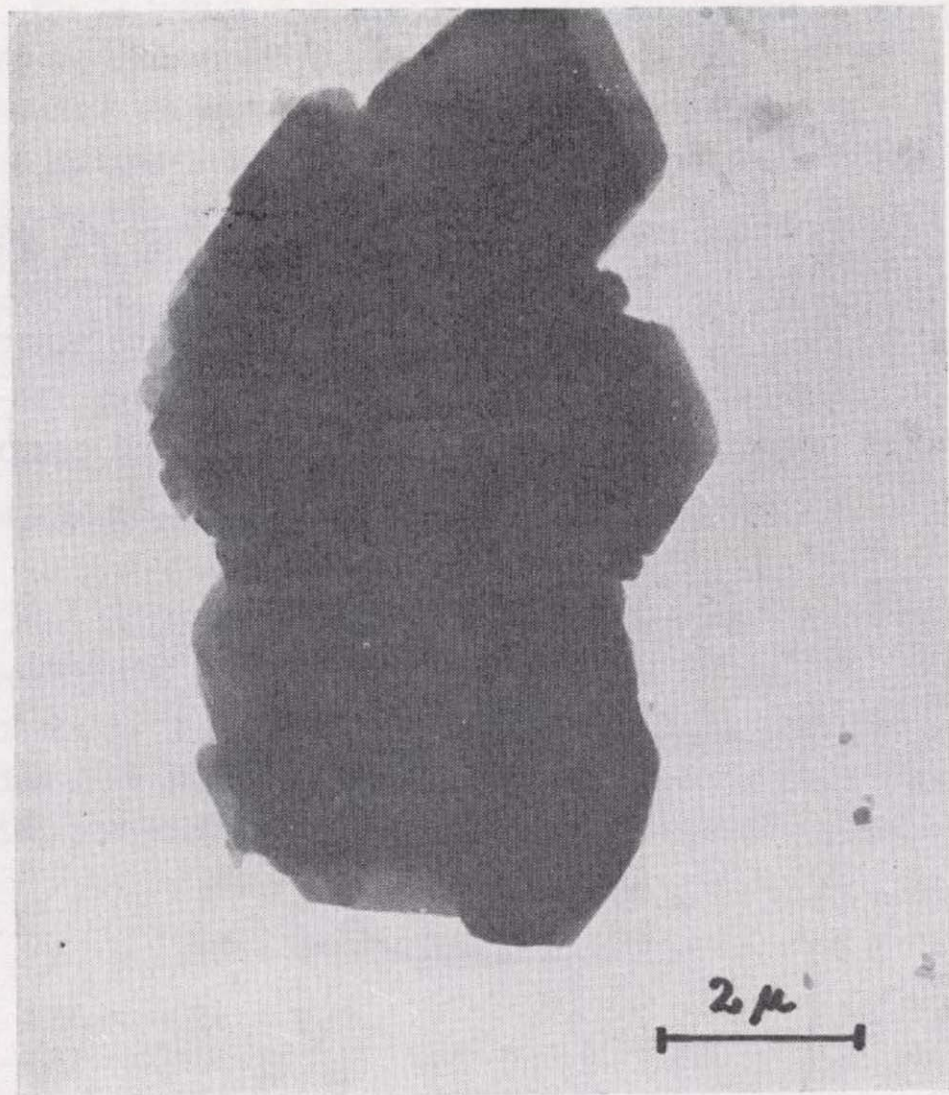


Figura 9

Fotografía de cristales de dickita observados al microscopio electrónico.

tramos la caolinita mezclada con otros minerales con características esencialmente detríticas. Este hecho viene corroborado por la presencia de caolinita en los tramos inferiores de las series de facies detríticas, conglomerados y areniscas, aunque eventualmente pueda aparecer asociada a los niveles superiores.

Es de suponer que la caolinita, formada en el continente bajo condiciones de intenso lavado y pH ácido es trasladada a la cuenca, concentrándose sobre todo en los bordes de la misma y en los niveles inferiores, donde se conserva como tal en gran parte de los casos, ya que es un mineral bastante estable.

DUNOYER DE SEGONZAC (1969) ha mostrado diversos ejemplos de transformación de la caolinita en la zona de diagénesis: Una de las transformaciones mejor conocidas se produce cuando soluciones alcalinas a elevada temperatura actúan sobre la caolinita durante la diagénesis. En este caso la caolinita evoluciona hacia ilita.

Otro tipo de transformación que puede ocurrir durante la diagénesis es el paso de caolinita a dickita, descrito por diferentes autores: KULBICKI

(1954), FERRERO y KUBLER (1964), BAYLISIS, LOUCHNAN y STANDARD (1965), DUNOYER DE SEGONZAC (1969), etc.

La dickita encontrada en esta cuenca puede proceder, al menos en parte, de la transformación de la caolinita durante la diagénesis.

Si durante la diagénesis tiene lugar una circulación de soluciones ácidas, puede formarse caolinita (MILLOT, 1964; KELLER, 1968, DUNOYER DE SEGONZAC, 1969). Las arenas constituirían un medio favorable para estas circulaciones. Gran parte de las caolinitas asignadas a este origen se ha comprobado más tarde que eran dickitas (CASSAN y LUCAS, 1966, FERRERO y KUBLER, 1964). La dickita en este caso se desarrolla en cristales grandes, de forma tabular, de abanico, etc., que pueden constituir el cemento de las areniscas o cementar fracturas.

En la cuenca Ibérica la dickita aparece mezclada con caolinita en las series que la presentan. Este hecho parece evocar más una transformación caolinita-dickita que una neoformación aunque, indudablemente pueden haberse dado los dos procesos, si durante la diagénesis ha existido una circulación de fluidos ácidos que hayan favorecido el crecimiento de los cristales de dickita. En caso contrario, habría que suponer que antes de que tuviera lugar la transformación, del 50 por 100 al 60 por 100 de las fracciones arcilla y limo estarían formadas por caolinita heredada, lo que parece muy poco probable.

#### b) Distribución.

En la figura 10 se muestra un esquema de la cuenca Ibérica y la distribución de la caolinita y la dickita durante el Trías. La figura 11, en un esquema semejante muestra la distribución de los feldespatos. Puede observarse que existe una clara disminución en la proporción de estos minerales de NW a SE, existiendo series en las que no aparecen. Las zonas con menos cantidad de feldespatos corresponden precisamente con un máximo en la proporción de caolinita. En la figura 10 se señala asimismo la zona de dickita, más reducida, como puede observarse, que la de caolinita. Esta zona corresponde además con la de máxima diagénesis.

#### c) Conclusiones.

La caolinita presente en el Trias de la cordillera Ibérica es un mineral heredado, muy frecuente y en algunas series muy abundante (hasta un 30 por 100

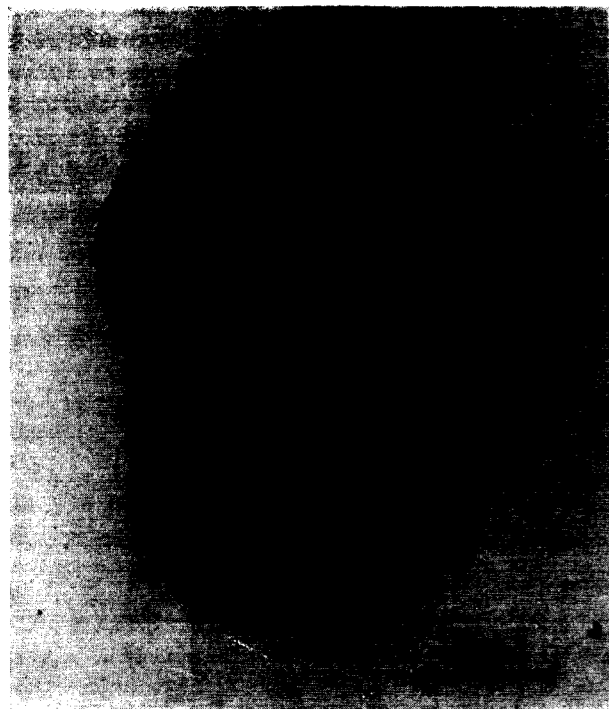


Figura 9

Fotografía de cristales de dickita observados al microscopio electrónico.

tramos la caolinita mezclada con otros minerales con características esencialmente detríticas. Este hecho viene corroborado por la presencia de caolinita en los tramos inferiores de las series de facies detríticas, conglomerados y areniscas, aunque eventualmente pueda aparecer asociada a los niveles superiores.

Es de suponer que la caolinita, formada en el continente bajo condiciones de intenso lavado y pH ácido es trasladada a la cuenca, concentrándose sobre todo en los bordes de la misma y en los niveles inferiores, donde se conserva como tal en gran parte de los casos, ya que es un mineral bastante estable.

DUNOYER DE SEGONZAC (1969) ha mostrado diversos ejemplos de transformación de la caolinita en la zona de diagénesis: Una de las transformaciones mejor conocidas se produce cuando soluciones alcalinas a elevada temperatura actúan sobre la caolinita durante la diagénesis. En este caso la caolinita evoluciona hacia ilita.

Otro tipo de transformación que puede ocurrir durante la diagénesis es el paso de caolinita a dickita, descrito por diferentes autores: KULBICKI

(1954), FERRERO y KUBLER (1964), BAYLIS, LOUCHNAN y STANDARD (1965), DUNOYER DE SEGONZAC (1969), etc.

La dickita encontrada en esta cuenca puede proceder, al menos en parte, de la transformación de la caolinita durante la diagénesis.

Si durante la diagénesis tiene lugar una circulación de soluciones ácidas, puede formarse caolinita (MILLOT, 1964; KELLER, 1968, DUNOYER DE SEGONZAC, 1969). Las arenas constituirían un medio favorable para estas circulaciones. Gran parte de las caolinitas asignadas a este origen se ha comprobado más tarde que eran dickitas (CASSAN y LUCAS, 1966, FERRERO y KUBLER, 1964). La dickita en este caso se desarrolla en cristales grandes, de forma tabular, de abanico, etc., que pueden constituir el cemento de las areniscas o cementar fracturas.

En la cuenca Ibérica la dickita aparece mezclada con caolinita en las series que la presentan. Este hecho parece evocar más una transformación caolinita-dickita que una neoformación aunque, indudablemente pueden haberse dado los dos procesos, si durante la diagénesis ha existido una circulación de fluidos ácidos que hayan favorecido el crecimiento de los cristales de dickita. En caso contrario, habría que suponer que antes de que tuviera lugar la transformación, del 50 por 100 al 60 por 100 de las fracciones arcilla y limo estarían formadas por caolinita heredada, lo que parece muy poco probable.

#### b) Distribución.

En la figura 10 se muestra un esquema de la cuenca Ibérica y la distribución de la caolinita y la dickita durante el Triás. La figura 11, en un esquema semejante muestra la distribución de los feldespatos. Puede observarse que existe una clara disminución en la proporción de estos minerales de NW a SE, existiendo series en las que no aparecen. Las zonas con menos cantidad de feldespatos corresponden precisamente con un máximo en la proporción de caolinita. En la figura 10 se señala asimismo la zona de dickita, más reducida, como puede observarse, que la de caolinita. Esta zona corresponde además con la de máxima diagénesis.

#### c) Conclusiones.

La caolinita presente en el Triás de la cordillera Ibérica es un mineral heredado, muy frecuente y en algunas series muy abundante (hasta un 30 por 100

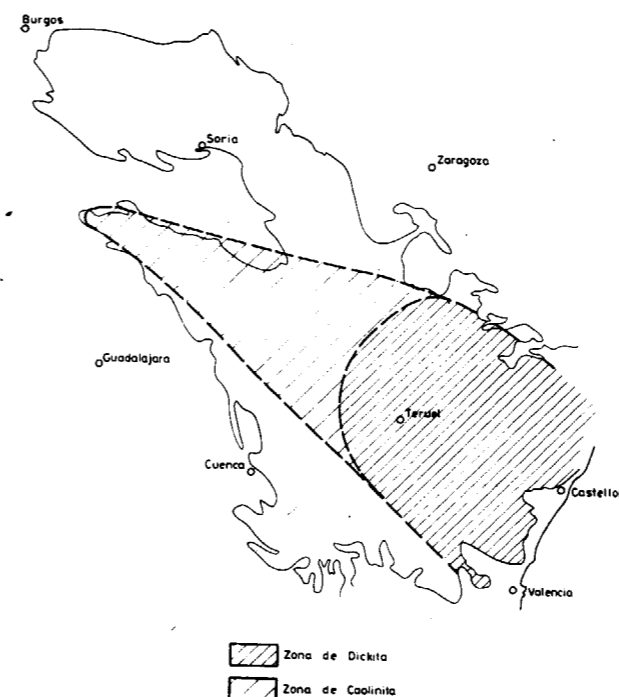


Figura 10

Distribución aproximada de la caolinita y de la dickita en la zona inferior del Triás de la cordillera Ibérica.

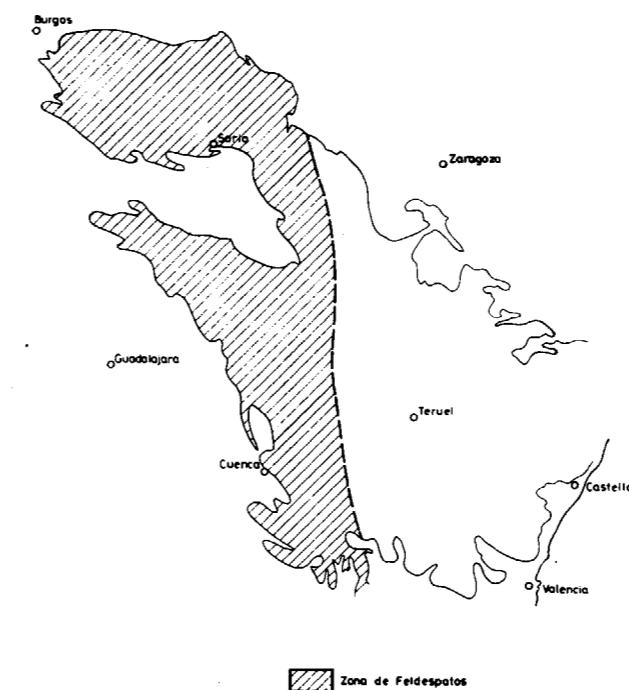


Figura 11

Distribución aproximada de los feldespatos en la zona inferior del Triás de la cordillera Ibérica.

de la fracción arcilla). Suele aparecer sobre todo en los términos inferiores, de facies detríticas, concentrado en la fracción menor de dos micras. Este mineral, característico de las alteraciones continentales, aparece en este tipo de series como un mineral esencialmente detrítico, indicador de un clima caolinizante en los continentes vecinos.

La dickita encontrada en esta cuenca puede proceder, en parte, de la transformación de la caolinita durante la diagénesis, pero parece más probable que se haya neoformado durante una diagénesis profunda, con circulación de fluidos ácidos y diluidos.

En cuanto a la distribución de estos minerales, la de la caolinita parece estar relacionada, al menos en parte, con la distribución de los feldespatos, ya que las zonas más ricas en caolinita muestran una ausencia total en estos minerales. La distribución de la dickita está relacionada con la diagénesis, concentrándose por esta razón al SE de la cuenca, zona en que la diagénesis ha sido máxima.

#### BIBLIOGRAFIA

- BAYLISS, P., LOUCHNAN, F. C. y STANDAARD, J. C.: *Dickite in Hawkesbury Sandstone of the Sidney basin*. Australia. Amer. Min., vol. 50, pp. 418-426 (1965).
- CABALLERO, M. A.: *Estudio mineralógico y genético de la fracción fina del Triás español*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1972).
- CASSAN, J. P. y LUCAS, J.: *La diagenèse des grès argileux d'Hassai-Messaud (Sahara): Silicification et dickitisation*. Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lor. Strasbourg, 19, páginas 241-253 (1966).
- COLE, W. F. y HOSKING, J. S.: *Clay minerals mixtures and interstratified minerals*. En: "R. C. Mackenzie": *The Differential Thermal Investigations of Clays*. Min. Soc. London (1957).
- DE LA PEÑA, J. A.: *Estudio petrogenético del Muschelkalk de la Cordillera Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1972).
- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: *Les minéraux argileux dans la diagenèse passage au métamorphisme*. "Mém. du Serv. Carte Geol." Als. Lor. Strasbourg., 29, 30 pp. (1969).



- FERRERO, J. y KUBLER, B.: *Présence de dickite et de kaolinite dans les grès cambriens d'Hassai-Messaud*. Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lor. Strasbourg., 17, pp. 247-261 (1964).
- GABALDÓN, V. y DE LA PEÑA, J. A.: *Estudio petrográfico del Carbonífero, Pérmico y Triásico inferior del NO de Molina de Aragón*. "Estudios Geológicos", vol. 29, páginas 63-75 (1973).
- HOLDRIDGE, D. A. y VAUGHAN, F.: *The Kaolin Minerals. (Kandites)*. En: "R. C. Mackenzie": *The Differential Thermal investigation of clays*. Min Soc. London, páginas 98-139 (1957).
- KELLER, W. D.: *Flint clay and flint-clay facies*. Clays and Clay Min., vol. 16, pp. 113-128 (1968).
- KULBICKI, G.: *Phénomènes de diagenèse dans les sédiments argileux*. "Clay Min. Bull." vol. II, pp. 183-188 (1954).
- MARFIL, R.: *Estudio petrográfico del Keuper en el sector meridional de la Cordillera Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1969).
- MARFIL, R., ALONSO, J. J. y GARCÍA, M. C.: *Estudio del material cementante del Trias inferior de la Cordillera Ibérica*. "Estudios Geológicos", vol. 27, pp. 427-439 (1971).
- MILLOT, G.: *Géologie des Argiles*. Masson y Cie. París. 499 pp. (1964).
- SMITHSON, F. y BROWN, G.: *Dickite in Northern England and North Wales*. "Min. Mag", vol. 31, pp. 381-391 (1957).

Recibido: Febrero 1975

## INFORMACION

### Gestión y conservación de los acuíferos como consecuencia del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (\*)

Por PEDRO FONTANILLA SORIANO (\*\*)

Antes de entrar en el tema objeto de esta charla deseo agradecer muy sinceramente a la Comisión Directiva del Curso de Hidrogeología "Noel Llopis", en general, y a su Presidente, la Dra. Carmina Virgili, en particular, el honor que me han dispensado al invitarme a dirigirme a ustedes en la sesión inaugural de la X edición de este prestigiado Curso.

Me temo que el título de la charla: "Gestión y conservación de los acuíferos como consecuencia del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas", resulta más que medianamente rebuscado. Pues bien, el tema de la gestión y conservación de los acuíferos es tan amplio que precisaría para desarrollarlo de mucho más tiempo del que ustedes, seguramente, me permitirían hablar, incluso contando con su máxima benevolencia, por lo que me he visto obligado a recortarlo y parcelarlo hasta contemplarlo únicamente desde el mirador del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas que es, por otra parte, el punto de vista que mejor conozco y donde más a gusto me muevo.

Para comenzar me voy a permitir dar un repaso muy breve al tan discutido tema del

*Papel que las aguas subterráneas deben desempeñar en el desarrollo económico del país*

Es obvio que los recursos en agua condicionan, directa o indirectamente, una gran parte de las actividades humanas y que las disponibilidades hídricas constituyen un

(\*) Conferencia inaugural del X Curso de Hidrogeología "Noel Llopis" para graduados, que tuvo lugar en la sede del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, el pasado martes 13 de enero.

(\*\*) Dr. Ingeniero de Minas. Director del Instituto Geológico y Minero de España.

potencial básico para el desarrollo económico. Sin embargo, su ausencia o insuficiencia representan un factor limitador del crecimiento económico, factor que en el estado actual de la técnica es prácticamente imposible de superar.

La economía española, en su proceso de expansión, exige satisfacer demandas de agua crecientes, tanto en cantidad como en calidad. Las necesidades totales del país han sido del orden de los 22.000 hm<sup>3</sup>/año., en los años 70 y, según los estudios realizados, se estima que en el año 2000 esta cifra se habrá duplicado. Se llega a esta conclusión al realizar las extrapolaciones tradicionales que sirven de base a este tipo de evaluaciones y que dan, a *escala nacional y global*, un orden de magnitud que puede considerarse fiable con arreglo a los supuestos previos establecidos. No obstante, es seguro que se producirán fuertes desviaciones en cuanto a la repartición espacial de las demandas, es decir, en cada región individualmente considerada. Por ello, una de las acciones que con mayor cuidado habrá que realizar en los próximos años, deberá ser la elaboración de modelos de previsión de demandas a escala regional que tengan en cuenta los más importantes factores que intervienen en su cálculo, tanto desde el punto de vista sectorial como desde el desarrollo regional. Los modelos que se elaboren deberán ser lo suficientemente flexibles para que puedan fácilmente rectificarse y adaptarse a cualquier eventual modificación en la política socio-económica de la región de que se trate.

En la satisfacción de las necesidades totales a que antes aludía (22.000 hm<sup>3</sup>/año), las aguas subterráneas intervienen en las siguientes proporciones aproximadas:

— Demanda industrial y urbana ... ..	34 %
— Demanda agrícola ... ..	22 %
— Participación de la demanda total ... ..	23 %

Naturalmente, las desviaciones regionales con respecto a los porcentajes indicados son muy grandes: la España insular, por ejemplo, se abastece casi totalmente con aguas subterráneas; en algunas cuencas hidrográficas (Guadiana, Júcar y Sur), las aguas subterráneas suponen más del 60 por 100 del abastecimiento urbano e industrial; y en extensas zonas del territorio nacional paleozoico, la participación de las aguas subterráneas en los suministros es prácticamente nula.

Mirando al futuro, al año 2000 por ejemplo, las aguas subterráneas, debido a sus características propias, deben jugar un papel muy importante en la infraestructura hídrica del país. El arte de utilizar los recursos hidráulicos, consiste, en último término, en adecuarlos de una manera satisfactoria a las demandas de agua que al hombre se le presentan en un momento preciso, en un lugar determinado y con unas características apropiadas, es decir, en función de los tres parámetros tiempo, espacio y calidad.

No otra cosa persiguen las obras hidráulicas de superficie. Los sistemas de regulación, con sus capacidades de almacenamiento, tratan de proporcionar los volúmenes necesarios en el tiempo requerido; por otra parte, las obras de transporte llevan los recursos a las zonas de utilización. La policía de los cauces y los sistemas de depuración contemplan el aspecto de la calidad de las aguas.

Pues bien: en relación con el parámetro tiempo, las aguas subterráneas, consideradas como verdaderos embalses subterráneos que son, suministran agua ya almacenada por la Naturaleza, sin necesidad de la acción del hombre para conseguir dicho almacenamiento.

Al mismo tiempo, las obras hidráulicas de superficie más fáciles y menos costosas, han sido en gran parte ya construidas en nuestra patria y, también, en la generalidad de los países desarrollados. Los costes de almacenamiento, regulación y aprovechamiento de los recursos superficiales restantes, por los medios clásicos, son cada vez más elevados.

A este respecto, conviene recordar que la capacidad actual de los embalses de superficie españoles es de unos 40.000 hm<sup>3</sup>, susceptibles de regular 46.000 hm<sup>3</sup> de agua al año en régimen uniforme.

La capacidad futura de los embalses de España ha sido evaluada por el Dr. Martín Mendiluce en 70.000 hm<sup>3</sup>, que servirán para regular 61.000 hm<sup>3</sup>/año en régimen uniforme, ó 50.000 hm<sup>3</sup>/año en régimen variable.

Junto a ello, se ha estimado que la capacidad mínima útil de nuestros embalses subterráneos supera los 200.000 hm<sup>3</sup>. Esta cifra, forzosamente habrá de ser aumentada en el futuro dado que la noción "útil" va ligada a un contexto económico de rentabilidad que evoluciona con el tiempo; la capacidad total de los embalses subterráneos es mucho mayor, varias veces la cifra reseñada.

Al mismo tiempo, las técnicas modernas para el estudio

y evaluación de los embalses subterráneos y, muy especialmente, para su "tratamiento" (técnicas que no por el hecho de ser recientes pierden nada de su importancia), permiten con éxito creciente el aprovechamiento racional de sus potenciales posibilidades de regulación dentro del ciclo hídrico global.

Es en la gran capacidad de los embalses subterráneos, en el volumen del agua en ellos embalsada, donde radica uno de los aspectos clave para su utilización, porque, en definitiva, pueden constituir económicamente un verdadero volante de seguridad a nuestro país, permitiendo ponerle al abrigo de las contingencias aleatorias del ciclo hídrico. Su volumen de agua embalsada no hace referencia a períodos anuales o plurianuales, sino a otros mucho más amplios, cuya unidad de medida no son los años sino los siglos o los milenios.

En relación con el parámetro espacio, la característica propia de la extensión espacial de los embalses subterráneos, frente a la localización forzosamente lineal y puntual de los superficiales, les permite hacer frente a demandas que no podrían ser satisfechas en muchos casos, al menos en condiciones económicas, por aguas procedentes de corrientes superficiales.

Finalmente, en lo que a calidad se refiere, las aguas subterráneas presentan unas características más constantes y están generalmente, mejor protegidas contra los riesgos de la contaminación; por otra parte, la capacidad de filtración de los acuíferos subterráneos puede utilizarse para la mejora de la calidad de las aguas superficiales (alimentación artificial). Por ello, en el futuro, se impondrá la necesidad de reservar en muchas ocasiones y con prioridad, los recursos subterráneos para atender al uso noble que es la alimentación humana.

El ignorar todas estas realidades y las posibilidades que actualmente ofrecen las aguas subterráneas a la hora de la planificación y gestión de nuestro potencial hidráulico, llevaría, seguramente, a conclusiones incorrectas, con graves incidencias económicas.

Por supuesto que, con lo que antecede, no pretendo decir que las aguas subterráneas constituyan una panacea que venga a resolver, por arte de magia, el problema del abastecimiento hidráulico del país. También está muy lejos de mi intención el poner en competencia las aguas subterráneas con las superficiales, como si se tratasen de entes semejantes pero contrapuestos e incompatibles, algo así como dos parientes de esos "que no se hablan". Si así lo hiciese, caería en una de las dos variantes de esa disociación intrapsíquica con bloqueo en el curso del pensamiento y ruptura con el mundo exterior, que el Profesor Llamas, aquí presente, tan acertadamente ha diagnosticado con la denominación, ya popular, de hidroesquizofrenia.

Deseo únicamente que el agua subterránea deje de considerarse como un fluido misterioso y huidizo, con vocación de ermitaño, que se resiste desesperadamente a dejarse encontrar y a salir de su cueva durante el día.

Ciertamente, la geometría y el comportamiento de los

acuíferos se pueden llegar a conocer con precisión más que suficiente para cualquier aplicación práctica. Basta para ello, sencillamente, con estudiarlos. A esto añadiré que el costo de los estudios necesarios para su conocimiento es muy inferior a lo que mucha gente cree y que las técnicas a utilizar tampoco revisten especialísimas dificultades aunque requieren, eso sí, mucha vocación, bastante paciencia y un poquito de fe.

Los estudios realizados en los últimos años por el IGME en diferentes cuencas hidrográficas prueban que, lo que acabo de decir, que no es una opinión sino una auténtica realidad. (Que conste que hago referencia a los estudios del IGME por arrimar el ascua a mi sardina sino porque son los que conozco a fondo. Me consta que muchos trabajos hechos por otros organismos de la Administración, facultades universitarias y empresas privadas, no tendrán nada que envidiar a los nuestros.)

En cualquier caso, hay que reconocer con alegría que la postura de recelo hacia las aguas subterráneas a que antes me he referido, va rápidamente desapareciendo en nuestro país. A ello está contribuyendo de forma decisiva la labor docente e incluso divulgadora de un grupo de hidrogeólogos enamorados de su especialidad —muchos de los cuales están en este momento en esta sala—, y los diferentes cursos, seminarios y conferencias que sobre Hidrogeología se vienen impartiendo en España, cada vez en mayor número; entre ellos, en lugar muy destacado, el que hoy inauguramos.

Con esto termino la parte de exposición relativa al tan discutido tema del papel de las aguas subterráneas y paso a describir cuáles fueron las acciones que, con base en las consideraciones generales antes expuestas, emprendió en su día el Ministerio de Industria a través del Instituto Geológico y Minero de España. Estas acciones se concretaron en el

#### PROGRAMA NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS

En el año 1970 el Ministerio de Industria preparó un programa de investigación con el fin de evaluar con el mayor rigor posible los recursos de aguas subterráneas en todo el territorio nacional. Este plan, conocido por las siglas PIAS, comenzó a desarrollarse durante el III Plan de Desarrollo y continuará durante los próximos cuatro años. La planificación de la investigación se ha concebido teniendo en cuenta, fundamentalmente:

- La potencialidad intrínseca en agua de las distintas regiones.
- Las necesidades y problemas planteados en ellas.
- La conveniencia de terminar investigaciones que estaban ya en curso para obtener la máxima rentabilidad de las inversiones ya hechas.

Ponderando todo ello, la programación de la investigación se estableció en dos períodos de cuatro años, correspondiendo cada uno de ellos a sendos Planes de Desarrollo, el primero de los cuales acaba de terminar.

Todos los estudios se han realizado mediante pocos grandes proyectos de varios años de duración, que han tenido como unidades de investigación las grandes cuencas hidrográficas y los sistemas acuíferos contenidos en ellas.

Los proyectos los han llevado a cabo los Ministerios de Industria, a través del Instituto Geológico y Minero de España, y de Agricultura, por medio del Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario —IRYDA—, que asegura los trabajos de perforación que la investigación requiere, con su Parque de Maquinaria.

El año 1972 se inició con la puesta en marcha de los siguientes proyectos:

- "Cuenca Media y Baja del Júcar".
- "Cuenca Alta del Júcar y Segura" prolongación de uno que había comenzado anteriormente (Cazorla-Hellín-Yecla).
- "Cuenca Media y Baja del Segura".
- "Cuenca Sur; parte oriental, Almería."
- "Cuenca del Duero".

Simultáneamente a estas nuevas investigaciones se continuó el Proyecto "Cuenca del Guadalquivir" —en su fase de explotación—, en la zona de Almonte-Marismas, y con el de las Islas Baleares, comenzado en época anterior.

En el año 1973 se iniciaron dos nuevos grandes proyectos:

- "Cuenca Alta y Media del Guadiana".
- "Cuenca Sur, parte occidental".

Asimismo, en este año, se confeccionó el inventario del sistema detrítico de Madrid, en la cuenca del Tajo.

En resumen, en estos cuatro últimos años, se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas, sobre una extensión de unos 300.000 km<sup>2</sup>, que cubre precisamente las zonas más interesantes desde el punto de vista de las aguas subterráneas.

En el Plan han trabajado en este período, de una manera permanente, unos 50 técnicos superiores y unos 60 de grado medio. Los informes finales de los Estudios realizados esperamos tenerlos editados en el primer trimestre de este año.

A continuación me referiré, esquemáticamente, a algunos resultados concretos obtenidos de las investigaciones realizadas, resultados que pienso han justificado la existencia del PIAS y las inversiones realizadas. Las cifras de recursos y reservas que mencionaré están puestas al día (31-12-75), a tenor de los trabajos realizados durante el último año.

## A) PROYECTO BAJO Y MEDIO JUCAR

Los trabajos hechos en este área han permitido definir y evaluar importantísimos embalses subterráneos, situados fundamentalmente en las Planas de Castellón, Valencia, Gandía y Vinaroz, con unos recursos que, solamente en los acuíferos costeros relacionados, superan los 1.300 hm<sup>3</sup>/año, de los que algo menos de la tercera parte se utilizan actualmente. El resto se pierde en el mar.

La importancia de los recursos de esta región aconsejaría, a mi juicio, el reconsiderar parcialmente el esquema de transvase Ebro-Júcar-Segura —cuya primera fase está en ejecución—, con el fin de integrar en él estos recursos que no fueron tenidos en cuenta en la planificación original por desconocerse en aquel momento su existencia o por no conocerse con suficiente precisión. Al tiempo, debería estudiarse la utilización de la capacidad de regulación que las reservas subterráneas proporcionan.

Por otra parte, podemos anotar la revisión que, a la luz de las investigaciones del proyecto, se han hecho de la utilización del Canal Júcar-Turía. Este Canal, ya construido, con una longitud de 60 kilómetros y capacidad de 30 m<sup>3</sup>/s, tenía como una de sus finalidades el riego de unas 20.000 hectáreas situadas a lo largo de su traza. Como esta superficie regable se encuentra sobre el acuífero de la Plana de Valencia, con recursos no utilizados que pasan de los 500 hm<sup>3</sup>/año, el Gobierno tomó la decisión el pasado mes de septiembre de reservarlo para otros usos y regar la mayor parte del área referida a partir de los recursos subterráneos del embalse de La Plana.

Como otro ejemplo de utilización práctica e inmediata de los estudios de infraestructura hidrogeológica realizados por el Proyecto, puedo citar el abastecimiento inicial de la Planta Siderúrgica de Altos Hornos del Mediterráneo, que ha podido comenzar a funcionar dentro del calendario previsto gracias a los caudales suministrados por los pozos perforados —con una inversión mínima— dentro de los terrenos de la propia factoría, pozos que extraen una ínfima parte de los recursos excedentarios del acuífero costero de La Plana de Castellón.

Las dos aplicaciones prácticas que a título de ejemplo acabo de mencionar, han sido posibles gracias a la característica espacial de los embalses subterráneos, a la que he aludido anteriormente, y que permite en muchos casos hacer frente a las demandas sin necesidad de obras de transporte.

## B) PROYECTO ALTO JUCAR Y SEGURA

De este proyecto, junto con el del Guadalquivir, puede afirmarse que han sido los primeros realizados en España con carácter regional y que han servido para crear una metodología en este tipo de trabajos.

El proyecto ha definido, delimitado y cuantificado, dentro del sistema número 18, un importante embalse con unos recursos de unos 350 hm<sup>3</sup>/año y una capacidad de embalse de 50.000 hm<sup>3</sup>, de los cuales unos 5.000 son directamente utilizables.

A partir de dicho embalse el IRYDA y los agricultores privados están haciendo los trabajos necesarios para poner en riego, en una primera fase, una extensión de unas 30.000 hectáreas de la provincia de Albacete, lo que creemos influirá sustancialmente en la estructura económica de la región.

## C) PROYECTO MEDIO Y BAJO SEGURA

La investigación se ha centrado, fundamentalmente, en las llanuras cuaternarias del río Segura, así como en el Campo de Cartagena, cuenca del Vinalopó y valle del Guadalentín.

De los resultados de la investigación en esta región destaca la delimitación y evaluación de un embalse subterráneo existente en la Vega Alta del Segura, en conexión con el río. Dicho embalse hace posible que el Segura pueda ser aprovechado más allá de lo que permite su actual regulación superficial —prácticamente al límite de sus posibilidades—. Las aportaciones medias del río Segura en Archena son del orden de los 566 hm<sup>3</sup>/año (los caudales medios totales naturales del Segura ascienden a 799 hm<sup>3</sup>; la diferencia se deriva aguas arriba). De los referidos 566 hm<sup>3</sup>, 337 hm<sup>3</sup> son caudales regulados por los embalses de superficie construidos. Restan, pues, unos 229 hm<sup>3</sup> que, por falta precisamente de regulación, no se pueden aprovechar para atender las demandas situadas aguas abajo de dicho pueblo.

Pues bien, integrando el sistema actual de regulación del río, que proporciona el embalse de la Vega Alta (300 hm<sup>3</sup> de capacidad), con el del sinclinal de Calasparra (900 hm<sup>3</sup>), se puede mejorar la regulación en 90 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone un aumento, en relación con los 377 hm<sup>3</sup> regulados en Archena, del 27 por 100.

Esta acción, que el Estudio del Bajo Segura ha definido ya a nivel de proyecto, exige la realización de unos 45 sondeos, bombeos medios anuales de 36 hm<sup>3</sup> y una inversión total de unos 450 millones de pesetas de 1975.

Este esquema ilustra el potencial de los embalses subterráneos cuando se utilizan para mejorar la regulación de los ríos.

Con estos tres proyectos citados, la investigación ha cubierto totalmente las cuencas del Júcar y del Segura.

Como resultado de ello creo poder afirmar:

— Que los recursos utilizables de la Cuenca del Segura pueden aumentar sensiblemente si se ponen en juego las posibilidades que prestan los embalses

subterráneos en ella contenidos: en especial con la finalidad de mejorar la actual regulación del río.

- Que una gestión adecuada de las dos cuencas, que están en interconexión a través del gran sistema acuífero número 18, debe tener en cuenta y utilizar esta circunstancia.
- Que la cuenca del Júcar es, en la actualidad, ampliamente excedentaria en recursos subterráneos, la más excedentaria entre todas las de España.
- Finalmente, opino que emprender nuevas acciones para aportar recursos superficiales extrasistemas, a estas dos cuencas, sin integrar antes dentro de ellas los embalses subterráneos, podría acarrear consecuencias desfavorables desde el punto de vista económico y aún desde el técnico.

Estos resultados parecen probar que, en el futuro, deberá contarse, necesariamente, con el Programa Nacional, en cualquier planificación que se quiera hacer de nuestros recursos hídricos y de su adecuada gestión.

## D) PROYECTO CUENCA SUR (PARTE ORIENTAL: ALMERIA)

La provincia de Almería es la de más baja pluviometría de España; esto, unido a sus condiciones climatológicas, hace que tenga unos recursos hidráulicos —que casi exclusivamente son subterráneos— muy escasos, del orden de los 350 hm<sup>3</sup>/año.

Ello, junto con una demanda actual del mismo orden, ha dado origen a sobreexplotaciones de los acuíferos en varias zonas de la provincia.

El proyecto ha tenido como finalidad principal llegar a un conocimiento profundo de la zona para poder establecer una explotación adecuada de sus recursos, al mismo tiempo que poder aprovechar los escasos recursos todavía disponibles.

Con esta óptica, en el Campo de Níjar, zona donde se presentaban problemas de sobreexplotación, se hizo un estudio detallado, con un modelo matemático de simulación, que ha permitido proponer al Gobierno medidas ordenadoras, que se han traducido en la promulgación de un Decreto-Ley modificador de la Ley de Aguas.

## E) PROYECTO CUENCA SUR (PARTE OCCIDENTAL: MALAGA)

Los resultados de este proyecto permiten pensar que las demandas de agua para abastecimiento de los núcleos urbanos de la costa, incluida la ciudad de Málaga, pueden ser satisfechas, en gran parte, con recursos subterráneos, así como complementar los regadíos del Bajo Guadalhorce.

## F) PROYECTO GUADALQUIVIR

En relación con este proyecto, que ustedes seguramente conocen, solamente les diré que, gracias a estudios primeros en los que intervinieron la FAO, el IGME, el IRYDA y la Dirección General de Obras Hidráulicas, el Ministerio de Agricultura está poniendo en riego actualmente 30.000 hectáreas. El Instituto Geológico y Minero de España colabora con la dirección técnica de los trabajos, en lo que se refiere a la captación de los caudales subterráneos. Dada la importancia de la explotación en esta zona, el IGME ha realizado un modelo matemático de simulación, de mallas variables, que ha permitido prever los resultados de la explotación futura.

## G) PROYECTO ALTO Y MEDIO GUADIANA

Los trabajos de este proyecto han definido un importante embalse subterráneo con unos recursos mínimos de 320 hm<sup>3</sup>/año y con una capacidad de almacenamiento verdaderamente importante, de varias decenas de miles de hm<sup>3</sup>, lo que proporciona al sistema un gigantesco volante de inercia.

La importancia de este embalse reside en su estrecha relación con el sistema hidrográfico del Guadiana, lo que permitirá ejercer una acción muy eficaz sobre el conjunto de los recursos hídricos totales.

El proyecto ha propuesto la puesta en regadío, en una primera fase, de unas 20.000 hectáreas.

## H) PROYECTO DUERO

Sobre un área de unos 40.000 km<sup>2</sup> se extiende el acuífero más extenso del país.

Es un acuífero en carga, almacenado en formaciones detríticas muy irregulares, con unas explotaciones muy antiguas.

Todo ello hace que la investigación haya presentado una gran complejidad agravada por el hecho de que, en último término, estamos en un acuífero en el que, posiblemente, parte de sus recursos no sean renovables a escala humana de tiempo.

Durante este período de cuatro años que ahora termina, se ha realizado, fundamentalmente, una labor de recogida y análisis de la información existente —entre otros, varios miles de sondeos en toda la cuenca— así como el control de una red piezométrica de unos 600 puntos, aforos de ríos y manantiales y numerosos ensayos de bombeos, para conocer las características hidráulicas del acuífero.

Después de esta fase, se está ya en condiciones de

abordar una investigación de conjunto, siguiendo la metodología en las otras cuencas.

Esto es lo que se propone realizar el IGME durante los próximos cuatro años.

Con esto termino la parte de exposición dedicada a describir los trabajos de infraestructura hidrogeológica realizados por el PIAS durante los últimos cuatro años, y no sin antes mencionar brevemente dos temas que considero de interés y que se refieren, respectivamente, a:

- Información obtenida en el curso de los trabajos.
- Estudios de contaminación.

Toda la información recogida en el curso de los trabajos, se ha almacenado, ordenado y codificado en forma que permita su tratamiento por las técnicas de la Informática. A finales de 1975 se tenía en archivo información sobre unos *sesenta mil puntos* acuíferos. Al mismo tiempo y permanentemente se van recogiendo, archivando, codificando e interpretando los datos que suministra la Red Piezométrica Nacional, que se ha establecido sobre los principales acuíferos y que se controla mensualmente. En la actualidad, en dicha Red, se vigilan unos 1.200 puntos. Los datos de ella obtenidos serán pieza fundamental en la labor de gestión y conservación de nuestros embalses subterráneos que tiene que ser, a no dudarlo, una acción futura importante dentro del campo de las aguas subterráneas.

En cuanto a los estudios de contaminación de los acuíferos, he de decir que ya en la fase de preparación del PIAS, año 1970, se planteó el problema de la protección de la calidad de las aguas subterráneas y, como resultado de los trabajos entonces realizados, se publicó un Mapa cualitativo del país, que refleja el grado de vulnerabilidad de nuestros acuíferos principales frente a la contaminación.

En esta misma línea de preocupación, a mediados de 1974, el IGME puso en marcha un proyecto internacional, en colaboración con el PNUD —Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo—, el SPA-73/001, cuya finalidad era el estudio de la contaminación de las aguas subterráneas y su protección, Proyecto que finalizará a mediados del presente año.

Los objetivos concretos de este proyecto, en el que por parte española intervienen tres ingenieros de minas, un ingeniero industrial y un economista, y cuya agencia ejecutiva es FAO, serán:

#### Primer objetivo:

Formación acelerada de técnicos superiores en el campo de la contaminación de las aguas subterráneas.

Esta formación ha consistido en varios cursos seguidos por los citados técnicos en Estados Unidos, fundamental-

mente en el Instituto Tecnológico de Massachusset (M. I. T.), que culminaron con la participación directa del equipo en la redacción de un Informe ("State of the Art Report"), sobre contaminación de aguas subterráneas y en el estudio de un caso concreto en la región valenciana desde el punto de vista de la protección de la calidad de las aguas subterráneas.

El informe, que ha sido dirigido y avalado por el M.I.T., y cuyo título es "Contaminación de las Aguas Subterráneas: Tecnología, Economía y Gestión", constituye una de las escasas publicaciones que ofrecen una visión global y sintética del problema.

#### Segundo objetivo:

Realización de un inventario piloto sobre las principales fuentes de contaminación de los acuíferos subterráneos en zonas seleccionadas.

Este inventario se ha llevado a cabo en las cuencas del Júcar, Guadiana y Guadalquivir.

#### Tercer objetivo:

Establecimiento en base a la formación recibida y a los resultados del inventario de fuentes de contaminación, de los necesarios programas de actuación en el campo de la lucha contra la contaminación de las aguas subterráneas, a desarrollar durante los próximos cuatro años 1976-79, dentro del Plan Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos.

Para completar la infraestructura hidrogeológica del país, queda, todavía, la investigación de las Cuencas Norte, Ebro, Tajo, Pirineo Oriental e Islas Canarias, así como completar la de la Cuenca del Duero ya iniciada. Los trabajos para ello se desarrollarán durante los próximos cuatro años, siguiendo la misma metodología aplicada, hasta ahora, por el PIAS, es decir, poniendo en acción toda una gama de técnicas que abarcan desde la Geología clásica hasta el tratamiento de datos y la simulación por ordenadores, pasando por la Geofísica, Hidráulica subterránea, etc.

Los proyectos específicos que se van a acometer con carácter inmediato, son los siguientes:

#### I) CUENCA DEL NORTE

Los sistemas acuíferos de la cuenca del Norte se agrupan en tres unidades de estudio:

- Unidad formada por los sistemas mesozoico de Gijón-Villaviciosa, y mesoterciario de Oviedo-Cangas de Onís.
- Unidad formada por las calizas de montaña.

- Unidad formada por el sinclinal Santander-Santillana y el Jurásico del anticlinal de Las Caldas, y el complejo calcáreo urgoaptense de la zona oriental de Santander.

#### J) CUENCA DEL EBRO

Los distintos sistemas acuíferos de la cuenca pueden agruparse, igualmente, en tres unidades de estudio:

- Cretácico de La Lora y sinclinal de Villarcayo (Sistema 64) (\*), paleoceno del Condado de Treviño y Mesozoico de la Sierra de Cantabria (Sistema 65), calizas mesozoicas de la Sierra de Aralar (Sistema 7), paleoceno de la Sierra de Urbasa (Sistema 66), sinclinal de Jaca y calizas eocenas de borde (Sistema 67), sinclinal de Tremp y calizas eocenas de borde (Sistema 68).
- Mesozoico de Monreal-Gallocaña (Sistema 57), mesozoico ibérico de la depresión del Ebro (Sistema 58), mesozoico de los puertos de Beceite (Sistema 59), borde mesozoico de las sierras de La Demanda y Cameros (Sistema 63).
- Terrazas aluviales del Ebro y afluentes (Sistema 62), y delta del Ebro (Sistema 60).

#### K) CUENCA DEL TAJO

Cuenta con cuatro unidades de estudio, correspondientes a otros tantos sistemas acuíferos:

- Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres (Sistema 14).
- Terciario detrítico del río Alagón (Sistema 16).
- Páramo de La Alcarria (Sistema 15).
- Reborde mesozoico de Guadarrama (Sistema 17).

#### L) CUENCA DEL DUERO

Es una de las cuencas de mayor dificultad para la investigación, tanto por sus características intrínsecas de acuífero en carga (Sistema 8), a menudo artesiano, como por su extensión y la existencia de numerosos pozos que los explotan anárquicamente.

La investigación comprenderá una primera fase de inventario y control de los niveles, para completar el historial del acuífero, fase ya iniciada durante el III Plan de Desarrollo. La segunda fase, consistirá en la evaluación de los recursos de los sistemas 8 y de los demás siste-

(\*) Mapa Nacional de Sistemas Acuíferos. IGME. 1971.

mas del borde de la cuenca, para llegar a su gestión racional.

Sin embargo, para evitar duplicidad de gastos con otros Organismos de la Administración, no se han programado acciones específicas, por ahora, en la cuenca del Pirineo Oriental y en la de las Islas Canarias, ya que ambas han sido objeto de estudio por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas. Únicamente, en las Islas Canarias, han sido iniciados por el Ministerio de Industria tres proyectos de alcance muy concreto y limitado, que se refieren, respectivamente, a:

- Estudio de las posibilidades de recarga artificial de acuíferos en la Isla de Tenerife.
- Estudio sobre intrusiones de agua salada y sobre surgencias de aguas dulces al mar.
- Estudio hidrogeológico de la Península de Anaga (Tenerife).

Este último proyecto se ha iniciado con objeto de estar en condiciones de poder emitir, en su día, el Informe que el IGME tiene que dar preceptivamente por tratarse de una zona sujeta a un expediente de reserva de caudales iniciado por el Ministerio de Obras Públicas.

Determinados trabajos específicos de investigación hidrogeológica tendrán que ser llevados a cabo, necesariamente, dentro del marco del Proyecto "Estudio sobre el posible aprovechamiento de la energía geotérmica en la Isla de Lanzarote".

Una vez adquiridos los suficientes conocimientos hidrogeológicos de una determinada cuenca, se plantea inmediatamente y de forma lógica el problema de estudiar el mejor y más racional aprovechamiento de ellos, con vistas al máximo beneficio económico de la región en que la cuenca está enclavada. Este es, en último término, el noble fin que justifica los grandes esfuerzos humanos y económicos realizados para la elaboración de los estudios. Por ello, voy a decir unas palabras en relación con la

#### UTILIZACION PRACTICA DE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS DURANTE LA REALIZACION DEL PIAS

Me referiré, concretamente, a los dos aspectos siguientes:

- Difusión de los datos y elaboración de una cartografía hidrogeológica.
- Contribución al abastecimiento de núcleos urbanos con aguas de calidad.

Los resultados de los Proyectos de investigación, ya realizados o por realizar, se pondrán al alcance del gran público en forma necesariamente resumida pero suficientemente explícita. Serán públicos el Archivo Nacional de

Puntos Acuíferos y los datos obtenidos por la Red Piezométrica Nacional a que antes me he referido. Asimismo, esperamos que durante el primer trimestre del año en curso queden completadas las Memorias de los Proyectos Bajo y Medio Júcar, Alto Júcar y Segura, Medio y Bajo Segura, Cuenca Sur (parte Oriental: Almería), Cuenca Sur (parte Occidental: Málaga) y Alto y Medio Guadiana.

Otro objetivo que, gracias a los trabajos ya realizados, se puede acometer sin grandes gastos, es el de la publicación durante los próximos años de una cartografía hidrogeológica, que llene el vacío que actualmente existe en la materia. Un Mapa Hidrogeológico es el documento más conciso que puede poner a disposición, tanto de los técnicos como de las personas no familiarizadas con las aguas subterráneas, un conjunto de información que puede y debe interesar a una amplia gama de las actividades técnico-económicas, desde la agricultura hasta el turismo, pasando por la industria, la protección del medio ambiente, etc.

Se elaboraron dos tipos de mapas:

— Colección de mapas a escala 1:50.000, según la división del Mapa Topográfico Nacional, de las zonas donde los embalses subterráneos son conocidos con detalle. En ellos se reflejarán los datos de interés para las actividades económicas locales.

El desarrollo del país hace prever la necesidad de elaborar y editar aproximadamente 200 hojas, que abarcan los acuíferos cuya utilización se va a incrementar durante los próximos años y constituyen, por otra parte, los principales embalses subterráneos.

Cada Mapa constará de una Hoja y Memoria explicativa en forma similar a las del Mapa Geológico Nacional (MAGNA).

En cada Mapa figurarán, sobre una base geológica simplificada, el conjunto de elementos que tienen interés para la hidrología subterránea: puntos de agua, (fuentes, pozos y sondeos), la piezometría y los sistemas hidrogeológicos límites de almacenes e impermeables con indicación de su naturaleza, estaciones de aforo, rendimiento de las captaciones, hidroquímica, etc

Una serie de esquemas situados al borde del Mapa resumirán los datos esenciales sobre la geometría de almacén:

- Isobatas de techo o muro.
- Mapas de facies y cortes esquemáticos.
- Espesor de acuífero mojado.

De manera análoga se resumirán los datos hidrogeológicos principales en mapas de:

- Extracciones.
- Caracteres hidroquímicos con delimitación de facies.

— Resumen de características con nociones de productividad.

— Vulnerabilidad a la contaminación.

La Memoria tendrá por fin no sólo explicar los datos de la Hoja, sino reflejar estadísticas y datos climatológicos o hidrogeológicos de interés, y realizar la interpretación general de la Hoja.

Como leyenda se tratará de adoptar la internacional, con los matices que imponga la necesidad.

Se propone, para los primeros cuatro años, la elaboración y edición de 75 Hojas, repartidas geográficamente de la siguiente manera:

Cuenca del Alto Júcar ... ..	10
Cuenca del Medio y Bajo Júcar ... ..	17
Cuenca del Alto Segura ... ..	4
Cuenca del Medio y Bajo Segura ... ..	4
Cuenca del Guadiana ... ..	13
Cuenca del Guadalquivir ... ..	15
Cuenca Sur, parte oriental ... ..	4
Cuenca Sur, parte occidental ... ..	4
Islas Baleares ... ..	4

Esta cartografía, a escala 1:50.000, se completará con la elaboración y edición de mapas hidrogeológicos, a escala 1:200.000, que se editarán por sistemas referidos a la unidad de la cuenca hidrográfica respectiva y constarán de uno o varios planos con la correspondiente Memoria.

Estos Mapas deben dar una sólida documentación de base, necesaria para cualquier planificación de desarrollo hidráulico a escala regional o interregional, del que se beneficiarán los distintos Organismos de la Administración. La cartografía hidrogeológica a escala 1:200.000 deberá cubrir, por lo tanto, todos los principales sistemas acuíferos del país.

Al Mapa principal se acompañarán una serie de esquemas que reflejen datos de interés, de manera análoga a lo previsto en los 1:50.000, y dando especial importancia a aspectos regionales, como la explotación y protección de mantos. El Mapa reflejará en forma sintética el estado de conocimientos sobre la zona.

Los Mapas, a escala 1:200.000, cuya elaboración y edición se prevé durante los primeros cuatro años, cubrirán los sistemas acuíferos más importantes de las cuencas del Guadiana, del Júcar, Segura, Sur y Duero.

El segundo aspecto a que antes aludía, al hablar de la utilización práctica de los conocimientos y datos obtenidos por el PIAS, es el de las campañas de alumbramiento de aguas de calidad con destino al abastecimiento humano en núcleos urbanos.

Por sus características ya señaladas de extensión espacial, de calidad y por su mejor protección contra los

riesgos de contaminación, cada vez se impone más el convencimiento de que los recursos subterráneos deben servir prioritariamente al abastecimiento humano. Esta prioridad queda patente en las recomendaciones del Código Alimentario Español, que señala el siguiente orden de preferencia en el origen del agua para el abastecimiento de núcleos urbanos:

- Aguas de manantiales o fuentes.
- Aguas de pozos artesianos.
- Aguas subálveas.
- Aguas superficiales.

La labor efectuada por el PIAS durante el III Plan de Desarrollo ha tenido como fruto la localización detallada de gran parte de los principios acuíferos del país y el conocimiento de la evolución de sus recursos y de la tecnología de su utilización. Todo ello ha permitido, en la hora actual, preparar un boceto de programa de abastecimiento urbano de agua de calidad que sirva de complemento al Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento, basado, casi exclusivamente, sobre las aguas de superficie, más expuestas a la contaminación tanto permanente como accidental.

Para elaborar el Programa, se ha llevado a cabo un inventario selectivo de las necesidades de agua para abastecimiento público en las provincias más necesitadas, inventario que, extrapolado al resto del país, refleja, por un lado, la situación y características del actual abastecimiento y las demandas futuras y, por otro, analiza la posibilidad de abastecimiento con aguas subterráneas, para llegar, en cada caso, a una posible solución orientativa, con su correspondiente presupuesto.

Sobre esta base se ha establecido un orden de prioridad de actuación en función de los criterios siguientes:

- Resolver o paliar las graves deficiencias existentes actualmente en el abastecimiento y que se podrán acentuar en un futuro previsible.
- Diversificar las fuentes de abastecimiento a núcleos importantes para prevenir los riesgos de contaminación accidental.
- Optimizar las inversiones teniendo en cuenta el coste de la movilización de los recursos subterráneos y del número de pueblos beneficiarios, así como el de sus habitantes.

Teniendo en cuenta estos criterios, se han clasificado núcleos urbanos en dos grandes grupos:

— En el primero se han agrupado aquellos en los que existen problemas de abastecimientos graves, que, sin duda, se agravarán en el futuro, dado el contexto socio-económico que presentan y para los cuales existen soluciones económicas favorables, debido a las disponibilidades existentes en recursos subterráneos.

En esta categoría se han incluido también algunas poblaciones cuyas necesidades de abastecimiento revisten espe-

cial urgencia, aunque las soluciones presentan ciertas dificultades técnicas o económicas.

— El segundo grupo comprende los núcleos urbanos con problemas menos graves o cuyas soluciones presentan dificultades técnicas o costes particularmente elevados.

El Programa se propone abastecer en el cuatrienio que ahora comienza a los núcleos urbanos encuadrados en el primer grupo, dejando para una siguiente etapa a los del segundo, por lo que la actuación preparada para los próximos cuatro años se podría considerar como una acción de urgencia tendente a remediar situaciones que, por afectar a las necesidades básicas del hombre, no admiten demora y que, al propio tiempo, no suponen un esfuerzo económico desproporcionado para la comunidad.

La ejecución del Programa, en cada caso particular, comprende:

- Un estudio local detallado sobre el medio hidrogeológico que justifique la realización de la perforación.
- La determinación de las características técnicas de la obra a realizar.
- La ejecución de la obra misma.
- El control y la vigilancia de la obra.
- La elaboración de normas concretas para la explotación del alumbramiento, así como la delimitación de su perímetro de protección.

El Programa se propone, en su primera fase, el abastecimiento de 510 núcleos urbanos, con un presupuesto total de, aproximadamente, 780 millones de pesetas, del año 1975.

Dentro de la planificación efectuada no estaba previsto comenzar el Programa de Abastecimiento hasta enero de 1976. Sin embargo, debido fundamentalmente a la extremada sequía que ha padecido el país durante los dos últimos años, fueron innumerables las peticiones que el Ministerio de Industria recibió, en la primavera del año 75, recabando ayuda para alumbramientos de agua en numerosas poblaciones que se encontraban en una situación verdaderamente crítica de falta de agua. La presión de estas solicitudes, tramitadas a través de Gobiernos Civiles, Diputaciones Provinciales y Ayuntamientos, fue tal que, en abril de 1975, la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción dio instrucciones al IGME para que iniciara inmediatamente, con carácter de emergencia, aquella parte del Programa de Abastecimiento que las limitaciones presupuestarias permitiesen.

Se hizo inmediatamente una selección de los casos más urgentes y, en el mes de mayo, se prepararon los proyectos técnicos para la ejecución de captaciones en unas 25 poblaciones distribuidas en las provincias de Sevilla, Huelva, Málaga, Almería, Albacete, Ciudad Real, Guadalajara, Alicante, León y Santander, así como en Melilla. La mayor parte de estas obras de captación han sido ya realizadas, y algunas de ellas, como los casos de Dos

Hermanas (Sevilla), La Robla (León), Almansa (Albacete), Arévalo (Ávila) y Melilla, han venido a solucionar problemas verdaderamente graves.

Otras obras de captación se destinaron a la resolución de problemas específicos, tales como el del aeropuerto de Málaga (donde se tuvo la fortuna de alumbrar un caudal de 50 litros/segundo de agua de buena calidad, con un pozo realizado a pocos metros de la torre de control); el abastecimiento a la Escuela Naval de Marín (Pontevedra); el antes referido de abastecimiento a la Planta Siderúrgica de Altos Hornos del Mediterráneo, etc.

Es interesante destacar que en todas las obras acometidas dentro de las cuencas exhaustivamente estudiadas por el PIAS, el porcentaje de aciertos ha sido de prácticamente el 100 por 100, no sólo en lo referente a la ubicación de los pozos, sino, incluso, a la previsión de los caudales que a priori se estimaba pudieran arrojar las obras de alumbramiento. No es éste el caso de los sondeos que se suelen realizar en cuencas en las que se carece de una infraestructura suficiente de conocimientos hidrogeológicos. Esto demuestra, una vez más, que los estudios de base, que son necesariamente lentos y costosos, compensan sobradamente a la hora de las realizaciones prácticas los esfuerzos realizados.

Toda la labor hasta ahora aquí descrita sobre la utilización práctica de los conocimientos obtenidos por el PIAS abarcan una serie de acciones que se han llevado a cabo con carácter de urgencia, debido a la propia presión de las circunstancias. Sin embargo, es de todo punto necesaria una planificación rigurosa a largo plazo de todas las utilizaciones prácticas que, de una forma lógica, se derivan de los estudios hidrogeológicos, así como de la conservación de los recursos descubiertos. Esta planificación, a la que a continuación me voy a referir, pudiera titularse, para entendernos.

#### SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN Y CONSERVACION DE LOS ACUIFEROS

Dentro del marco de los tres objetivos de crecimiento económico, desarrollo regional y mejora de la calidad de la vida, la creación de un Sistema de Gestión que tiene como objeto la puesta a punto de un instrumento para la adecuada utilización de los recursos subterráneos, así como su planificación. El Sistema deberá proporcionar a las autoridades responsables de la planificación, a los Organos de la Administración encargados de las aguas subterráneas y también a los usuarios, ya sean públicos o privados, en todo momento, los elementos de juicio necesarios para conseguir el fin indicado.

Es posible iniciar la realización de este sistema de gestión en el momento actual, al tenerse ya un conocimiento suficiente de la mayoría de los principales acuí-

feros subterráneos del país, que permite forjar la herramienta adecuada para su gestión y conservación.

Dado que dicha gestión desborda el campo propiamente técnico y hace llamada al contexto económico, este instrumento debe integrar, de una parte, los conocimientos sobre los recursos subterráneos de una región —ya adquiridos y que tendrán que ser en el futuro puestos al día de una manera permanente—, y su integración con los recursos superficiales y, de otra, las demandas que generará el desarrollo socio-económico, todo ello dentro de un modelo hidro-económico de cada región.

Para que el instrumento sea lo suficientemente representativo de la realidad, manejable y adecuadamente descentralizado, se programará la creación de una serie de sistemas regionales, divididos cuando sea necesario en subsistemas locales.

El principio que ha de regir la subdivisión del Sistema Nacional en sistemas regionales es el mismo que impera en las directrices de la ordenación del territorio, bien entendido que, en este caso, estará condicionado por los imperativos técnicos propios de los recursos hidráulicos, dado que sólo en un contexto espacial adecuado es posible llevar a cabo una verdadera y eficaz planificación territorial.

Ha de señalarse que si el Sistema —formado esencialmente por modelos de demandas y modelos de recursos— debe constituir el instrumento de toma de decisión para la planificación a medio y largo plazo, serán los proyectos de desarrollo a corto plazo, que ponen en explotación *progresiva* los embalses subterráneos, los que, con carácter realista y pragmático, darán flexibilidad a la planificación, utilizando una de las características fundamentales de los embalses subterráneos.

La elaboración del Sistema necesitará el desarrollo de una serie de actividades que se realizarán a nivel central y a nivel regional.

##### A nivel central:

— Puesta a punto de los modelos de recursos, de demandas y de calidad.

— Determinación de la metodología de vigilancia y control de la contaminación, así como los principios básicos de prevención.

— Puesta al día permanente del Archivo Nacional de puntos acuíferos, con los nuevos datos que se vayan obteniendo.

— Recopilación, tratamiento por informática y difusión de los datos suministrados por las redes regionales de control y vigilancia.

— Asistencia técnica a la labor regional mediante la puesta a punto de nuevas metodologías.

##### A nivel regional:

— Preparación de los datos técnicos indispensables

para el desarrollo de las aguas subterráneas y de su protección, apoyándose sobre la infraestructura hidrogeológica, creada por el Plan Nacional de las Aguas Subterráneas y completándola en las zonas específicas, cuando sea necesario, mediante la confección de modelos de simulación.

— Posibilitar el cumplimiento de las misiones encomendadas a la Administración por el ordenamiento legal vigente en relación con la adecuada explotación de los acuíferos.

— Recopilación, análisis y síntesis de los datos económicos sectoriales con el fin de preparar modelos de demandas regionales.

— Montaje de modelos hidro-económicos regionales de optimización para la gestión y conservación de los embalses subterráneos de la región.

— Asistencia técnica a las autoridades regionales, provinciales y locales y usuarios privados en los proyectos concretos de utilización de las aguas subterráneas para los distintos usos, así como las medidas adecuadas para su protección frente a la contaminación.

En lo que se refiere a estructura operativa, las actividades a nivel central se realizarán mediante un solo equipo, y las de nivel regional, por medio de equipos territoriales que cubrirán otras tantas regiones definidas en función de los condicionamientos técnicos propios de los recursos en aguas subterráneas y de las distintas cuencas hidrográficas; en esta delimitación se tendrá en cuenta, en la medida de lo posible, la estructura económica del territorio nacional.

Como ejemplo de las acciones que, dentro del esquema general de gestión y conservación de los acuíferos, pueden acometerse en algunas de las cuencas hidrográficas, citaré las siguientes:

#### LEVANTE.

Optimización de la utilización de los recursos, así como la protección de los sistemas acuíferos (\*), números 55 y 56 para satisfacer las demandas de Las Planas de Vinaroz, Oropesa y Castellón; de los sistemas 51, 52 y 53, en relación con el desarrollo de La Plana de Valencia y del Valle de Requena; del sistema 50 para abastecer a los diferentes pueblos de la provincia de Alicante.

#### SURESTE.

Integración de los embalses subterráneos de los sistemas 47 y 49 en la regulación de los recursos integrales

(\*) Ver Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias, IGME, 1971.

del río Segura. Optimización de los importantes recursos del sistema 18 para satisfacer la doble demanda del Sureste de la Mancha.

#### ANDALUCIA ORIENTAL.

Gestión del conjunto de acuíferos del sistema 31, en función de un desarrollo regional centrado sobre las vegas o llanos de Granada, Guadix, Baza. Vigilancia y reglamentación de la explotación de los acuíferos 42, 43 y 44, en la provincia de Almería. Optimización del sistema 41 para el desarrollo agrícola y turístico de las zonas costeras de Motril.

#### ANDALUCIA OCCIDENTAL.

Optimización del sistema 27 para el desarrollo agrícola de Almonte-Marismas, la demanda turística de la Costa de la Luz y la defensa del medio ambiente en el Coto Doñana; de los sistemas 25, 28 y 29 para el abastecimiento urbano e industrial de los pueblos de las provincias de Huelva y Sevilla, así como para el regadío.

#### MALLORCA.

Continuar facilitando el cumplimiento de las misiones encomendadas a la Administración por la Ley 58/1969 y el Decreto 3382/73, encaminadas a la utilización adecuada de los recursos hidráulicos de la isla. Optimización de los recursos de los sistemas 76, 77 y 78.

Es conveniente hacer notar que, dada la independencia entre sí de las diferentes cuencas hidrogeológicas, que constituyen unidades individuales y aisladas de explotación, es perfectamente admisible —e, incluso desde el punto de vista práctico, aconsejable—, acometer la fase de gestión y conservación de los recursos de una de ellas, sin esperar a que haya sido completada la infraestructura hidrogeológica de la superficie total del país.

No quisiera terminar esta exposición sin antes aludir, aunque sólo sea de pasada, a dos temas que preocupan gravemente —estoy seguro— a todos los que en alguna manera están relacionados con el tema del agua, temas de los que depende en gran medida el éxito o el fracaso en la delicada tarea de administrar el importante recurso natural que constituyen las aguas subterráneas. Estos temas son, en primer lugar, el de la coordinación en la actuación de los distintos organismos de la Administración que se ocupan, en sus respectivas competencias, de los recursos hidráulicos y, en segundo lugar, el de la legislación vigente en materia de aguas subterráneas.

Debido a la incidencia que el recurso natural agua tiene en, prácticamente, todos los aspectos económicos de

la vida de un país, es raro el organismo que, en mayor o menor medida, no tiene algo que decir al respecto, lo cual en algunos momentos se traduce en una lógica confusión a la hora de decidir cuáles han de ser las responsabilidades de cada uno y en qué parcela debe actuar cada organismo. Como no es éste el momento ni el lugar para ocuparse a fondo de este problema, que ha sido ya discutido hasta la saciedad y que estoy seguro está en la mente de todos ustedes, me limitaré a decir, una vez más, que para el bien del país es absolutamente imprescindible una pronta clarificación de las posturas que se traduzca en una colaboración leal de todos los organismos, que permita una acción integrada y racional en este campo de actuación.

La legislación vigente actualmente en materia de aguas subterráneas, debido, por una parte, a su complejidad y, por otra, a que no proporciona en suficiente medida armas a la Administración para que pueda ejercitar en forma racional su misión de gestión y conservación de los acuíferos, es objeto constante de críticas que piden su revisión a fondo. Esta insuficiencia en la normativa legal se ha podido paliar localmente en determinadas zonas (Mallorca, Andalucía, etc.), mediante disposiciones legales específicas, de aplicación en ámbitos regionales concretos. Parece claro que es necesario abordar de frente la solución de este problema, bien sea mediante la elaboración de normas jurídicas aplicables a todo el país —lo que quizá fuese más operativo— o continuando con la modalidad de legislaciones especiales regionales que tengan en cuenta las características particulares de las zonas a que se refieran.

Pido excusas si el contenido de esta charla no ha tenido la altura científica que este distinguido auditorio de especialistas se merece. Cuando recibí la amable invita-

ción para dirigirme a ustedes, interpreté que las intenciones de la Directiva del Curso Noel Llopis tenían que ser, más que el recabar una personal colaboración mía en este acto, colaboración que en cualquier caso poco valor podía tener, las de ofrecer la oportunidad a los alumnos del Curso de escuchar de primera mano la versión actualizada y puesta al día de los trabajos desarrollados recientemente por el IGME, lo cual podía tener interés por ser este organismo, sin duda, el que con mayor intensidad se ha ocupado en los últimos años del tema de las aguas subterráneas.

Pues bien, el IGME, como organismo que es del Ministerio de Industria, no ha podido limitar sus objetivos al estudio científico y más o menos teórico de los temas que se le encomiendan. La razón última de los esfuerzos y de los gastos que el Ministerio de Industria asume, ha de ser la de que las investigaciones y los estudios se traduzcan, en el mínimo plazo y en el mayor grado posibles, en beneficios concretos y tangibles para la economía del país. Esta consideración es la que me ha llevado deliberadamente, y quizá en forma excesiva, a poner el acento principal en esta charla en los aspectos pragmático y práctico de los estudios hidrogeológicos.

Para el buen fin de los programas y trabajos que he relacionado es absolutamente fundamental, como en cualquier otra actividad económica, el factor humano. Nuestro país no está muy sobrado de especialistas en Hidrogeología, sobre todo en Hidrogeología Aplicada. Por ello, me es muy grato saludar a los nuevos voluntarios que, gracias a este X Curso Noel Llopis, van a poderse integrar en breve en la pequeña familia de los técnicos obsesionados con el apasionante tema de las aguas subterráneas. Les deseo a todos ellos el mejor aprovechamiento de las enseñanzas de este Curso y toda clase de éxitos profesionales en su carrera.

## IX Curso de Hidrogeología Aplicada y Seminario Internacional sobre "La Contaminación de las aguas Subterráneas como consecuencia del vertido de residuos sólidos"

### INTRODUCCION

Actualmente, la escasez de agua es un hecho que afecta a un gran número de países, debido a que las demandas planteadas por la agricultura, la industria y la vida humana crecen exponencialmente, convirtiendo el agua en un bien escaso que hay que aprovechar sin desperdicios.

Dentro de los recursos aprovechables, las aguas del subsuelo o aguas subterráneas, juegan un papel de extraordinaria importancia, poco conocido por los no iniciados,

y a menudo menospreciado por muchos planificadores de obras hidráulicas de superficie. La Hidrogeología, sin cuyo conocimiento no es posible actuar en el campo del agua subterránea, es una ciencia moderna, pero poco difundida.

Las técnicas aplicables al estudio y aprovechamiento del agua subterránea son, fundamentalmente, geológicas y mineras. Por ello es el Ministerio de Industria quien tiene atribuido en nuestro país el estudio y administración de las aguas subterráneas, junto con el de los otros re-

ursos minerales, a través de la Dirección General de Minas y del Instituto Geológico y Minero de España.

Desde su fundación (1849) el Instituto, con diversos medios y bajo distintas directrices, ha dedicado gran parte de su actividad al estudio de nuestros acuíferos, asesorando e informando a las entidades públicas y privadas y al público en general. Realiza, asimismo, numerosas obras de captación de aguas subterráneas que han resuelto un gran número de problemas de abastecimiento a ciudades y pueblos, repartidos por toda la geografía nacional. También han hecho obras de captación para numerosas industrias y usos agrícolas.

De su labor investigadora, cabe destacar, por estar considerado como uno de los proyectos hidrogeológicos más importantes del mundo, el "Proyecto de Investigaciones Hidrogeológicas de la Cuenca del Río Guadalquivir", realizado conjuntamente con la F. A. O. (Food and Agriculture Organization) y con la ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas y de otros Organismos.

De otra parte, al propugnarse en el II Plan de Desarrollo Económico y Social, que se concediese especial atención a los "recursos naturales", el Ministerio de Industria elaboró el Plan Nacional de la Minería. En él se integraba el Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas, quedando encuadradas en uno de los Sectores que "requiere mayor atención y cuidado". Con los estudios hidrogeológicos derivados, se ha cubierto el 80 por 100 del territorio nacional, descubriéndose acuíferos muy importantes principalmente situados en la España seca. El agua almacenada en el subsuelo en verdaderos "embalses subterráneos", mucho mayores que los artificiales que el hombre construye, constituye el recurso básico para solucionar muchos problemas de desarrollo regional, derivados de la escasez de agua. Bien podemos decir que, de las investigaciones realizadas, ha nacido la "Minería del Agua", creadora de múltiple riqueza para el desarrollo de nuestro país.

Estas y otras actividades de la Administración y de la iniciativa privada en el campo de la Hidrogeología, han originado una constante necesidad de técnicos cualificados. Por ello, el Instituto y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid han venido organizando, desde 1967, Cursos de Hidrogeología Aplicada, sumándose en los últimos Cursos la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, perteneciente al Instituto Nacional de Industria.

### ORGANIZACIÓN Y COORDINACIÓN

Las entidades que participan en la organización del Curso son:

*Ministerio de Industria.*

Dirección General de Minas.

Instituto Geológico y Minero de España.

Instituto Nacional de Industria.

Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.

Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.

*Ministerio de Educación y Ciencia.*

Universidad Politécnica de Madrid.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.

Fundación Gómez-Pardo.

El Curso está coordinado por la Escuela de Hidrología, del Instituto de Hidrología, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

### OBJETIVOS

Se han estimado como más idóneos los siguientes:

a) Formar especialistas en Hidrogeología, capaces de participar en los grandes proyectos hidrogeológicos regionales que dirige el Instituto Geológico y Minero de España y de resolver toda clase de problemas relacionados con la investigación y explotación de las aguas subterráneas y sus aplicaciones a la Ingeniería de diversas especialidades.

b) Conseguir que los alumnos adquieran, fundamentalmente, una formación eminentemente práctica, reduciéndose las explicaciones teóricas a las indispensables, ya que se supone que los alumnos han adquirido los conocimientos básicos necesarios en los Centros de Enseñanza donde se han titulado.

La formación práctica se asegura dando la mayor importancia a los problemas reales con la realización de trabajos de gabinete y de campo, visitas a empresas y obras y viajes de prácticas a las zonas del país donde se llevan a cabo, bajo la dirección del IGME, los proyectos hidrogeológicos más importantes o donde se acumulan problemas diversos (estudio regional, geología de interés hidrogeológico, sondeos de captación, contaminación de aguas subterráneas, minas y obras públicas complicadas por la presencia de acuíferos, etc.).

c) Se pretende, asimismo, que sirva de complemento formativo en aras de conseguir una formación más integral de aquellos técnicos que, sin dedicarse por entero a la Hidrogeología, necesitan por la índole de su trabajo, adquirir los conocimientos impartidos en el Curso o en alguna de sus áreas.

### PROGRAMA GENERAL DEL IX CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA

Area I: *Conceptos básicos de Hidrogeología.*

Duración: del 1 al 13 de marzo de 1976.

Director: D. Fernando Pendás Fernández, Doctor Ingeniero de Minas. Jefe del Servicio de Hidrogeología y Geotermismo de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Profesor de Hidrogeología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.

Clases teóricas: 20 h. Clases prácticas: 6 h. Prácticas de campo: 2 días.

Area II: *Hidrología de Superficie.*

Duración: Del 15 al 20 de marzo de 1976.

Director: D. Melchor Senent Alonso, Ingeniero de Minas. Director responsable del Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura. E. N. Adaro.

Clases teóricas: 10 h. Clases prácticas: 2 h. Prácticas de campo: 2 días. Viaje a la provincia de Albacete. Explicación del Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura. Prácticas de aforos, visitas a Sondeos, zonas de explotación para regadío y visita a zonas karsticas.

Area III: *Técnicas Geofísicas en Hidrogeología.*

Duración: Del 22 al 27 de marzo de 1976.

Director: D. Manuel López Linares, Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Minas de Madrid.

Clases teóricas: 9 h. Clases prácticas: 6 h. Prácticas de campo: 1 día.

Area IV: *Métodos de captación de aguas subterráneas.*

Duración: Del 29 de marzo al 3 de abril.

Director: D. Camilo Rambaud Pérez, Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Ampliación de Laboreo de Minas, Sondeos, Túneles y Pozos de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

Clases teóricas: 12 h. Clases prácticas: 3 h. Prácticas de campo: 1 día.

Area V: *Hidráulica subterránea: caudales de explotación.*

Duración: Del 5 al 10 de abril.

Director: D. Emilio Trigueros Molina, Dr. Ingeniero de Minas. Codirector del Proyecto de Investigaciones Hidrogeológicas de la cuenca del río Guadalquivir. Delegado Provincial del Ministerio de Industria en Albacete.

Clases teóricas: 9 h. Clases prácticas: 6 h. Prácticas de campo: 1 día.

Area VI: *Contaminación del agua.*

Duración: Del 26 al 30 de abril.

Director: D. Jorge Porras Martín, Dr. Ingeniero de Minas. Jefe del Proyecto SPA-73-001 (Estudio de la Contaminación de Aguas Subterráneas y de su Protección. Cooperación entre las Naciones Unidas y el Gobierno Español.)

Clases teóricas: 12 h. Clases prácticas: 3 h. Prácticas de campo: 1 día.

Area VII: *Problemas especiales.*

Duración: Del 10 al 14 de mayo.

Director: D. Rafael Fernández Rubio, Dr. Ingeniero de Minas. Profesor de Hidrogeología de la Universidad de Granada.

Clases teóricas: 12 h. Clases prácticas: 3 h. Prácticas de campo: 1 día.

1.—Aguas termales y mineromedicinales. 2.—Aprovechamiento de la Energía Geotérmica. 3.—Hidrogeología en terrenos kársticos. 4.—Recarga artificial. 5.—Hidrogeología aplicada a minería y obras civiles. 6.—Evacuación subterránea de aguas residuales. 7.—Legislación.

Area VIII. *Iniciación al empleo de modelos en Hidrogeología.*

Duración: Del 17 al 21 de mayo.

Director: D. Pedro Armisen Padilla, Dr. Ingeniero de Minas. Asesor Científico del Centro de Investigación de I. B. M.-D. E. A. en Hidrogeologie et Geochimie por la Universidad de Bordeaux-Francia.

Clases teóricas: 15 h. Clases prácticas y de ordenador: 15 h. Durante esta semana habrá clases prácticas por las mañanas en el Centro de Cálculo de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid. Los alumnos realizarán ejercicios de ordenador.

Está prevista la asistencia de técnicos extranjeros, en determinadas materias, y el correspondiente servicio de traducción simultánea.

## LUGAR, FECHA Y MATRÍCULA

Las clases tendrán lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Ríos Rosas, 21, del 1 de marzo próximo al 4 de junio de 1976.

Puede ser por Curso completo o por Areas. Los derechos de matrícula en el IX Curso de Hidrogeología Aplicada ascienden a 15.000 pesetas.

Los derechos por Areas son los siguientes: por un área, 5.000 pesetas; por dos áreas, 8.000 pesetas; por tres áreas, 10.000 pesetas. Por más de tres áreas, 15.000 pesetas.

Existe un sistema de becas y ayudas.

El número de plazas se limita a 25 alumnos.

La inscripción se enviará, debidamente formalizada a:

## CURSOS DE HIDROGEOLOGIA APLICADA

Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Teléfono 254 22 00.

Los derechos de matrícula se harán efectivos en la Secretaría del Curso o mediante ingreso en la cuenta corriente núm. 00 677000 70 IX Curso de Hidrogeología Aplicada. Banco de Levante. Ríos Rosas, 31. Madrid-3.

## SEMINARIO INTERNACIONAL Y CICLOS DE CONFERENCIAS

Como complemento del Curso, aunque independientemente del mismo, se organiza cada año un Seminario con carácter Internacional sobre un tema concreto, dirigido por destacados especialistas. Para este año, el tema elegido ha sido: "La Contaminación de las Aguas Subterráneas como consecuencia de los vertidos de residuos sólidos".

Tendrá lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, del 3 al 8 de mayo de 1976.

Se organizan asimismo dos ciclos de conferencias sobre "Planificación Hidráulica y Legislación de Aguas", respectivamente.

## Viaje Fin de Curso.

Al finalizar el Curso, se realizará un viaje de prácticas de una semana de duración a una de las zonas de actuación del Instituto Geológico y Minero de España.

## Las Empresas y el Curso.

El Curso está vinculado a las Empresas interesadas en la Hidrogeología y en la Tecnología de Sondeos, las cuales, no solamente proporcionan al Curso una ayuda económica, sino que sus técnicos más cualificados forman parte del profesorado.

De otra parte, el hecho de estar sus oficinas en Madrid, ha permitido que admitan en sus trabajos a varios alumnos de los Cursos de Hidrogeología Aplicada en calidad de becarios, así como se ha conseguido, en determinados casos, seguir el estudio completo de problemas reales finalizados.

También su colaboración ha sido muy estimable en los anteriores Seminarios Internacionales que tienen lugar dentro del Curso, "Inyección de Aguas Residuales en el Subsuelo y Prevención contra la Contaminación de Acuíferos Subterráneos" (1974), "Aprovechamiento de la Energía Hidrogeotérmica" (1975).

Por todo ello, agradecemos a las Empresas Ibergesa, Compañía General de Sondeos, Ibérica de Sondeos, Agua y Suelo, Kronsa, Intecsa, Eptisa, Fraser Española, Aguas Subterráneas, S. A., y muy especialmente a la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, su valiosa colaboración que contribuye al mejor desarrollo y eficacia de los Cursos de Hidrogeología Aplicada.

## CONSEJO DE DIRECCION.

## PRESIDENTE:

Ilmo. Sr. D. José Sierra López, Director General de Minas e Industrias de la Construcción.

## VOCALES:

Ilmo. Sr. D. José Luis Ramos Figueras, Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid.

Ilmo. Sr. D. Juan José Miraved del Valle, Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Ilmo. Sr. D. Luis Fernández Velasco, Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.

Ilmo. Sr. D. Enrique Llanso Lopo, Subdirector General de Ordenación Minera.

Ilmo. Sr. D. Juan Carlos Paredes Quevedo, Decano-Presidente del Consejo Superior de Ingenieros de Minas de España.

Ilmo. Sr. D. Pedro Fontanilla Soriano, Director del Instituto Geológico y Minero de España.

Ilmo. Sr. D. Juan Antonio Gómez Angulo, Presidente de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.

Ilmo. Sr. D. Rofolfo Urbistondo, Director de la Escuela de Hidrología.

## COMISION ORGANIZADORA Y DOCENTE

## PRESIDENTE:

Ilmo. Sr. D. Pedro Fontanilla Soriano, Dr. Ingeniero de Minas. Director del Instituto Geológico y Minero de España.

## VICEPRESIDENTE:

Ilmo. Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero, Dr. Ingeniero de Minas. Ingeniero Adjunto a la Dirección del IGME

## DIRECTOR DEL CURSO:

D. Indalecio Quintero Amador, Dr. Ingeniero de Minas (IGME). Profesor de Hidrogeología, Geología del Petróleo, Estratigrafía y Paleontología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

## DIRECTORES DE AREAS:

D. Camilo Rambaud Pérez, Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Ampliación de Laboreo de Minas, Sondeos, Túneles y Pozos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

D. Manuel López Linares, Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

D. Rafael Fernández Rubio, Dr. Ingeniero de Minas. Profesor de Hidrogeología de la Universidad de Granada.

D. Fernando Pendas Fernández, Dr. Ingeniero de Minas. Profesor de Hidrogeología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Jefe del Servicio de Hidrogeología y Geotermismo de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras.

D. Emilio Trigueros Molina, Dr. Ingeniero de Minas. Delegado Provincial del Ministerio de Industria en Albacete.

D. Jorge Porras Martín, Dr. Ingeniero de Minas de la División de Aguas Subterráneas del IGME.

D. Melchor Senent Alonso, Dr. Ingeniero de Minas. Director responsable del Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Seguro. (Empresa Nacional ADARO.)

D. Pedro Armisen Padilla, Ingeniero de Minas. Asesor Científico del Centro de Investigación del I. B. M.

## VOCALES:

D. José María Montes Villalón, Dr. Ingeniero de Minas. Catedrático de Química-Física de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Director Gerente de la Fundación "Gómez-Pardo".

D. Francisco Esteban Santisteban, Dr. Ingeniero de Minas. Profesor Arjuno de Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Ingeniero Adjunto a la Dirección del IGME.

D. Octaviano Jaraíz Pérez, Dr. Ingeniero de Minas. Jefe de la Sección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Industria.

D. Juan Enrique Coma Guillén, Dr. Ingeniero de Minas. Jefe de la División de Aguas Subterráneas del IGME.

D. Carlos Ruiz Celaa, Ingeniero de Minas de la División de Aguas Subterráneas del IGME.

D. José María Gálvez-Cañero Pidal, Ingeniero de Minas. Secretario Técnico del Curso.



## Noticias

### MINERIA

#### EL IGME PROSPECTA LOS AFLORAMIENTOS GRANITICOS EN LA PROVINCIA DE CACERES PARA ESTAÑO, WOLFRAM Y ORO

En todas las áreas consideradas de interés, se ha llevado a cabo durante tres años una campaña de prospección general con batea con el fin de conocer sus posibilidades en estaño, wolfram y oro.

En total se han estudiado seis zonas: I. Cáceres, con 77.000 hectáreas; II. Montánchez, con 150.000; III. Tornavacas, con 300.000; IV. Hoyos, con 80.000; V. Varias áreas dispersas con 29.000 hectáreas.

Es decir, se han estudiado un total de 636.000 hectáreas, con 4.759 muestras tomadas, todas ellas concentradas en mesa o batea, y analizadas mineralométricamente. Se han practicado también 3.235 análisis químicos para determinar estaño y 1.210 para wolfram, habiéndose utilizado técnicas de absorción atómica para determinaciones de Cu, Zn y Pb.

Estos trabajos han permitido:

1. Delimitar al N de Moraleja, un área terciario-cuaternaria de posible interés para Sn y Au.
2. Localizar una apófisis granítica caolinizada en el área del Puerto de Perales de interés en Sn, W y Au.
3. Delimitar un área de interés aurífero en la parte oriental del macizo granítico de Montánchez.
4. Descubrir mineralizaciones locales de oro en el área de Cáceres.
5. Descubrir dos zonas auríferas al NO de Valencia de Alcántara.
6. Reconocer el horizonte de calizas mineralizadas con antimonio en el área de La Codosera.

#### EL IGME REALIZA LA FASE PREVIA DE INVESTIGACION EN EL AREA DE MAZARATE Y EL POBO, PARA MINERALES RADIATIVOS

Los estudios realizados han sido un apoyo a los trabajos de prospección de la Junta de Energía Nuclear en la zona.

Su finalidad ha sido la de reunir información básica geológico-minera, obteniendo una cartografía adecuada.

Se han dibujado mapas geológicos a escala 1:50.000 de dos zonas de 370 y 100 km<sup>2</sup>, con ampliaciones al 1:10.000 dentro de ellas, sobre una superficie de 175 km<sup>2</sup>.

Completando la cartografía, se han perforado nueve sondeos de explotación, con un total de 1.540 m., alguno de los cuales ha cortado minerales radiactivos.

Se han obtenido numerosas muestras sobre las que se han realizado ensayos petrográficos, sedimentológicos y metalogénicos, que han permitido llegar al conocimiento de las condiciones de formación litológicas y ambientales, de las series estratigráficas del Bundsandstein, en que aparecen las mineralizaciones.

Los sondeos fueron registrados y desmuestreados por la Junta de Energía Nuclear, obteniéndose las diagráfos de radiactividad gamma, resistividad y potencial espontáneo, así como análisis radiométricos y químicos de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

### GEOLOGIA MARINA

#### INVESTIGACION OCEANOGRAFICA

El buque oceanográfico norteamericano Glomar Challenge comenzó en noviembre de 1975 su segundo programa de investigación oceanográfica. El programa denominado "Internacional Program of Ocean Drilling" (POD) se refiere esencialmente al estudio del zócalo cristalino de los fondos marinos. Su segunda meta será el estudio de cómo se realiza el contacto entre las masas continentales, constituidas fundamentalmente por un zócalo granítico, y los fondos oceánicos, cuyo zócalo es basáltico. Participan en dicho programa, además de los EE. UU., la República Federal Alemana y la Unión Soviética y probablemente se incorporen a él también Francia, Gran Bretaña y Japón. La contribución de estos países asociados al programa será de 1 millón de dólares anuales y la de EE. UU. de 16,6 millones de dólares anuales.

### MINERALURGIA

#### EN NOVIEMBRE, HA CONTINUADO EL DESCENSO DE LA PRODUCCION DE ACERO

Según informa la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID), la producción española de acero en los once primeros meses del presente año se estima en 10,1 millones de toneladas, lo que representa un descenso del 3,6

por 100 respecto al mismo período del año anterior. En noviembre se han producido 875.000 toneladas. En el período enero-noviembre, la producción de laminados en caliente ha sido de 9,8 millones de toneladas en acero equivalente, inferior en un 7,6 por 100 a la de los once primeros meses de 1974.

### PRODUCCION

Unidad: 10<sup>3</sup> t

PRODUCTOS	MENSUAL			ACUMULADA		
	Noviembre 1974	Noviembre 1975	% variación 1975/1974	Enero/nov. 1974	Enero/nov. 1975	% variación 1975/1974
Arrabio ... ..	587	530	- 9,72	6.301	6.242	- 0,94
Acero ... ..	983	875	- 10,99	10.507	10.132	- 3,57
Bobinas ... ..	225	205	- 8,88	2.384	2.371	- 0,55
Chapa gruesa convencional ... ..	120	116	- 3,33	1.227	1.279	+ 4,23
Total laminados en caliente ... ..	783	668	- 14,69	8.227	7.599	- 7,63
Total lam. en cal. acero equiv. ... ..	1.006	858	- 14,69	10.572	9.765	- 7,63
Capa laminada en frío ... ..	133	117	- 12,04	1.526	1.334	- 12,59
Chapas recubiertas ... ..	42	33	- 21,43	409	376	- 8,07

### LA PRODUCCION DE ACERO EN ENERO DE 1976

La producción nacional de acero se ha elevado en el pasado mes de enero a 844.000 toneladas, según datos estimados por la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID).

Dicha cifra supera en un 9 por 100 a las 774.000 toneladas de producción de acero que se registraron en

enero del pasado año, aunque queda notablemente por debajo del tonalaje obtenido en diciembre de 1975.

En cuanto a la producción de laminados en caliente, así como a la de arrabio, han supuesto a las de enero del año anterior en un 3 y un 19 por 100, respectivamente.

Unidad: Miles de toneladas

PRODUCTOS	Enero 1975	Enero 1976	% variación 1976/1975
Arrabio ... ..	421	503	+ 19,47
Acero ... ..	774	844	+ 9,04
Bobinas ... ..	165	204	+ 23,63
Chapa gruesa convencional ... ..	118	98	- 16,95
Total laminados en caliente ... ..	664	685	+ 3,16
Total laminados en caliente en acero equivalente ... ..	853	880	+ 3,16
Chapa laminada en frío ... ..	136	94	- 30,89
Chapas recubiertas ... ..	42	26	- 38,10

### HA DESCENDIDO LA PRODUCCION DE ACERO EN 1975

Informa UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas) que la producción de acero del país en 1975 se estima provisionalmente, en 11,1 millones de toneladas, frente a

11,5 millones de toneladas que se alcanzaron en 1974, lo que supone un descenso del 3,4 por 100.

A su vez la producción de laminados en caliente se estima en 8,3 millones de toneladas en producto, con un descenso del 7,8 por 100 sobre la cifra de 1974.

### PRODUCCION

Unidad: 10<sup>3</sup> T.

PRODUCTOS	MENSUAL			ACUMULADA		
	Diciembre 1974	Diciembre 1975	% variación 1975/1974	Enero-dic. 1974	Enero-dic. 1975	% variación 1975/1974
Arrabio ... ..	603	596	— 1,17	6.904	6.839	— 0,95
Acero ... ..	969	962	— 0,73	11.476	11.101	— 3,27
Bobinas ... ..	228	215	— 5,70	2.612	2.591	— 0,80
Chapa gruesa convencional ...	124	109	— 12,10	1.351	1.387	+ 2,66
Total laminado en caliente ...	753	659	— 12,49	8.980	8.279	— 7,80
Total lam. en cal. acero equiv.	968	847	— 12,49	11.539	10.638	— 7,80
Chapa laminada en frío ... ..	127	119	— 6,30	1.653	1.458	— 11,80
Chapas recubiertas ... ..	49	33	— 32,66	458	409	— 10,70

### HIDROCARBUROS

#### PETROLEO Y GAS NATURAL EN MEXICO

El presidente mejicano anunció el descubrimiento en su país de nuevos e importantes yacimientos de petróleo y gas natural. Los de petróleo se encuentran en Toaxtla (Veracruz) y Chac (Campeche), y los de gas natural en Nuevo Laredo (Tamanlipas) y Sotoa La Marina (a 300 millas al sur de Brownsville, Tejas). Manifestó también que a fines del presente año la producción mejicana de crudos habrá aumentado de 681.000 barriles a 830.000 barriles/día. Durante el primer semestre del año, las exportaciones de productos petrolíferos ascendieron a 178 millones de dólares, es decir, 8 veces más que durante el mismo período del año pasado, mientras que las importaciones de estos mismos productos habían disminuido en un 42 por 100, con un valor de 140 millones de dólares.

#### POSIBLE CONSUMO DE PETROLEO EN 1976

Según la firma Esso, el índice de crecimiento del consumo de energía, que en 1973 se estimaba en 5-6 por 100 anual, no pasará de la mitad de esta cifra, como consecuencia de una menor expansión del crecimiento industrial. Los 3.100 millones de toneladas anuales de petróleo

en que se había cifrado el consumo para 1976 no serán alcanzados hasta 1985.

#### CONSUMO DE PETROLEO

Según el "Chase Manhattan Bank" el consumo mundial de petróleo en el período de 1970 a 1985 ascenderá a la cifra de 375.000 millones de barriles, es decir, dos veces y media el consumo registrado en los quince años anteriores. Para hacer frente a este consumo y, al mismo tiempo, aumentar las reservas en igual proporción que aumenta el consumo, la industria petrolífera tendría que descubrir y poner en explotación yacimientos nuevos capaces de producir 600.000 millones de barriles, un 50 por 100 más del ritmo a que actualmente tiene lugar el desarrollo de este aspecto de la actividad de la industria petrolera.

### AGUAS SUBTERRANEAS

#### NUEVO TREN DE SONDEO PARA ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Un potente equipo de sondeo para captación de aguas subterráneas ha sido puesto en servicio por la empresa Vegarada. Está dotado de modernos componentes para per-

forar con plena autonomía y mediante accionamiento hidráulico, indistintamente a rotación con circulación inversa y rotación directa.

Tiene capacidad para alcanzar profundidades hasta de 1.200 metros (400 metros por el sistema de rotación con circulación inversa) y puede realizar sondeos hasta de un metro de diámetro.

Estas características técnicas del Equipo posibilitan el mejor aprovechamiento de acuíferos subterráneos y, como consecuencia, la obtención de mayores caudales en las perforaciones.

### CONTAMINACION

#### INGENIERO DEL MEDIO AMBIENTE

Con el comienzo del semestre de invierno 1975/76, se inicia en la Universidad Técnica de Berlín un ciclo nuevo de estudios, con una duración de nueve "semestres" o cursos, para otorgar a los que lo sigan con aprovechamiento el título de Ingeniero del Medio Ambiente. La formación abarcará las ciencias naturales, la economía y el derecho, y las ciencias del medio ambiente. Se prevén 4 especialidades, que son: la industria de las materias residuales, la conservación de las aguas, la conservación de la atmósfera, y la protección contra el ruido.

#### LABORATORIO MOVIL PARA ESTUDIO DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

Dentro del programa de protección del medio ambiente que la Administración promueve, el Ministerio de Industria acaba de poner en servicio una unidad móvil para estudio y registro "in situ" y de forma continua, de la contaminación atmosférica.

Este laboratorio móvil detecta automáticamente los siguientes contaminantes: polvo, anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos. Lleva, además, para completar el estudio, indicadores que registran parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, etc.

El suministro, montaje y puesta a punto de esta unidad móvil ha sido realizada por la empresa Vegarada, S. A.

### ENERGIA

#### ENRIQUECIMIENTO DEL URANIO POR LASER.

En la V Conferencia sobre las Aplicaciones del Láser, que tuvo lugar en Washington (mayo 1975), se presentó

una comunicación sobre la separación de los isótopos del uranio por medio de aquél. Según dicha comunicación, con este procedimiento se consigue un enriquecimiento del 50 por 100 del isótopo 235 del uranio. Está basado en el empleo de dos láseres sintonizables que excitan e ionizan selectivamente a los átomos de U<sup>235</sup> en una corriente de vapor de uranio en estado atómico, obtenido, a su vez, por vaporación de uranio metálico mediante un haz electrónico. Como manantial de excitación e ionización de los átomos de U<sup>235</sup> utilizan un par de láseres de colorante a impulsos, o bien un láser de colorante a impulsos para producir la excitación, combinado con un láser de nitrógeno, que es el que realiza la ionización.

Con el fin de acelerar el proceso de desarrollo de este nuevo método de enriquecimiento del uranio, en los laboratorios de los Alamos (Nuevo Méjico), de la Universidad de California, se han iniciado estudios sobre el enriquecimiento de isótopos de diversos elementos (tales como boro, cloro y azufre) por medio de un láser de dióxido de carbono, con lo que se esperan obtener nuevos datos sobre la realización del proceso. Esta investigación se lleva a cabo también en los laboratorios de la "National Bureau of Standards", en Gaithersburg.

### ECONOMIA

#### PLAN SOVIETICO DE RECURSOS NATURALES

El Plan Estatal soviético para 1976 cuenta, por primera vez, con una sección referente a la protección y uso racional de los recursos naturales, habiéndose asignado a estos fines una cifra de unos 10.000 millones de rublos, casi un 10 por 100 del total de las inversiones previstas en el Plan.

Corresponden 1.800 millones rublos al tratamiento de aguas residuales y a la depuración del aire. Más de la mitad del volumen total de aguas residuales serán sometidas a tratamiento, aumentándose este volumen en 3.000 millones metros cúbicos con relación al plan anterior. La mayor parte de las empresas que producen emisiones peligrosas para el medio ambiente fueron debidamente transformadas para dotarlas de un sistema cerrado de circulación de agua. Se señalan concentraciones máximas permisibles para 130 productos químicos. La proporción de polvo en el aire de las emisiones se reduce aún más (era ya 1/4 de la permitida en EE. UU.), estimándose que la cantidad de sustancias perjudiciales que serán eliminadas de las emisiones gaseosas aumentará en 14.000 t/día.

#### LAS MATERIAS PRIMAS MINERALES

La firma italiana "Ente Minerario Siliciano (EMS), que constituye un "holding" para la región siciliana en el sector económico de la extracción y beneficio de mine-

rales, ha preparado un plan cuatrienal (1975-1978) de inversiones, por un valor global de un billón de liras (90.000 millones de pesetas), destinado a promocionar la extracción y elaboración de materias primas minerales, sobre todo sal gema, sales potásicas, caliza y arena de cuarzo. El plan prevé la construcción de varias fábricas nuevas y ampliación de las antiguas, a fin de adecuar la capacidad de elaboración de estas materias primas a la de su extracción.

## REUNIONES CIENTIFICAS

### I COLOQUIO DE ESTRATIGRAFIA Y PALEOGEOGRAFIA DEL TRIAS Y PERMICO DE ESPAÑA

Se ha convocado la primera edición de este coloquio en el marco del Grupo Español de Mesozoico y que organiza el Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense. Las reuniones y excursiones tendrán lugar en septiembre-octubre de 1976.

### VII CURSO DE GEOLOGIA APLICADA A LAS OBRAS PUBLICAS

Organizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y por la cátedra de Geodinámica Externa de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid se anuncia el VII Curso de Geología Aplicada a las Obras Públicas que se desarrollará de febrero a mayo de 1976 en Madrid.

### SIMPOSIO NACIONAL DE HIDROGEOLOGIA

En el seno de la Asociación de Geología Española (AGE) y organizado por el Grupo de Trabajo de Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, se ha establecido como fecha provisional la del 17 al 21 de mayo, para celebrar en Valencia este Simposio Nacional de Hidrogeología.

## NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

### RECUPERACION DE METALES PESADOS

En los laboratorios de la Du Pont (Wilmington, Delaware) se ha puesto a punto un procedimiento electrolítico que permite una recuperación rentable de los metales pesados existentes en las aguas residuales, aun cuando la proporción de éstos no sobrepase 1 ppm. El procedimiento utiliza electrodos de gran superficie, constituidos por dos finas redes de acero inoxidable, una para el ánodo y la otra para el cátodo, separadas por una malla de material sintético aislante, estando todo el conjunto enrollado en espiral para formar un cilindro a través del cual circula el agua a depurar, en el sentido de su eje longitudinal. Durante el proceso electrolítico, se produce en el ánodo un desprendimiento de oxígeno atómico, muy reactivo, que contribuye a transformar las sustancias orgánicas de las aguas residuales en CO<sub>2</sub> y agua.

La rentabilidad de este método ha de entenderse, por su doble aplicación, recuperación de metales valiosos y depuración de aguas residuales.

### INSTALACION ALEMANA PARA LA REDUCCION DIRECTA DE MINERAL DE HIERRO

Se ha iniciado la construcción de una fábrica en Emden para la obtención de esponja de hierro por el método Midrex de reducción directa del mineral. Este método consiste en hacer pasar una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno a través del mineral de hierro calentado a una temperatura determinada, con lo que estos gases se combinan con el oxígeno del mineral, liberando el hierro y transformándose en dióxido de carbono y agua.

La producción mundial de esponja de hierro es actualmente del orden de 18 mill. toneladas anuales. De esta cifra, 11 mill. de toneladas anuales corresponden al procedimiento Midrex.

El coste de la fábrica de Emden se estima en 700-900 mill. DM y su capacidad de producción en 2 mill. toneladas anuales de esponja de hierro, proyecto para funcionar en 1978.

## Mercado de Minerales y Metales

### Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>ORO</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres ... ..	L	g	267
Bolsa de Engelhard ... ..	N	g	267
<b>PLATA</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres ... ..	L	g	7,84
Bolsa de Nueva York ... ..	N	g	7,84
<b>PLATINO</b>			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico ...	L	g	301-320
Mercado USA, lotes al por mayor ... ..	N	g	298 FOB N.Y.
Mercado libre ... ..	L	g	279

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 no férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>HIERRO</b>			
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 <sub>2</sub> , máx. 5,9 % humedad ... ..	N	t	— FOB-Lago
Old range ... ..	N	t	— FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, % máx. 8,32 % SiO <sub>2</sub> máx. 9,7 % ... ..	N	t	1.088 FOB-Lago
Old range ... ..	N	t	1.103 FOB-Lago
Gruesos para hornos Siemens ... ..	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita ... ..	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita ... ..	N	t	— FOB-Lago
Pillets de hierro natural ... ..	N	t. u. Fe	27,77 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio ... ..	N	t	47,07 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización ... ..	N	t	26,48 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>COBALTO</b>			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	509 D-U.K.
Precio productor	L	kg	527 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	540 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	534 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	527 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	936 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	929 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	527 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	79,08 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	92,26 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	105 FOB-ON

**CROMO**

## Metal:

En gránulos, mín. 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	t	217,530-241.700
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	322 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	322 D
Fundido al vacío, mi. 99,5 % Cr	N	kg	331 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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio, 3,5:1	L	t	8.965-10.161 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	7.770-8.368 FOB
Turco, concentrado 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	5.379-6.575 FOB
Ruso, 54/56 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio 4:1, tomando como base para su precio el de ratio 4:1 del 48 %	N	t	8.965 FOB-E
Turco, 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio 3:1	N	t	7.766-8.354 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , sin ratio	N	t	2.177-3.059 FOB-E

**MANGANESO**

## Metal:

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	69.489-71.906 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	71,18 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado, 6 %	N	kg	75,13 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx. 0,1 % P	L	t. u. Mn	80,69-86,67 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-F
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	81,19-83,54 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO <sub>2</sub> , en gránulos	L	t	5.680-6.405 CIF-E
70/75 % MnO <sub>2</sub> , en terrones mezclados	L	t	7.855-9.064 CIF-E

**MODIBDENO**

## Metal:

Polvo	L	kg	707-731
Polvo de reducción hidrógena, 9995 % Mo	N	kg	— FOB

## Menas y concentrados:

Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín. 85 % MoS <sub>2</sub> (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS <sub>2</sub> cont)	L y N	kg Mo cont	345 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	343-349 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	290-336 FOB

**NIQUEL**

## Metal:

Refinado, en lotes mínimos de 5 t	L	t	292.578 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	296.445 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	275.780 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	— D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	290 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	273 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	— p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	248-269 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	— FOB-f
Francés refinado	F	kg	293 FOT
Italiano, cátodo y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	297-306 e-w
Janonés	J	kg	332 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	285 CIF
Pentóxido, fundido mín. 98 % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	323-403 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	323-403 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportador USA).	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	— FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>VOLFRAMIO</b>			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	a 22 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.346-1.853 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO <sub>3</sub>	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.076-5.317 CIF-E
Wolframita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.184 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.172 CIF-E
Wolframita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	— CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	4.894 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.148 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.172 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volfradio, 80/85 % H	L	kg W cont	743-755 D-UK
Carburo de wolframio en polvo, micronizado	L	kg	1.027-1.112 D-UK

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>ALUMINIO</b>			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín. 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	— D
Lingotes vírgenes, mín. 99,5 % Al	N	kg	54,04 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín. 99,5 % Al	G	t	56,925
Australiano, en lingotes, mín. 99,5 % Al	A	kg	60,26 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín. 99,5 % Al	L y N	t	50.757 D
Lingotes vírgenes, mín. 99,8 % Al	L y N	t	52.328 D
Para el resto del mundo, mín. 99,5 % Al	L	kg	51,41 CIF
Mercado internacional:			
Mín. 99,6 % Al	L	t	40.485-41.693 CIF-E
Mín. 99,7 % Al	L	t	42.297-43.506 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> empaquetada, en lotes de 20 t	L	t	14.502-15.106 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	16.058-16.653

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Bauxita, calidad abrasivos, mín. 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel.	L	t	4.639
Bauxita, calidad refractarios, mín. 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel	L	t	6.423
<b>CINC</b>			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín. 98 % Zn	L	t	41.451 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn	L	t	47.131 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn (con un premio 5 £/t)	L	t	42.056 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín. 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	42.418 D-UK
Calidad "Prime Hestern", mín. 98 % Zn	N	kg	51,41 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín. 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	51,41 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	51,41 D-USA
Alemán del oeste:			
Cinc virgen, mín. 97,5 % Zn	G	t	47.134-47.362
Cinc refinado, mín. 99,95 % Zn	G	t	47.134-47.362
Canadiense, calidad "Prime Hestern"	C	kg	48 FOB-C
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín. 97,75 % Zn	F	kg	47,99 FOT
Cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn	F	kg	49,06 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín. 98,25 % Zn	I	kg	47,37-49,82 e-w
Cinc electrolítico, mín. 99,25 % Zn	I	kg	47,63-49,82 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	12.568 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	14.623 CIF-E

**COBRE**

## Metal:

Bobinas (L.M.E.)	L	t	68.764 FOB-f
Cátodos (L.M.E.)	L	t	67.193
Productores USA	N	kg	84,36

## Alemán del oeste:

Electrolítico	G	t	70.707-71.384
Cátodo	G	t	67.171-68.310

## Menas y concentrados:

Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.

Menas del 15 % Cu	L	t	6.673
Menas del 20 % Cu	L	t	9.919
Menas del 25 % Cu	L	t	13.173

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>ESTAÑO</b>			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín. 99,75 % Sn (LME).	L	t	369.318 e-w
Calidad A, mín. 99,8 % Sn	N	kg	399 D
Procedentes de los países del este, mín. 99,8 % Sn	L	kg	372 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	42.418 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	84.232 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	— CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	215.234 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	(n) CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	(n) CIF-E
<b>PLOMO</b>			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín. 99,97 % Pb.	L	t	19.940 e-w
Producido en USA	N	kg	25,05 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	7.344 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	9.836 CIF-E

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>ANTIMONIO</b>			
Metal:			
Regulos inglés, 99 % Sb, lotes 5 t	L	t	175.232 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	178.254 D-UK
Mercado libre Regulos 99,6 % Sb	L	t	181.275-190.339 CIF
Calidad RMM, mín. 99,5 % Sb	N	kg	208 FOB-L
Calidad Lone Star, mín. 99,8 % Sb	N	kg	250 FOB-L
Importado, mín. 99,5/99,6 % Sb, lote 5 t	N	kg	184-198 CIF-NY (e)
Francés, mín. 99 % Sb	F	kg	218 FOT
Italiano regular, mín. 99,6 % Sb	I	kg	210-227 e-w
Japonés	J	t	215.160 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín. 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.016-1.136 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín. 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.195-1.315 CIF-E
Crudo, mín. 70 % Sb, en fragmentos	L	t	169.190 D-UK
Crudo, mín. 70 % Sb, en polvo negro	L	t	176.441 D-UK

**BERILIO**

Metal:			
Barros 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	20.297-20.429 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	6.284 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>Menas y concentrados:</b>			
En fragmentos escogidos a mano, mín. 10 % BeO	L	t. u. BeO	1.845-2.043 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO	N	t. u. BeO	1.977 CIF-USA
<b>BISMUTO</b>			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín. 99,99 % Bi, en lotes tonelada	L	kg	988 e-w
Mercado interior USA mín. 99,99 % Bi, en lotes de tonelada	N	kg	988 e-w
Francés, mín. 99,95 % Bi	F	kg	1.040 FOT
Mercado libre, en lotes de tonelada	L y N	kg	665-672 CIF
Menas y concentrados:			
Oxido, mín. 60 % Bi	L	kg Bi cont	(n) CIF
<b>CADMIO</b>			
Metal:			
Barros mín. 99,95 % Cd., en lotes de tonelada	N	kg	264 D
Lingotes en el mercado libre	L	kg	208-215 CIF
Barras en el mercado libre	L	kg	211-217 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg	F	kg	262 FOT
Menas y concentrados.			
Las menas de este mineral 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.			
<b>CIRCONIO</b>			
Metal:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf	N	kg	1.582-1.241 FOB
Calidad comercial	N	kg	725-923 FOB
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín. 66/67 % ZrO <sub>2</sub>	L	t	11.882-13.579 FOB
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO <sub>2</sub>	L	t	13.579-16.125 FOB
<b>LITIO</b>			
Metal:			
Lingotes, mín. 99 % Li, en lotes de 100 lb	N	kg	1.463-1.500 FOB-NY
Menas y concentrados:			
Amblygonita 6/8 % Li <sub>2</sub> O, en base al 8 %	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	(n) CIF-E
Lipodolita 3/3,5 % Li <sub>2</sub> O, en base al 3 %	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	(n) CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li <sub>2</sub> O, en base al 3 %	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	1.427-1.784 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li <sub>2</sub> O, en base al 6 %	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	1.427-1.784 CIF-E
<b>MAGNESIO</b>			
Metal:			
Mercado libre lingotes, mín. 99,8 % Mg	L	t	98.493-101.514 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Lingotes mín. 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	126.892 D
Lingotes electrolíticos, mínimo 99,8 % Mg, en lotes de 4 kg. ....	L	t	117.950 D-UK
Polvo de "Grado 4", mín. 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ....	L	t	119.521 D-UK
Lmaduras, en lotes mínimos de 1 t ....	L	t	109.369 D-UK
Lingotes mín. 99,8 % Mg, en el mercado libre ....	L	t	CIF
Lingotes en bruto, mín. 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ....	N	kg	108 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	4.602-4.782 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ....	N	f	6.993-7.352 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	3.954-5.931 FOB-USA
Lingotes rugosos ....	N	kg	2.372-3.295 FOB-USA

## Menas y concentrados:

Columbita mín 65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , de ratio Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 10/1 ....	L	kg Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	250-283 CIF-E
Pirocloro, mín. 50 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ....	N y L	kg Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	231-244 FOB-C
Columbita 65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , de ratio Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 10/1 ....	N	kg	237-250 CIF-USA

## TANTALIO

## Metal:

Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ....	N	kg	4.666-5.865 FOB
Láminas mín. 99,9 % Ta ....	N	kg	6.326-15.552 FOB
Varillas mín. 99,9 % Ta ....	N	kg	6.854-10.544 FOB

## Menas y concentrados:

## Tantalita:

Mín. 60 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ....	L	kg Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	1.977-2.241 CIF-E
Mín. 25/40 %, tomando como base 30 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ....	L	kg Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	1.911-2.109 CIF-E

Columbita: ver mineral de COLUMBIO.

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>TITANIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Esponja inglesa, mín. 99,3 % Ti, máx. 120 Brinell ...	L	kg	140
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	364-529 D
Esponjas USA, mín. 99,3 % Ti, máx. 115 Brinell, en lotes de 500 lb ....	N	kg	356 D
<b>Menas y concentrados:</b>			
Rutilo 95/97 % TiO <sub>2</sub> , empaquetado ....	L	t	24.612-28.007 FOB
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO <sub>2</sub> ....	L	t	1.273-1.528 FOB
Rutilo, mín. 96 % TiO <sub>2</sub> , para comercio interior, 12 % máximo humedad ....	N	t	46.789 D
Ilmenita, mín. 54 % TiO <sub>2</sub> ....	N	t	3.236 FOB-At
Escorias canadienses, mín. 70 % TiO <sub>2</sub> ....	N	t	4.412 FOB

## Metales menores o escasos

## ARSENICO

## Metal:

Fragmentos negros, mín. 99 % As, en lotes de tonelada	L	t	262.849
---	---	---	---------

## 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	83,68-215 FOB
lotes de 1-9 lb ....	N	kg	32.950-36.245 FOB
lotes de 10-99 lb ....	N	kg	26.360-36.245 FOB
lotes de 100-999 lb ....	N	kg	19.7770-23.065 FOB
lotes de 1.000 o más lb ....	N	kg	13.180 FOB
Mín. 99,9 % : lotes de 1-277 g ....	N	g	107-239 FOB
lotes de 1-9 lb ....	N	kg	39.540-42.835 FOB
lotes de 10-99 lb ....	N	kg	32.950-36.245 FOB
lotes de 100-999 lb ....	N	kg	25.042-28.996 FOB
lotes de 1.000 o más lb ....	N	kg	16.475 FOB

## Menas y concentrados:

Polucita, mín. 24 % Cs <sub>2</sub> O ....	L	t. u. Cs <sub>2</sub> O	741-77 FOB
--	---	-------------------------	------------

## GALIO

## Metal:

Mín. 99,99 % : lotes hasta 999 g ....	N	g	53,79 FOB
lotes de 1-4,999 kg ....	N	g	35,83 FOB
lotes de 5-24,999 kg ....	N	g	32,87 FOB
lotes de más de 25 kg ....	N	g	— FOB
Mín. 99,999 % : lotes de 5-10 kg ....	N	g	47,82 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	Precios de diciembre
<b>GERMANIO</b>			
Metal:			
calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo	L	kg	14.623 D (i)
En el mercado americano	N	kg	17.513 D
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
<b>HAFNIO</b>			
Metal:			
Esonja	N	kg	9.885 FOB
En barras y placas laminadas	N	kg	15.816 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.			
<b>INDIO</b>			
Metal:			
En barras, mín. 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on	L	kg	11,52 D
En lingotes, mín. 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on	N	g	11,52
Menas y concentrados.			
El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.			
<b>RENIO</b>			
Metal:			
Polvo, mín. 99,99 % Re	L	kg	84.595
Polvo en el mercado USA	N	kg	71.172
Menas y concentrados.			
La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los pórfidos cupríferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.			
<b>RUBIDIO</b>			
Metal:			
Mín. 99,5 %: lotes de 1-227 g	N	g	83,68-215 FOB
lotes de 1-9 lb	N	kg	36.267-39.564 FOB
lotes de 10-99 lb	N	kg	26.376-29.673 FOB
lotes de 100-999 lb	N	kg	19.72-23.079 FOB
lotes de 1.000 o más lb	N	kg	13.188 FOB
Menas y concentrados.			
El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesión y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.			
<b>SELENIO Y TELURIO</b>			
Metal. Selenio:			
Polvo grado comercial, mín. 99/99,5 % Se	N	kg	2.372
De alta pureza, mín. 99,9 % Se	N	kg	2.768

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Canadiense, mín. 99,5 % Se en lotes 100 lb	L	kg	2.372
Mercado libre	L	kg	1.212-1.232 CIF
Metal. Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín. 99/99,5 % Te	L	kg	1.318
Barras, mín. 99,5 % Te	L	kg	1.318
Polvo, en lotes de 100 lb	N	kg	(n)
Placas, en lotes de 150 lb	N	kg	1.318
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 sumproducto 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.			
<b>TALIO</b>			
Metal, en lotes de 25 lb	N	kg	988
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	Precios de diciembre
<b>URANIO</b>			
Concertado de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , base de contratación	L	kg O <sub>3</sub> O <sub>8</sub> cont.	1.450-1.977 FOB-f
Hexafluoruros	L	kg O <sub>3</sub> O <sub>8</sub> cont.	1.318-1.713
<b>TORIO</b>			
Metal:			
Polvo y pellets	N	kg	1.977
Menas y concentrados:			
Monacita; por ser mineral de tierras raras su precio se especifica en estas últimas.			
<b>TIERRAS RARAS:</b>			
Metal:			
Cerio, mín. 99 % neto	L	kg	1.450 D-UK
Lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	2.769
Europio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	422.016
Gadolinio lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	22.420
Itrio, lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	19.782
Lantano, lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	4.616
Neodimio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-85 lb (*)	N	kg	13.452
Samario, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	16.485
Menas y concentrados:			
Monacita:			
Mín. 60 %, óxido TR torita	L	t	14.428-15.701 CIF-E
Mín. 55 %, óxido TR	L	t	14.618-15.453 CIF



Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>Xenotima:</b>			
Mín. 25 % $Y_2O_3$ ... ..	L	kg	264-395 CIF
Mín. 60 % $Y_2O_3$ ... ..	N	kg	— CIF
Mín. 90 % $Y_2O_3$ ... ..	N	kg	— CIF
<b>Basnasita:</b>			
Filtrado, mín. 70 %, óxido TR ... ..	L	kg	72,49-85,67 CIF
Mín. 55/60 %, óxido TR ... ..	N	kg	39,56-36,16 FOB
Mín. 68/72 %, óxido TR ... ..	N	kg	52,75 FOB
Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>AZUFRE</b>			
USA para la exportación, mín. 99 % S ... ..			
Brillante ... ..	N	t	3.824-4.294 FOB-Golfo
Oscuro ... ..	L	t	3.765-4.236 FOB-Golfo
Brillante líquido ... ..	L	t	4.412 CIF-E
Brillante líquido ... ..	N	t	4.030 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ... ..	L	t	4.412 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ... ..	L	t	4.706-5.000 CIF-E
<b>BARITA</b>			
En bruto:			
Calidad químicos y para vidrio:			
Escogido a mano, mín. 95 % $BaSO_4$ , máx. 1 % Fe, en lotes de camiones ... ..	N	t	2.636-3.954 FOB
Magnéticas o de flotación, mín. 96 % $BaSO_4$ , Max. 0,5 % Fe, en lotes de camiones ... ..	N	t	2.965-3.205 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ... ..	N	t	1.252-1.845 FOB-Golfo
Importadas, mín. 92 % $BaSO_4$ , a granel ... ..	L	t	2.141-2.498 CIF
Molidas:			
En húmedo, mín. 95 % $BaSO_4$ , a 325 mes, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ... ..	N	t	3.954-5.272 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	4.679-5.140 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ... ..	N	t	2.043 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % $BaSO_4$ , mín. 99 % a 325 mesh, en lotes de 105 t ... ..	L	t	8.326-9.516 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín. 4,2, peso específico ... ..	L	t	3.093-3.331 CIF-pe
Micronizadas:			
Mín. 99 % más fino de 20 M ... ..	L	t	10.705-13.084 D-UK
<b>BORATOS</b>			
Decahidrato granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ... ..	L	t	14.502 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ... ..	L	t	18.127 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	22.478 D-UK
Acido bórico, técnico granular, en bolsas de papel, en lotes de t ... ..	L	t	20.665 D-UK
Técnico, mín. 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones ... ..	N	t	5.338-5.404 FOB
Deshidrato, mín. 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones ... ..	N	t	12.850-13.378 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % $B_2O_3$ ... ..	N	t	(n) FOB
65 % $B_2O_3$ ... ..	N	t	(n) FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín. 40 % $B_2O_3$ ... ..	L	t	25.761 FOB
<b>CELESTITA</b>			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % $SrSO_4$ , empaquetado, molido 240 mesh ... ..	L	t	3.021 e-w
<b>ESPATO FLUOR</b>			
Metalúrgico, mín. 70 % $CaF_2$ ... ..			
Reino Unido ... ..	L	t	1.784-3.568 D-UK
USA en pellets, a granel ... ..	N	t $CaF_2$ cont	4.961-5.260 FOB
Mejicano ... ..	N	t $CaF_2$ cont	4.152-4.185 FOB-barco
Cerámico, mín. 85 % $CaF_2$ :			
Reino Unido, molido 93/95 % ... ..	L	t	3.568-4.758 CIF
USA, 88/90 % ... ..	N	t $CaF_2$ cont	5.379-5.977 FOB
95/96 % ... ..	N	t $CaF_2$ cont	5.678-6.336 FOB
97 % ... ..	N	t $CaF_2$ cont	5.977-6.873 FOB
Acido, material seco, mín. 97 % $CaF_2$ :			
Reino Unido, embolsado ... ..	L	t	4.758-6.542 D-UK
USA, en bruto ... ..	N	t $CaF_2$ cont	5.678-6.873 FOB
en pallets, 88 % cont, efectivo, a granel ... ..	N	t $CaF_2$ cont	6.276 FOB
concentrados ácidos secos ... ..	N	t $CaF_2$ cont	6.722-8.237 FOB-m
importado en Europa ... ..	N	t $CaF_2$ cont	6.260-7.051 CIF-dp
Mejicano a granel ... ..	N	t $CaF_2$ cont	4.844-4.877 FOB
<b>FOSFATOS</b>			
USA, molido, lavado seco, a granel:			
66/68 % BPL ... ..	N	t	2.570 FOB-m
68/70 % BPL ... ..	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL ... ..	N	t	3.163 FOB-m
74/75 % BPL ... ..	N	t	3.657 FOB-m
76/77 % BPL ... ..	N	t	4.086 FOB-m
Tunecinò 65/58 % BPL ... ..	L	t	3.138 CIF
Australiano, 83 % BPL ... ..	L	t	1.756-1.882 FOB
Marroquí, 75 % BPL ... ..	L	t	4.064 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	Precios de diciembre
<b>GRAFITO</b>			
Alemán	N	t	14.942-57.970 FOB-m
Madagascar	N	t	13.149-44.827 FOB-m
Noruego	N	t	9.563-15.500 FOB-m
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	14.823-26.657 FOB-m
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	23.790 FOB-Ce
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	17.367 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	12.014 FOB-Ce
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	23.790 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	12.014 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	8.802 FOB-Ce
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	12.014 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	8.802 FOB-Ce
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.163 FOB-Ce
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	2.391 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	2.152 FOB-m
<b>NITRATOS</b>			
Sódico, o de Chile, mín. 98 %, en lotes de 8 t	L	t	9.278 e-w
<b>PIRITAS</b>			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	1.054-1.133 FOB
Españolas, mín. 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-II
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	(n) CIF
<b>POTASAS</b>			
Cloruro de potasio, 60 % K <sub>2</sub> O:			
Europa, standard, a granel	L	t	5.353-5.472 CIF
USA, standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	63,27 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	(n) FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K <sub>2</sub> O:			
Candiense:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	46,13 FOB-C
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	48,11 FOB-C
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	49,43 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	46,79-53,38 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	49,43 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	51,41-54,70 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	50,75-57,34 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	51,41 FOB-NM
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	52,72
Cloruro de potasio, 62/63 % K <sub>2</sub> O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	48,77-49,43 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	52,72 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K <sub>2</sub> O, a granel	N	t. u. K <sub>2</sub> O	(n) FOB-Fla
<b>SAL COMÚN</b>			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín. de 6 t	L	t	595 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín. de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	5,88 e-w
Sal de salina, en lotes, mín. de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	950 e-w
Sal de salina, en lotes mín. de 6 t a granel, sin secar.	L	t	734 e-w

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
<b>VERMICULITA</b>			
USA	N	t	2.504-4.152 FOB-M
<b>Sudáfrica:</b>			
En crudo	N	t	3.954-5.272 CIF-AT
En crudo embolsada	L	t	3.997-5.330 CIF
<b>WOLLASTONITA</b>			
<b>Para pinturas:</b>			
P <sub>1</sub> , 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	4.579 CIF-E
P <sub>4</sub> , 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	4.996 CIF-E
<b>Para cerámica:</b>			
C <sub>1</sub> , 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	4.520 CIF-E
C <sub>6</sub> , 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	4.461 CIF-E
C <sub>101</sub> , 2 % menor 200 mesh	L y N	t	4.401 CIF-E
<b>Para mastique:</b>			
F <sub>1</sub> , 78 % menor 325 mesh	L y N	t	4.817 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 Estelina.  
 \$: Dólar USA.  
 \$ A: Dólar Australiano.  
 \$ C: Dólar Canadiense.  
 \$ M: Dólar Malayo.  
 D M: Marco Alemán.  
 F: Franco Francés.  
 F B: Franco Belga.  
 l: Lira Italiana.  
 Rand: Rand Sudafricano.  
 Yen: Yen Japonés.

100 FB: 150,98  
 100 L: 8,74  
 100 Yen: 19,56  
 1 DM: 22,77  
 1 FF: 13,33  
 1 \$C: 58,83  
 1 \$: 59,77  
 1 \$A: 84,87  
 1 \$M: 23,62  
 1 Rand: 83,68  
 1 £: 120,85  
 £\$/: 2,022

## 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
279	24330	20-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Murcia.
279	24330	20-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
284	24712	26-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Gerona.
284	24712	26-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Guadalajara.
284	24713	26-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Guadalajara.
284	24713	26-XI-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación del permiso de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Soria.
301	26117	16-XII-75	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de permisos de investigación minera que se citan.
301	26118	16-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
301	26117	16-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se rectifica anuncio relativo al permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
303	26289	18-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Logroño.
303	26288	18-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
303	26288	18-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de León.
303	26289	18-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
7	383	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
7	384	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
7	384	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara.
7	385	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
7	385	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
7	386	8-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
9	557	10-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Zamora.
9	557	10-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Almería.
12	773	14-I-76	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
12	773	14-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Avila.
12	776	14-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Palencia.
PERSONAL				
12	748	14-I-76	Ind.	CESES. Orden por la que se dispone el cese del Jefe del Gabinete Técnico del Ministerio a don Eduardo de la Cruz Alarcó.
12	748	14-I-76	Ind.	NOMBRAMIENTO. Orden por la que se nombra Jefe del Gabinete Técnico del Ministerio a don Adolfo Iranzo González.
HIDROCARBUROS				
275	24005	17-XI-75	Ind.	CORRECCION de errores de la Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se sacan a concurso para su adjudicación 13 permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C subzona a).
285	24807	27-XI-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Arco Exploration, Inc.", al INI de una participación del 25 por 100 en cuatro permisos de investigación de hidrocarburos y el Convenio de Colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
285	24807	27-XI-75	Ind.	DECRETO de un otorgamiento de un permiso de investigación de hidrocarburos en zona A.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
285	24808	27-XI-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de ARCO al INI de una participación del 50 por 100 en tres permisos de investigación de hidrocarburos y el Convenio de Colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
285	24808	27-XI-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de AMOCO al INI y a MEDOSA de un 25 y 9 por 100, respectivamente, en dos permisos de investigación de hidrocarburos, y el Convenio de Colaboración de las tres Sociedades.
293	25499	6-XII-75	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos, por renuncia, seis permisos de investigación de hidrocarburos.
293	25499	6-XII-75	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos los permisos de investigación de hidrocarburos "Golfo de Vizcaya, A. B, C, D, F, G y H".
293	25499	6-XII-75	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos, por renuncia, los permisos de investigación de hidrocarburos sobre las cuadrículas marinas 82-a, 82-b, 91-a, 77-a y 97-a del plano oficial de la Antigua Zona III (Sahara).
293	25505	6-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se declaran francas y registrables determinadas áreas sacadas a concurso.
298	25873	12-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Georex Ibérica, S. A." al INI de una participación del 25 por 100 en un permiso de investigación de hidrocarburos y el convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
298	25873	12-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de ARCO al INI de una participación del 25 por 100 en dos permisos de investigación de hidrocarburos y el convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
298	25874	12-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Texas Pacific Oil Company of Spain" al INI de una participación del 10 por 100 en ocho permisos de investigación de hidrocarburos y el convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
301	26116	16-XII-75	Ind.	ORDEN por la que se declara extinguido por renuncia de su titular el permiso de investigación de hidrocarburos "Inca".
302	26197	17-XII-75	Ind.	ORDEN sobre extinción por renuncia del permiso de investigación de hidrocarburos "Buda".
304	26385	19-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato en que ENPASA, ENPENZA, reconoce el derecho de opción de ESSO a un 50 por 100 de la titularidad en cinco permisos de investigación de hidrocarburos de la zona C, subzona a.
304	26385	19-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Coparex Española, S. A." al INI de una participación del 60 por 100 en dos permisos de investigación de hidrocarburos, y el Convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
304	26385	19-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba la cesión de CIEPSA al "Monopolio de Petróleos" de un 10 por 100 en la titularidad de varios permisos de investigación de hidrocarburos, las adiciones a los Convenios de colaboración relativas a los mismos y las normas que se seguirán para el sondeo "Castillo V".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
304	26386	19-XII-75	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Coparex Española, S. A." al INI, de una participación del 51 por 100 en un permiso de investigación de hidrocarburos y el Convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades.
10	625	12-I-76	Ind.	DECRETO de otorgamiento a CIEPSA de un permiso de investigación de hidrocarburos en Zona A.
10	625	12-I-76	Ind.	DECRETO por el que se otorga un permiso de investigación de hidrocarburos en la Zona C (Subzona a).
10	626	12-I-76	Ind.	DECRETO por el que se otorga un permiso de investigación de hidrocarburos en la Zona C (subzona a).
10	627	12-I-76	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Georex Ibérica, S. A.", al INI de una participación del 40 por 100 de un permiso de investigación de hidrocarburos y el Convenio de Colaboración que regula las relaciones entre ambas Entidades.
10	627	12-I-76	Ind.	DECRETO por el que se otorgan dos permisos de investigación de hidrocarburos situados en Zona C (subzona a).
11	705	13-I-76	Ind.	DECRETO por el que se otorgan dos permisos de investigación de hidrocarburos en la Zona C (subzona a).
11	706	13-I-76	Ind.	DECRETO por el que se otorga un permiso de investigación de hidrocarburos en la Zona C (subzona b).
R E S E R V A S				
276	24079	18-XI-75	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona denominada "Subsector VII-Area 1 (Sn-W/-1)", comprendida en la provincia de Salamanca.
279	24.326	20-XI-75	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona denominada "Subsector XIII-Area 1 (Sn/IV-3)", comprendida en las provincias de Cáceres y Badajoz.
291	25318	4-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para exploración e investigación de recursos geotérmicos de la Sección B), en el área de las provincias de Murcia y Alicante.
292	25411	5-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado, para exploración e investigación del recursos geotérmicos de la Sección B), en una área de la isla de Lanzarote, de la provincia de Las Palmas.
V A R I O S				
285	24799	27-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Luis Figueras Cásula un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de San Amancio, en término municipal de San Feliú de Guixols (Gerona), con destino a riegos.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
285	24800	27-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Miguel Torra Benardich un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía del río Cardoner y de la riera Aiguadora, en término municipal de Cardona (Barcelona), con destino a atenciones de una ganadería.
286	24889	28-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Grupo Sindical de Colonización "San Esteban", número 15.194, un aprovechamiento de aguas subálveas del río Cardoner, en término municipal de Olías (Lérida), con destino a usos domésticos no potables y atenciones de granjas avícolas y ganaderas.
286	24892	28-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don José Tovar Ríos un aprovechamiento de aguas subálveas del río Guadalmedina, en término municipal de Málaga, con destino a usos domésticos potables y atenciones de una granja.
287	24948	29-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Juan Durán Martí un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del torrente Potomás, en término municipal de Piera (Barcelona), con destino a usos domésticos, riegos y atenciones de ganado.
287	24949	29-XI-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Pedro Avellaneda Fábregas un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del río Esplet, en término municipal de Santa Coloma de Farnés (Gerona), con destino a riegos.
291	25310	4-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Miguel Lineras López un aprovechamiento de aguas subálveas de la rambla de Casarones, en término municipal de Rubite (Granada), con destino a riegos.
291	25312	4-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a doña Carmen Gironés Casas un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de Santa Susana, en término municipal de Santa Susana (Barcelona), con destino a riegos de pie.
293	25500	6-XII-75	Ind.	ORDEN por la que se crea un perímetro de protección para las aguas minero-medicinales del Balneario de Ledesma, en el término de Vega de Tirados (Salamanca).
296	25694	10-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Calatayud (Zaragoza) un aprovechamiento de aguas subálveas del río Perejiles, en su término municipal.
303	26288	18-XII-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la declaración mineromedicinal de las aguas de los manantiales que se citan, Delegación Provincial de Granada.
308	26678	24-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Valloparada, S. A.", dos aprovechamientos de aguas subálveas del río Tordera, en término municipal de Tordera (Barcelona), con destino a riego y atenciones de una granja ganadera.
308	26679	24-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a doña Mercedes Margenat Pella un aprovechamiento de aguas públicas subálveas, del torrente Can Elías, en término municipal de Orriús (Barcelona), con destino a riego por gravedad.
309	26721	25-XII-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Valloparada, S. A.", dos aprovechamientos de aguas subálveas del río Tordera, en término municipal de Tordera (Barcelona), con destino a riego por aspersión y atenciones de una granja.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

WILSON, J. L.: *Carbonate facies in Geologic History*. 183 figuras, 30 láminas, 24-16,5 cm., 471 páginas. Springer-Verlag: Berlín, Heidelberg, New York. ISBN 3-540-07236-5.

El presente libro está escrito por el Dr. James Lee Wilson, de la Rice University, U.S.A. Consta de 12 capítulos, una introducción, una amplia bibliografía, y una serie de 30 láminas de microfotografías de diversas facies de carbonatos.

Como indica el autor en la introducción, hemos avanzado mucho en la comprensión de los procesos de origen, litificación y diagénesis posterior de los carbonatos; sin embargo, este progreso se ha realizado fundamentalmente en el campo de la mineralogía, diagénesis y petrología, como son buena prueba de los libros de Bathurst (1971) y Milliman (1974) entre otros, mientras que el estudio de las secuencias verticales, su distribución lateral y las interpretaciones de medios sedimentarios ha quedado retrasada con respecto a los anteriores campos.

El libro del Dr. Wilson trata de llenar este vacío y lo hace con un buen planteamiento y gran honestidad al escoger los ejemplos. Se encuentra dividido en tres partes.

Los tres primeros capítulos revisan los conceptos establecidos sobre sedimentología, estratigrafía y petrología de los carbonatos; hace resaltar puntos importantes y no siempre bien comprendidos, como que la sedimentación abundante de carbonatos tiene un origen orgánico inmediato o mediato y que, además, es autóctona, esto es, originada en la propia cuenca y que el proceso sedimentario es rápido, localizado y discontinuo.

En esta primera parte del libro se pone de manifiesto el carácter sistemático que el autor ha querido darle, pues establece 9 tipos de asociaciones de facias, 24 microfacies standard y 23 tipos de edificios de carbonatos, lo que ayuda a la correcta definición y descripciones inteligibles de los tipos de carbonatos y sus relaciones faciales.

La segunda parte del libro, compuesta por los capítulos 4 al 11, es una larga revisión de ejemplos de asociaciones de carbonatos ordenadas cronológicamente y de muchas partes del mundo. Como ya reconoce el autor, la serie de ejemplos es incompleta, restringida en su mayor parte a su experiencia profesional. Así, se echan de menos algunas descripciones de los estromatolitos precámbricos y de los arrecifes con arqueociátidos cámbricos. Sin embargo, los ejemplos son en su mayoría significativos, ex-

tensamente tratados de forma inteligible y con buenos intentos de interpretación de los medios de sedimentación, las relaciones entre las subfacies y las influencias tectónicas.

De especial interés para los investigadores españoles pueden ser las descripciones de las facies Waulsortian del Carbonífero inferior de Inglaterra, del Jurásico superior del Jura, de la cuenca Williston de Montana y de los arrecifes de Rudistas del Cretácico en México y Oriente Medio.

El capítulo final, a modo de resumen, consiste en una enumeración de 9 asociaciones típicas de carbonatos en diversas posiciones dentro de la cuenca, a las que se asocian las microfacies standard antes mencionadas y unas consideraciones sobre los parámetros que controlan y modifican la sedimentación de carbonatos.

La creación de estos modelos, aunque pueda parecer aventurada como ya indica el autor en la introducción es algo necesario en la interpretación de medios; el empleo de facies descritas con un sentido mixto descriptivo y genético es también arriesgado, pero sólo el uso puede perfeccionarlas y demostrar su verdadero valor.

En resumen, es un libro innovador, un nuevo enfoque de la interpretación de las series de carbonatos que promete ser muy fructífero, aunque sus métodos deben emplearse cautelosamente: no es un recetario a aplicar sino una base para más fecundas síntesis tras unos estudios al menos tan detallados como los realizados por el autor. Una ayuda bienvenida para sedimentólogos, petrólogos y geólogos en general que se enfrentan con el apasionante problema de la reconstrucción paleogeográfica de las series de carbonatos.—A ARCHE.

FÉLIX MIGUEL MARÍN: *Nueva solución trigonométrica para la corrección de buzamientos sobreimpuestos en capas deformadas*. Acta Geológica Hispánica, t. X, número 3, págs. 101-103 (1975).

Presenta una solución trigonométrica al problema de las dos inclinaciones, así como un programa FORTRAN IV para el procesado automático de los datos a corregir.—L.

S. ROBLES OROZCO: *Síntesis de la evolución estratigráfica y tectónica de los materiales secundarios del bloque del Cardó y sectores adyacentes (Provincia de Tarragona)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, páginas 59-66 (1975).

Sintetiza las características estratigráficas, tectónicas y

paleogeográficas de una porción de la Cordillera Costera Catalana, situada en la mitad meridional de la provincia de Tarragona.

Diferencia los dominios estratigráficos del Jurásico-Cretácico. En el dominio norte la serie estratigráfica jurásica queda interrumpida a partir del Bajocense. Sobre los materiales de este piso o incluso sobre el Lías Superior, yace un tramo de facies Utrillas y una serie marina y de transición del Cretácico Superior. El dominio meridional posee una serie jurásica, completa a grandes rasgos y una serie cretácica hasta el Aptiense.

Ambos dominios coinciden con dos unidades tectónicas bien diferenciables. La unidad septentrional presenta una estructura muy influida por la del zócalo. La meridional tiene una estructura propia y caracterizada por su despegue a nivel del Trías y corrimiento hacia el N-NNW.—L.

## GEOFISICA

J. L. ASTIER: *Geofísica aplicada a la hidrogeología*. En rústica 344 págs., 237 figs. Editorial Paraninfo, Madrid, 1975.

“A finales de este siglo, el agua de buena calidad será rara, por causa de varios fenómenos inquietantes: explosión demográfica, desarrollo industrial, polución... Por este motivo, el concepto, aparentemente moderno, de aprovechamiento hidráulico de una cuenca por combinación de las aguas superficiales y subterráneas se ha quedado estrecho. Hay que sustituirlo por el concepto de aprovechamiento de una zona en función del agua. Se acaba la era del aprovechamiento de las aguas superficiales y comienza la de explotación de las aguas subterráneas. Afortunadamente, los recursos hidráulicos subterráneos de nuestro planeta son muy superiores a los de superficie. Es una nueva frontera que se ofrece a la humanidad y, en especial, al tercer mundo. Los capitales del sector privado deberán añadirse rápidamente a las inversiones del sector público para movilizar y salvaguardar este precioso recurso natural que es el agua subterránea.”

Nada más elocuente que las líneas que preceden, entresacadas del prólogo de la obra “Geofísica aplicada a la Hidrogeología”, de J. L. Astier y que nos ofrece Editorial Paraninfo en traducción de A. del Río y revisión de E. Orellana.

El libro está especialmente dirigido a los hidrogeólogos y a los geólogos, ingenieros y geofísicos que, ocasionalmente, se ocupen de investigaciones hidrológicas en el marco de trabajos de ingeniería civil o agronómica. Su finalidad es aportarles los conocimientos necesarios para sacar el máximo rendimiento de los documentos geofísicos

que con frecuencia les son transmitidos por geólogos especializados en petróleo o minería, para elegir el método más adecuado a la resolución de sus problemas, ayudándoles ocasionalmente a calcular el orden de magnitud de la anomalía esperada, para discutir programas de prospección o testificación con los geofísicos de empresas especializadas, para comprobar si las medidas de campo se realizan correctamente y, en fin, para discutir la interpretación con los geofísicos y participar en la fase final del trabajo, es decir, en la traducción en términos geológicos de los resultados.

También, quizás, puede aportar a los nuevos geofísicos y a los ya expertos poco familiarizados con la Hidrogeología, ciertas informaciones de problemas específicos de esta disciplina, y sobre los resultados que, quienes efectúan investigaciones hidrológicas, esperan de una campaña de Geofísica.

La obra está dividida en tres partes: 1.º) Los métodos de Prospección Geofísica, 2.º) La Prospección Geofísica aplicada a la Hidrogeología y 3.º) La testificación geofísica de perforaciones.

En la primera parte se pasa revista a casi todos los métodos de prospección. Se ha dedicado gran espacio a los dos métodos más empleados en Hidrogeología, sondeos eléctricos y sísmica de refracción, pero también se consideran métodos que rara vez se utilizan con esta finalidad. En efecto, se ha creído conveniente explicar, por ejemplo, lo que son un mapa de áreas telúricas o un mapa magnético reducido al polo, ya que el hidrogeólogo encargado del estudio de una cuenca en que se hayan efectuado investigaciones mineras o petroleras, puede encontrar documentos de este tipo en los correspondientes informes que, si saben utilizarlos, pueden suministrarle abundante información. Por el contrario, otros métodos relativamente recientes como el de polarización inducida o el método magneto-telúrico, no se ha creído conveniente explicarlos porque apenas se utilizan en Hidrogeología.

La segunda parte considera los problemas específicos de la Hidrogeología, procurando poner de manifiesto las posibilidades de resolver cada uno de ellos que tienen los diversos métodos. No hay que olvidar que en muchos trabajos geofísicos de investigación hidrogeológica no se emplea la sísmica de reflexión, con frecuencia el método más eficaz, dado que para el presupuesto del trabajo resulta excesivamente costosa con las actuales técnicas de campo.

En lo referente a la testificación geofísica de perfecciones, se exponen en primer lugar los principios y posibilidades de los diferentes métodos para, en el último capítulo, tratar de su aplicación a la Hidrogeología. También aquí, se explican métodos que el hidrogeólogo no podrá emplear normalmente por carecer de los medios necesarios, pensando que los correspondientes registros pueden proporcionárselas en muchos casos especialistas en métodos petroleros o mineros.

Se han evitado sistemáticamente los desarrollos matemáticos, limitándose a dar las fórmulas indispensables para el cálculo del orden de magnitudes de las anomalías o para una interpretación restringida a los resultados principales. Por otra parte, en los ejemplos reales de prospecciones, se han preferido en muchos casos ejemplos calculados que ponen mejor de manifiesto la importancia relativa de las variaciones de los diferentes factores.

Al final de cada capítulo se incluye una bibliografía de los documentos a que puede hacerse referencia para mayor información sobre el tema.

La obra está cuidadosamente editada, en una extraordinaria profusión gráfica, como atestiguan sus 237 figuras y cuadros que tanto ayudan en este tipo de obras a la mejor comprensión del texto.—APARICIO.

## QUIMICA

JOSÉ M. MATAS-PERELO, JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Nota referente a la bibliografía sobre los óxidos de Cataluña*. Acta geológica Hispánica, t. X, núm. 3, págs. 89-100 (1975).

Presenta una recopilación bibliográfica sobre los óxidos de Cataluña. Consta de tres listas ordenadas respectivamente, por autores, especies minerales y localidades. Entrando por cualquiera de las tres se encuentra la correspondiente referencia numérica a las otras dos, de tal manera que puede localizar fácilmente cualquier dato que se busque.—L.

## CRISTALOGRAFIA

AURELIO ALVAREZ-PÉREZ, JUAN A. CAMPA-VIÑETA y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Estudio morfológico, mediante luz reflejada, de piritas procedentes de mina “SOLITARIA” (Arrés, Vall D’Arán, Lérida)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 3, págs. 104-108 (1975).

Han estudiado e interpretado los diferentes tipos de cristales de pirita, encontrados en el yacimiento de la Mina “Solitaria” (Arrés, Vall d’Arán, Lérida).—L.

XAVIER SOLANS, MANUEL FONT-ALTABA: *Programa para efectuar los cálculos geométricos de una estructura cris-*

*talina*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 3, páginas 116-117 (1975).

Han elaborado los autores, un programa para con un ordenador de tipo medio calcular las posiciones equivalentes de los átomos de la unidad asimétrica en la celda fundamental, las distancias y ángulos inter e intra-moleculares, así como sus desviaciones patrón, y los planos medios determinantes de los átomos de la unidad asimétrica o parte de ella. Estos cálculos los efectúan a partir de los parámetros de la red y de las coordenadas, con sus desviaciones patrón.—L. DE A.

JUAN A. CAMPA-VIÑETA, AURELIO ALVAREZ-PÉREZ, JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Estudio, mediante luz reflejada, de las maclas de calcopiritas metamórficas procedentes de mina “Saubader” (Vall D’Arán, Lérida)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 55-58 (1975).

Describen la morfología de las maclas observadas en calcopiritas metamórficas procedentes de la Vall D’Arán (Lérida, España). Las maclas son de dos tipos: 1. Maclas lineales engendradas por un mecanismo de deformación; 2. Maclas irregulares debidas a la aparición de una fase polimórfica de la calcopirita. La interpretan en relación con los procesos metamórficos.—L. DE A.

## PETROLOGIA

J. CARRERAS P. F. SANTANACH PRAT: *Precisiones acerca de la significación petrológica y estructural de las rocas gneissicas y cataclásticas del Maresme (prov. de Barcelona)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, páginas 49-54 (1975).

Estudian pequeños afloramientos de rocas metamórficas y cataclásticas ubicadas en el granito herciciano de la Cadena Costera Catalana al NE de Barcelona. Tras una breve síntesis de las diversas ideas emitidas sobre la génesis de estas rocas realizan un estudio comparativo de las mismas. De él infieren la presencia de dos grupos de rocas de significación petrogenética y tectónica distinta: 1) Los gneises de Mataró, resultantes del metamorfismo polifásico progresivo herniniano de sedimentos del Paleozoico inferior y 2) las rocas cataclásticas de Caldetes, ligadas a J. POLVORINOS, M. A. HOYOS, R. COY-YLL: *Hidrólisis herciniano posttectónico, acompañadas de transformaciones hidrotermales en mayor o menor grado*.—L. DE A.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será 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.

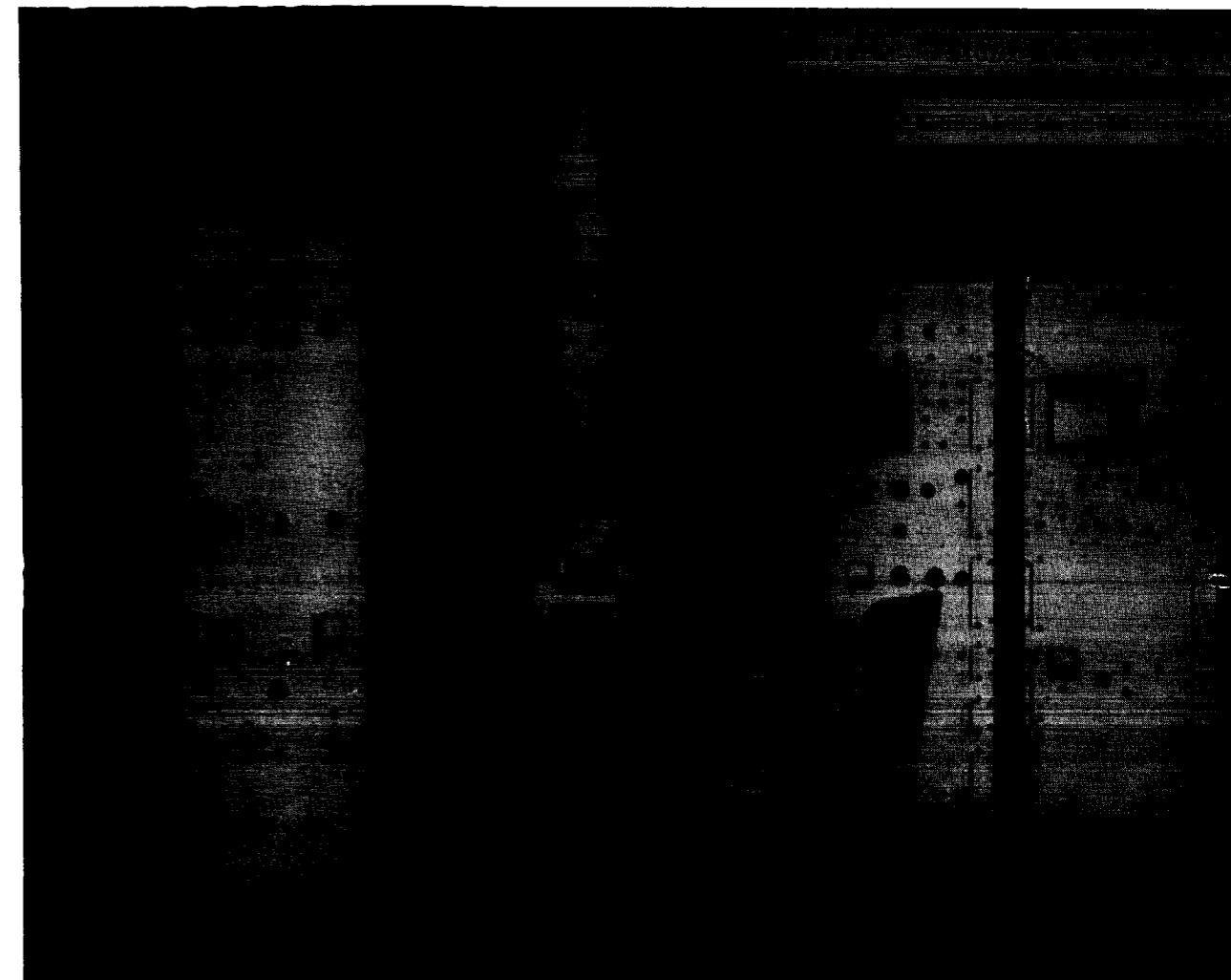
---

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

# 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.

---

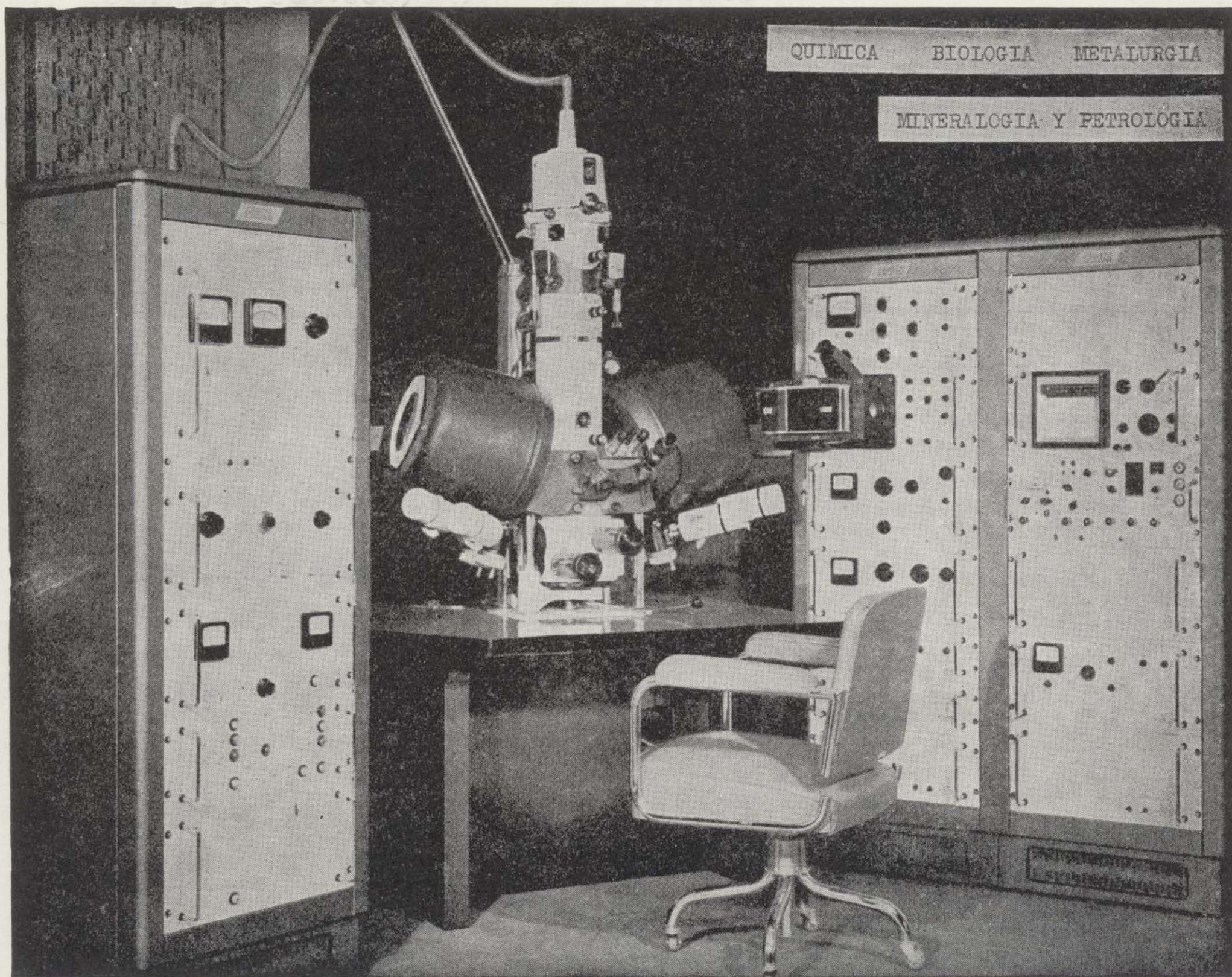
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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



## COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

**Precio de cada ejemplar, 300 ptas.**

ULTIMOS VOLUMENES PUBLICADOS

### Monografías de sustancias minerales:

Antimonio, Barita, Circonio, Esquistos bituminosos, Litio, Niobio, Sal gema y Tántalo.

### Monografías de rocas industriales:

Arenas y gravas; Asbestos, talco y pirofilita; Bauxita y laterita; Dunita y olivino; Pizarras; Rocas silicoaluminosas; Vidrios volcánicos.

### SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)..

### INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3).

ESTADISTICA DE CONSUMO  
Y DISTRIBUCCION DE  
CARBONES 1.973



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

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.

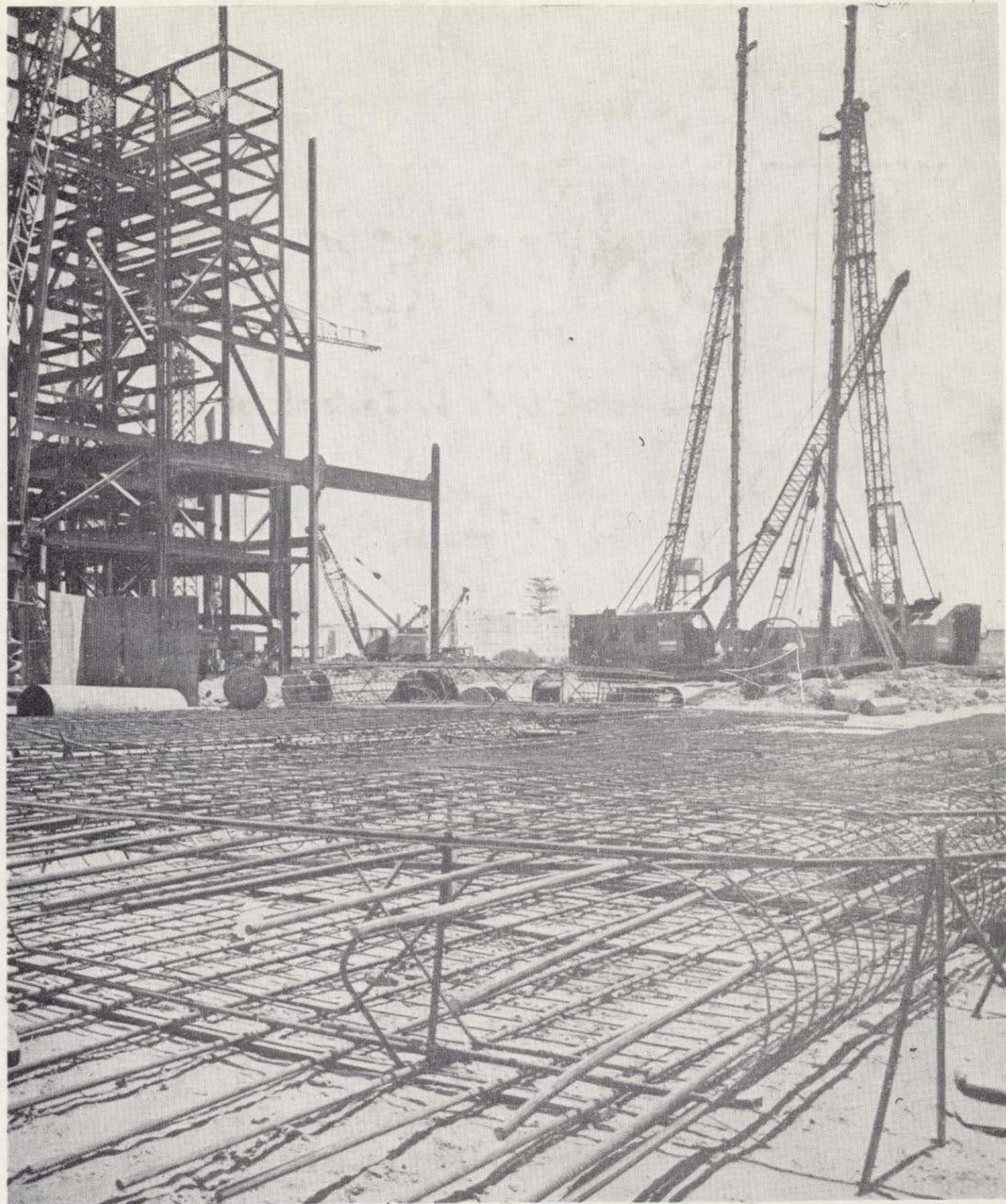
DELEGACIONES EN:

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

EL AAIUN (Sahara)



- \* SONDEOS DE RECONOCIMIENTO
- \* SONDEOS MINEROS
- \* 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 m<sup>2</sup>.

# KRONSA

#### OFICINAS CENTRALES

MADRID-20  
Comandante Zorita, 2 - 4º  
Telefs. 2549400 y 2531900  
Edificio ATYKA  
Telex: AGREC - 23332  
Teleg. KRONINTER

#### 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