

II/2-4-1

16 OCT. 1978

En este número:

- Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la unidad Víboras (mantos alpujárrides, NW Sierra Nevada).
- Sobre el estudio de la geometría de estructuras de plegamiento.
- Aplicación de la teoría de la variable regionalizada a la estimación puntual de una discordancia en el yacimiento de fluorita de la Viesca.
- Mineralizaciones de cobre de origen volcánico sedimentario en la zona de Alanís (Sevilla).
- Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica de las aguas de la zona Oriental de la Hoja geológica núm. 377, Burgo de Osma (Soria). XVI.
- Contenido de Th 232 radiogénico en minerales de uranio.
- Contribución al estudio mineralógico y térmico de la gratonita de Riotinto (España).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXIX, Cuarto Fascículo. Julio - Agosto 1978

boletín geológico y minero

7802197
7802198
7802199
7802200

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





INI
 empresa nacional adaro
 de investigaciones mineras, s.a.

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



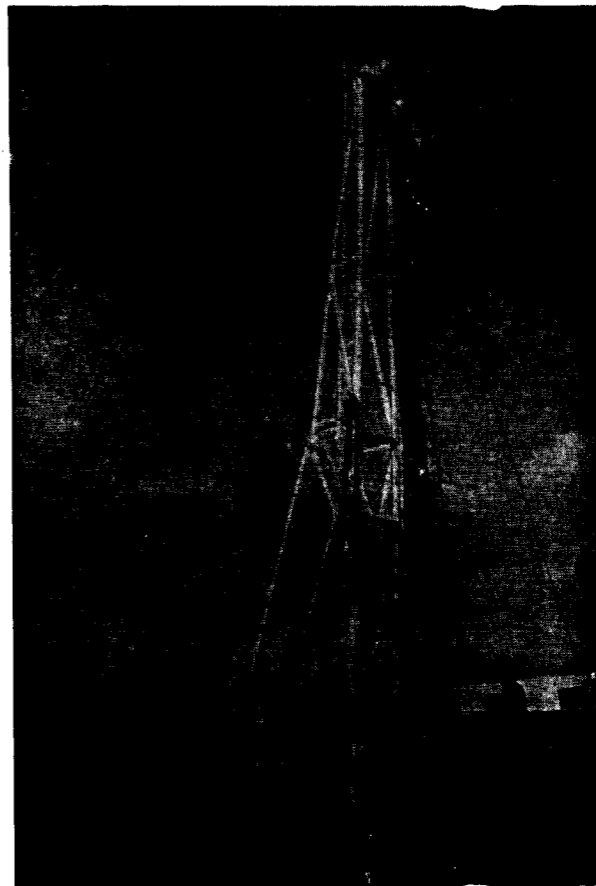
domicilio social y gerencia:
 serrano, 116. madrid-6
 ☎ 262 41 10*

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

**geológicos
 minerales
 hidrogeológicos
 geotérmicos
 geotécnicos**

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

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



**ALUMBRAMIENTO
 DE AGUAS
 SUBTERRANEAS**

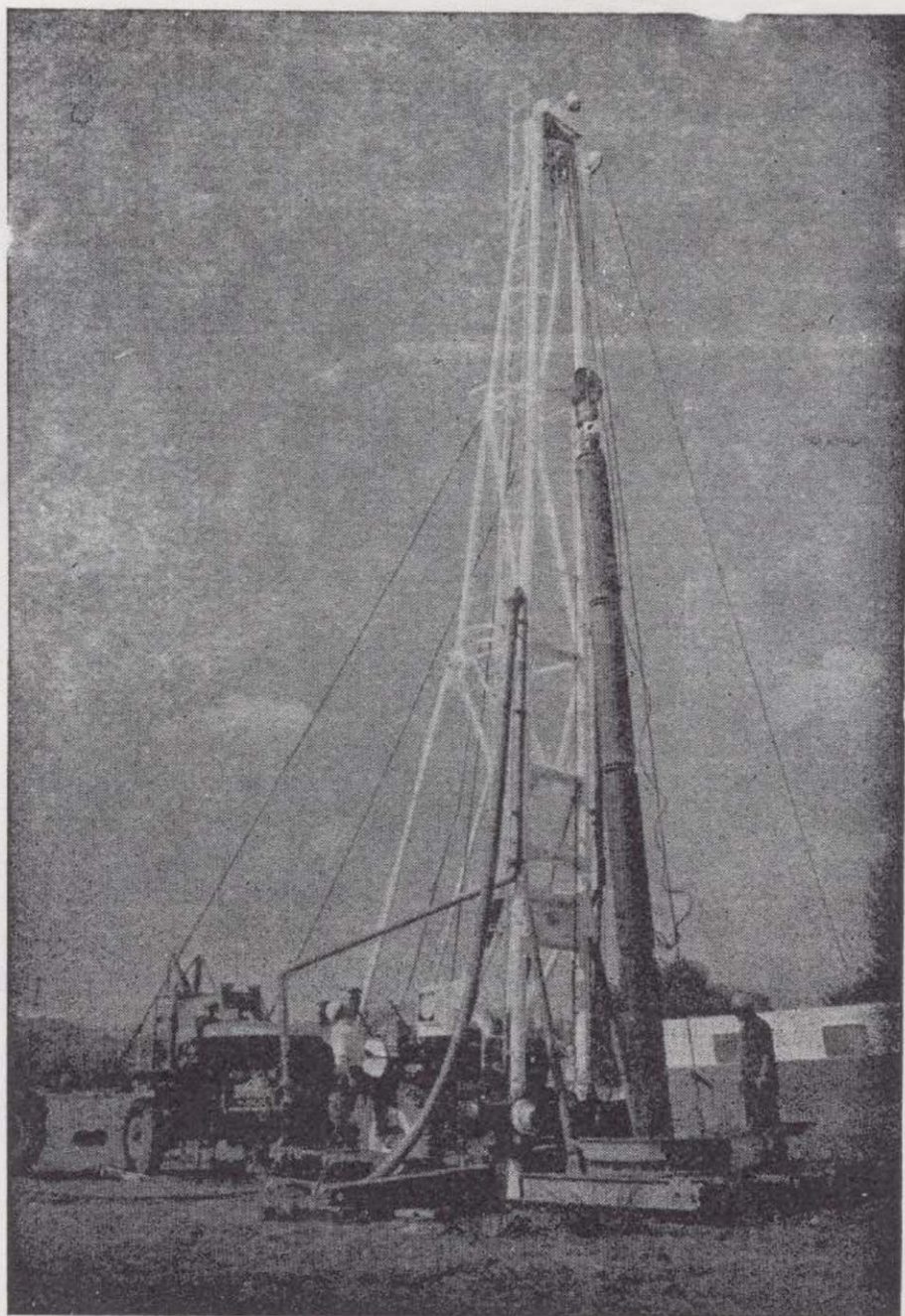
- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento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

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
M A D R I D - 1 6

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

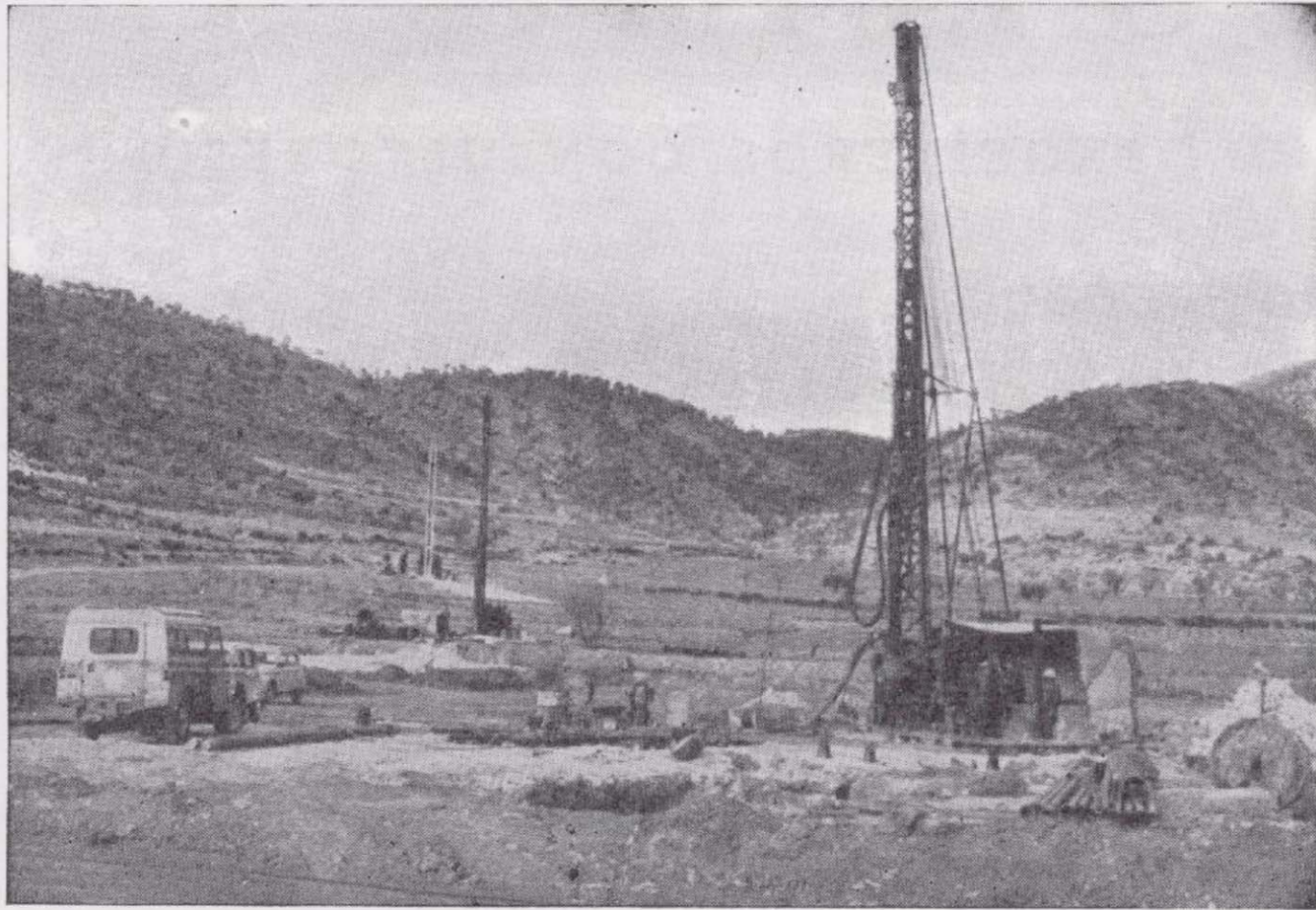
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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.

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

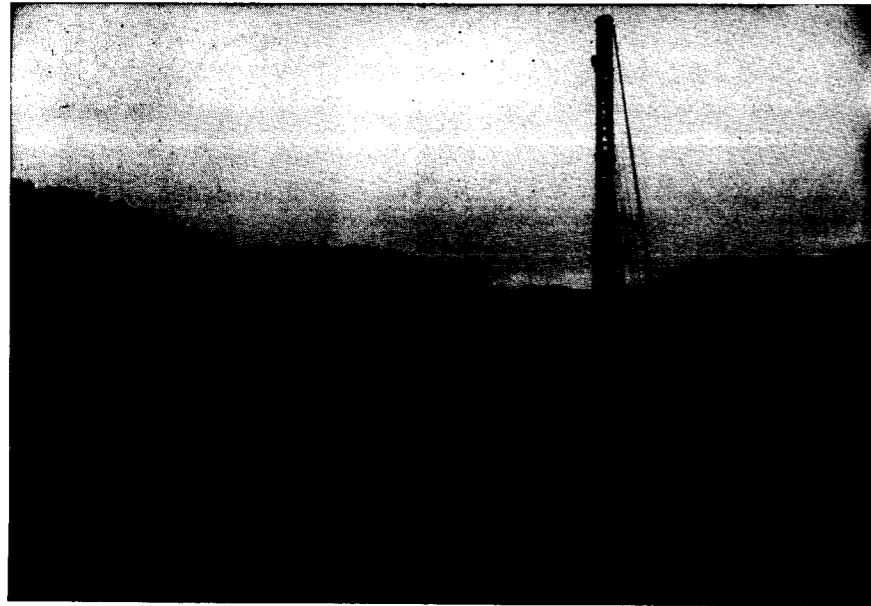
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

RODES-SONDEOS, S. L.



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

★ ★ ★

RODES - SONDEOS, S. L.

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 800983

VILLENA (Alicante)

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

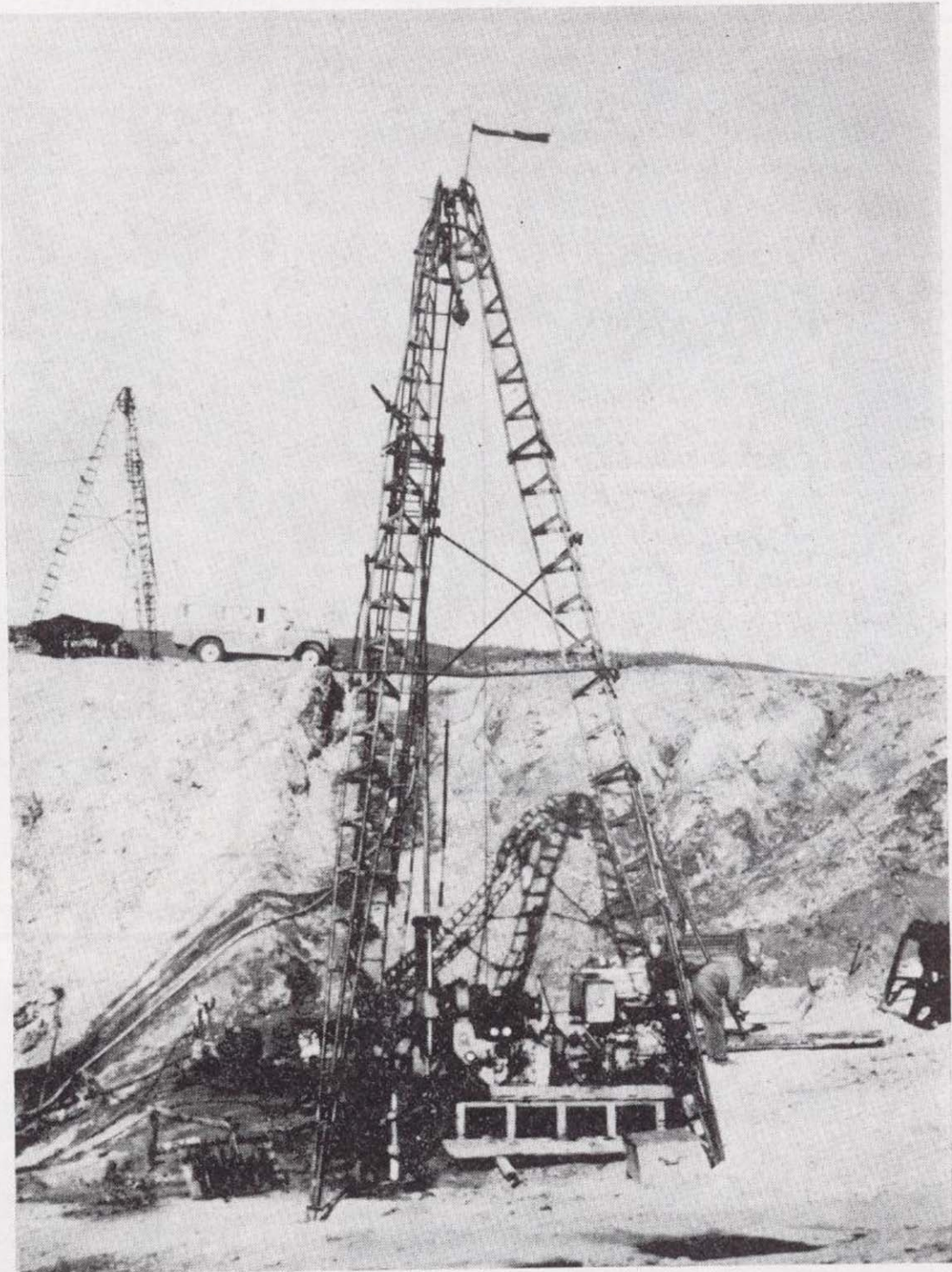
ESTUDIOS DE:

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

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

TERRATEST

equipos
adecuados
a
cada
problema
manejados
por
expertos



SONDEOS DE EXPLORACION MINERA Y GEOLOGICA

- Recuperación continua de testigo con métodos wire-line o convencional. Sistemas especiales para rocas poco consistentes. Perforación con tricono o martillo de fondo y recuperación de detritus.
- Estudios y control de perforación de sondeo. Mediciones de inclinación y desviación y orientación de testigos.
- Sondeos geotécnicos para la industria de la Construcción.



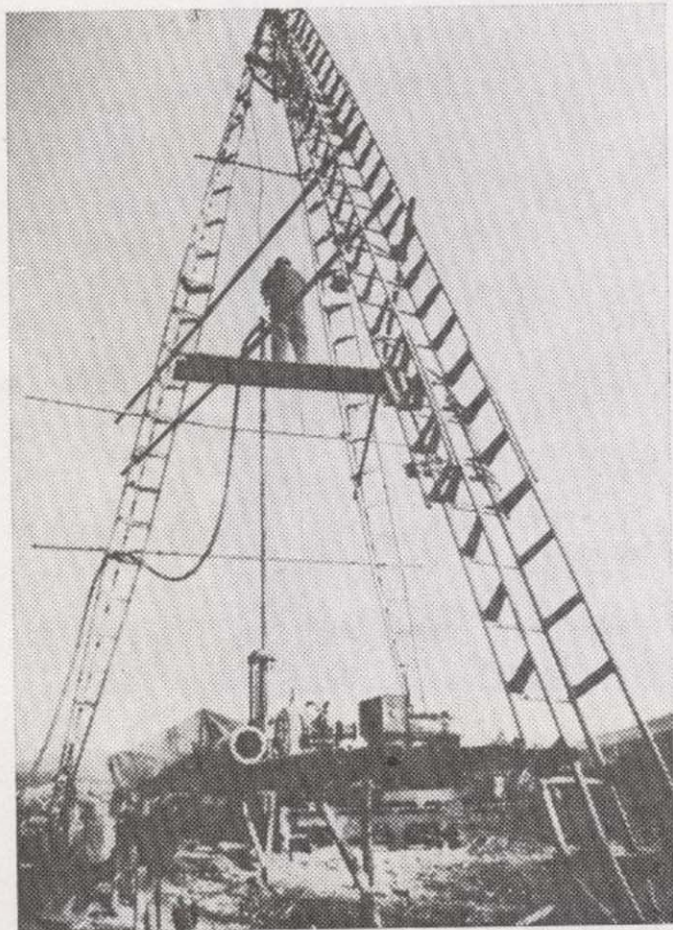
Oficina Principal

MADRID: Avda. de José Antonio, 70 - 6º. Teléfono 248 68.00

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.



MINERIA.

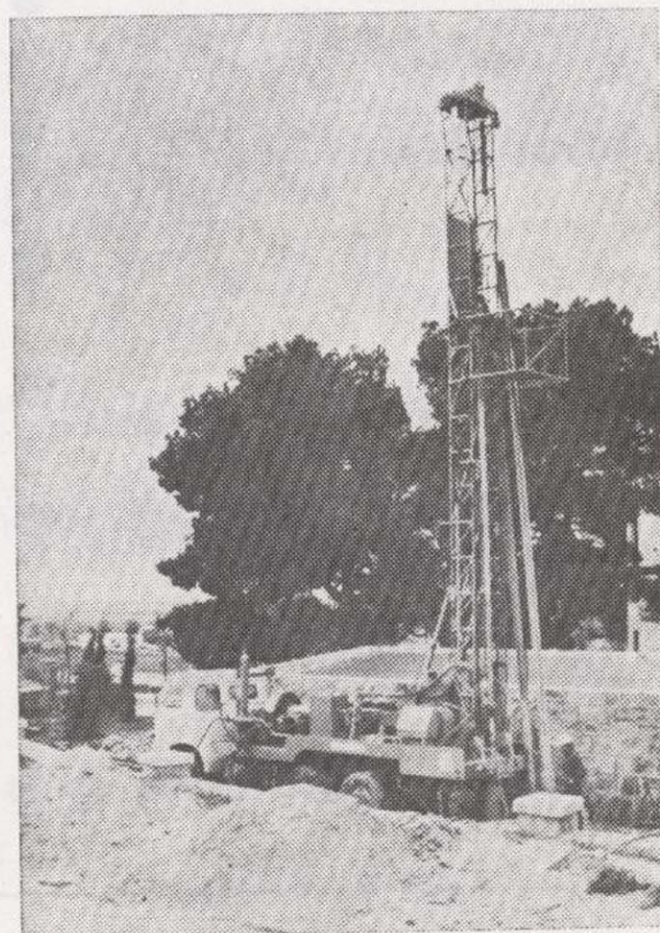
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.

ESTRATIGRAFICOS.

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESPECIALES, ETC.

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

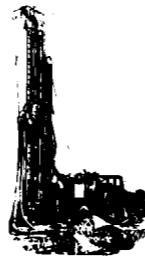


LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07-MADRID-6



Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

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



 **Vegarada**

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



Pb-10

Tomo 89

Fascículo IV

Julio - Agosto 1978

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	J. M. MARTÍN: Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la unidad Víboras (mantos alpujárrides, NW Sierra Nevada)	1
	E. ROJAS PACHECO: Sobre el estudio de la geometría de estructuras de plegamiento	18
Minería	E. MIGUEZ MARÍN, M. ALFARO SIRONVALLE y L. TEJERINA LOBO: Aplicación de la teoría de la variable regionalizada a la estimación puntual de una discordancia en el yacimiento de fluorita de la Viesca	25
	A. GARCÍA VÉLEZ: Mineralizaciones de cobre de origen volcánico sedimentario en la zona de Alanís (Sevilla)	33
Aguas Subterráneas	F. DE PEDRO HERRERA, C. ALVAREZ HERRERO y J. A. GARCÍA MARGARIÑO VÁZQUEZ: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica de las aguas de la zona Oriental de la Hoja geológica núm. 377. Burgo de Osma (Soria). XVI	42
	L. GARZÓN RUIPÉREZ: Contenido de Th 232 radiogénico en minerales de uranio	67
Energía	A. LA IGLESIA, M. DOVAL, M. V. GONZÁLEZ y R. RODRIGALVAREZ: Contribución al estudio mineralógico y térmico de la gratonita de Riotinto (España)	71
Estudio de minerales y rocas	La enseñanza de la minería en el Mundo Hispánico (Noticias históricas).—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	77
Información		

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

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

Estrías de falla en el granito de dos micas de Mijares; Burgohondo (Avila),
Sistema Central Español.

Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-VIII-1978

Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la unidad Víboras (mantos alpujárrides, NW Sierra Nevada)

Por J. M. MARTIN (*)

RESUMEN

Los materiales carbonatados triásicos de la unidad Víboras se interpretan como depositados en un ambiente de llanuras de mareas, con predominio de la sedimentación carbonatada, en el que ocurren subsidencias diferenciales que individualizan "lagoons", que son lentamente colmatados en las fases regresivas.

Estos depósitos de llanuras de mareas y de relleno de "lagoons" sufren, con posterioridad a su sedimentación, una serie de transformaciones diagenéticas algunas de las cuales están en relación muy directa a los ambientes y tiempo de depósito y otras son muy posteriores.

Entre las primeras destacan las costras dolomíticas formadas en el ambiente supramareal y los procesos de dolomitización y mineralización de las facies de relleno de los "lagoons".

Las posteriores más importantes son la dolomitización basal, que está en relación con el metamorfismo, y las removilizaciones de diversa naturaleza asociadas a la etapa tectónica final de distensión.

ABSTRACT

In a tidal flat environment with a major carbonate sedimentation pattern occurs from time to time different subsidence movements; as a result of them, some lagoons appear. These lagoons will be slowly and completely covered by sediments in the regressive cycles.

These tidal flats and lagoon deposits, Triassic in age, undergo some diagenetic changes after their sedimentation. Some of them are directly related with the deposition time and environment; others appear much later.

Between those in the first group we must point out the dolomitic crusts, formed in the supratidal area, and the dolomitization and mineralization processes that affect the lagoon-fillings.

The latest diagenetic transformations of importance are the dolomitization of the base, in relation with the metamorphism, and the various void-filling deposits of different nature associated with the final tectonic movement of straining.

INTRODUCCION

La unidad Víboras es la unidad alpujárride más inferior que aflora en el borde NW de Sierra Nevada. En dicho sector aparece subdividida en tres escamas, de las cuales, sólo las dos más superiores tienen interés metalogenético.

El estudio de las mineralizaciones, de origen sedimentario, a ellas asociadas fue objeto de trabajos anteriores (ARANA *et. al.*, 1975, ARANA *et. al.*, 1976, MARTÍN *et. al.*, 1976), en los que fueron además am-

pliamente descritas las características estratigráficas y estructurales de estos materiales. En este trabajo se trata exclusivamente de aquello que pueda ser de especial interés para comprender su evolución diagenética, remitiendo al lector a los trabajos anteriores para cuestiones más generales.

LOCALIZACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

Para este estudio se ha seleccionado una de las escamas, la intermedia, por ser la de más amplia representación en este sector y la que más completa

(*) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

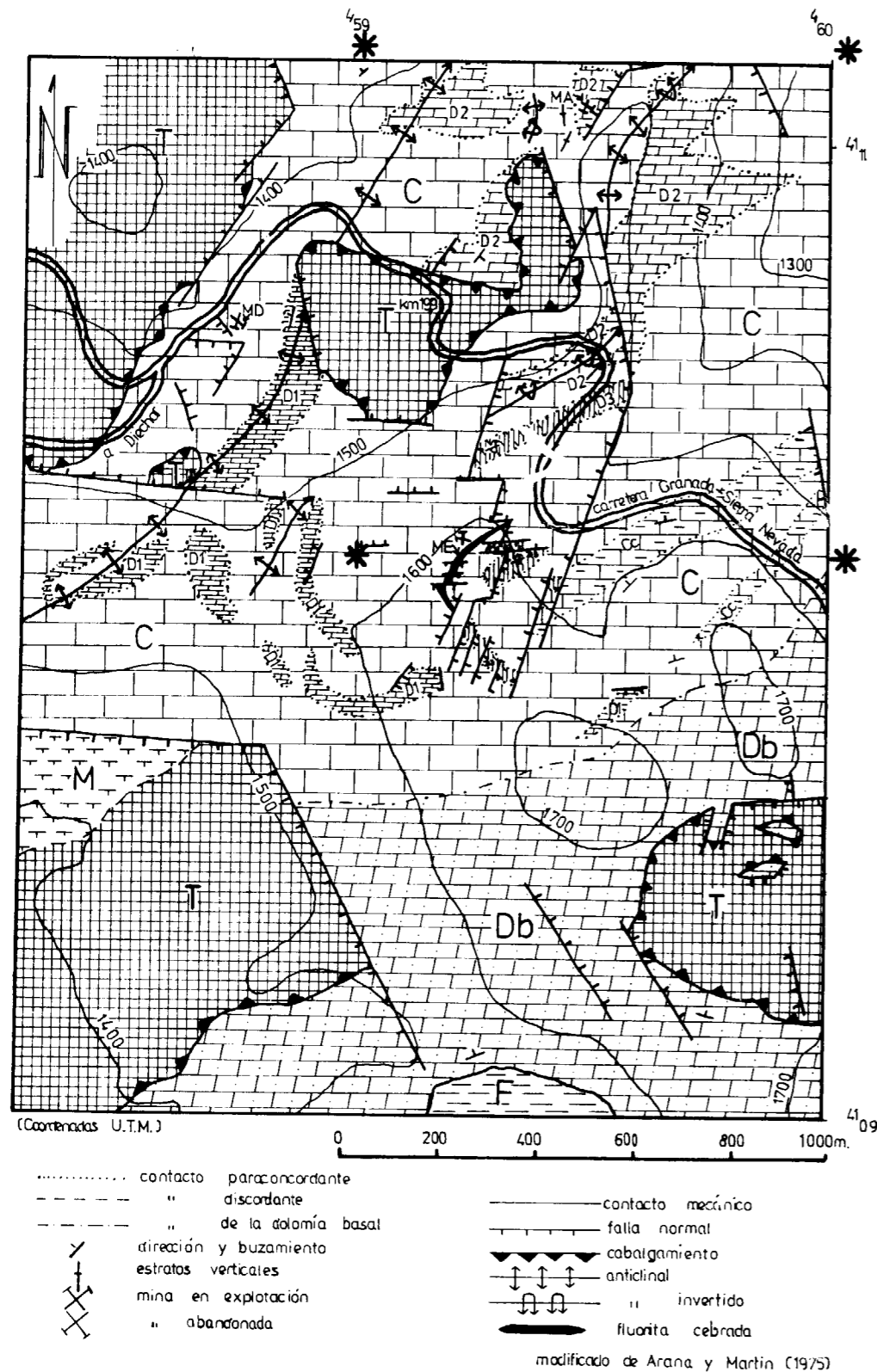


figura 1

Esquema cartográfico general de la zona.
 unidad Viboras (Escama intermedia): F. filitas; Db: dolomías basales; Cc: calcoar-cilitas; D1, D2 y D3: intercalaciones dolomíticas.
 Mineralizaciones: M. A.: Minas del Aguila (Zn); M. D.: Minas de Diechar (Fluorita); M. E.: Mina Eduardo (Fluorita cebrada).
 T: Mantos y escamas tectónicamente superpuestas.
 M: Materiales miocenos (postectónicos).
 El esquema de distribución de facies (ver figura 3) ha sido trazado en la zona entre asteriscos del ángulo superior derecho.

información ha podido suministrar. El estudio se ha localizado en los afloramientos que dicha escama presenta junto a la carretera general de Granada a Sierra Nevada, aproximadamente entre los kilómetros 19 (desvío a Diechar), y 22 (barranco de las Víboras).

Se adjunta un esquema cartográfico de la zona, modificado del existente en el trabajo de ARANA *et al.* (1975), en el que se han resaltado los distintos cuerpos dolomíticos cartografiados.

Resumen de las características estratigráficas.

Sobre un tramo basal de filitas (F) con algunas intercalaciones cuarcíticas, de edad permo-werfense, descansa un potente tramo calizo-dolomítico atribuible al triás medio-superior.

En este último se distinguen un paquete de dolomías basales (Db) de unos 200 metros de potencia máxima, y un potente paquete calizo (C) de más de 400 metros constituido fundamentalmente por laminitas, de las que se diferencian algunas intercalaciones calcoarcellosas hacia la base (Cc), y varias intercalaciones dolomíticas (D1, D2 y D3) hacia los tramos intermedio-superiores.

Resumen de las características estructurales.

Durante la orogenia alpina todos estos materiales fueron plegados, y metamorizados hacia la base.

Hay varias etapas de plegamiento superpuestas la más importante de las cuales es la de dirección N 60, que lleva asociada la diferenciación en escamas.

La etapa de corrimiento de los mantos y superposición de otras unidades tectónicas se sitúa con posterioridad a las principales de plegamiento.

La etapa final es de distensión con desarrollo de varios juegos de fallas normales. Algunas de ellas son fallas anteriores (inversas y de desgarre) reactivadas.

METODOS DE TRABAJO Y TECNICAS UTILIZADAS

El trabajo ha consistido, fundamentalmente, en un estudio petrológico detallado de más de doscientas láminas delgadas procedentes del área en cuestión.

Junto al microscopio petrográfico normal, se ha utilizado la técnica de tinción con "Alizarina" para

diferenciar calcita de dolomita y la de tinción con "Ferricianuro potásico" para descubrir la existencia de posibles calcitas y/o dolomitas con ion ferroso incorporado en su estructura cristalina (FRIEDMAN, 1959). Esta última técnica no dio resultado positivo alguno, por lo que se puede afirmar que las calizas y dolomías de la zona son no-ferruginosas.

El difusor (DELGADO, 1977) permitió identificar con seguridad la textura caliza original en dolomías no recrystalizadas.

La cátadoluminiscencia se empleó para diferenciar posibles rellenos de antiguos espacios vacíos de zonas que hubiesen sido recrystalizadas. Esta última técnica consiste esencialmente en hacer incidir, en una cámara de vacío, un haz de electrones sobre la lámina delgada perfectamente pulida y sin cubrir. El haz de electrones excita los iones Mn⁺⁺ incorporados en la red de la calcita y/o dolomita y provoca la emisión de un haz luminoso cuya intensidad depende del valor de la concentración de ion Mn⁺⁺ presente en la red de los citados minerales. Esto permite diferenciar para el caso de los rellenos una serie de zonaciones que corresponden a diferentes etapas de crecimiento de los cristales.

Hay que señalar que la muestra puede ser no luminescente en absoluto, aunque exista Mn⁺⁺, si hay también presentes Fe⁺⁺ y/o Co⁺⁺ y/o Ni⁺⁺ en la red cristalina de los minerales carbonatados constituyentes.

Como último objetivo se han aplicado los resultados de esta técnica para correlacionar dolomías procedentes de puntos muy distantes, entre sí, en la zona.

DISCUSION

DESCRIPCIÓN DE LAS FACIES CARBONATADAS.

Antes de abordar de lleno los problemas diagenéticos es necesario trazar la distribución espacial y temporal de facies, a fin de poder luego diferenciar aquellos fenómenos diagenéticos que tengan una relación directa a un determinado ambiente de depósito o a una determinada facies, es decir, que vengan controlados más o menos directamente por la sedimentación, de aquellos que sean claramente independientes, y que normalmente van a ser también muy posteriores a la sedimentación en sí.

Como se ha dicho la facies caliza más abundante es la de laminitas. Estas se presentan al microscopio

pio constituidas por una alternancia de lechos negros, ricos en materia orgánica y lechos más claros (grises) ricos en sedimento, normalmente de naturaleza micrítica. Hay niveles con concentración de pelets. Estos suelen tener un diámetro

Cabe señalar la presencia muy local de niveles pelíticos que contienen moldes de antiguas evaporitas, posiblemente anhidrita, de tamaño variable (de 0,2 mm a 1 cm), actualmente rellenos por dolomita.

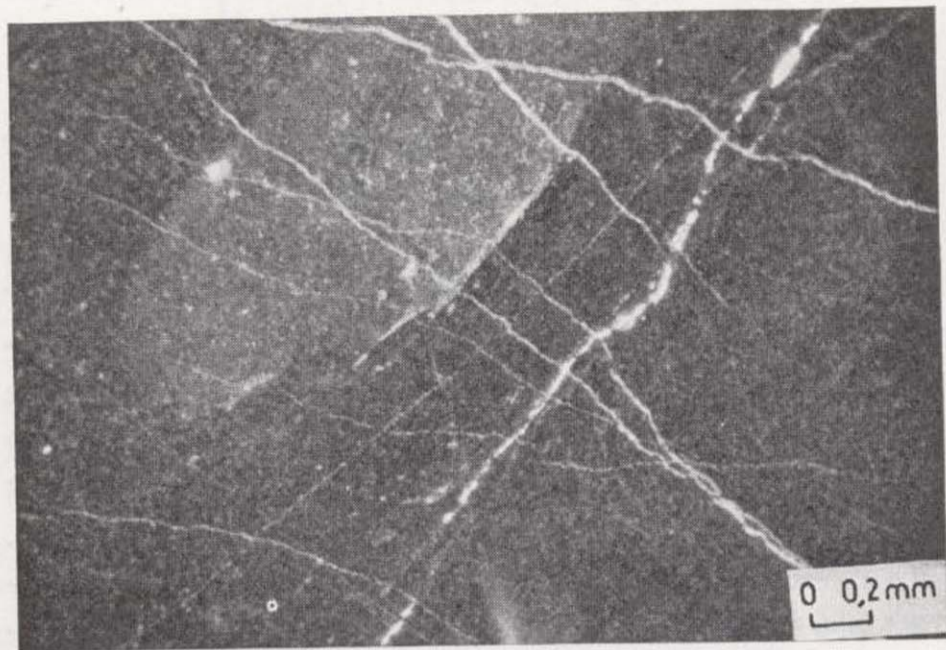


figura 2

Aspecto, al microscopio, de uno de estos "burrows".

aproximado de 0,15 mm y aparecen en lámina delgada muy redondeados y con intenso color oscuro. También aparece alguna rara partícula esquelética, más o menos rota, englobada y menos frecuentemente existen niveles de fósiles que probablemente representen episodios de tormenta.

Los lechos grises en general suelen ser más potentes, mientras que los negros se reducen a una delgada lámina muy fina, del orden de la centésima del milímetro.

Las estructuras sedimentarias más frecuentes son, aparte de la laminación, la presencia de grietas de desecación y de "bird-eyes". Estos aparecen actualmente rellenos por un mosaico esparítico. Morfológicamente son de dos tipos y se corresponden con los definidos por SHINN (1968):

- a) Esféricos, con un tamaño de 0,14 a 0,27 mm.
- b) Alargados. Su tamaño es aproximadamente de una a tres veces el de los redondeados. Constituyen los llamados "bird-eyes laminados". Están asociados a estructuras de algas grises-azuladas.

Hay también bioturbación. Los "burrows" aparecen como porciones más claras rellenas por sedimento homogeneizado y con forma irregular característica. En su interior raramente se localiza algún pelet, de claro origen fecal.

Por las características de campo y laboratorio esta facies se puede asignar claramente a la de un depósito supramareal, en el que hay transiciones a facies intramareales allí donde la bioturbación se hace más abundante y los lechos negros, reliquias de antiguas mallas de algas, más potentes.

El depósito en sí es bastante homogéneo tanto vertical como lateralmente. No obstante hay cambios de facies muy localizados, que ocurren con cierta ritmicidad en el tiempo y que a continuación describiremos.

Toda la parte basal de la serie ha sido afectada por varias recristalizaciones dolomíticas que prácticamente han borrado todo rastro de la estructura caliza original, haciendo imposible su identificación con seguridad. El único criterio existente es el

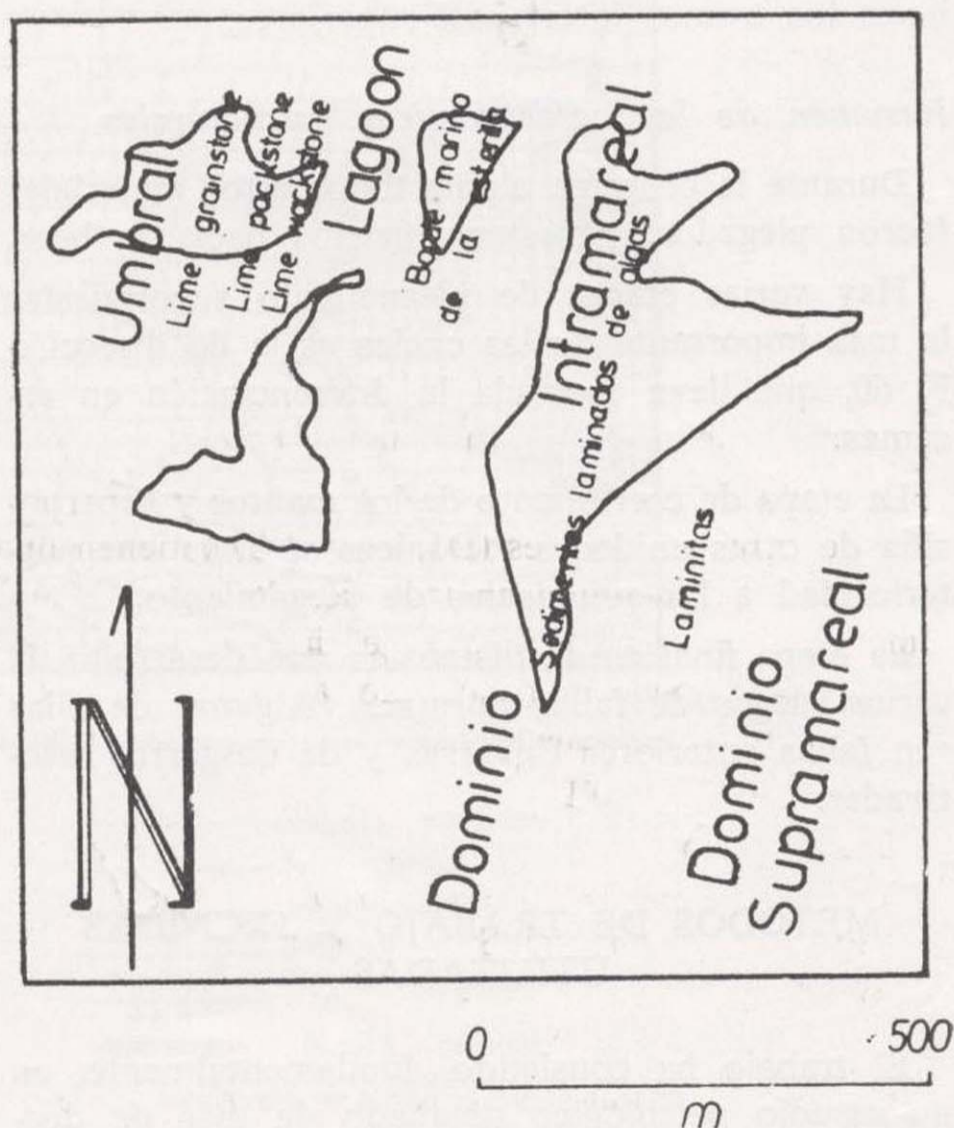


figura 3

Esquema de distribución de facies al tiempo del desarrollo del lagoon 2, superpuesto al de la distribución actual de los afloramientos dolomíticos D2.



paso de estas dolomías en su parte más alta a laminitas, lo que nos hace pensar que, al menos en parte, estas dolomías fueron anteriormente laminitas calizas.

En la parte más superior de la serie las facies dolomíticas que aparecen metasomatizan antiguas facies calizas que van desde sedimentos laminados de algas, intramareales, a facies de umbral, pasan-

su mayoría fragmentos esqueléticos (algas rojas, foraminíferos, briozoos, algún crinoide, etc.), muy bien clasificadas (de 0,27 a 0,54 mm) y de forma más o menos redondeada característica.

Los sedimentos laminados de algas aparecen constituidos por alternancias de lechos grises y negros. Los grises son fundamentalmente pelíticos y en su mayoría representan depósitos de tormenta, mien-

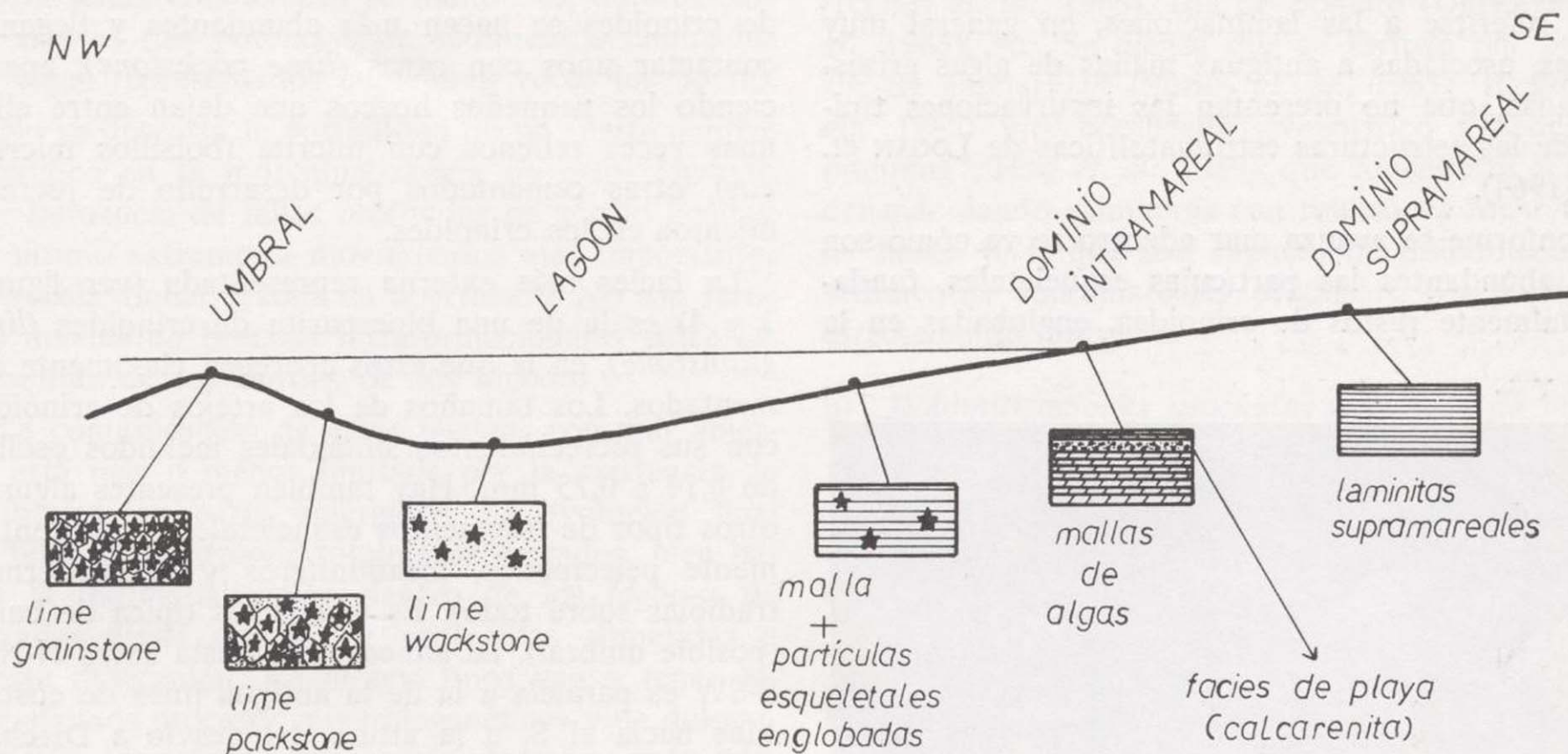


figura 4

Corte mostrando la misma repartición de facies que la figura 3. No se ha respetado la escala.

do por sedimentos inframareales típicos y sedimentos de *lagoon*.

Estos niveles son tres (D1, D2 y D3) y tienen una posición muy definida en la serie. El que está más ampliamente representado es el intermedio. Es en este último donde se ha podido, a partir de los datos disponibles de sus afloramientos, llegar a trazar la distribución completa de facies.

Esta distribución es la siguiente: Laminitas supramareales, ya descritas, en el borde más interno situado actualmente al SE de la facies dolomítica. (Hay que tener en cuenta la posible componente rotacional de los mantos).

Presencia de una línea de costas más o menos amplia y definida, alargada en dirección NE-SW, en la que vienen representadas, sobre todo, facies de sedimentos laminados de algas (intramareales), y en la que, hacia el techo hay cambios a facies de playa constituidas por partículas calcareníticas, en

tras que los negros, muy finamente laminados, corresponden a los niveles asociados a la malla de



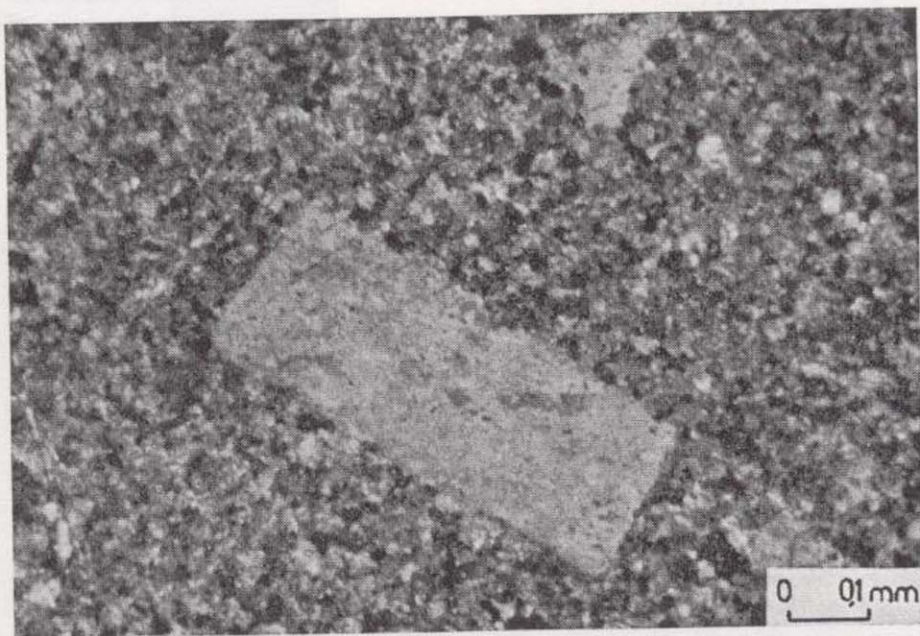
figura 5

Vista, con el difusor, de la facies de playa. Corresponde a una antigua bioesparita, actualmente dolomitizada. Los fragmentos esqueléticos más abundantes son de algas rojas.

algas propiamente dicha. Es dentro de los niveles negros donde se pueden diferenciar con dificultad, debido a estar actualmente todas estas facies dolomitizadas, la existencia de lechos muy finos ricos en sedimento y de lechos ricos en materia orgánica, que posiblemente representen la alternancia diurna que cita GEBELEIN (1969) para las estructuras estromatolíticas de las Bermudas.

Aquí se habla de sedimentos laminados de algas para referirse a las laminaciones, en general muy planas, asociadas a antiguas mallas de algas gris-azuladas, que no presentan las incurvaciones típicas de las estructuras estromatolíticas de LOGAN *et. al.*, (1964).

Conforme se avanza mar adentro se ve cómo son más abundantes las partículas esqueléticas, fundamentalmente restos de crinoides, englobadas en la



Figuras 6 y 7

Vista, con polarizadores cruzados y con el difusor, de la facies lagoon (lime wackstone). Está actualmente dolomitizada. Se observa cómo los fragmentos de crinoides y la placa de aquinodermo, flotan en la antigua matriz micrítica.

antigua malla de algas, al mismo tiempo que los lechos ricos en materia orgánica van desapareciendo. Son facies típicas de borde hacia el mar de la malla de algas (DAVIES, 1970). La transición final es hacia una facies de *lagoon (lime wackstone)* constituida por un sedimento micrítico que engloba fragmentos calcareníticos, fundamentalmente crinoides.

Desde esta facies y hacia afuera los fragmentos de crinoides se hacen más abundantes y llegan a contactar unos con otros (*lime packstone*), apareciendo los pequeños huecos que dejan entre ellos unas veces rellenos con micrita (bolsillos micríticos), otras cementados por desarrollo de recrecimientos en los crinoides.

La facies más externa representada (ver figuras 3 y 4) es la de una bioesparita de crinoides (*lime grainstone*), en la que estos aparecen claramente cementados. Los tamaños de los artejos de crinoides con sus recrecimientos sintaxiales incluidos oscilan de 0,14 a 0,75 mm. Hay también presentes algunos otros tipos de fragmentos esqueléticos fundamentalmente pelecípodos, foraminíferos y equinodermos (radiolas sobre todo). Es una facies típica de barra (posible umbral). La alineación de esta barra N-NE-S-SW es paralela a la de la antigua línea de costas. Más hacia el S, a la altura del desvío a Diechar, llega a emerger y cambia a facies de laminitas intramareales típicas.

Las relaciones laterales entre todas las facies citadas se efectúa por indentaciones. Hacia el techo vuelven a ser cubiertas por depósitos supramareales que las sellan.

Las facies de calcoarcillitas que aparecen hacia la base de las laminitas se sitúan dentro del ambiente supramareal y más hacia el posible *continente*, allí donde los aportes detríticos finos y por lo tanto la influencia terrígena pudo ser mayor.

En cuanto a la evolución dinámica de la zona esta se puede esquematizar del siguiente modo:

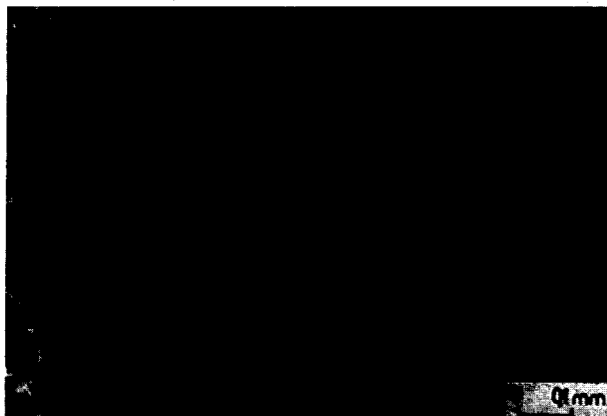
En un área con claro predominio de los ambientes supramareales y de la sedimentación carbonatada se producen subsidencias diferenciales, que individualizan pequeñas depresiones cuya profundidad queda, al principio, dentro de los límites de oscilación de las mareas, lo que favorece que estas sean fácilmente colonizadas por las mallas de algas.

La ausencia, en esta fase, de facies canalizadas claras nos habla de que estas transgresiones son muy rápidas (SHINN *et. al.*, 1969).

algas propiamente dicha. Es dentro de los niveles negros donde se pueden diferenciar con dificultad, debido a estar actualmente todas estas facies dolomitizadas, la existencia de lechos muy finos ricos en sedimento y de lechos ricos en materia orgánica, que posiblemente representen la alternancia diurna que cita GEBELEIN (1969) para las estructuras estromatolíticas de las Bermudas.

Aquí se habla de sedimentos laminados de algas para referirse a las laminaciones, en general muy planas, asociadas a antiguas mallas de algas gris-azuladas, que no presentan las incurvaciones típicas de las estructuras estromatolíticas de LOGAN *et. al.*, (1964).

Conforme se avanza mar adentro se ve cómo son más abundantes las partículas esqueléticas, fundamentalmente restos de crinoides, englobadas en la



Figuras 6 y 7

Vista, con polarizadores cruzados y con el difusor, de la facies lagoon (lime wackstone). Está actualmente dolomitizada. Se observa cómo los fragmentos de crinoides y la placa de equinodermo, flotan en la antigua matriz micrítica.

antigua malla de algas, al mismo tiempo que los lechos ricos en materia orgánica van desapareciendo. Son facies típicas de borde hacia el mar de la malla de algas (DAVIES, 1970). La transición final es hacia una facies de lagoon (lime wackstone) constituida por un sedimento micrítico que engloba fragmentos calcareníticos, fundamentalmente crinoides.

Desde esta facies y hacia afuera los fragmentos de crinoides se hacen más abundantes y llegan a contactar unos con otros (lime packstone), apareciendo los pequeños huecos que dejan entre ellos unas veces rellenos con micrita (bolsillos micríticos), otras cementados por desarrollo de recrecimientos en los crinoides.

La facies más externa representada (ver figuras 3 y 4) es la de una bioesparita de crinoides (lime grainstone), en la que estos aparecen claramente cementados. Los tamaños de los artejos de crinoides con sus recrecimientos sintaxiales incluidos oscilan de 0,14 a 0,75 mm. Hay también presentes algunos otros tipos de fragmentos esqueléticos fundamentalmente pelecípodos, foraminíferos y equinodermos (radiolas sobre todo). Es una facies típica de barra (posible umbral). La alineación de esta barra N-NE-S-SW es paralela a la de la antigua línea de costas. Más hacia el S, a la altura del desvío a Diechar, llega a emerger y cambia a facies de laminitas intramareales típicas.

Las relaciones laterales entre todas las facies citadas se efectúa por indentaciones. Hacia el techo vuelven a ser cubiertas por depósitos supramareales que las sellan.

Las facies de calcoarcillitas que aparecen hacia la base de las laminitas se sitúan dentro del ambiente supramareal y más hacia el posible continente, allí donde los aportes detríticos finos y por lo tanto la influencia terrígena pudo ser mayor.

En cuanto a la evolución dinámica de la zona esta se puede esquematizar del siguiente modo:

En un área con claro predominio de los ambientes supramareales y de la sedimentación carbonatada se producen subsidencias diferenciales, que individualizan pequeñas depresiones cuya profundidad queda, al principio, dentro de los límites de oscilación de las mareas, lo que favorece que estas sean fácilmente colonizadas por las mallas de algas.

La ausencia, en esta fase, de facies canalizadas claras nos habla de que estas transgresiones son muy rápidas (SHINN *et. al.*, 1969).

El aumento progresivo en profundidad favorece la aparición y desarrollo de lagoons en las zonas más subsidentes, al tiempo que las mallas de algas se restringen en su distribución y se estabilizan allí donde se hayan más protegidas, lo que ocurre normalmente en los bordes internos de los lagoons. Las condiciones aquí son más favorables para su desarrollo: Salinidad mayor, mar menos erosivo, mayor estabilidad de la línea de costas (DAVIES, 1970). Estas condiciones se mantienen durante largo tiempo (las potencias de sedimentos laminados de algas representados superan a veces los 50 m).

No se descarta la posibilidad de un fuerte control tectónico en la individualización de estos lagoons, por influencia de fallas profundas de zócalo ligadas, en último extremo, a movimientos más importantes de escala global (¿zona en abertura?). No son raros los niveles de brechas intraformacionales entre las laminitas de los bordes de los lagoons.

La comunicación de estos lagoons con mar abierto está más o menos limitada por la existencia de umbrales, en parte emergidos. La evolución final es bien hacia lagoons totalmente cerrados, bien hacia la individualización dentro de los lagoons de grandes áreas aisladas y protegidas sometidas a fuerte desecación. En ambos tipos van a tener lugar algunos procesos mineralogénicos y de dolomitización importantes que serán descritos más adelante.

El esquema de distribución de ambientes y facies durante el desarrollo de la fase de colmatación de los lagoons se corresponde, con ciertas variantes, al que muestra KINSMAN (en BATHURST, 1971, página 190), para el Golfo Pérsico, región de Abu Dhabi.

DOLOMITIZACIONES

Se diferencian dos grandes grupos de dolomías. Al tiempo de formación de las primeras, la sedimentación era aún activa dentro de la cuenca (dolomías singenéticas); las segundas presentan un fuerte control estructural (dolomías epigenéticas).

Dentro de las singenéticas se distinguen a su vez:

a) *Dolomías formadas en el ambiente supramareal:*

Aparecen como costras muy oscuras intercaladas dentro de las laminitas supramareales. No tienen gran continuidad lateral. (No son cartografiables). El tamaño de los cristales de dolomita que las forman es extremadamente fino (9 micras o menos).

Con el difusor se llegan a apreciar restos de la antigua laminación, pelets, "bird-eyes", etc., por lo que muy probablemente representen reemplazamientos de las antiguas laminitas dentro del mismo ambiente supramareal, en una etapa diagenética muy temprana.

Costras muy semejantes, de formación actual, han sido descritas en los ambientes supramareales de las Bahamas (SHINN *et. al.*, 1965), Golfo Pérsico (ILLING *et. al.*, 1965), Isla de Bonaire (DEFREYES *et. al.*, 1965), etc. Se piensa que se forman por procesos de capilaridad (SHINN *et. al.*, 1965; ILLING *et. al.*, 1965) y/o bombeado evaporítico ("Evaporite pumping", Hsu *et. al.*, 1969), que concentran el agua del mar dando salmueras con relaciones Mg^{++}/Ca^{++} de hasta 40/1, que son capaces de dolomitizar los sedimentos supramareales originales y/o precipitar directamente dolomita.

b) *Dolomitizaciones asociadas a la fase de evolución final de los lagoons:*

Afectan normalmente desde las facies de borde más interno (sedimentos laminados de algas) a las de umbral.

La dolomitización puede llegar a afectar también a parte de las laminitas supramareales basales sobre las que se diferenció el lagoon.

Estas dolomitizaciones acontecieron en una etapa muy tardía de la evolución de los lagoons, cuando posiblemente se había ya cerrado toda comunicación de estos con mar abierto.

El ion Mg^{++} se fue concentrando en las aguas de esos lagoons residuales. Estas aguas, más densas en su parte más baja, y sin posible escape directo hacia mar abierto, tenderían a fluir hacia afuera penetrando a través de los sedimentos porosos del fondo (Proceso de reflujo de infiltración, ADAMS *et. al.*, 1960). En su camino de escape dolomitizarían los sedimentos calizos a través de los cuales se infiltraban.

Este tipo de dolomías sí es cartografiable. Constituyen grandes cuerpos aparentemente interestratificados en la serie (D1, D2 y D3), alineados de acuerdo a las direcciones paleogeográficas de alargamiento de los ambientes de depósito. Los contactos de detalle, sin embargo, son claramente indentados e irregulares.

Los procesos de dolomitización en sí para cada uno de estos tres niveles dolomíticos parecen actuaron en dos fases, sucesivas en el tiempo, pero con diferente velocidad de cristalización.

En la primera ésta hubo de ser elevada según se deduce de la existencia, en muchos de los cristales dolomíticos, de núcleos oscuros, idiomorfos, perfectamente romboédricos, que engloban inclusiones de la roca original, frecuentemente insolubles (materia orgánica, minerales de la arcilla, sílice, etc.), más o menos digeridas.

Esta primera fase afectó selectivamente a los niveles más ricos en materia orgánica (pelíticos, de algas, etc.). Frecuentemente se observan como núcleos de estos romboedros oscuros, pelets, actualmente dolomitizados, y raramente alguna partícula esquelética también dolomitizada. La mayoría de los fragmentos esqueléticos aparecen corroídos en sus bordes por esta primera dolomita.

En la segunda fase, más lenta, se produjo la dolomitización completa de la roca. Se observan con el difusor recrecimientos claros en los romboedros dolomíticos que atacan, e incluso digieren en parte, a los antiguos núcleos oscuros. La mayoría de las partículas esqueléticas (crinoides con o sin recrecimientos, etc.), fueron dolomitizadas en esta segunda fase, ya que al microscopio aparecen normalmente reemplazadas en dolomita clara.

La dolomitización de conjunto es, pues, claramente selectiva. Esto se traduce en diferencias en el tamaño de los cristales de dolomita, según reemplacen a antiguas partículas esqueléticas u otros aloquímicos o a la matriz micrítica. Normalmente allí donde reemplaza a la matriz, o a antiguos niveles de algas, el tamaño de los cristales de dolomita es pequeño y oscila entre 0,015 y 0,054 mm. La textura de la dolomía aquí es siempre xenotípica. Cuando se trata de niveles pelíticos reemplazados, la textura suele ser hipidiotípica y el tamaño de los cristales de dolomita oscila de 0,14 a 0,27 mm. En los antiguos fragmentos esqueléticos el tamaño es mayor (de 0,14 a 0,54 mm; excepcionalmente hasta más de 1 mm).

Es frecuente que los fragmentos de crinoides conserven su identidad como cristal único a extinción al mismo tiempo, aún después de haber sido dolomitizados. Lo normal, sin embargo, es que éstos con sus recrecimientos incluidos, si existen, aparezcan actualmente constituidos por un mosaico policristalino de tres o más cristales dolomíticos que no extinguen a la vez.

De los tres niveles dolomíticos existentes, dos están mineralizados (ARANA *et. al.*, 1975). La mineralización de mayor interés (la de Minas del Agui-

la), es la que se presenta en el nivel dolomítico intermedio. Es casi exclusivamente de Zn.

La mena primaria presente es la de esfalerita. Esta aparece, al microscopio, como pequeñísimas

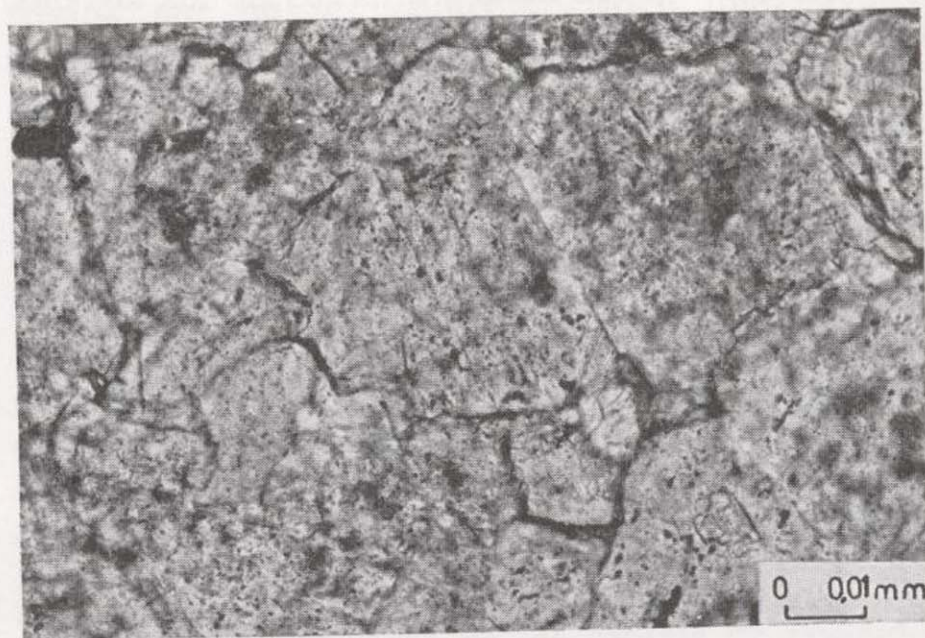


figura 8

Inclusiones de esfalerita en los cristales de dolomita.

inclusiones del orden de la micra), de color rojo traslúcido, dentro de los cristales de dolomita.

Su repartición en la zona mineralizada responde al esquema siguiente:

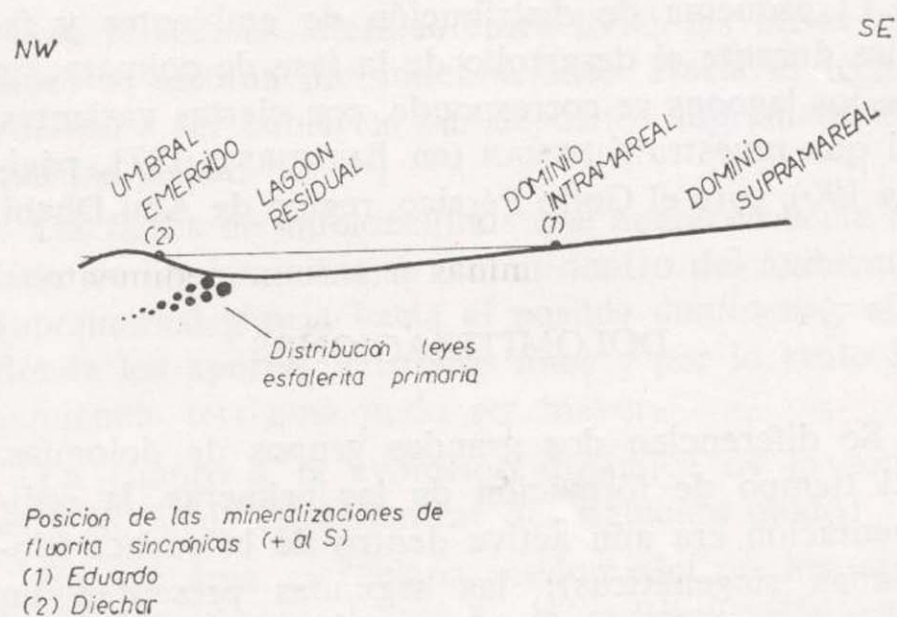


figura 9

Distribución de la esfalerita primaria. Los círculos de mayor diámetro representan las zonas más enriquecidas. (Sin escala).

Es muy abundante en la parte alta de los niveles centrales del *lagoon*, y su ley se va haciendo cada vez menor hacia el umbral. Aparece en zonas cada

vez más profundas desde el centro del *lagoon* hacia el umbral. En el borde interno del *lagoon* es prácticamente inexistente.

Por su distribución podemos asignarle un origen muy similar al de la dolomita que la contiene. Posiblemente reflujo, a través de los sedimentos del fondo, de salmueras no sólo enriquecidas en Mg^{++} sino también en $S^{=}$ y Zn^{++} .

Hay mineralizaciones de fluorita en la zona (ARANA et. al., 1975) que son sincrónicas, pero que aparecen ligadas a facies intramareales, al contrario que ésta de zinc que está ligada a facies *lagoon*. En ambas (Eduardo y Diechar) ha habido removilizaciones importantes de fluorita, de las que hablaremos más adelante al abordar cuestiones diagenéticas tardías.

c) Dolomías ligadas a los lechos oscuros de las laminitas:

El ion $Mg^{=+}$ se presenta incorporado, a veces en fuertes proporción, dentro de la estructura de alguna de las sustancias orgánicas que constituyen los filamentos de las algas grises-azuladas.

Este ion $Mg^{=+}$ es fácilmente liberado durante las primeras etapas de la diagénesis, al descomponerse la materia orgánica que lo contiene, y pasa a dolomitizar las porciones calizas adyacentes.

El resultado final es la transformación de la antigua laminita caliza, formada por una alternancia de niveles claros, ricos en sedimento, y oscuros, ricos en materia orgánica, en una roca laminada fina constituida por una alternancia, a escala milimétrica, de lechos calcíticos y dolomíticos. Los primeros derivan de las láminas ricas en sedimento; los segundos de las láminas de algas (GEBELEIN et al., 1973).

Muchas de las laminitas de la zona, sobre todo las intramareales que escaparon a dolomitizaciones anteriores, aparecen actualmente constituidas por esa fina alternancia de lechos calcíticos y dolomíticos. El tamaño de los cristales de dolomita en estos últimos es de alrededor de 9 micras.

DOLOMIAS EPIGENÉTICAS.

d) Dolomitización basal:

Afecta a la base del tramo carbonatado. Las dolomías se sitúan inmediatamente encima de las filitas. En el techo cambian bruscamente a laminitas.

La extensión vertical de la dolomitización es variable de unos puntos a otros; a veces se alcanzan potencias de más de 200 metros.

En superficie estas dolomías presentan, sobre todo hacia su parte alta, un aspecto moteado característico. Este moteado se produce entre dos porciones dolomíticas, con dos tamaños de grano muy definidos. La más oscura, de tamaño de grano más fino que vamos a denominar *porción I*, más antigua, aparece completamente rodeada por la más gruesa y cristalina (*porción II*).

A su vez, dentro de la *porción I* se diferencian claramente fracturas con relleno dolomítico idéntico a la *porción II*, que desaparecen y se hacen indistinguibles al atravesar esta última. Todo el conjunto está atravesado por fracturas posteriores con relleno calcítico.

La *porción II* se hace más abundante hacia la parte superior del paquete dolomítico basal. Su distribución es bastante geométrica: a favor de fracturas, de las antiguas juntas de estratificación, etc. Frecuentemente, sin embargo, escapa a este control

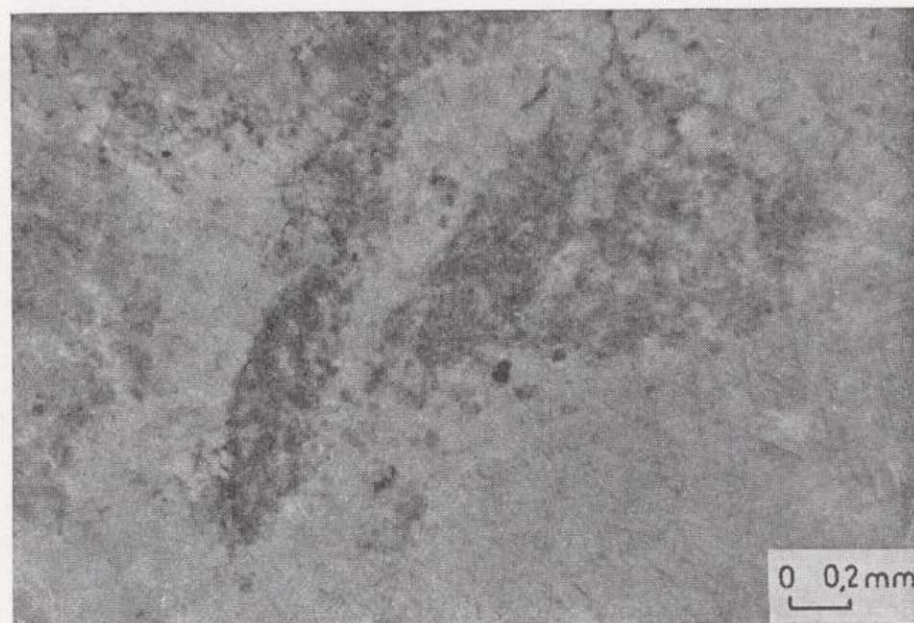


figura 10

Porción dolomítica II englobando y comiéndose materialmente a la porción dolomítica I (difusor).

geométrico original y recristaliza la roca dolomítica anterior, "comiéndose" materialmente.

El tamaño de los cristales de la *porción I* varía de 0,025 a 0,075 mm. El de los de la *II* de 0,15 a 1 mm. Las texturas que ambas presentan al microscopio son hipidióticas y/o xenotípicas.

En algunas muestras de la parte inferior del paquete de dolomías basales es posible distinguir, al

microscopio, la existencia de una porción aún más fina (*porción 0*), de naturaleza también dolomítica y a la que, con el difusor, se le aprecia una textura "grumosa", de apiñamiento de antiguos pelets.

La textura dolomítica de esta *porción 0* es xenotípica y el tamaño de sus cristales es extremadamente fino (del orden de la micra). Posiblemente representen reliquias de antiguos niveles dolomíticos, ¿costras?, que existían hacia la base y que se han preservado debido precisamente a su naturaleza dolomítica, que de algún modo (quizá una mayor porosidad que favoreció el paso rápido de los fluidos dolomitizantes, etc.) evitó que fueran afectados totalmente por las recristalizaciones dolomíticas asociadas a la dolomitización basal.

La distribución, en estas muestras, de las *porciones I y II* es relativamente geométrica. Su disposición es más o menos regular y su trazado bastante rectilíneo. La *porción II* aparece siempre hacia el centro, como rellenando antiguos espacios vacíos, mientras que la *I* interpreta frecuentemente la matriz dando la apariencia de un cemento.

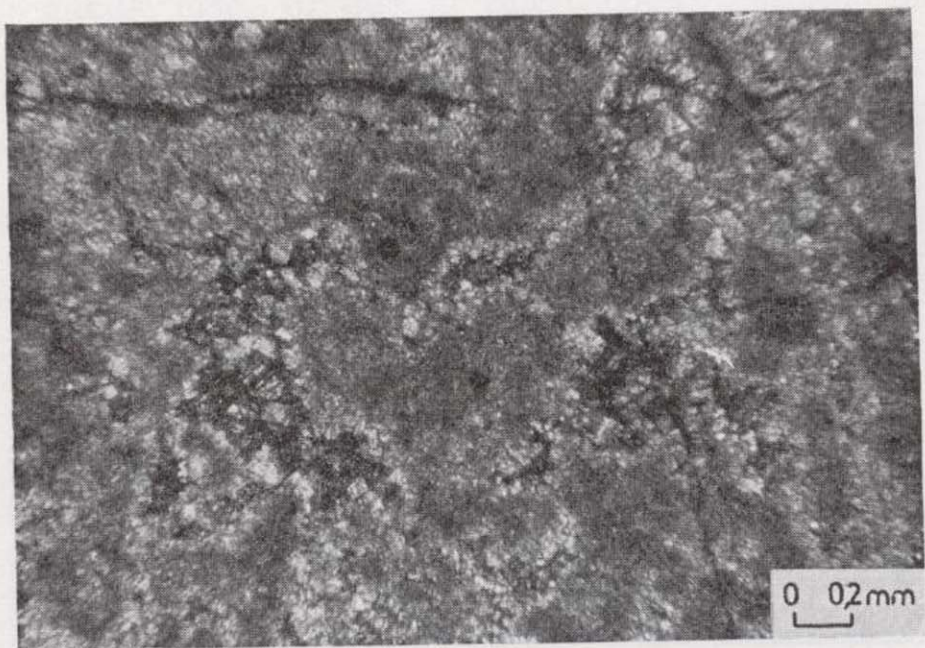


figura 11

Diferenciación en grumos de la matriz (*porción dolomítica 0*), y control relativamente geométrico de las porciones claras dolomíticas I, II (luz polarizada).

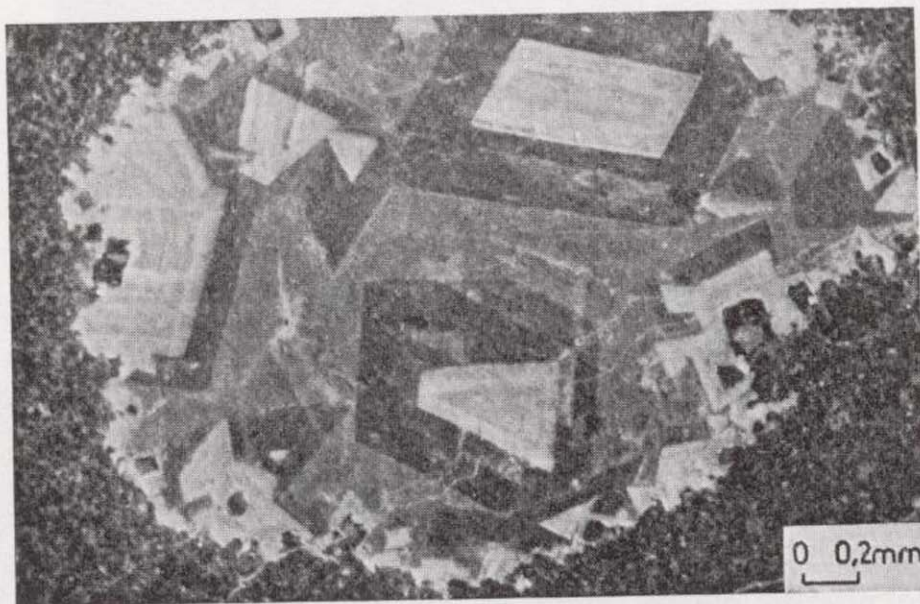
En el microscopio normal no se muestra clara la diferenciación entre estas dos porciones que se hacen muy distintivas, sin embargo, en catodoluminiscencia.

Con esta técnica, en la *porción I* los cristales dolomíticos aparecen muy bien marcados, existiendo en la mayoría de ellos, un núcleo muy oscuro, idiomorfo, y un recrecimiento naranja claro. Hay in-

terpenetración de los cristales dolomíticos a nivel de este primer recrecimiento por lo que, en conjunto, la *porción I* presenta aquí una textura claramente hipidiotípica.

La distribución de esta *dolomía I* parece ser vino inicialmente controlada por fracturas desde las que hubo penetración, con disolución, en gran parte de la matriz dolomítica original (*0*), incorporándose los residuos de esta última en los núcleos de la dolomita que estaba cristalizando. El efecto final fue el de ensanchamiento, por disolución, de fracturas y huecos que fueron posteriormente rellenos por la *porción dolomítica II*.

En esta última se aprecian hasta un máximo de cinco zonaciones en luminiscencia (1 oscura, 2 roja, 3 oscura, 4 roja y 5 oscura) que se pueden llegar a correlacionar con las de otros rellenos dolomíticos



Figuras 12 y 13

Vista en catodoluminiscencia de las zonaciones que aparecen en los rellenos dolomíticos de antiguos moldes de anhidrita (12), y de las de la *porción dolomítica basal II*, allí donde esta rellena fracturas (13). Se aprecia como son perfectamente correlacionables entre sí.

existentes en la zona, y que van a ser de enorme importancia para fijar el tiempo en que actuaron estas dolomitizaciones basales.

Como ya dijimos, dentro del ambiente supramareal e inmeditamente por debajo de la facies *lagoon 1* se encuentran niveles pelíticos en los que hay, dispersas en gran número, concentraciones doloespáriticas sin orientación definida, de tamaño variable (no superior a unos cuantos milímetros generalmente) y borde externo muy irregular. Aunque el relleno actual es dolomítico, presumiblemente representen antiguos nodulillos de anhidrita que fueron disueltos en la dolomitización asociada a la evolución final del *lagoon 1* que se diferenció por encima de estos materiales, y permanecieron como vacíos hasta que fueron posteriormente rellenos por dolomita.

En cátodoluminiscencia se diferencian, en estos rellenos, cuatro zonaciones (1 oscura: sólo localmente y en la base; 2 roja brillante; 3 oscura y 4 roja), que son perfectamente correlacionables a los cuatro primeros rellenos de la *porción II* de la dolomitización basal.

En ambas muestras las menas metálicas (fundamentalmente pirita) cuando existen, se sitúan siempre dentro de la zonación 2 y hacia la base. Hay fracturas pequeñas que son contemporáneas de este relleno 2 y que presentan también menas incluidas.

También se puede observar la existencia de cierto "stress" (deformación aplanada) en los cristales, tanto de la matriz como de los rellenos doloespáriticos y que afecta, en estos últimos, hasta la base de la zonación 2 (inclusive).

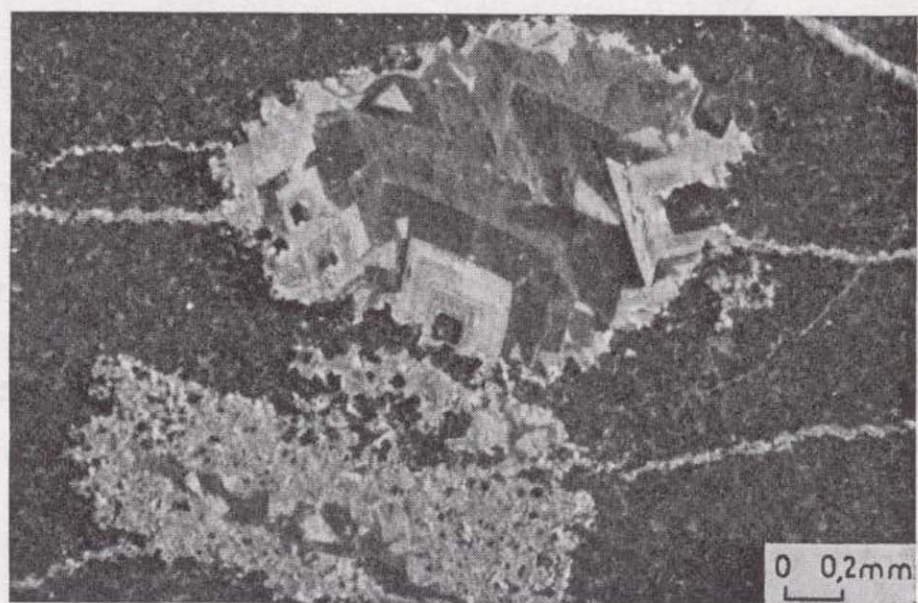
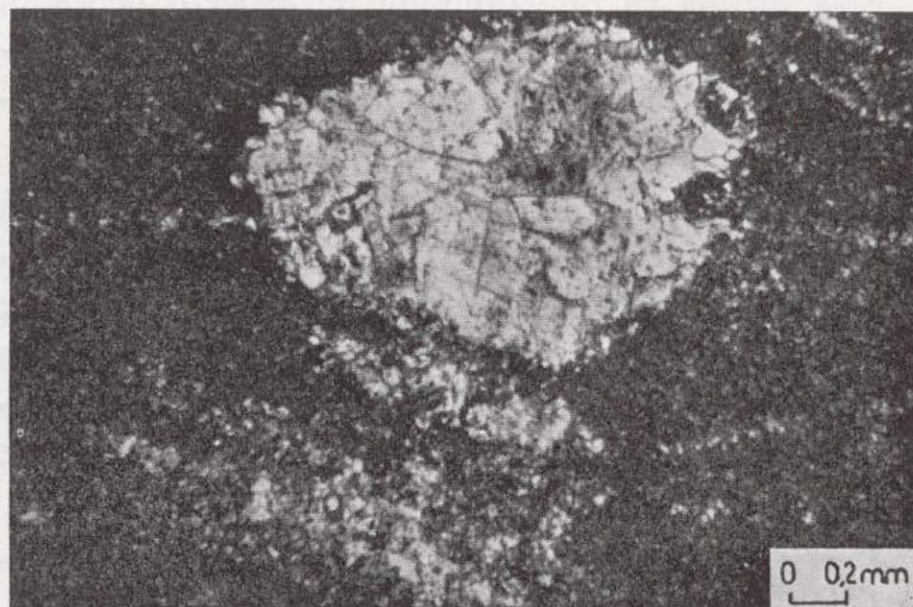
Este "stress" lógicamente va ligado al metamorfismo que sufrieron estos materiales durante la orogénia alpina. Esto nos permite ligar el tiempo de actuación de estas dolomitizaciones basales al del metamorfismo.

En general, el metamorfismo que afecta al paquete carbonatado es de muy bajo grado (epimetamorfismo) y sus efectos desaparecen hacia el techo de la serie.

En las laminillas de la zona, sobre todo las que están más hacia la base, los rasgos de metamorfismo aparecen más marcados, pudiéndose trazar hasta dos etapas de "stress" (deformación aplanada), siendo la segunda, la más importante, la que se correlaciona con la que afecta parcialmente a la *porción II* dolomítica basal. Esto nos permite ligar la

porción I a la primera etapa de deformación. En ambas etapas hay exsolución de menas a pequeña escala (pirita y esfalerita), originariamente dispersas en el sedimento, que se concentran y cristalizan en planos de exfoliación, límites de cristales, etc.

La fuente de Mg para estas dolomitizaciones se localiza, muy probablemente, en las filitas basales. El ion Mg^{++} sería liberado en la transformación de los minerales de la arcilla en minerales de me-



Figuras 14 y 15

Vista de algunos de los antiguos nódulos de anhidrita, con relleno actualmente doloespáritico, en los que se aprecia cómo la deformación aplanada (stress) afecta a la matriz dolomítica de la roca y dentro del "zoning", hasta la base de la zonación 2 (14 luz polarizada; 15 luminescencia).

tamorfismo de bajo grado, y escaparía hacia arriba durante la migración de fluidos asociada al desarrollo de las esquistosidades contemporáneas a las dos deformaciones metamórficas alpidicas que afectaron a todos estos materiales.

e) *Dolomías ligadas a la etapa tectónica final de distensión:*

Los últimos rellenos dolomíticos existentes en la zona corresponden a removilizaciones muy locales desarrolladas en los primeros estadios de la etapa tectónica final de distensión.

Estas removilizaciones, en general, son de poca importancia si exceptuamos las de los rellenos de las bandas claras de la *franciscana*.

Esta última es una dolomía de aspecto cebrado, constituida por una alternancia, a escala normalmente milimétrica, de lechos oscuros y claros, paralelos, a grosso modo, a la estratificación.

Se le han propuesto muy diversos orígenes. Para unos autores su formación va muy ligada a la sedimentación en sí, y los rellenos claros lo son de fracturas individualizadas en un etapa diagenética muy temprana (JACQUIN, 1970). Para otros estos rellenos claros lo son de fracturas muy posteriores (TONA, 1973).

Esta facies dolomítica de *Franciscana* se desarrolla siempre, en este área, sobre lo que fueron antiguos sedimentos laminados de algas (intramareales), que fueron dolomitizados en la fase final de evolución de los *lagoons*. Los lechos oscuros se corresponden con los grises y negros típicos de esta facies de antigua esterilla de algas dolomitizada. Los lechos claros son rellenos de facturas:

— Crecimiento centrípeto de los cristales con desarrollo de zonaciones, muy marcadas a veces en cátodoluminiscencia, y que pueden correlacionar a uno y otro lado de la fractura.



figura 16

Zonación en las bandas claras de la franciscana (dolomía cebrada). En cátodoluminiscencia.

— Existencia frecuente de un espacio vacío central.

— Cristales dolomíticos de gran tamaño, hasta centimétricos, con extinción ondulante y planos de exfoliación curvos (por adaptación a la superficie sobre la que estaban creciendo).

Estas fracturas son, en general, paralelas a la laminación aunque existen fracturas transversales que presentan un relleno idéntico.

Se suelen situar más hacia los lechos negros, son zonas de mayor debilidad y por tanto fueron más favorables a la ruptura, aunque esto no excluye su presencia en rocas dolomíticas en las que sólo existen lechos grises.

Sus bordes, en detalle, no suelen estar claramente definidos y se da casi siempre cierta penetración en la matriz, sobre todo en los lechos grises llegándose, excepcionalmente, el límite extremo de aparecer sólo los lechos negros en medio de bandas cristalinas. En estos casos la roca adquiere un aspecto superficial brechoide.

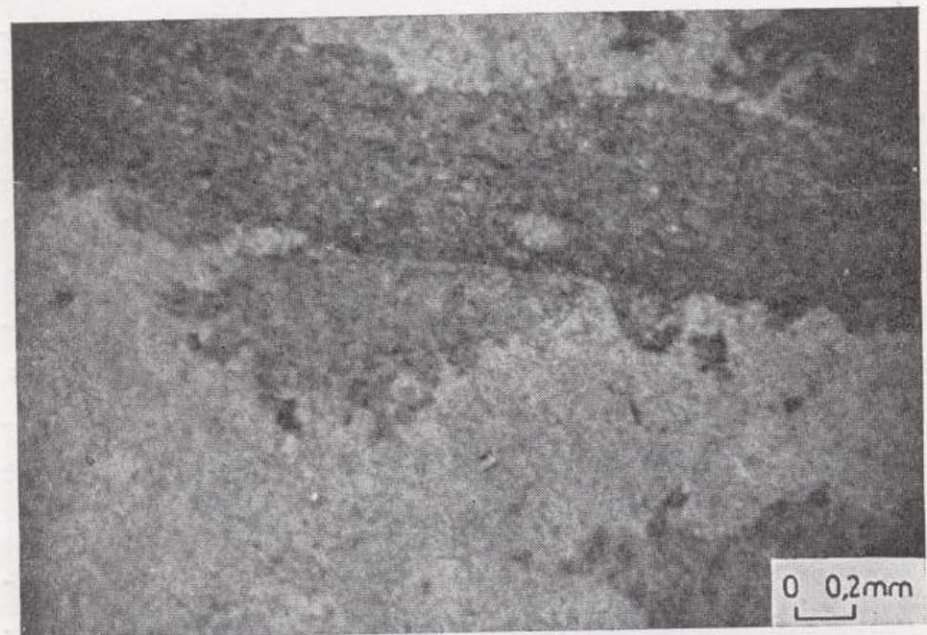


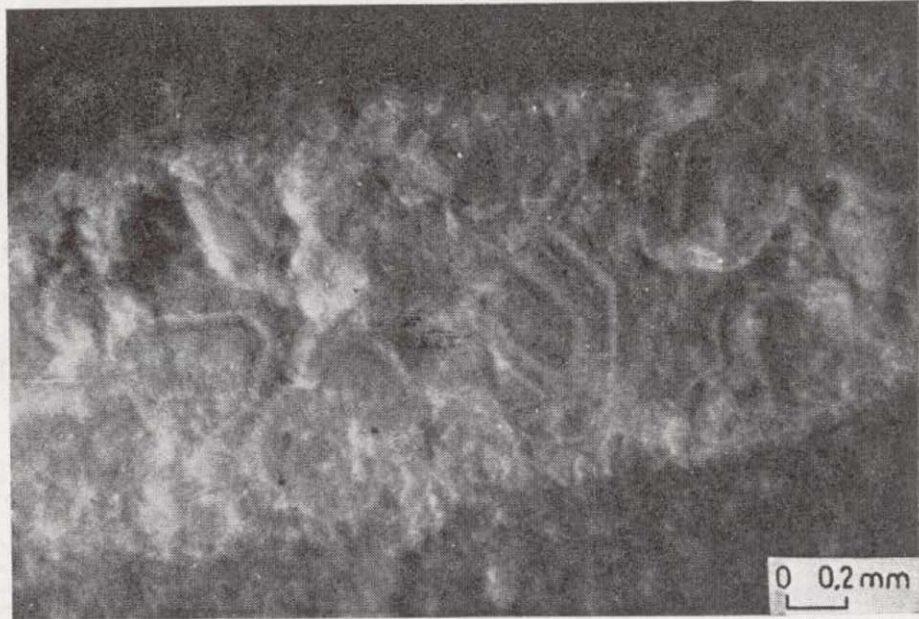
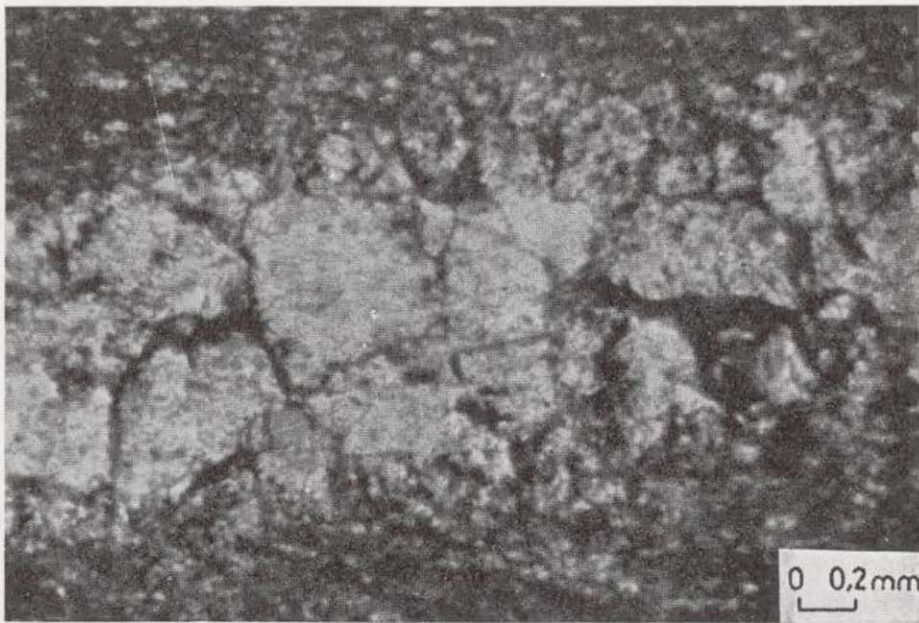
figura 17

Recristalización asociada a las bandas claras de la franciscana. Se aprecia cómo éstas, inicialmente relleno de fracturas, escapan a este control geométrico original y penetran en la matriz, sobre todo los lechos grises, de la antigua laminita de algas dolomitizada recrystalizándola (Con el difusor).

Los rellenos dolomíticos claros de la *franciscana* son perfectamente correlacionables, en cátodoluminiscencia, a otros rellenos de fracturas que se desarrollan sobre facies fluoríticas y en laminas supramareales. En las primeras el aspecto final de la roca es muy similar al de la *franciscana* (*pedra indiana* o fluorita cebrada), y tiene un origen muy

similar, sólo que las removilizaciones son aquí de fluorita.

En las segundas éstas son de naturaleza calcítica, y representan también removilizaciones a pequeña escala que aparecen como rellenos de fracturas muy nítidas, paralelas a la laminación, y que cortan a través de todo lo anterior (matriz y fracturas con deformación aplanada "stress" muy marcada). Esto nos permite situar todos estos rellenos con posterioridad al metamorfismo.



Figuras 18 y 19

Fracturas horizontales desarrolladas en laminillas, posteriores al "stress", con relleno calcítico luminescente que es perfectamente correlacionable con los rellenos de las bandas claras de la franciscana. Misma vista: 18 con luz polarizada; 19 en cátodoluminiscencia.

Hay removilización de menas (pirita y esfalerita) a pequeña escala, que cristalizan normalmente hacia la base de las fracturas, o bien dentro de las mismas bandas claras entre límites de cristales, en planos de exfoliación etc.

Ha habido recristalizaciones dolomíticas, no muy importantes, con posterioridad a la formación de las bandas claras de la *franciscana*. En algunas de estas bandas los cristales dolomíticos aparecen actualmente englobando parcialmente, o cortando, a través de las zonaciones que se observan en cátodoluminiscencia y que pertenecieron, primitivamente, a distintos cristales. En otra, las menos, ha habido un reajuste estructural completo de los cristales dolomíticos y las zonaciones han llegado incluso a desaparecer totalmente.

ESTILOLITIZACION

Existen varias generaciones de estilolitos. Una de ellas, al menos, es anterior a las bandas claras de la *franciscana*. Los residuos más frecuentes concentrados a lo largo de su superficie son: materia orgánica, menas (pirita y/o esfalerita), minerales de la arcilla, óxidos de hierro etc.

PROCESOS DIAGENETICOS TARDIOS

Actúan también dentro de la etapa tectónica final de distensión. Son posteriores a todos los procesos de dolomitización y recristalización dolomítica que afectan a la zona. Cuando se trata de removilizaciones su distribución viene siempre controlada por facturas. La sucesión de procesos fue la siguiente:

1) *Etapa primera de oxidación.*

Viene marcada por la presencia de fracturas que presentan hacia la base un relleno hematítico, a veces bandeado, y en el centro rellenos (posteriores), de naturaleza silíceo y/o calcítica. Cuando se trata de fracturas pequeñas el relleno es sólo hematítico. Puede estar recristalizado.

Allí donde había presente esfalerita hubo removilizaciones importantes de zinc, que actuaron desde los niveles mineralizados hacia abajo, y alteración frecuente de esta a smithsonita. Muchos de los cristales de esfalerita presentan actualmente un halo de alteración a smithsonita.

La esfalerita de removilización es muy ferruginosa. Se presenta, al microscopio, muy oscura, casi opaca. Aparece en el campo como nodulillos que engloban a veces restos de dolomita.

Hay también smithsonita formada en esta primera etapa de oxidación por incorporación de Zn^{++} en

la red de la dolomita. Esta smithsonita se muestra, al microscopio, con fuerte relieve y vivos colores de interferencia; es cortada por fracturas posteriores.

2) *Removilizaciones de fluorita en las mineralizaciones del desvío a Diechar.*

Son poco importantes. Presentan un fuerte control estructural. Su ley es más abundante allí donde las fracturas atraviesan pequeños lentejones dolomíticos intercalados en las laminillas en las que arma la mineralización. Representan removilizaciones, a pequeña escala, de una mineralización sedimentaria originalmente dispersa en la laminilla.

Normalmente se da cierta penetración de la fluorita en la matriz dolomítica encajante. En algunos cristales de dolomita se aprecia fluoritización incipiente a favor de planos de exfoliación etc. En otros, el proceso está más avanzado y a partir de esos planos la fluorita ha corroído el antiguo cristal de dolomita. Un estado posterior del proceso es cuando se encuentran inclusiones de dolomita (procedentes de uno o varios cristales) englobadas en un único cristal de fluorita, y que extinguen el tiempo del cristal de dolomita al cual pertenecen. La situación final es cuando sólo hay fluorita.

3) *Silicificación.*

La sílice aparece normalmente como relleno de fracturas. Los cristales presentan inclusiones fluidas de una sola fase lo que indica una temperatura de formación baja (alrededor de los 55° C o menor). En algunas de las fracturas hay presentes dos generaciones de cemento de naturaleza silíceo.

Otras veces la sílice aprovecha para su distribución antiguas fracturas dolomíticas sustituyendo, parcialmente, los rellenos dolomíticos originales. En fracturas con relleno fluorítico, puede haber cierta corrosión de este por la sílice.

Es frecuente que se dé penetración de la sílice en la roca encajante sobre todo si se trata de dolomías. Cuando esto ocurre, la sílice adquiere una disposición más o menos nodular. Estos nódulos se presentan elongados en la dirección de la antigua fractura y es bastante frecuente encontrar en su interior restos de la roca dolomítica original más o menos digeridos.

En zonas mineralizadas en Zn hubo removilizaciones importantes al tiempo de la silicificación. Presencia abundante de hemimorfita, normalmente



Figuras 20 y 21

Sílice reemplazando dolomita. Misma vista, en luz polarizada y con polarizadores cruzados.

controlada por fracturas, en estrecha asociación con la sílice.

(4) *Calcitización.*

La etapa de calcitización es contemporánea o ligeramente posterior al emplazamiento gravitatorio final de mantos y escamas, ligado al levantamiento reciente de Sierra Nevada en un gran pliegue de fondo de dirección N 80 E.

En la base del tramo carbonatado existen niveles brechoides cementados por calcita, que hacia arriba pierden su individualidad como tales niveles brechoides, al tiempo que sólo se diferencian pequeñas fracturas con relleno calcítico idéntico al cemento basal, que cortan a través de todo lo anterior: matriz, estilolitos, fracturas dolomíticas, fracturas silíceas etc. Los rellenos calcíticos de estas fracturas presentan inclusiones fluidas de una sola fase.

la red de la dolomita. Esta smithsonita se muestra, al microscopio, con fuerte relieve y vivos colores de interferencia; es cortada por fracturas porteros.

2) Removilizaciones de fluorita en las mineralizaciones del desvío a Diechar.

Son poco importantes. Presentan un fuerte control estructural. Su ley es más abundante allí donde las fracturas atraviesan pequeños lentejones dolomíticos intercalados en las laminillas en las que arma la mineralización. Representan removilizaciones, a pequeña escala, de una mineralización sedimentaria originalmente dispersa en la laminilla.

Normalmente se da cierta penetración de la fluorita en la matriz dolomítica encajante. En algunos cristales de dolomita se aprecia fluoritización incipiente a favor de planos de exfoliación etc. En otros, el proceso está más avanzado y a partir de esos planos la fluorita ha corroído el antiguo cristal de dolomita. Un estado posterior del proceso es cuando se encuentran inclusiones de dolomita (procedentes de uno o varios cristales) englobadas en un único cristal de fluorita, y que extinguen el tiempo del cristal de dolomita al cual pertenecen. La situación final es cuando sólo hay fluorita.

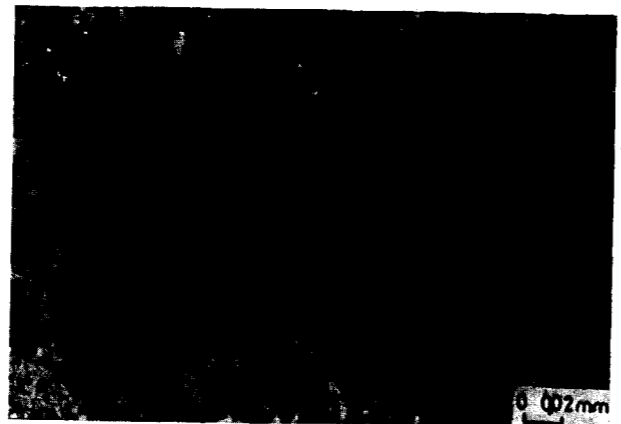
3) Silicificación.

La sílice aparece normalmente como relleno de fracturas. Los cristales presentan inclusiones fluidas de una sola fase lo que indica una temperatura de formación baja (alrededor de los 55° C o menor). En algunas de las fracturas hay presentes dos generaciones de cemento de naturaleza silícea.

Otras veces la sílice aprovecha para su distribución antiguas fracturas dolomíticas sustituyendo, parcialmente, los rellenos dolomíticos originales. En fracturas con relleno fluorítico, puede haber cierta corrosión de este por la sílice.

Es frecuente que se dé penetración de la sílice en la roca encajante sobre todo si se trata de dolomías. Cuando esto ocurre, la sílice adquiere una disposición más o menos nodular. Estos nódulos se presentan elongados en la dirección de la antigua fractura y es bastante frecuente encontrar en su interior restos de la roca dolomítica original más o menos digeridos.

En zonas mineralizadas en Zn hubo removilizaciones importantes al tiempo de la silicificación. Presencia abundante de hemimorfita, normalmente



Figuras 20 y 21

Sílice reemplazando dolomita. Misma vista, en luz polarizada y con polarizadores cruzados.

controlada por fracturas, en estrecha asociación con la sílice.

(4) Calcitización.

La etapa de calcitización es contemporánea o ligeramente posterior al emplazamiento gravitatorio final de mantos y escamas, ligado al levantamiento reciente de Sierra Nevada en un gran pliegue de fondo de dirección N 80 E.

En la base del tramo carbonatado existen niveles brechoides cementados por calcita, que hacia arriba pierden su individualidad como tales niveles brechoides, al tiempo que sólo se diferencian pequeñas fracturas con relleno calcítico idéntico al cemento basal, que cortan a través de todo lo anterior: matriz, estilolitos, fracturas dolomíticas, fracturas silíceas etc. Los rellenos calcíticos de estas fracturas presentan inclusiones fluidas de una sola fase.

Hay intensa dedolomitación en la zona asociada a esta etapa de calcitización. Los cristales dedolomíticos frecuentemente se presentan tanto en medio de matriz dolomítica, como en fracturas con relleno dolomítico y adoptan las formas morfológicas, romboédricas, de los cristales de dolomita a los que sustituyen (seudomorización). Hay frecuentes inclusiones de dolomita en ellos más o menos digeridas.

En cristales dolomíticos zonados la dedolomitización afecta preferentemente a determinadas zonaciones. La citada de dedolomitización no llega, normalmente, a cubrir todo el cristal pasando lateralmente a dolomita. Esto nos permite identificarla como tal dedolomita y no como un relleno calcítico primario.

Hay también cierta corrosión, a pequeña escala, por calcita de sílice, fluorita, etc.

Conviene aquí referirse a un tipo especial de diaclasado que se desarrolla en dolomías, sobre todo en las compactas de textura homogénea, y que no aparece en facies calizas adyacentes. Es muy geométrico y penetrativo. Alguno de sus juegos suele ser paralelo a la laminación. Resalta en el campo por erosión diferencial. Cuando está muy extendido, la roca adquiere un aspecto brechoide en superficie y aparece muy triturada, de ahí que algunos autores lo hayan relacionado a efectos de metamorfismo dinámico y hayan confundido ciertos tipos de dolomías con "kakiritas", en la zona.

Genéticamente está ligado al aligeramiento que sufrieron estos materiales como consecuencia del levantamiento miocénico-actual de Sierra Nevada. Es posterior a la etapa de calcitización.

5) Etapa final de oxidación.

Toda la zona se encuentra actualmente por encima del nivel freático, dentro de la zona de aireación y por lo tanto en dominios oxidantes.

Se dan rellenos tardíos de óxido de hierro en fracturas abiertas, diaclasas, huecos etc.

CONCLUSIONES.

Atendiendo al tiempo de formación se diferencian cinco grupos de dolomías:

- Dolomías formadas en el ambiente supramareal.
- Dolomías ligadas a la etapa de evolución final de los *lagoons*.

c) Dolomías ligadas a los lechos oscuros de las laminillas.

d) Dolomías basales.

e) Dolomías ligadas a la etapa tectónica final de distensión.

Las primeras a) se formaron dentro del mismo ambiente de sedimentación, en la zona supramareal, allí donde las aguas contenidas capilarmente en los sedimentos alcanzaron una relación Mg^{++}/Ca^{++} lo suficientemente elevada como para dolomitizar el sedimento caliza original y/o precipitar directamente dolomita.

Las segundas b) están en relación a salmueras contenidas en *lagoons* muy evolucionados, que se fueron enriqueciendo progresivamente en Mg^{++} . Estas salmueras, una vez fueron lo suficientemente densas como para desplazar el agua de poros contenida originalmente en los sedimentos del fondo, filtraron a través de estos y los dolomitizaron.

Contemporánea a la formación de estas dolomías hubo precipitación, a veces importante, de esferulita y otros sulfuros minoritarios.

El tiempo de formación de las terceras c) se sitúa en una época imprecisa posterior a la de sedimentación. Esta dolomitización c afectó selectivamente a las facies de laminillas intramareales y dentro de ellas a las porciones más oscuras. (Antiguos lechos de algas).

En cuanto a la dolomitización basal d) ésta actuó en dos etapas, que correlacionan con las dos más importantes de deformación metamórfica que afectan a todos materiales. El ión Mg^{++} , presente originalmente en las arcillas basales, fue liberado durante la transformación de estas a filitas en el metamorfismo.

El último grupo genético de dolomías corresponde a removilizaciones que actuaron en la etapa tectónica final de distensión, y que afectaron selectivamente a determinadas facies dolomíticas preexistentes. Las precipitaciones dolomíticas más importantes asociadas a esta quinta fase son las de los rellenos de las bandas claras de la *franciscana* (dolomía cebrada).

Los procesos diagenéticos finales más importantes actuaron también dentro de la etapa tectónica de distensión y por este orden:

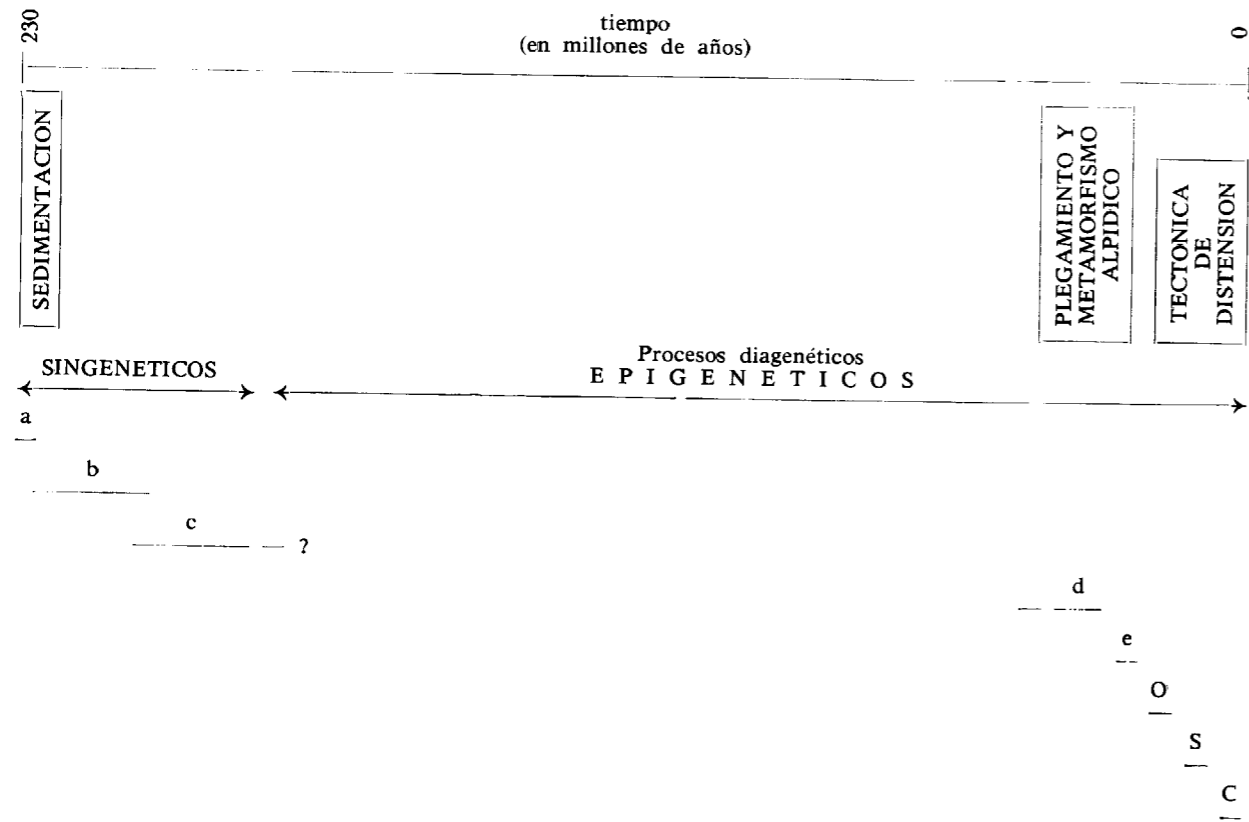
- Oxidación.
- Silicificación.
- Calcitización. Esta última es contemporánea

a la tectónica final gravitatoria que llevó al emplazamiento actual a mantos y escamas.

En el cuadro 1 se esquematiza gráficamente la

historia diagenética de todos estos materiales que constituyen la escama intermedia de la unidad Víboras en el borde NW de Sierra Nevada.

CUADRO RESUMEN



Clave:

- | | | |
|--|--------------|--|
| procesos diagenéticos | singenéticos | a: costras dolomíticas supramareales. |
| | | b: dolomitización de los lagoon. |
| epigenéticos | epigenéticos | c: dolomías ligadas a los lechos oscuros de las laminitas. |
| | | d: dolomitizaciones basales. |
| | | e: removilizaciones dolomíticas (bandas claras de la "franciscana"). |
| | | O: etapa de oxidación. |
| | | S: etapa de silicificación. |
| C: etapa de calcitización. | | |
| La longitud de las barras indica el tiempo de actuación de cada proceso. | | |

AGRADECIMIENTOS

Gran parte del trabajo de investigación fue realizado por el autor durante su estancia, durante el curso 1976-1977, en la Universidad de Missouri-Columbia, becado por el Programa de Cooperación

Cultural entre España y los Estados Unidos de América.

El autor agradece al citado organismo el haber hecho posible su permanencia en la citada Universidad. Así mismo quiere expresar su más profundo agradecimiento al profesor Dr. Tom Freeman por

haber puesto a su entera disposición el laboratorio de Petrología de Rocas Carbonatadas, así como por la colaboración y ayuda desinteresada prestada desde el primer momento.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, J. E., and RHODES, M. L.: *Dolomitization by seepage refluction* Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 44, 1912-1920 (1960).

ARANA, R., y MARTÍN, J. M.: *Estudio geológico de las mineralizaciones de fluorita de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. Cuad. Geol. Univ. Granada, 6, 75-88 (1975).

ARANA, R., y MARTÍN, J. M.: *Observaciones geológicas sobre las Minas del Cerrajón (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. Acta Geol. Hispánica t. XI, 5 1.129-1.321 (1976).

BATHURST, R. G. D.: *Carbonate sediments and their diagenesis: Developments in Sedimentology*, v. 12, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, 632, p. (1971).

DAVIES, G. R.: *Algal-laminated sediments, Gladstone Embayments, Shark Bay Western Australia in Carbonate sedimentation and environments, Shark Bay, Western Australia*. Am. Assoc. Petrol. Geologists, Mem., 13, 169-205 (1970).

DEFFEYES, K. S.; LUCIA, F. J., And WEYL, P. K.: *Dolomitización of Recent and Pio-pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles*, in: L. C. Pray and R. C. Murray (Editors). Dolomitization and Limestone Diagenesis: a Symposium-Soc. Eco. Paleontologists, Spec. Publ., 13, 71-88 (1965).

DELGADO, F.: *Primary textures in Dolostones and recrystallized limestones. A technique for their microscopic study*. J. Sediment. Petrol., v. 47, 1.339-1.341 (1977).

DUNHAM, R. J.: *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In: W. E. Ham (Editor). Classifications of carbonate rocks: Am. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa, Oklahoma., pp. 108-121 (1962).

FREEMAN, T.: *Sedimentology and dolomitization of Muschelkalk carbonates (Triassic), Iberian Range, Spain* Bull. Am Assoc. Petrol. Geologists, 56, 434-453 (1972).

FRIEDMAN, G. M.: *Identification of carbonate minerals by staining methods* J. sediment. Petrol., 29, 87-97 (1959).

FOLK, R. L.: *Practical petrographic, classification of limestones*. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 43, 1-38 (1959).

GEBELEIN, C. D.: *Distribution, morphology and accretion rate of Recent subtidal algal stromatolites*. Bermuda. J. Sediment. Petrol., 39, 49-69 (1969).

GEBELEIN, C. D. and HOFFMAN, P.: *Algal origin of dolomite laminations in stromatolitic limestone*. J. Sediment. Petrol., 43, 603-613 (1973).

HSÜ, K. J. and SILGENTHALER, C.: *Preliminary experiments on hydrodynamic movement induced by evaporation and their bearing on the dolomite problem*. Sedimentology, 12, 11-25 (1969).

ILLING, L. V., WELLS, A. J. and TAYLOR, J. C. M.: *Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf*. In: L. C. Pray and R. C. Murray (Editors). Dolomitization and Limestone Diagenesis: a Symposium- Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Spec. Publ., 13, 89-111 (1965).

JACQUIN, J. P.: *Contribution a l'étude géologique et minière de la Sierra de Gador (Almería, Espagne)*. Tesis Doctoral. Universidad de Nantes (1970).

LOGAN, B. W., REZAK, R. and GINSBURG, R. N.: *Classification and environmental significance of algal stromatolites*. J. Geol., 72, 68-83 (1964).

MARTÍN, J. M. y ARANA, R.: *Estudio geológico de las Minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. Est. Geol., 32, n. 4, 385-390 (1976).

SHINN, E. A.: *Practical significance of bird-eyes structures in carbonates rocks*. J. Sediment. Petrol., 38, 215-223 (1968).

SHINN, E. A., GINSBURG, R. N. and LLOYD, R. M.: *Recent supratidal dolomite from Andros Island, Bahamas*. In: Dolomitization and Limestone Diagenesis: a Symposium. L. C. Pray and R. C. Murray (Editors). Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Spec. Publ., 13, 112-123 (1965).

SHINN, E. A., LLOYD, M. and GINSBURG, R. N.: *Anatomy of a modern tidal flat, Andros Island, Bahamas*. J. Sediment. Petrol., 39, 1202-1228 (1969).

TONA, F.: *Positions des horizons dolomitiques minéralisés en fluorine et galène au sein des sédiments Triasiques de la Sierra de Lujar (Grenade)*. Evolution et Géochimie. Thèse du 3 cycle. París VI (1973).

Recibido: enero 1978.

Sobre el estudio de la geometría de estructuras de plegamiento

Por E. ROJAS PACHECO

RESUMEN

Se hace, en primer lugar, una revisión sucinta de los diferentes métodos de estudio y clasificación geométrica de pliegues propuestos por MERTIE, J., LOUDON, T., WHITTEN, E., FLEUTY, M., RAMSAY, J. y HUDLESTON, P. El autor se inclina por la utilización de los métodos de Ramsay y Hudleston, y basándose en ellos, propone una forma de trabajo y presentación de resultados, con vistas a su tratamiento en ordenador. Finalmente se reseñan las conclusiones obtenidas en el estudio de un par de estructuras plegadas.

ABSTRACT

In the first place, the methods of MERTIE, J., LOUDON, T., WHITTEN, E., FLEUTY, M., RAMSAY, J. and HUDLESTON, P. for the study and geometrical classification of folds, are briefly summarized. The autor prefers to use Ramsay and Hudleston's methods, and taking them as a basis, he proposes a method of working and of data presentation with a view to use a computer. Finally, a brief account is given of the conclusions of the study of two folds.

1. PRESENTACION

Hasta época reciente, el análisis de la geometría de las estructuras de plegamiento estaba basado sobre datos, en gran parte cualitativos, que llevaban a una definición de su geometría expresada en términos y valoraciones subjetivas. En la actualidad se tiende a eliminar el juicio meramente personal utilizando técnicas que permitan un análisis cuantitativo.

Es el objetivo de este artículo, presentar los resultados del estudio teórico de dichas técnicas y, principalmente, los consecuentes de su aplicación al estudio de la geometría de un par de estructuras encuadradas en el ámbito de las Cordilleras Béticas, conocidas como Montevives y Cabeza Montosa.

2. BOSQUEJO DE LOS DIFERENTES METODOS DE DESCRIPCION CUANTITATIVA Y CLASIFICACION GEOMETRICA DE PLIEGUES.

En MERTIE (1959) se propone la clasificación de formas de plegamiento por comparación con arcos elípticos. Un gran número de formas puede, efectivamente, conseguirse variando la excentricidad de las elipses; no obstante, ciertos tipos de pliegues no tienen cabida en su clasificación, como son los pliegues tipo chevron, inconveniente que ya se señala en HUDLESTON (1972).

Posteriormente, en LOUDON (1964) se describe un método que utiliza procedimientos de álgebra de matrices y un complicado programa para ordenador, escrito en fortran IV, para el tratamiento de la información. Si bien Loudon dice que este método

proporciona información directa sobre la variabilidad tridimensional de la geometría de las estructuras de plegamiento, esta ventaja disminuye ante la complejidad matemática del mismo, máxime si no se dispone de medios automáticos de proceso de datos.

Técnicas similares a las de Loudon, se describen en WHITTEN (1969).

FLEUTY (1964), clasifica las estructuras de plegamiento atendiendo a la inclinación del eje y de la superficie axial (fig. 1).

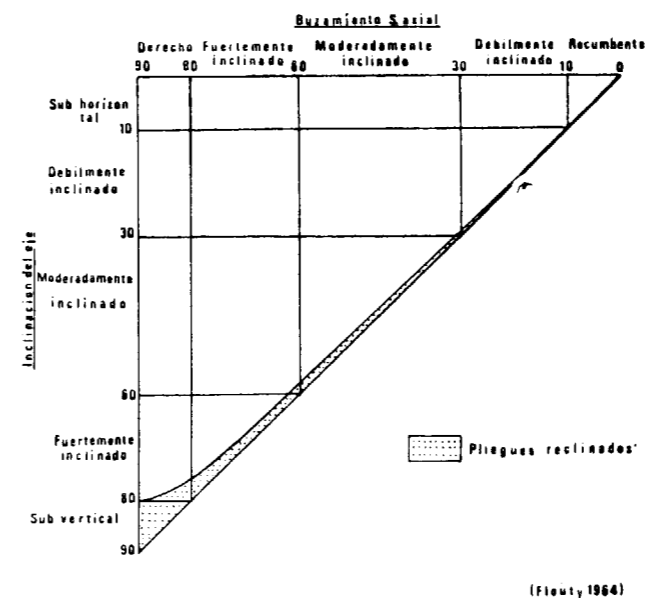


Figura 1

En HUDLESTON (1973), refiriéndose a los métodos de Loudon y Whitten antes descritos, se señala la necesidad de un cuidadoso muestreo para aplicarlos y la discutible significación del mismo, ya que diferentes muestreos pudieran llevar a resultados dispares; además la representatividad geológica de algunos de los parámetros utilizados es discutible.

RAMSAY (1967) afirma que la descripción y clasificación geométrica de los pliegues, debe usar términos independientes del desarrollo genético de la estructura, y considera de forma gráfica las variaciones de curvatura a lo largo de una capa plegada y entre capas plegadas sucesivas, técnica que evidentemente pone de manifiesto características de la

forma del pliegue, y establece una clasificación en función de los parámetros t_a y T_a (potencia ortogonal y paralela, respectivamente), y de las posiciones relativas de líneas isógonas, siendo posible expresar las proporcionalidades $t'_a = t_a/t_0$ y $T'_a = T_a/T_0$, que definen la variabilidad de potencia según varíe la inclinación de las capas (fig. 2).

La clasificación que propone Ramsay es (fig. 3):

Clase 1. La curvatura del arco interno es siempre mayor que la del arco externo.

Subclase 1A. Pliegues de isógonas fuertemente convergentes hacia el interior del pliegue.

Subclase 1B. Pliegues paralelos. Las isógonas son todas perpendiculares a las capas del pliegue.

Subclase 1C. Pliegues de isógonas débilmente convergentes en el interior del pliegue.

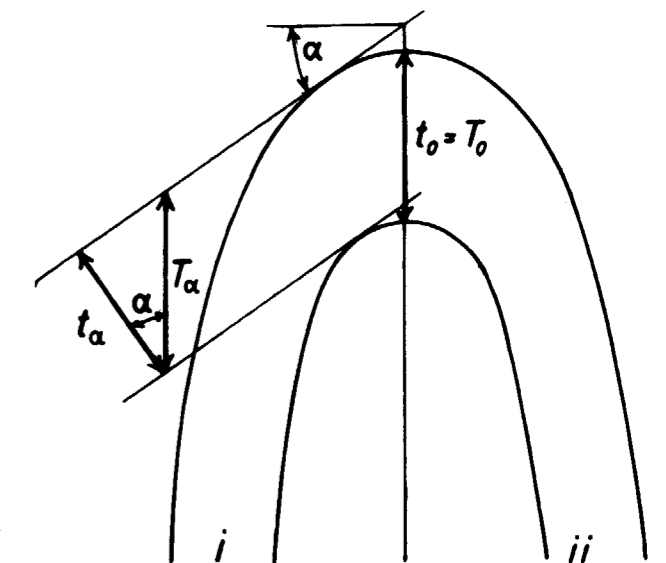


Figura 2

Clase 2. Ambas curvaturas son iguales.

Clase 3. La curvatura del arco interno es menor que la del externo.

La justificación de esta clasificación, así como una mayor exposición teórica, se encuentran en la obra original, RAMSAY (1967), pp. 345 a 371.

Ramsay propone además el uso de dos parámetros descriptivos:

$$P_1 = \frac{\text{Longitud } i-i'}{L}$$

siendo L la longitud de la proyección de la charnela sobre la línea $i-i'$ (cada uno de los puntos de inflexión del pliegue). Según Ramsay, la charnela queda definida por los puntos del pliegue que exceden el arco de una circunferencia de diámetro $i-i'$.

$$P_2 = \frac{\text{Curvatura máxima de la sección}}{\text{Id. de la circunferencia de diámetro } i-i'}$$

El uso de estos parámetros se justifica en cuanto que la apariencia de apretamiento (ángulo interlimbos) depende en gran forma de la curvatura de la

superficie plegada. En la figura 4 se muestran los valores de P_1 y P_2 para una serie de pliegues.

Para HANSEN (1971), el tamaño absoluto de un pliegue no es un elemento de forma, y propone el uso de las razones H/W y D/W , (H =altura; D =profundidad; W =anchura), como indicativos del grado de apretamiento (fig. 5) y grado de disarmonía (figura 6) del pliegue (los conceptos de altura, anchura y profundidad se definen en la obra original). En el mismo trabajo se hace una clasificación de los pliegues atendiendo a su grado de cilindridad. Finalmente en HUDLESTON (1972), se realiza una clasificación de los pliegues (fig. 7), utilizando el análisis armónico o de Fourier, interpretando independientemente cada uno de los limbos y proponiendo 30 formas ideales, clasificadas en función del valor de los coeficientes armónicos b_1 y b_3 , que se utilizan por comparación visual con las naturales (análisis visual armónico). El desarrollo teórico del análisis de Fourier puede encontrarse en HEAD-ING (1963), KREYSZING (1967, HUDLESTON (1972) y, de forma más elemental, en IÑIGUEZ (1959). Por comparación de los resultados obtenidos para cada flanco, puede llegarse a tener idea del grado de simetría del pliegue.

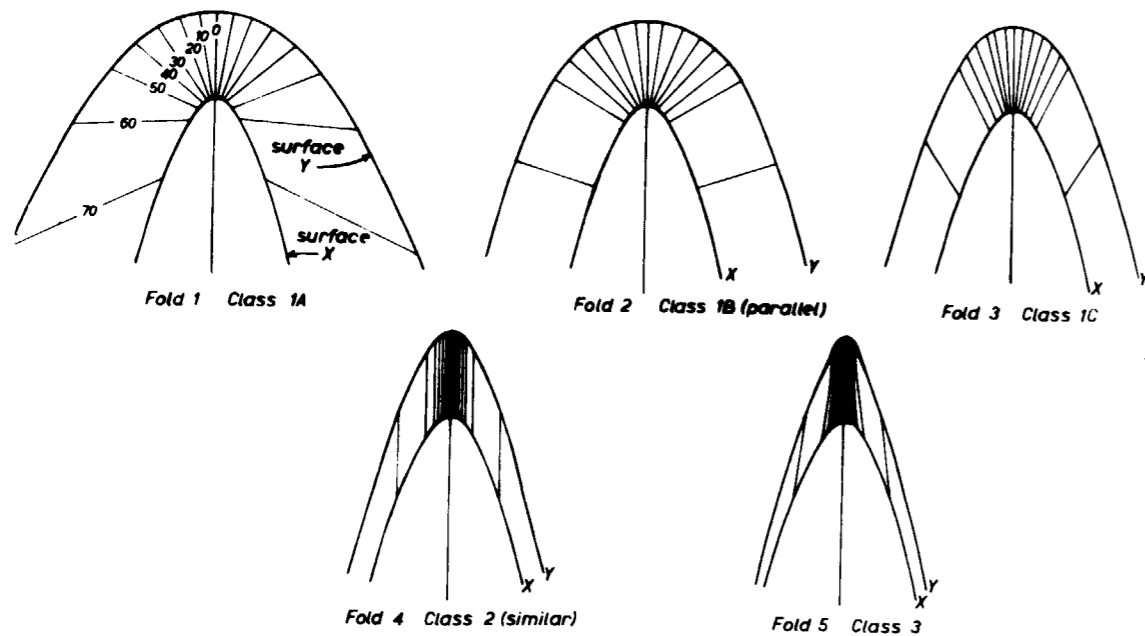


Figura 3

Figura 4: Diagrams showing the calculation of P_1 and P_2 for a series of folds. The diagrams show the fold profile, the length of the projection of the hinge (L), and the maximum curvature.

3. METODOLOGIA PROPUESTA Y PRESENTACION DE RESULTADOS

Como consecuencia del estudio de las diferentes metodologías se sugiere seguir el siguiente método de trabajo.

1. Levantamiento de la serie estratigráfica de la

estructura a estudiar y recogida de datos de dirección y buzamiento con objeto de, tras calcular las potencias, poder levantar la sección transversal del pliegue.

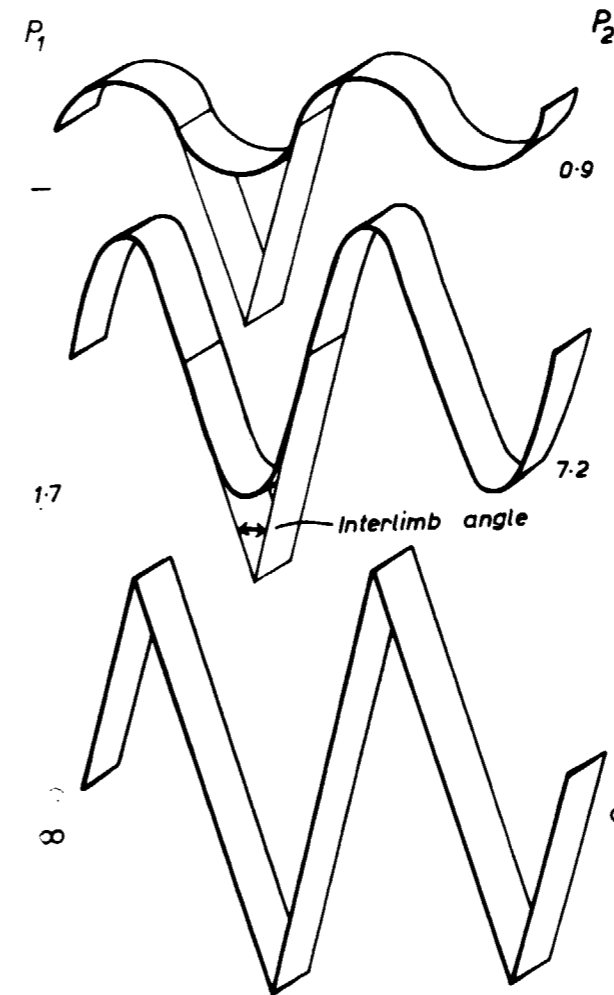


Figura 4

2. Determinación de la dirección e inclinación del eje del pliegue.

3. Obtención de la morfología de la sección transversal del pliegue.

4. Cálculo del buzamiento de la superficie axial.
5. Determinación de los puntos de inflexión.
6. Cálculo de la altura, anchura y profundidad.
7. Valor del ángulo inter-limbos.
8. Cálculo de P_1 y P_2 .

9. Cálculo de cilindridad del pliegue.
10. Trazado de las líneas isógonas.
11. Cálculo de t'_α y T'_α en cada flanco para una serie de valores de α .
12. Análisis visual armónico de cada flanco.
13. Cálculo en cada flanco de b_1 y b_3 y b_3/b_1 .
14. Tipificación de la forma del pliegue según los datos conseguidos.

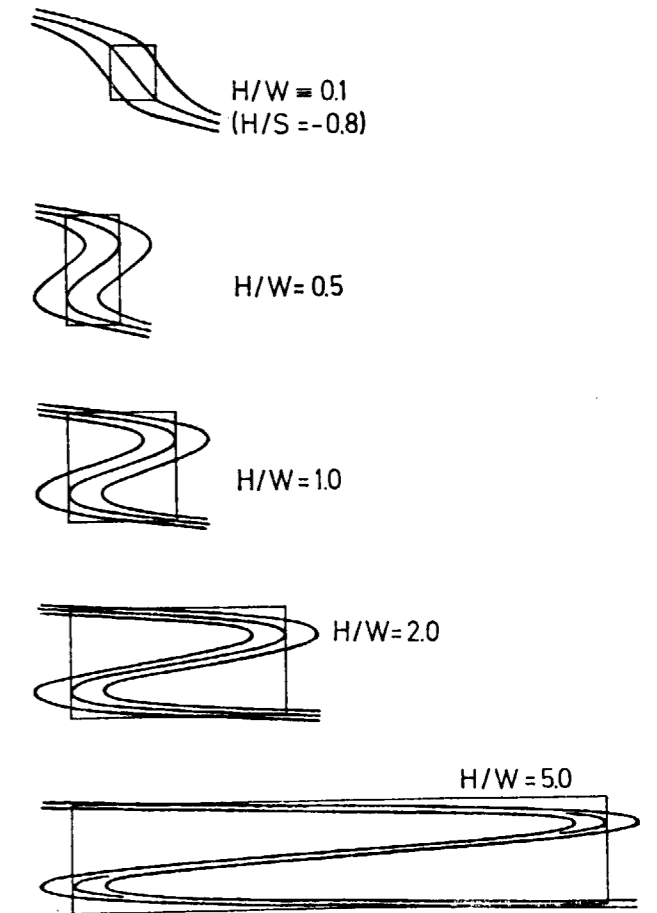


Figura 5

15. Presentación de los resultados, para lo que se propone el modelo adjunto (fig. 8).

La hoja de presentación de resultados se ha elaborado de forma que, independientemente de que contenga los valores correspondientes a la serie de atributos geométricos considerados, contenga también los datos suficientes para la localización geográfica de la estructura y su serie estratigráfica.

4. APLICACION A DOS ESTRUCTURAS ANTIFORMES

4.1. Introducción.

La metodología propuesta se ha aplicado al estudio de un par de estructuras antifórmas de las Cordilleras Béticas (ROJAS PACHECO, 1975), una denominada Montevives y otra Cabeza Montosa, cuyos resultados se exponen a continuación.

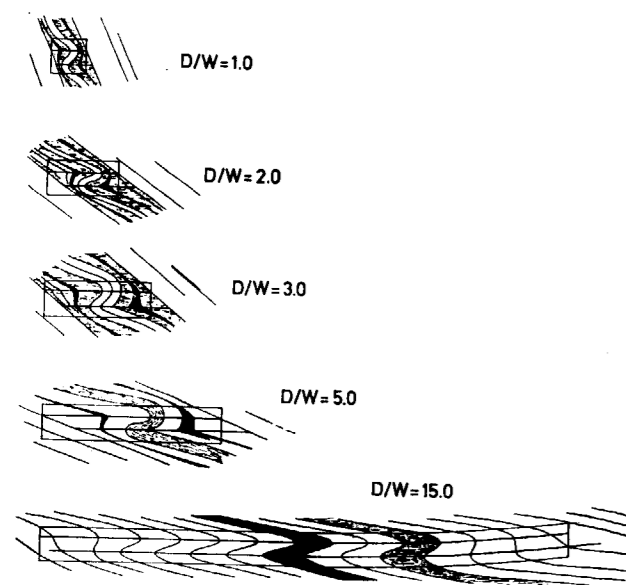


Figura 6

DENOMINACION	COORDENADAS	HOJA	MUNICIPIO	PROVINCIA	FOT AEREAS
S E R I E (E 1260)					
OBSERVACIONES					
Dirección del eje					
Buzamiento superficial basal - Inclinación del eje					
Angelesidad - Redondeamiento					
Cantidad de plegamiento (H/W)					
Similitud (D/W)					
Cilindricidad					
Análisis de Ramsay: CLASE					
Análisis de Hudleston: Visual armónico CLASE					

Figura 8

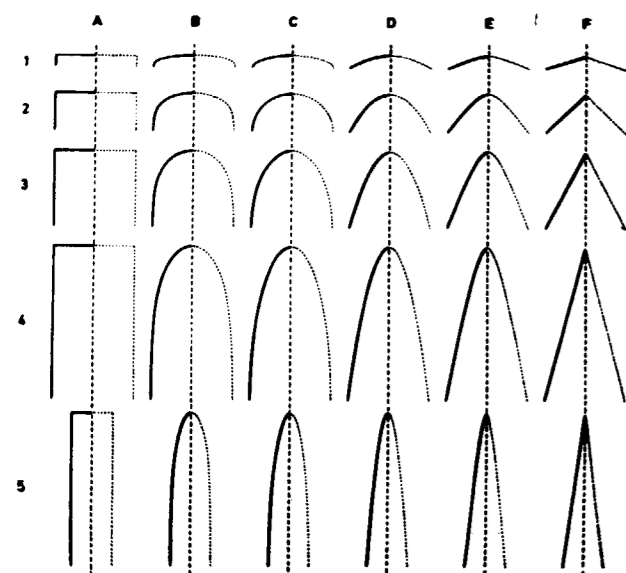


Figura 7

4.2. Situación geográfica (fig. 9).

Montevives se encuentra en las coordenadas 37° 6'13"N. 3°41'20"W. de la Hoja 1.026 del M. T. N. a escala 1:25.000; fotos aéreas núms. 19487 y 19486 del rollo 196, vuelo B; provincia de Granada, término municipal de Alhendin.

Cabeza Montosa se sitúa en las coordenadas 0°21'E. 37°37'N. de la Hoja 970 del M. T. N. a escala 1:50.000; fotos aéreas núms. 45987, 45988 y 45989, rollo 452, vuelo B; provincia de Jaén, término municipal de Huelma.

4.3. Situación geológica.

Montevives está enclavado en la Depresión de Granada, y dentro de ella, en el Sector Centro (G. DONOSO, 1967); y está formada por materiales del Mioceno medio superior (G. DONOSO, op. cit.),

Cabeza Montosa se sitúa en el Dominio Subbético Externo, en el sentido de GARCÍA DUEÑAS (1967), y está formada por materiales jurásicos del Dogger y Malm.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

De todas las metodologías para el estudio cuantitativo de la geometría de pliegues, las descritas en RAMSAY (1967) y HUDLESTON (1972) son, para el autor, las más aplicables, aunque ha podido com-

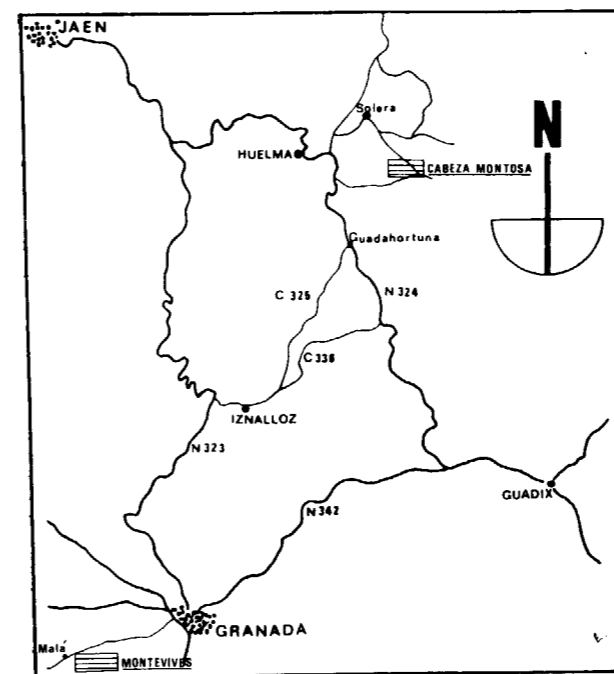


Figura 9

probar que para valores de buzamiento de los flancos menores de 25° y mayores de 10°, es dificultoso diferenciar las clases 1A y 1B de Ramsay mediante el uso de los parámetros t'_α y T'_α . Las observaciones de campo son entonces fundamentales para diferenciar una de otra.

Para valores de buzamiento de los flancos infe-

riores a 10°, la metodología de Ramsay es francamente imprecisa, pero no así la de Hudleston.

El análisis visual armónico de Hudleston es rápido de aplicar y elimina en gran parte el trabajo de gabinete, pero deja lugar a ciertas estimaciones subjetivas.

DENOMINACION	COORDENADAS	HOJA	MUNICIPIO	PROVINCIA	FOT AEREAS
MONTEVIVES	37° 6' 13" N 3° 41' 20" W	1026	ALHENDIN	GRANADA	19486 B7 rollo 196
S E R I E (E 1260)					
OBSERVACIONES					
Dirección del eje					
Buzamiento superficial basal - Inclinación del eje					
Angelesidad - Redondeamiento					
Cantidad de plegamiento (H/W)					
Similitud (D/W)					
Cilindricidad					
Análisis de Ramsay: CLASE					
Análisis de Hudleston: Visual armónico CLASE					

Figura 10

Además de los parámetros utilizados por Ramsay y Hudleston, se muestran como significativos de la actitud del pliegue los H/W y D/W de Hansen.

La fotografía en dirección adecuada de los cortes naturales, se ha mostrado útil para la consecución de perfiles suficientemente exactos.

Los resultados del estudio geométrico de Montevives y Cabeza Montosa se reseñan en las figuras 10 y 11.

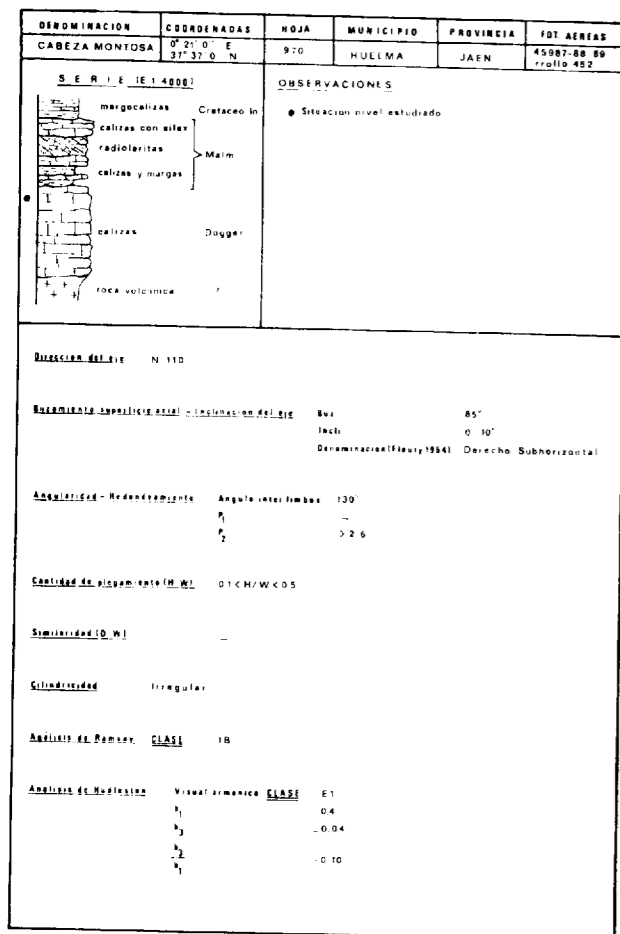


Figura 11

BIBLIOGRAFIA

- FLEUTY, M. J.: *The description of folds*. "Geol. Ass. Procc.", núm. 75, pp. 461-492 (1964).
- GARCÍA DUEÑAS, V.: *La Zona Subbética al N. de Granada*. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. de Granada, Inédito (1967).

GONZÁLEZ DONOSO, J. M.: *Estudio geológico de la Depresión de Granada*. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Universidad de Granada. Inédito. (1967).

HANSEN, E.: *Strain Facies*. Edit. Springer Verlag. Berlín, Heidelberg, New York, 207 pp. (1971).

HEADING, J.: *Mathematical methods in science and engineering*. Edit. Arnold. London, 628 pp. (1963).

HUDLESTON, P. J.: *Fold morphology and some geometrical implications of theories of fold development*. "Tectonophysics", vol. 1, núm. 1, pp. 1-46 (1972).

HUDLESTON, P. J.: *An analysis and interpretation of minor folds developed in the Moine rocks of Monar, Scotland*. "Tectonophysics", vol. 17, núm. 6, pp. 89-132 (1973).

IÑIGUEZ, J.: *Problemas de matemáticas*. Edit. Luis Vives. Zaragoza, p. 519 (1959).

KREYSZING, E.: *Advanced engineering mathematics*. Edit. Wiley. New York. N. Y. 2nd., p. 898 (1967).

LOUDON, T. V.: *Computer analysis of orientation data in structural geology*. Tec. Report. 13. ONR. Task 389-135. C. N. 1228 (26) (1964).

MERTIE, J. B.: *Classification, delineation and measurement of non-parallel folds*. US. Geol. Surv. Profess. Paper. 314 E, pp. 91-124 (1959).

RAMSAY, J. G.: *Folding and fracturing of rocks*. Edit. McGraw Hill Book. Co. Ltd. San Francisco, St. Louis, Toronto, London y Sydney, 568 p. (1967).

ROJAS PACHECO, E.: *Métodos de estudio geométrico cuantitativo de pliegues. Bases para una sistematización del plegamiento en el ámbito de las Cordilleras Béticas*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geotectónica. Facultad de Ciencias. Univ. de Granada. Inédito. (1975).

WHITTEN, E. H.: *Structural geology of folded rocks*. Edit. Rand McNally and Co. Chicago, 663 p. (1966).

Recibido: octubre de 1977.

Aplicación de la teoría de la variable regionalizada a la estimación puntual de una discordancia en el yacimiento de fluorita de la Viesca

Por F. MIGUEZ MARIN (*), M. ALFARO SIRONVALLE (*) y L. TEJERINA LOBO (**)

RESUMEN

Se discute la aplicación de la teoría de la variable regionalizada a la estimación de la topografía de una discordancia mineralizada reconocida mediante una maya de sondeos. El estudio de los semivariogramas pone de manifiesto la existencia de dos escalas principales de estructuras, una de menor rango que aparece estacionaria y otra de mayor rango que se superpone a la primera constituyendo una deriva. En el caso particular que aquí se discute parece factible la caracterización sencilla de la deriva, siendo posible a continuación la estimación puntual del componente estacionario.

ABSTRACT

The application of the theory of the regionalized variable is discussed to the estimation of the topography of a mineralized discordance sampled by a grid hole. The study of the semivariograms shows the existence of two structural scales, one of low range that appears as stationary and other of high range over the first one in the form of a trend. In the particular case here discussed it seems possible a simple characterization of the trend, making factible then the punctual estimation of the stationary component.

INTRODUCCION

El yacimiento de fluorita de La Viesca está situado unos 15 kilómetros al Sur de Gijón, en el valle del Meredal, en el paraje del mismo nombre. Su reconocimiento se realizó por medio de 80 sondeos en malla sistemática de 50 metros, según el esquema adjunto (fig. 1). Dos de los problemas fundamentales de la interpretación geológica son el establecimiento de un esquema tectónico y el grado de desarrollo del paleorelieve entre el carbonífero y el permotriás, en cuya discordancia encaja parte de la mineralización.

Evidentemente estos dos aspectos se interfieren a la hora de interpretar el yacimiento a partir de los datos de sondeo. Un esquema tectónico, aun simplificado, nos dejaba con un número de datos en cada bloque notoriamente insuficiente para su tratamiento

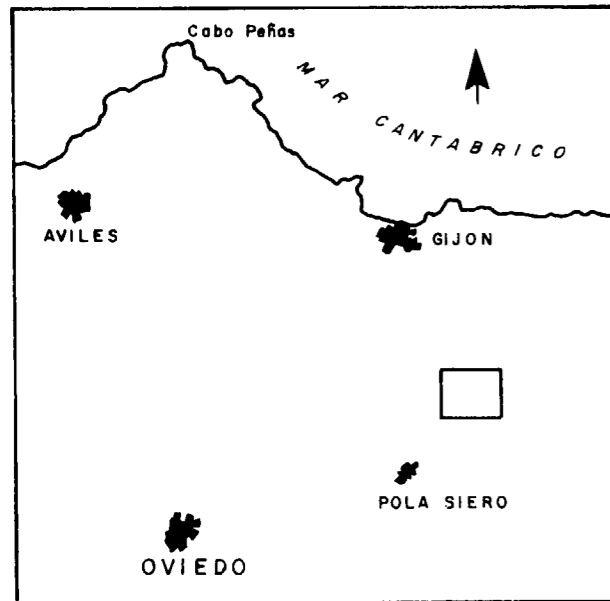
geoestadístico independiente, y por tanto para obtener una representación directa del desarrollo del paleorelieve. Por ello se pensó en hacer una evaluación global, teniendo en cuenta, y de esto podría derivar su mayor valor interpretativo, que la imagen obtenida para el paleorelieve enmascararía la tectónica.

La teoría de la variable regionalizada.

La complejidad de los procesos que han controlado la estructura espacial y valores particulares de las variables geológicas que centran nuestro interés en cada caso, como potencias de un nivel interesante, leyes de mineral o profundidad de un contacto, unido a la, en general, precaria información que sobre dicha variable se posee, especialmente por la dificultad de acceso y alto coste subsiguiente, obligan necesariamente a la utilización de modelos estadísticos. La estadística posibilita la realización de pre

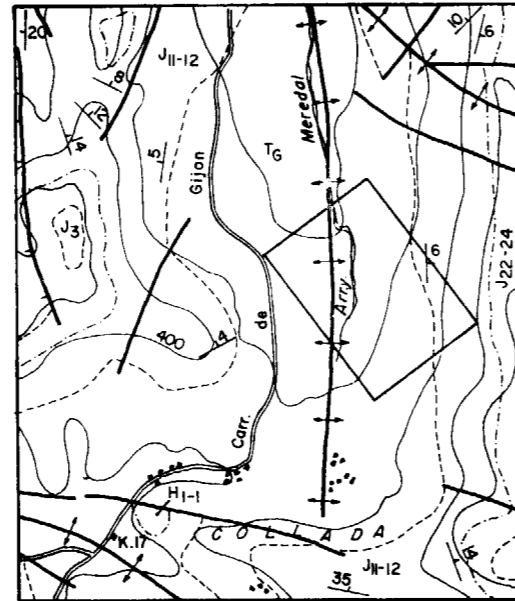
(*) Centro de Cálculo de la ETSI de Minas de Madrid.
 (**) Fluoruros del Norte, S. A. Gijón.

SITUACION



ESCALA 1:500.000

PLANO GEOLOGICO



ESCALA 1:50.000

ESQUEMA DE PROSPECCION Y AREA INTERPRETADA

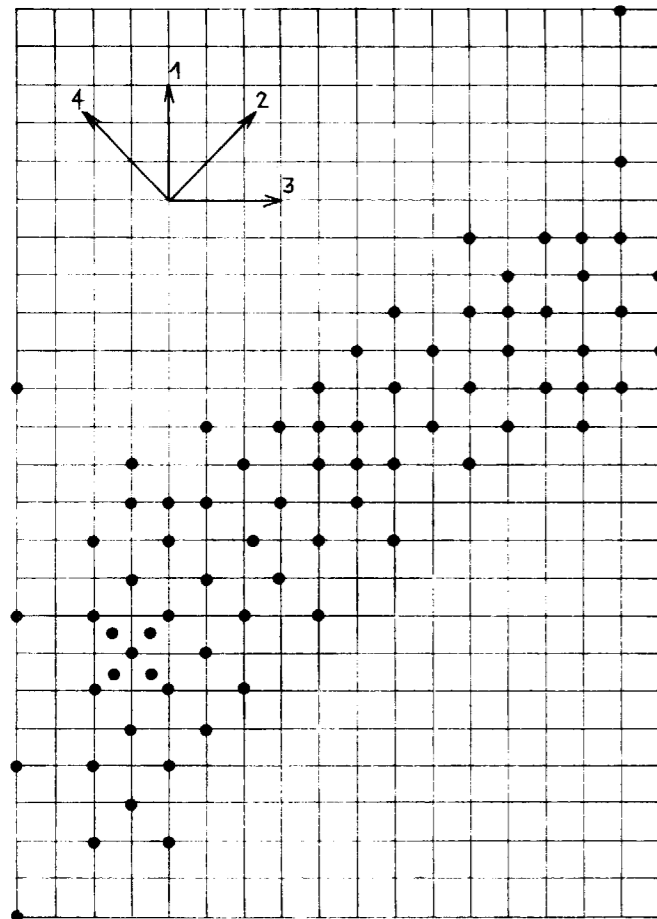


Figura 1

LEYENDA

- Anticlinal
- Falla o contacto mecánico
- Contacto normal
- Contacto discordante
- Dirección y buzamiento
- J5 Calizas pisolíticas (Malm)
- J11-12 Calizas y dolomias (Lias)
- J22-24 Conglomerados silíceos y areniscas (Dogger)
- TG Arcillas, margas y areniscas rojas (Permotrias)
- H1-1 Caliza de montaña (Namuriense)

dicciones o estimaciones con su margen de error asociado, ayudando así en la toma de decisiones.

Dos aspectos destacan constantemente en el comportamiento de estas variables. Por una parte, la existencia de una cierta estructura o correlación espacial entre valores próximos a una cierta escala; por otra, un componente local, errático, a escala mucho menor. Es posible, en fin, a escalas mayores, la presencia de tendencias regionales a las que se superponen los dos aspectos anteriores.

La existencia de correlaciones espaciales invalida automáticamente la aplicación de la estadística clásica de variables independientes. Un marco adecuado lo suministra la Teoría de la Variable Regionalizada (MATHERON, 1965, 1971).

Una variable aleatoria es una variable que puede tomar un cierto número de valores con una ley de probabilidad. Cada valor particular es una realización. Un conjunto infinito de variables aleatorias, en general ligadas entre sí por correlaciones, es una función aleatoria. Así, en un cierto yacimiento, podemos imaginar cada valor puntual de la ley en mineral $y(x_i)$, como una realización particular de una variable aleatoria $Y(x_i)$. Además, dos valores particulares de la ley en dos puntos próximos, $y(x_i)$ e $y(x_i+h)$, están correlacionados; si en x_i hay una ley alta, es más probable que en x_i+h haya también una ley alta, dependiendo naturalmente del vector h en magnitud y dirección. Podemos considerar, por consiguiente, el conjunto de leyes del yacimiento como una realización particular de una función aleatoria $Y(x)$. Denominaremos Variable Regionalizada a esta realización particular.

La mayor dificultad surge ahora como consecuencia de la propia naturaleza de la Variable Regionalizada, como realización única de una función aleatoria. Para reconstruir la ley o forma matemática de esta función serían precisas más realizaciones, de forma análoga a como sucede con las variables aleatorias. La Hipótesis Intrínseca nos va a permitir caracterizar, si no la ley, sí una parte importante de ella, permitiéndonos la inferencia estadística.

Según esta hipótesis, dos parejas de datos $y(x_i) - y(x_i+h)$ e $y(x_j) - y(x_j+h)$, separadas por el mismo vector h , se consideran realizaciones diferentes del mismo incremento aleatorio $Y(x) - Y(x+h)$. No nos interesamos, pues, en los valores particulares $y(x)$, sino sólo en sus incrementos, postulándose la estacionariedad de éstos. Así, en vez de la función aleatoria $Y(x)$, estudiamos la $Y(x) - Y(x+h)$ que, en virtud de la Hipótesis Intrínseca, se repite en el espa-

cio, permitiéndonos realizar la inferencia estadística a partir de una sola realización.

Esta nueva función aleatoria queda caracterizada por su momento de segundo orden, el semivariograma, función del vector h , calculable a partir de los valores $y(x)$, y que se define como:

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

donde E significa esperanza matemática.

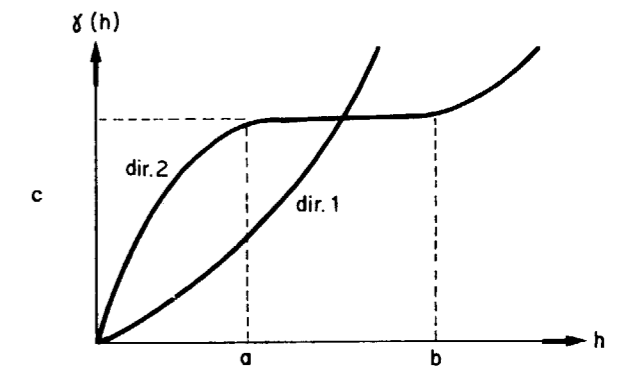
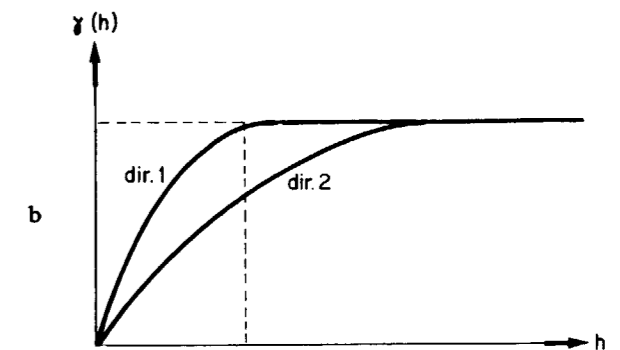
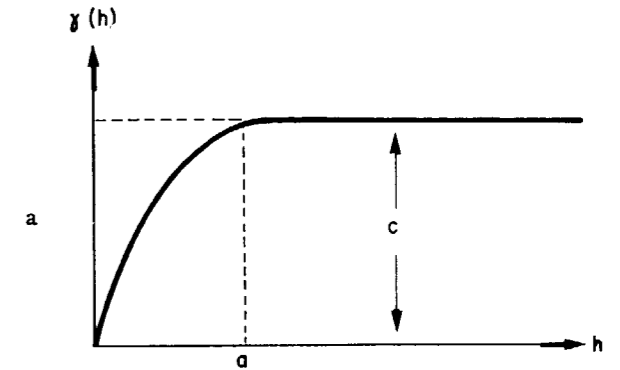


Figura 2

El semivariograma es una función simétrica, positiva, de tipo positivo condicional, lo que habrá de tenerse en cuenta a la hora de su ajuste en cada caso particular. En la figura 2-a puede verse la forma más típica de un semivariograma, función en general creciente con h ; la diferencia entre dos valores es tanto mayor cuanto más separados se encuentren. A partir de una cierta magnitud del vector h , sin embargo, se mantiene un valor límite o meseta c . El alcance a corresponde a la distancia a partir de la cual desaparece la correlación entre valores, es decir, se llega a la meseta. El estudio del semivariograma según distintas direcciones puede poner de manifiesto la existencia de anisotropías geométricas (fig. 2-b), o derivas, es decir, no estacionariedad (figura 2-c).

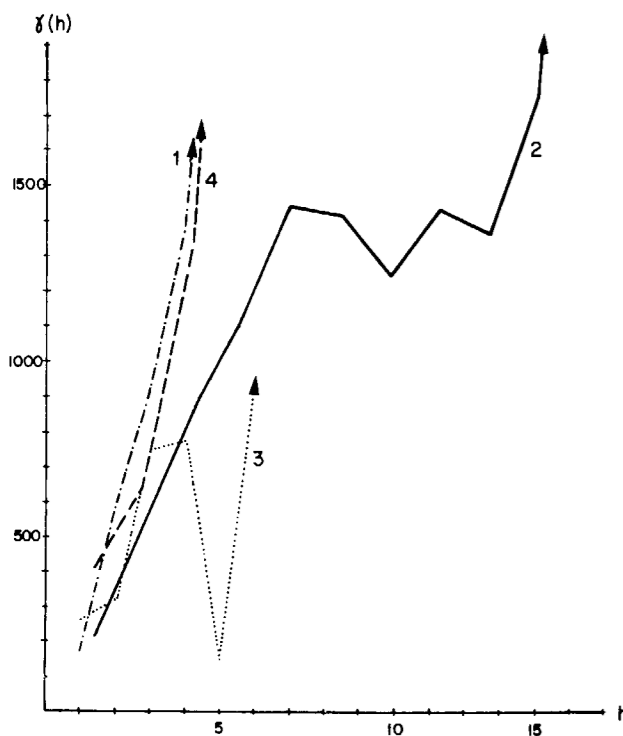


Figura 3

Semivariogramas de la discordancia.

En la figura 3 se presentan los semivariogramas de la cota de la discordancia calculados para cuatro direcciones del plano, a partir de los datos suministrados por la malla de sondeos. Destaca a primera vista el aspecto no homogéneo del conjunto. Dos parábolas muy pronunciadas según las direcciones

1 y 4, denotando la presencia de una fuerte deriva. Estacionariedad según la dirección 2 hasta los 650 metros aproximadamente y ausencia de ella para distancias mayores; el alcance puede estimarse en unos 350 metros. La dirección 3 ofrece una definición peor debido al menor número de parejas de valores que han podido ser utilizadas en el cálculo de los promedios para cada valor del vector h . Sugiere más la existencia de estacionariedad como en la dirección 2, aunque no pueden atribuirse con ninguna fiabilidad valores de alcance y meseta.

Un examen más detenido de esta heterogeneidad, sin embargo, pone de manifiesto la existencia en la discordancia de una estructura bien definida. Variación muy rápida de la variable según las direcciones 1 y 4, de tal manera que a escala de trabajo, dada por la malla de sondeos, el semivariograma sólo refleja este efecto y no otras variaciones de menor amplitud para las que se verificase la hipótesis de estacionariedad. Variación más lenta según las direcciones 2 y 3, de tal manera que el semivariograma es capaz de reflejar dos escalas de efectos, una de menor rango que aparece estacionaria y otra a la que se superpone la primera, de características semejantes a las que se encuentran en las direcciones 1 y 4. Las características geológicas de la zona sugieren ya a priori la estructura de mayor escala. En efecto, todo el valle del Meredal está enclavado en una estructura anticlinal de evolución N, como puede verse en el esquema geológico de la figura 1. La posición de nuestras direcciones de trabajo respecto de la mencionada estructura justifican su diferente comportamiento, concordando en atribuible el efecto de mayor escala.

La estimación de variables regionalizadas en presencia de una deriva, se efectúa de una forma rigurosa mediante la técnica del Krigeage Universal (MATHERON, 1969; OLEA, 1975). Se requiere, sin embargo, un complejo aparato matemático, razón por la cual, dado que en el presente estudio, al menos a priori, parece factible la caracterización global de la superficie a estimar, se ha ensayado un compromiso pragmático más sencillo, con resultados satisfactorios.

En efecto, ya se ha hecho notar antes la estructura global sencilla de la discordancia puesta de manifiesto por los semivariogramas y sobre el propio mapa geológico. Sobre ella se superpone la estructura estacionaria de menor escala y que, de acuerdo con su génesis, vamos a suponer, y esta es la única hipótesis que haremos, isotrópica, es decir, no existe he-

terogeneidad direccional. Se trata ahora de caracterizar matemáticamente la estructura de mayor escala, por ejemplo, mediante un polinomio de un cierto grado y el criterio de mínimos cuadrados. Obtener los residuos o desviaciones en cada punto entre el valor medido y el estimado, y calcular los semivariogramas de estos residuos. Se elegirán entonces aquellos que ofrezcan un mejor acuerdo con la hipótesis de isotropía.

En las figuras 4-a, b y c, pueden verse los semivariogramas de residuos para grados 1, 2 y 3, junto con los coeficientes de correlación respectivos. Los correspondientes al grado 2 ofrecen sin duda la mejor imagen isotrópica, especialmente por lo que concierne a su comportamiento en la vecindad del origen y la tendencia a una misma meseta. Nótese, sin embargo, que el coeficiente de correlación es ligeramente superior para el grado 3, lo cual sirve para enfatizar el peligro en la definición de derivas o tendencias como "superficies de mejor ajuste".

Destaca en el semivariograma correspondiente a la dirección 2, el mejor representado debido al mayor número de parejas que han intervenido en su cálculo, la presencia de un máximo. En general, se denomina a este "efecto de hoyo" y está ocasionado por la aparición de correlaciones negativas a partir de una cierta distancia; no existe además una mesa bien definida, lo cual puede deberse a que sólo se manifiesta a distancias mayores o a que en realidad no existe, debido a una periodicidad espacial para la escala estacionaria de la regionalización, posiblemente inducida por la deriva calculada. En cualquier caso y para el propósito de este trabajo que es la realización de estimaciones, nos basta con utilizar solamente la primera mitad del semivariograma, digamos hasta los 350 metros, y utilizar un modelo teórico con meseta que ajuste bien hasta esa distancia. Como se verá posteriormente, los puntos más alejados no tendrán prácticamente influencia en la estimación.

El modelo utilizado corresponde al esquema esférico (de Matheron) y tiene por expresión:

$$\gamma(h) = 700 \left[1,5 \frac{h}{7,2} - 0,5 \left(\frac{h}{7,2} \right)^3 \right] \text{ si } h \leq 7,2$$

$$\gamma(h) = 700 \text{ si } h > 7,2$$

representándose gráficamente en la figura 4-d.

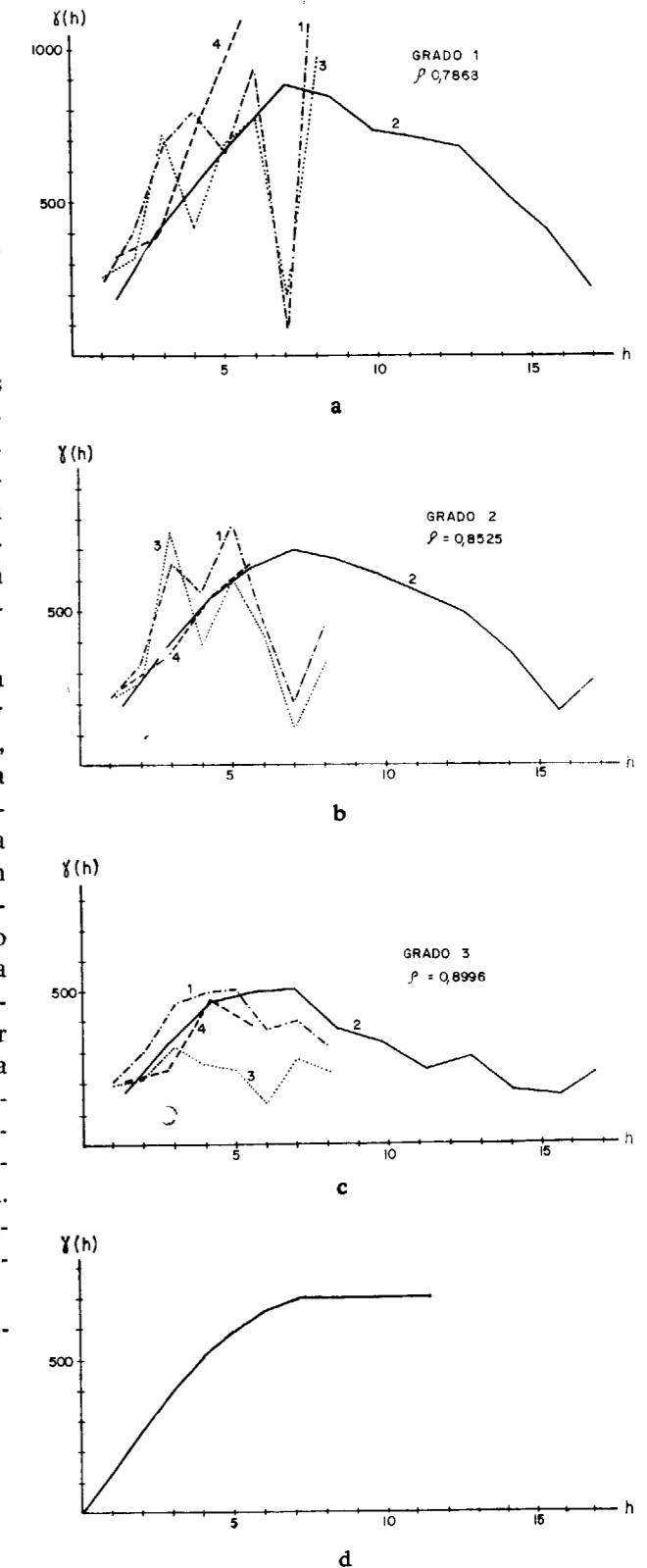


Figura 4

Estimación de la discordancia.

Nuestro objetivo es ahora utilizar en forma óptima la fragmentaria información que poseemos sobre la discordancia, para realizar estimaciones de valores en zonas no sondeadas. Estas estimaciones se plasmarán en último término, junto con los valores medidos, en una cartografía. Sería deseable además que los valores estimados estuvieran afectados de un intervalo de confianza que nos diese una medida de su fiabilidad. El estimador de Krigeage (derivado de D. Krige, cuyos estudios sobre dispersiones en las minas de oro de Africa del Sur contribuyeron al desarrollo de la T. V. R.) que cumple estos requisitos como veremos a continuación.

Dado un punto de valor desconocido Z , se trata de obtener una estimación \hat{Z} de Z , utilizando para ello un cierto número N de valores próximos conocidos Z_i . El estimador de Krigeage se define como una combinación lineal de los valores Z_i :

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_i$$

donde los pesos λ_i se atribuyen de manera que:

a) El estimador sea insesgado, es decir, en promedio el error es nulo:

$$\mu = E[Z - \hat{Z}] = 0$$

b) La varianza de estimación de Z por \hat{Z} sea mínima:

$$\sigma^2 = E[Z - \hat{Z}]^2 = \min$$

Esta definición caracteriza estadísticamente el error $\epsilon = Z - \hat{Z}$, de estimación de Z por \hat{Z} , cuya distribución puede suponerse $N(0, \sigma^2)$.

Desarrollando la expresión de la varianza y minimizándola mediante los multiplicadores de Lagrange, sujeta a la condición α , se llega al sistema de $N+1$ ecuaciones con $N+1$ incógnitas:

$$\begin{bmatrix} N \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma_{ij} = \gamma_{i0} - \mu \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \end{bmatrix}$$

que siempre tiene solución, estando la varianza dada por:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma_{i0} + \mu$$

donde los γ_{ij} y γ_{i0} son, respectivamente, los valores de la función semivariograma entre cada punto conocido con todos los demás y con el punto a estimar. Es sencillo comprobar que este estimador es exacto, en el sentido de que pasa por los puntos experimentales.

Los mapas de valores estimados y desviaciones típicas (figuras 5 y 6), obtenidos mediante la estimación por el procedimiento recién descrito de los componentes estacionarios, a los que se ha sumado después la tendencia regional, constituyen así el mejor aprovechamiento posible de la información disponible. Usados con conjunción, son un elemento de indudable valor en la toma de decisiones. De acuer-

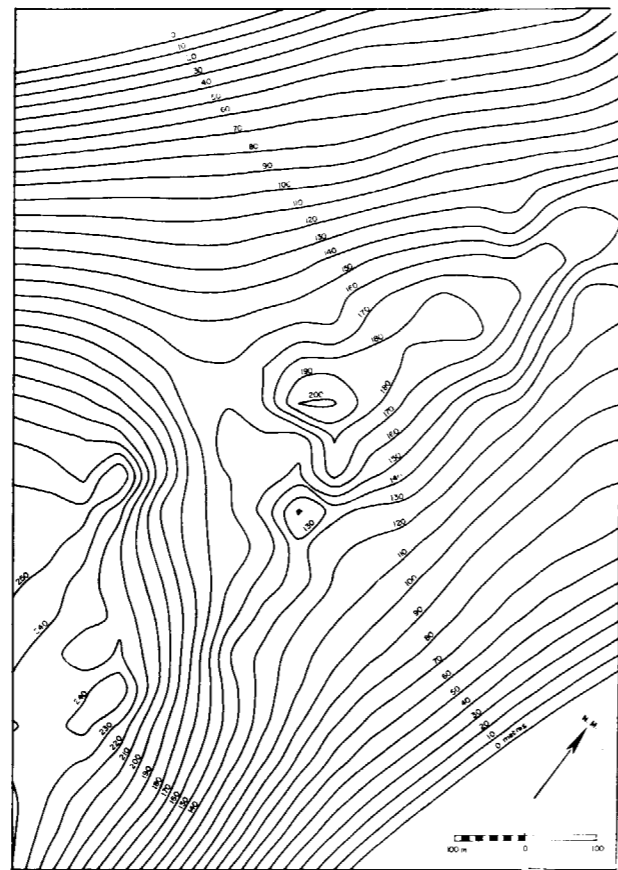


Figura 5

do con la definición del error dada anteriormente, podemos afirmar que un valor real particular, desconocido siempre, está comprendido entre el estimado $\pm 1, 2$ ó 3 desviaciones típicas con el 68, 95 y 99 por 100 de confianza.

Por otra parte, la varianza de krigeage no depende de los valores particulares de los datos, sino sólo de sus posiciones relativas y con el punto a estimar, y del semivariograma. Este hecho nos per-

más sondeos que la c. figura 7-d nos muestra cómo al implantar sondeos centrales en la configuración b, la varianza apenas se modifica. Finalmente, para reducir todavía la varianza de la configuración básica a la cuarta parte, sería preciso implantar sondeos en malla de 12 metros. La configuración f pone de manifiesto cómo los sondeos más próximos son los que tienen importancia decisiva en la estimación, al obtenerse una varianza similar a la de e utilizando además otra aureola de sondeos.

CONCLUSIONES

La teoría de la variable regionalizada y la teoría intrínseca que la maneja, se revelan como extraordinariamente fértiles al permitir caracterizar gran cantidad de situaciones frecuentes en el estudio de problemas geológicos y mineros. Aparentemente la estacionaridad sólo depende de una adecuada elección de las escalas del campo de observación y del muestreo.

El método empleado en este caso para trabajar en presencia de una deriva superpuesta a la escala estacionaria, no debe considerarse de ningún modo como de validez general. Efectivamente el variograma de residuos constituye una estimación fuertemente sesgada del variograma subyacente (DELHOMME, 1976, p. 69). La justificación de su empleo aquí, se basa en la hipótesis de isotropía realizada, verosímil a la luz de la naturaleza litológica y morfológica de la superficie estudiada, y de su propia sencillez estructural, que permite incluso preveer la forma de la deriva. Como ya se citó anteriormente, el estudio riguroso en el caso general debe efectuarse mediante el krigeage universal.

En este caso, mirado bajo el enfoque que se presenta en el planteamiento inicial, de la imagen de la discordancia se pueden sacar las siguientes conclusiones de indudable valor geológico-minero (fig. 5):

1) Por otros criterios (cartográficos, fotogeológicos y geofísicos) se había interpretado una falla, la más importante que afecta al yacimiento, en la zona media del mismo y con evolución E-W. La figura 5 respalda esta interpretación, observándose una tendencia de evolución totalmente distinta al N y S de esa posición.

2) Al N de esa línea la imagen obtenida responde a la estructura general de la zona, al pliegue anticlinal que ha servido de base para la interpretación de la deriva, y la zona debe estar, por tanto, muy

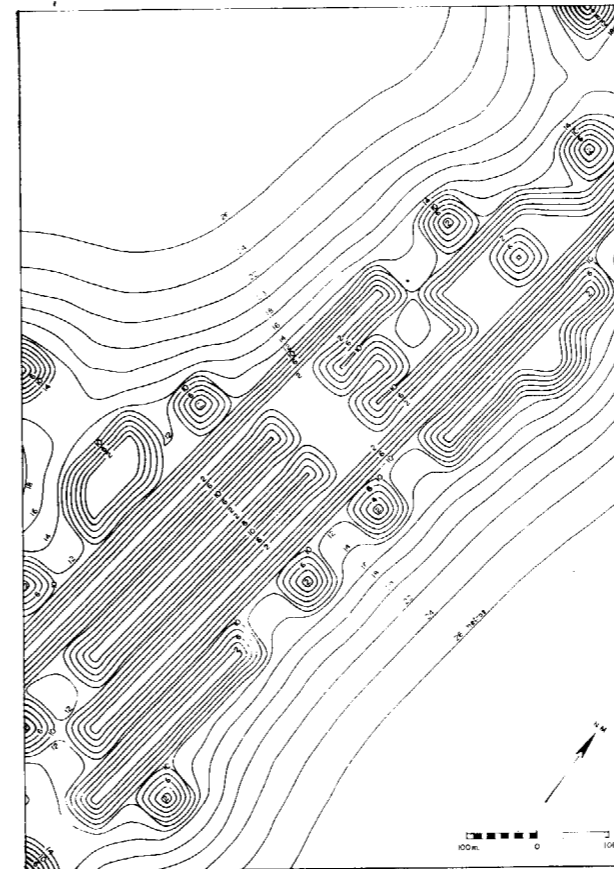


Figura 6

mite calcular apriori la ganancia de información que obtendríamos al cerrar la malla de sondeos, o dicho de otro modo, determinar la malla mínima para obtener estimaciones con un nivel de error prefijado. En la figura 7 se muestran algunas configuraciones de estimación estudiadas, junto con las respectivas varianzas. A partir de la configuración básica de 50×50 metros de la figura a, se puede reducir la varianza a la mitad (fig. 7-b) o casi una vez y media (7-c), sin embargo, la campaña b exige tres veces

escasamente tectonizada. Los rasgos de paleorelieve se deben desarrollar, en general, por debajo de la escala de trabajo.

3) Al S de la mencionada línea se pueden superponer efectos tectónicos y paleogeográficos; sin embargo, al haber concluido en el apartado anterior que el desarrollo paleogeográfico debe estar por debajo

que por encima de la posición de la discordancia. Por ello, dadas las características del yacimiento, estas galerías deben pasar lo más cerca posible pero preferiblemente por debajo de esa superficie. La combinación de información que ofrecen las figuras 5 y 6, permite optimizar esta decisión para la densidad de datos de que se dispone.

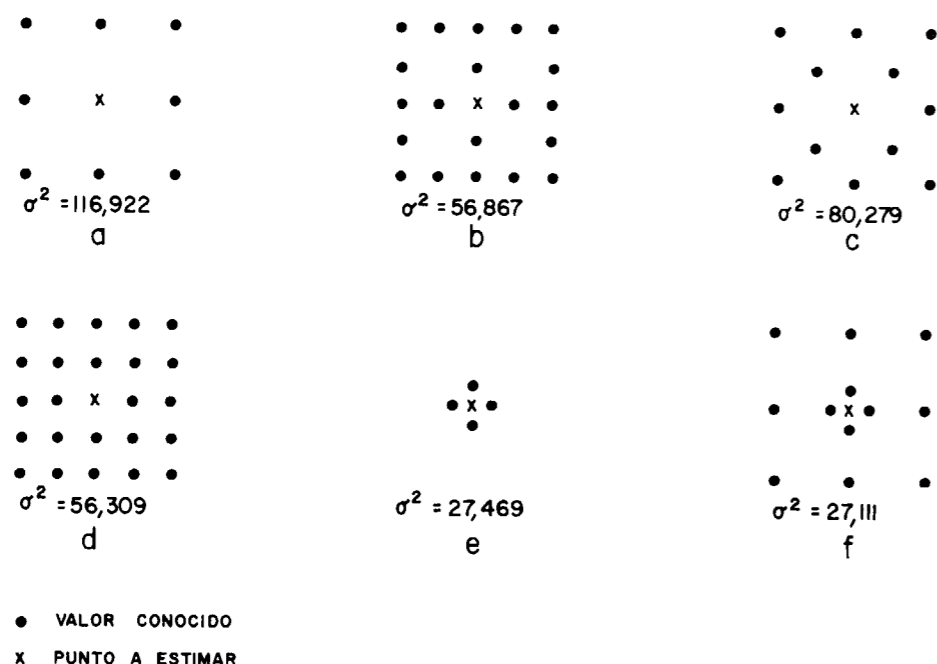


Figura 7

de la escala de trabajo, se puede interpretar aquí una más intensa tectonización.

Por otra parte, la interpretación geológica de conjunto tiene en cuenta estos resultados, pero prosigue la argumentación introduciendo otros criterios, que en definitiva pretenden disminuir el riesgo. Sin embargo, a partir de aquí el método resulta más y más subjetivo y, por tanto, imposible la cuantificación de errores. Por este motivo, la figura 6, en la que se establece la distribución geoestadística de la probabilidad de error atribuible a la imagen de la figura 5, cobra enorme valor a la hora de tomar decisiones.

Por ejemplo, la elección de cota para las galerías de arrastre debe hacerse teniendo en cuenta que las condiciones mecánicas, y con ellas las económicas y las de seguridad, son mucho mejores por debajo

BIBLIOGRAFIA

- DELHOMME, J. P.: *Applications de la théorie des variables régionalisées dans les sciences de léau*. Thèse de Docteur Ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 130+30 pp. (1976).
- MATHERON, G.: *Les variables régionalisées et leur estimation*. Masson & Cie., 305 pp. (1965).
- MATHERON, G.: *Le krigeage Universel. Les cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau*, fasc. 1, 83 pp. E. N. S. des Mines de Paris (1969).
- MATHERON, G.: *The theory of regionalized variables and its applications. Les cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau*, fasc. 5, 211 pp. E. N. S. des Mines de Paris (1971).
- OLEA, R. A.: *Optimum mapping techniques using regionalized variable theory*. Series on spatial analysis, no. 2, 137 pp. Kansas Geological Survey, Lawrence, Kansas (1975).

Recibido: enero 1978.

Mineralizaciones de cobre de origen volcano-sedimentario en la zona de Alanís (Sevilla)

Por A. GARCIA VELEZ (*)

RESUMEN

Se analizan las mineralizaciones cupríferas de la región de Alanís (Sevilla). Consisten en impregnaciones de sulfuros en rocas volcánicas de naturaleza andesítica, dacítica y cuarzoandesítica. El control geológico de las mineralizaciones está relacionado con la naturaleza volcánica de la roca y con la esquistosidad principal de plano axial.

Los depósitos son de tipo estratiforme, de origen exhalativo sedimentario, enriquecidos posteriormente por procesos supérgenos.

SUMMARY

It has been analysed the cupriferous mineralizations in the Alanis area (province of Sevilla). They are sulphides impregnations in volcanic rocks andesitic, dacitic and quartz-andesitic type. The geologic control is clearly related by the nature of volcanic rocks and the main axial-plane schistosity.

The deposit are of stratiforme type of exhalative sedimentary origin, with late enrichment by supergenic processes.

1. INTRODUCCION

De los yacimientos explotados e indicios existentes en la región de Alanís (Sevilla), varios tienen un origen ligado a procesos volcano-sedimentarios. La mayoría se localizan en niveles de tobas volcánicas o en adesitas que forman parte de las capas de Transición entre Precámbrico y Cámbrico. La mineralización Betis se encuentra en niveles volcánicos pero por encima de los conglomerados basales cámbricos.

Las capas de Transición están formadas por un conjunto de materiales volcano-sedimentarios que se han denominado serie de Malcocinado. Se observa en ellos una mezcla de niveles pizarrosos y subarcósicos junto a andesitas y tobas muy variadas

litológicamente. La potencia de la serie supera los 500 metros. Por encima de esta serie están los materiales cámbricos, constituidos por tres formaciones: Detrítica Inferior, Carbonatada y Detrítica Superior. En la formación Detrítica Inferior se distinguen tres tramos litológicos, uno basal formado por conglomerados de cantos graníticos, porfiroídicos y volcánicos, uno intermedio subarcósico que en algunos puntos sustituye lateralmente a los conglomerados y el tramo superior de niveles detríticos finos con intercalaciones frecuentes de rocas volcánicas. La potencia de estos tramos son 250, 200 y 300 metros, respectivamente.

La zona de Alanís, constituye el núcleo de un amplio sinclinorio denominado Zafra-Alanís y su flanco septentrional es el anticlinorio Nava-Guaditoca, donde se sitúan la mayoría de las mineralizaciones cupríferas de origen volcano-sedimentario.

(*) Departamento Geología de Geotecnia y Cimientos, S. A.

2. TRANSFORMACIONES DE LA ROCA ENCAJANTE

Por orden de intensidad de los procesos observados, las transformaciones de la roca de caja son: cloritización, sericitación, limonitización, silicificación, carbonatación y meteorización.

2.1. CLORITIZACIÓN.

Es el tipo de alteración más importante de las rocas encajantes, y está muy extendida por toda la región. En su mayor parte se debe a los efectos del metamorfismo que actuó sobre los materiales que actualmente afloran en la región y en parte a los procesos que acompañan al volcanismo regional existente.

Las tobas volcánicas tienen un gran contenido en clorita dispuesta en finas bandas, muchas veces con textura fluidal, rodeando a los fenocristales de feldespato. Esta alteración es muy importante en las rocas que contienen cierta cantidad de máficos en su composición, como en el caso de las tobas andesíticas.

También existe otro tipo de clorita ligado a etapas de fracturación y se dispone rellenando fisuras.

2.2. SERICITIZACIÓN.

Se produce conjuntamente con la cloritización y posiblemente como consecuencia de ella al aumentar el contenido de potasio en las plagioclasas por la liberación de éste durante el proceso. Los fenocristales de plagioclasas están casi totalmente alterados, no permitiendo la observación de las características ópticas de algunos individuos. Las rocas donde mejor se observa este proceso son las rocas volcánicas detríticas que tienen un porcentaje de matriz elevado (a veces 70 por 100).

En algunas muestras se ha originado también la baueritización de los escasos cristales de biotita. El grado de alteración es tal que muchas láminas sólo dejan ver una gran cantidad de productos arcillosos de naturaleza sericítica donde quedan dibujados levemente los fenocristales feldespáticos.

2.3. SILICIFICACIÓN.

Adquiere bastante importancia en las tobas mineralizadas siendo frecuente ver filones discontinuos de cuarzo y ocelos, ambos ligados a la mineralización de sulfuros. Los granos de cuarzo aparecen en filones tardíos rellenando fracturas o como cuarzo microcristalino en ocelos deformados.

La silicificación precede a la fase metalífera primaria y se puede haber originado en diferentes etapas en una fase póstuma de la actividad volcánica y también como producto de la removilización de sílice durante las etapas tectónicas adquiriendo la disposición actual.

2.4. CARBONATACIÓN.

Se produce de forma análoga a la silicificación aunque tiene menor importancia, mediante la movilización de carbonatos a lo largo de fracturas, mezclándose con los filones de cuarzo, y cuya procedencia está en la descomposición de los feldespatos primarios, conservándose restos de este proceso entre los cristales de clorita y sericita.

La carbonatación tiene extraordinaria importancia ya que de estos carbonatos se originan los productos oxidados de cobre que constituyen los indicios más visibles de la mineralización.

2.5. HEMATITIZACIÓN.

Los productos oxidados de hierro son muy abundantes en algunas muestras, y en la mayoría de los casos está ligados a bornita y calcosina a los que incluye cuando la transformación no ha sido total.

También existen minerales oxidados de hierro de formación posterior y de origen distinto; rellenan pequeñas fracturas y provienen de la alteración superficial de minerales de hierro. En algunos casos, los óxidos de hierro se han depositado en estado coloidal sobre granos de calcopirita disponiéndose en finísimas láminas concéntricas que engloban a su vez pequeños fragmentos de calcopirita. Estas bandas se deben a la precipitación del mineral a partir de soluciones procedentes de la oxidación de minerales de hierro en etapas tardías.

2.6. METEORIZACIÓN.

La acción de los agentes físicos y químicos actuales o de otras épocas, han producido una descomposición mecánica de la roca que facilita la acción de los procesos químicos. De esta manera se intensifica la alteración de feldespatos y se originan productos arcillosos que ocasionan la disgregación de la roca. La alteración superficial es muy intensa en los materiales de grano fino extendiéndose los minerales arcillosos por las fracturas y en la matriz enmascarando la composición primitiva de los componentes.

La acción de las aguas superficiales es interesante desde el punto de vista mineralógico, pues conduce a la formación de minerales oxidados de cobre que se difunden hacia el exterior por las pequeñas fisuras y dan lugar a los indicios más llamativos.

3. INFLUENCIA DE LA TECTONICA

Durante una primera etapa, la región fue sometida a una intensa actividad volcánica, a consecuencia de la cual se depositaron las rocas piroclásticas que hoy constituyen el material encajante de la mineralización. Posteriormente se desarrolla una serie de etapas erosivas seguidas de diferentes fases de plegamiento, provocando estas últimas una esquistosidad principal de fracturas a lo largo de la cual se concentran los sulfuros, acentuándose la disposición estratiforme que ya poseían.

La litología determina la disposición estratiforme de la mineralización a escala de yacimiento, y la tectónica regula tal morfología, pero ya a escala microscópica. La esquistosidad, además de influir en la concentración de los sulfuros, facilita el transporte de soluciones que pueden ser el medio más

importante para la migración de ciertos minerales como el cobre.

La mayor acumulación de minerales metálicos se logra en una zona de intenso cizallamiento donde se produce una banda de microbrechas cuyo componente principal es cuarzo, envuelto éste por calcopirita y bornita. La concentración mineral se origina durante la fase tectónica que produce el sistema de esquistosidad principal, de plano axial, y de dirección NW.

Son frecuente los fenocristales de plagioclasa deformados e incluso rotos; los planos de esquistosidad principales, también han sido deformados por efecto de posteriores fases tectónicas, y las concentraciones de cuarzo se observan elongadas según la dirección predominante, siendo frecuentes los fenómenos de recristalización en los cristales de cuarzo.

4. MINERALIZACIONES

Todas están situadas en la Hoja núm. 899 (Guadalcanal) del M. T. N., escala 1:50.000. Las características de los diversos yacimientos se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Nombre y situación	Roca encajante	Mineralización	Ganga	Otros
Robledo (1° 59'22") (39° 4'50")	Toba cuarzoandesítica	Calcopirita Bornita Calcosina Covelina Malaquita	Cuarzo	Pirita Goeth. Hemat. Psilo.
San Pedro (1° 58'41") (38° 4'19")	Toba cristalina andesítica Toba litocristalina dacítica	Calcopirita Bornita Calcosina Covelina Malaquita	Cuarzo	Pirita
San Martín (1° 58'29") (38° 4'10")	Toba cristalina y litocristalina cuarzo andesítica	Calcopirita Bornita Calcosina Covelina Malaquita	Cuarzo	
Esperanza (1° 57'52") (38° 4'38")	Andesita tobacea Toba cuarzoandesítica	Bornita Calcosina Malaquita Calcopirita	Cuarzo Calcita	Hemat. Goeth. Ilmenita

Nombre y situación	Roca encajante	Mineralización	Ganga	Otros
Magdalena (1° 54'32") (38° 2'38")	Toba dacítica	Calcopirita Bornita Calcosina Covelina Malaquina	Cuarzo	
San Francisco (1° 55'42") (38° 3'18")	Andesita	Bornita Malaquina Covelina	Cuarzo	Hemat.
Betis (2° 5'58") (38° 6'25")	Andesita	Calcosina Covenina Malaquita		Hemat.

4.1. ROBLEDO.

La roca encajante y mineralizada corresponde a una toba litocristalina cuarzoandesítica y está constituida por fragmentos de rocas microcristalinas de naturaleza andesítica, cristales de plagioclasas de 0,5 a 1,5 mm, casi totalmente alterados, del término andesina (32 por 100 An) y oligoclasa (27 por 100 An) y cristales de cuarzo que suelen formar ocelos (2-3 mm) o quedan en la matriz. Las láminas de sericita son abundantes sobre los fenocristales o en la matriz. Los primitivos elementos ferromagnesianos se han transformado totalmente en el producto clorítico que predomina en la matriz. La textura es holocristalina, microglandular y porfídica. La matriz es casi afanítica, fluidal que, a veces, ataca parcialmente a los cristales que soporta.

La mineralización consiste en sulfuros de cobre e hierro, calcopirita y bornita, en un 80 por 100, acompañados de calcosina, covelina y malaquita. Aparecen en pequeñas concentraciones alargadas y discontinuas a lo largo de las superficies de esquistosidades. Además de los minerales de cobre hay pequeñas cantidades de pirita y óxidos de hierro en mayor cantidad.

Los fenómenos de reemplazamiento son muy intensos y frecuentes, tanto a lo largo de fracturas como en los bordes de los granos. Los minerales reemplazantes son calcosina, covelina y bornita; los reemplazados son calcopirita, bornita y calcosina. La calcosina tiene una tendencia preferente a reemplazar la bornita, mientras que la covelina lo hace por calcopirita, no siendo frecuente la zonación completa calcopirita-bornita-calcosina-covelina, aunque se ha observado en algún punto. Algún cristal de

bornita presenta inclusiones de calcopirita de forma acicular, textura propia de cristales de exolución.

La pirita encontrada es posterior a los minerales de cobre y está ligada a los óxidos de hierro, casi siempre goethita, formados en fracturas y que a veces contiene relictos de pirita. Se puede dar la transformación goethita-hematites, conservándose éste último en los bordes de cristales pseudomorfo.

La mineralización está diseminada, estratiforme y asociada a las tobas decíticas y andesíticas que forman el tramo superior del conjunto volcánico; corresponde a un depósito exhalativo en formaciones piroclásticas. Durante la actividad volcánica se forman cristales de calcopirita y bornita, aunque parte de este último también es secundario, lo que explica su localización en ocelos y pequeñas vetas de cuarzo. Estos minerales son posteriormente reemplazados por minerales nuevos tales como calcosina y covelina originados en una etapa postvolcánica. Más tarde se produce una liberación de hierro y cobre que ocasionan la formación de óxidos de hierro que rodean los sulfuros y también malaquita. En una etapa posterior, los elementos de las rocas son removilizados y adoptan la disposición actual.

4.2. SAN PEDRO.

La mineralización de San Pedro se encuentra encajada en rocas volcánicas tobáceas. El tipo de roca más frecuente es la toba cristalina andesítica o cuarzoandesítica provista de estructura esquistosa y textura porfídica holocristalina y con una disposición bandeada o fluidal de los elementos que constituyen la matriz. Los fenocristales son de oligoclasa (28 por 100 An), aunque posiblemente hayan términos más cálcicos pero también mucho más

alterados. Junto a estos cristales hay algunos granos más pequeños de cuarzo no muy abundantes. Los fenocristales se sumergen en una mesostasis muy fina formada por sericita, clorita y cierta cantidad de cuarzo microcristalino. En conjunto presenta anisotropía textural.

Algunos otros niveles tobáceos aquí representados, manifiestan ciertas modificaciones de carácter composicional, tales como: mayor riqueza de cuarzo, tanto en la mesostasis como en fenocristales; presencia de fragmentos de rocas volcánicas que a veces suponen el 50 por 100 de los componentes; existencia de concentraciones de cuarzo en ocelos y bandas; abundancia de fenómenos de recristalización, siendo la mesostasis más fina, textualmente fluidal y con aspecto flameado. Estos niveles se han clasificado como tobas lítico cristalina dacítica y a veces riolítica.

Ambos niveles volcánicos con caracteres tobáceos indican dos diferentes etapas de una misma actividad volcánica, pero en una de ellas hubo mayor aporte de sílice.

La mineralización aparece de manera estratiforme, diseminada en las tobas. En algún caso se ha visto una asociación a filones de cuarzo, microcristalino o filonítico. La paragénesis encontrada es simple y consiste en calcopirita como mineral primario y bornita, calcosina y covelina como secundarios. La mayoría de los minerales supérgenos están sustituyendo a los primarios. Este reemplazamiento es de tipo centrípeta o en anillo ya que se efectúa desde los bordes de los cristales.

El sulfuro primario fue la calcopirita que impregna el tramo de rocas tobáceas. El resto de los sulfuros está relacionado con el tramo volcánico litocristalino. De este modo, se piensa que la bornita y calcosina se han formado por precipitación a partir de soluciones cupríferas, que en un ambiente reductor y en presencia de otros sulfuros como calcopirita, originan sulfuros enriquecidos en cobre. Tanto la bornita como la calcosina son supérgenos; el primero en formarse es bornita, que precipita tanto en huecos o intersticios, como sobre los granos de calcopirita a la que puede reemplazar totalmente. Sobre los cristales de bornita se forma una pequeña capa de calcosina que causa sustituciones entre ambos minerales.

Por último, algunos cristales de calcopirita y calcosina se transforman en covelina, que provoca reemplazamientos centrípetos irregulares. También

se forma malaquita que se difunde ampliamente por las fisuras.

Las zonaciones más frecuentes son: calcopirita-calcosina-covelina en los niveles ricos en calcopirita, y bornita-calcosina-covelina-malaquita en los niveles de enriquecimiento secundario. Esta paragénesis tan simple responde a un yacimiento de tipo exhalativo en rocas piroclásticas, modificado por la influencia de soluciones removilizadas por la tectónica a lo largo de microfracturas. Los cristales de pirita observados no son singenéticos con estos sulfuros sino más tardíos.

4.3. SAN MARTÍN.

Las rocas mineralizadas en la explotación de San Martín, son semejantes a las ya descritas para San Pedro, es decir, tobas cristalinas (casi siempre en la base del tramo) y tobas lítico cristalinas de naturaleza dacítica o cuarzoandesítica. Estas rocas representan la etapa final de una actividad volcánica de quimismo calcoalcalino que acaba con una fase algo más ácida, pasando de rocas andesíticas a dacíticas y riolíticas e incluso riolíticas en algún caso.

La mineralización consiste en calcopirita y bornita con cierta cantidad de cuarzo, formando diseminaciones o agrupaciones irregulares. Estos sulfuros se han enriquecido supergénicamente en calcosina, covelina y malaquita. Se observan abundantes sustituciones centrípeta, hecho muy común en minerales supérgenos: suelen desarrollarse a lo largo del límite entre los granos y el mineral reemplazante, formándose un halo alrededor del mineral más antiguo. También es frecuente el reemplazamiento en filoncillos, donde se ven bordes irregulares y sinuosos siguiendo pequeñas fracturas. En otros casos, el proceso es selectivo, de manera que un mineral incluido, confirmándose en la preferencia de unos minerales respecto a otros. El ejemplo más claro que se ha visto, ha sido el de cristales de bornita que reemplazan parcialmente a calcopirita dejando relictos con contactos de caries, y a su vez ella es reemplazada por calcopirita, y ésta por covelina, siendo frecuente la zonación completa, pero comprobándose cómo cristales de calcopirita interrumpen la sustitución de bornita por calcosina.

En menos ocasiones se han visto inclusiones laminares de calcopirita en bornita orientadas en dos direcciones, presentando una textura en parrilla correspondiente a un reemplazamiento según dos direcciones que se corten.

Algunos cristales de bornita muestran fisuras rellenas por calcosina azul isótropa, producida antes del reemplazamiento por calcosina gris que la corta. Así, pues, la paragénesis mineral es calcopirita-bornita-digenita-calcosina gris-covelina, incluyéndose el yacimiento en los de tipo exhalativo en roca piroclásticas. La morfología es estratiforme, ligada a pequeñas fracturas que configuran la estructura de la roca.

La mineralización primaria se da junto a la roca volcánica de quimismo calcoalcalino, precedida de una fase silíceo que aporta cierta cantidad de cuarzo con quien se asocia. Posteriormente, hay una formación de minerales supérgenos que llegan a constituir hasta el 65 por 100 de los minerales de cobre. Tardíamente se forman covelina y malaquita que tapizan las fisuras existentes.

4.4. ESPERANZA.

La mineralización denominada Esperanza se encuentra en un conjunto volcano-sedimentario en el que se han diferenciado los tramos siguientes:

4.4.1. *Andesita microcristalina.*

Es una roca fanerítica compuesta esencialmente por fenocristales de plagioclasas, y algunos de cuarzo en una matriz formada por pequeños cristales de feldespatos, sericita y clorita. Los cristales hipidiomorfos de feldespato corresponden a los términos oligoclasa y andesina, con un tamaño medio de 4,4 mm. Los cristales de clinocloro son abundante y presentan una marcada orientación. Todos estos cristales están inmersos en una mesostasis finísima formada por pequeñas láminas de sericita y cristallitos de plagioclasas, quizá también cuarzo y abundante clorita todo mezclado intensamente. Es frecuente ver sombras de presión de cuarzo y clorita, así como la fragmentación de los fenocristales.

4.4.2. *Serie tobácea calcoalcalina.*

Este término se emplea para designar un conjunto de rocas volcánicas y con intensa participación sedimentaria. Entre estas rocas se han observado los términos siguientes:

— Andesita tobácea, corresponde a un nivel superior a la andesita anteriormente descrita y constituye la base de los horizontes mineralizados. Es una andesita con fuerte carácter tobáceo, y en algunos casos con estructura flameada, originada por la forma que adopta la matriz alrededor de los cristales.

Los cristales de andesina (31 % An) son casi idiomorfos y alcanzan 0,6 mm de tamaño medio, la alteración es muy intensa. Los granos de cuarzo son xenomorfos pero generalmente tienen un origen secundario y están en cavidades o pequeños filones. Los fragmentos de rocas volcánicas son abundantes. Son frecuentes los óxidos de hierro y pequeños cristales de titanita, la mayoría de ellos transformados en esfena, también abunda la ilmenita.

— Toba cuarzoandesítica, con textura microporfídica y compuesta por cristales de plagioclasas de 1 mm de tamaño máximo y casi totalmente alterados, que están flotando en una mesostasis formada por productos sericíticos y cloríticos, junto a pequeños cristales de feldespatos. Según contengan clastos de fragmento de rocas se incluyen en tobas líticas cristalinas o cristalinas siempre de naturaleza andesítica.

— Cinerita, se sitúa en la parte más alta de la serie tobácea y está formada por minerales de grano extremadamente fino, con textura detrítica muy fina, pelítica. Los cristallitos casi invisibles son de plagioclasas, posiblemente cuarzo y una mezcla clorítico-sericítica; todo el conjunto posee una densa esquistosidad. Esporádicamente se ven flotando sobre la matriz cristales de plagioclasas de unos 0,2 mm de longitud y pequeños nódulos de cuarzo. La roca se clasifica como toba cinerítica con clastos volcánicos cristalinos.

4.4.3. *Esquistos clorítico tobáceo.*

Sobre los tramos volcánicos anteriores existe un conjunto de materiales de grano fino en los que la participación sedimentaria es predominante, aunque la volcánica no está ausente. La textura es granulo-lepido-blástica con anisotropía estructural, pues junto a los ocelos rellenos de fragmentos de rocas andesíticas, superiores a 1 mm, existen concentraciones de cristallitos de plagioclasas totalmente fracturados.

Los cristales de cuarzo, que tienen un tamaño medio de 0,12 mm y ocasionalmente 0,6 mm, representan el 30 por 100 de los componentes y están dispuestos alargadamente, envueltos por la matriz con una patente esquistosidad. En escasa proporción, hay plagioclasas de 0,15 mm de tamaño y corresponde al 5 por 100. La alteración no es muy intensa. Todos estos clastos están en una matriz de clorita y sericita fuertemente orientada. La roca se clasifica como clorito esquistoso con participación volcánica o de manera general tuffita.

La mineralización se presenta como impregnaciones de sulfuros de cobre diseminadas en la roca volcánica que constituye la parte inferior del tramo tobáceo, o como pequeños filoncillos de calcopirita, cuarzo y carbonatos. La relación entre ambos niveles mineralizados no está clara, pero parece que los procesos más comunes serían la formación de una roca tobácea con abundantes diseminaciones de sulfuros metálicos. Estos minerales son removilizados y se alojan en fracturas concentrándose algunos de ellos como la calcopirita. Hay una etapa de oxidación y lixiviación, produciéndose entonces soluciones descendentes que provocan un enriquecimiento supérgeno por debajo de la parte oxidada. De esta forma existe un nivel superior de mineralización primaria que no ha sido eliminado totalmente y un nivel inferior enriquecido en minerales de cobre supergénicos.

Posteriormente hay una etapa fuertemente oxidante y los cristales de bornita son sustituidos por hematites. Sobre el nivel superior de calcopirita se deposita una aureola del limonita en finísimas capas concéntricas indicando una precipitación de origen químico. Durante la etapa de oxidación, parte del cobre liberado forma malaquita.

4.5. MAGDALENA.

La roca mineralizada es una toba decítica aunque por la preponderancia de la matriz a veces es una simple tuffita con aspecto pizarroso. Corresponde a un nivel detrítico con participación volcánica y sedimentaria. La textura es porfídica aunque la matriz supera en mucho a los fenocristales de andesina, de 0,6 mm de tamaño. Son algo más abundantes los cristales de cuarzo de 0,10 mm de tamaño medio. El total de los fenocristales representan el 15 por 100 de los componentes. La matriz está formada por pequeños cristales de cuarzo, feldespatos y más abundantes clorita y sericita, así como también óxidos de hierro.

La mineralización consiste en calcopirita como mineral primario y bornita, calcosina y covelina, junto a malaquita como minerales cupríferos secundarios. También hay una pequeña cantidad de cuarzo acompañando a los sulfuros. Los cristales de calcopirita primario se formaron en las últimas fases de actividad volcánica que originó las tuffitas, conduciendo también a la precipitación de sustancias químicas coloidales piroclásticas en un medio marino de carácter reductor. Posteriormente los sulfuros se concentran según planos de fracturas junto a pequeños

filones de cuarzo, durante la removilización en una etapa tectónica. Más tarde hay una serie de procesos que conducen a la formación de bornita y calcosina y que reemplazan a la calcopirita parcialmente. A continuación se forma covelina que se dispone en pequeñas láminas según determinadas direcciones sobre los cristales de calcopirita y calcosina.

4.6. SAN FRANCISCO.

La roca mineralizada es una andesita de estructura fanerítica y textura porfídica holocristalina. Los componentes son oligoclasas (28 % An) y andesina (32 % An) muy alterados a sericita, abundante clorita, dispuesta fluidamente sobre los feldespatos, y una mesostasis muy fina compuesta por plagioclasas y producto sericítico-clorítico, junto a algún grano de cuarzo.

La paragénesis es de bornita y calcosina, formadas a partir de una solución cuprífera e impregnando la roca volcánica. Los fenómenos de remplazamiento son intensos y más tardíamente se formarán covelina y malaquita. La precipitación de los sulfuros se realizan tanto en los intersticios de la roca volcánica como en pequeñas fisuras.

4.7. BETIS.

La mineralización se encuentra en un nivel volcánico formado por andesita, fanerítica y de textura porfídica. Los fenocristales de andesina (36 % An) son hipidiomorfos y de 2-3 mm de tamaño, suelen tener inclusiones de zoisita y clinosoizita como producto de saussuritización. Los elementos máficos han sido transformados por completo en clorita y óxidos. La matriz está constituida por abundantes cristallitos de plagioclasas (0,2-0,3 mm) formando una textura de tendencia traquítica. Además hay cierta cantidad de epidota y clorita. La clorita es sincinemática con la tectonización y también postcinemática rellenando fracturas en los cristales de plagioclasas. La roca debió de pertenecer a una serie espilitica, pero el proceso de espilitización no ha sido normal, ya que el contenido en anortita es muy alto.

Este nivel andesítico está limitado por tramos detríticos, pelítico cuarzoso el superior y subarcósico el inferior.

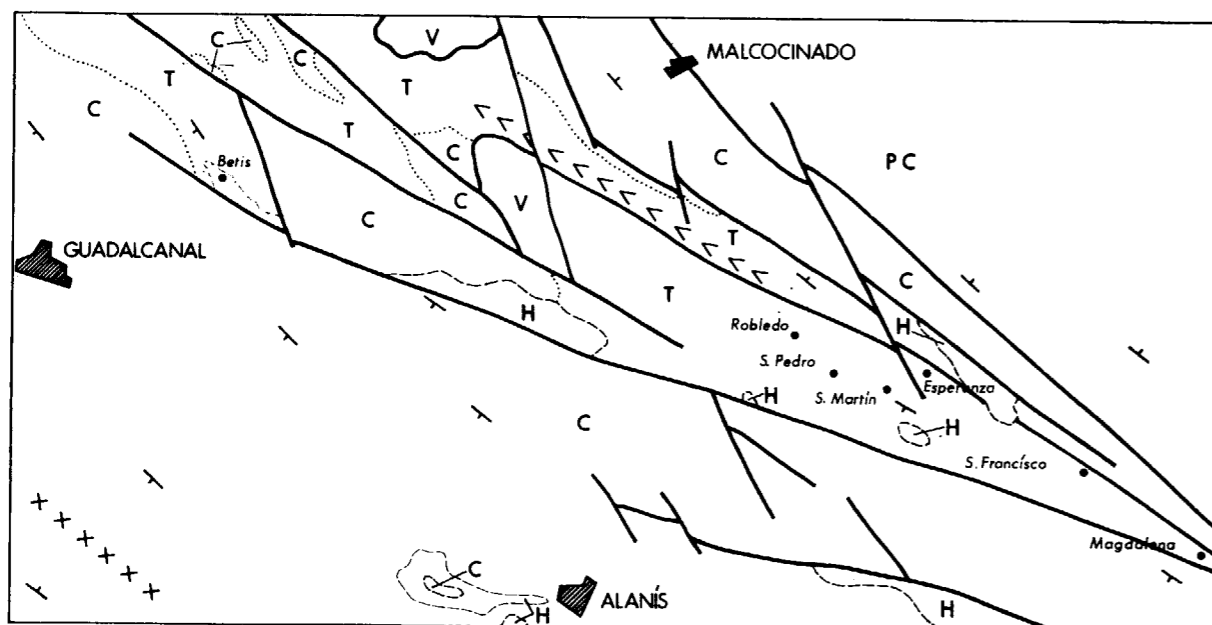
La mineralización consiste en diminutos cristales de calcosina, transformada frecuentemente en covelina, y algunos cristales de hematites. El recubrimiento de malaquita es extenso.

La mineralización primaria corresponde a diseminaciones de sulfuros de cobre en rocas volcánicas de quimismo calcoalcalino y que han sufrido una posterior oxidación.

La capa detrítica inferior también presenta algunas de estas impregnaciones de sulfuros junto a pequeños filones de cuarzo y carbonato. El conjunto es una paragénesis propia de yacimiento sedimentarios es ligados a un volcanismo inicial.

difícil poder establecer un orden entre ellos. El esquema más correcto parece ser como sigue: formación de una colada volcánica de andesita microcristalina; depósito posterior de diversos niveles tobáceos que van desde andesita tobáceas hasta cineritas. Sobre todo el conjunto se depositan materiales piroclásticos de naturaleza andesítica. La mineralización se encuentra en los niveles tobáceos intermedios.

ESQUEMA GEOLOGICO



H - CARBONIFERO

C - CAMBRICO INFERIOR

T - CAPAS TRANSICION

PC - PRECAMBRICO

V - ROCAS PLUTONICAS

$++++$ ANTICLINORIO

$xxxx$ SINCLINORIO

5. CARACTERES METALOGENICOS

Las rocas efusivas de la zona son lavas y tobas submarinas formando una serie volcano-detrítica que se ha denominado de Malcocinado; posiblemente estos niveles volcánicos se deben a diversos centros de emisión que, junto a la complejidad producida por efecto de las fases de plegamientos hercínicos, hacen

Parece indudable la relación genética entre el volcanismo y los sulfuros adoptándose la teoría exhalativa sedimentaria para explicar la formación de importantes yacimientos, como por ejemplo, la Banda piritosa desde Sevilla a Portugal. Para la zona de Alanís, el origen es el mismo pero el número de variedades mineralógicas y el volumen del depósito

es mucho menor debido a las condiciones del volcanismo poco diferenciado.

Así, pues, durante la transición Precámbrico-Cámbrico, en el fondo marino tuvo lugar una actividad volcánica con emisión de rocas piroclásticas y lávicas. El ambiente reductor existente en el medio, junto con los aportes de elementos metálicos y sulfhídrico de la acción volcánica, generan la precipitación de calcopirita y bornita que impregnan las rocas sobre las que se depositan.

La formación del yacimiento tipo, se lograría a través de las siguientes fases:

1) Fase mineralizadora primaria.

Debido a una actividad volcánica con poca diferenciación química se producen rocas piroclásticas de naturaleza tobácea, y que al comienzo son andesíticas o cuarzodesíticas, y al final llegan a ser dacíticas o riolíticas. Sobre estas rocas hay un aporte de cobre en forma de calcopirita y bornita, impregnando la capa volcánica y diseminándose por todo el tramo.

2) Fase tectónica.

Después de la preconcentración de los minerales cupríferos en las tobas, se produce la actividad tectónica que provoca una fuerte fisuración y la removilización de algunos componentes. El resultado de esta removilización sintectónica es la concentración de pequeñas cantidades de sulfuros junto a escasa cantidad de cuarzo y carbonato a lo largo de planos de esquistosidad principal.

3) Fase supérgena.

Mas tarde, la mineralización primaria es potenciada por soluciones ricas en cobre procedentes de la disolución de algunos minerales, y que en un medio reductor reaccionan con los sulfuros primarios precipitando bornita y calcosina, produciendo un enriquecimiento secundario en cobre. Los fenómenos de reemplazamiento son intensos.

4) Fases de oxidación.

Hay un cambio en el medio ambiente y la oxidación es intensa. Se produce entonces el relleno de pequeñas fisuras por minerales oxidados y algunos sulfuros se alteran pasando a covelina. Los óxidos de hierro abundan en algunos casos y los carbonatos de cobre se extienden por toda la superficie externa, y por medio de algunas fracturas llegan al interior.

La mineralización está ligada al principio a un

control litológico, y luego cede su importancia al control tectónico, que llega a ser el principal determinante de la disposición estratiforme que se observa en todos los yacimientos.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, CH. A.: *Oxidation of copper sulfides and secondary sulfide enrichment*. Econ. Geol. 15 th Anniversary. Vol. 1. pp. 324-340 (1955).
- BARD, J. P.: *Le métamorphisme régional profressif de Sierra Aracena en Andalucía Oriental*. Tesis Univ. Montpellier. 398. pp. (1969).
- CABY, R.: *Niveaux et impregnations cuprifères du Précambrien supérieur et de la série pourpre au Tanezroft oriental (Sahara algérien)*. Bull. Geol. Algerie, núm. 41 (núm. serie) (1971).
- FABRIES, J.: *Les formations cristallines et métamorphiques du Nor Est de la province de Sevilla. Essai sur le métamorphisme des roche éruptives basiques*. Tesis F. Sec. Univ. Nancy. Méd Science de la Terre, núm. 4, 262 pp. (1963).
- FRICKE, W.: *Die Geologie des Grenzgebietes zwischen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura*. Z. Deutsche Geol. Ges núm. 103, pp. 136-138 (1951).
- GARCÍA VÉLEZ, A.: *Estudio geológico, mineralógico y metalogénico de la zona Guadalcanal-Constantina (Sevilla)*. Tesis doctoral Universidad Salamanca (1974).
- LE FUR, Y.: *Les indices de cuivre du groupe volc-sédimentaire de Poli (Cameroun)*. Bull. B.R.G.M. sct. II, núm. 6, pp. 79-91 (1971).
- LOTZE, F., y SDZUY.: *Das Kambrium Spaniens. Teil I: Stratigraphie*. Akad. Wiss-Lit, Abh math naturwiss, núm. 6, pp. 283-498 (Trad. por Gómez de Llarena en Memorias del IGME, núm. 75) (1961).
- MELÉNDEZ, B. y MINGARRO, F.: *Explicación de la Hoja núm. 889 (Guadalcanal)*. Mapa Geológico de España escala 1: 50.000 IGME (1962).
- PELISSONNIER, H.: *Les dimensions des gisements de cuivre du monde*. Mém. B.R.G.M. núm. 57, 405 pp. 90, fig. Paris (1972).
- SAADI, M.: *Les gisements de cuivre du Maroc, principaux résultats de recherches depuis les origines*. Mines Geologie, núm. 26 (1968).
- VARIOS: *Gisements stratiformes de cuivres en Afrique*. Ass. Serv. Geol. Afric. (Congr. Geol. Int.) 2 partes (1962 y 1963).

Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica de las aguas de la zona oriental de la Hoja geológica n.º 377, El Burgo de Osma (Soria). XVI

Por F. DE PEDRO HERRERA (*),
C. ALVAREZ-HERRERO (*) y J. A. GARCIA-MAGARIÑO VAZQUEZ (*)

RESUMEN

Se estudia la geoquímica de las aguas recogidas en la parte oriental de la Hoja núm. 377 de El Burgo de Osma (Soria), aplicando técnicas modernas de análisis químicos y físico-químicos, al muestreo representativo de dicha Hoja. La toma de muestras se realizó en dos épocas diferentes del año: primavera y otoño, para ver las variaciones encontradas climatológicas. Los resultados obtenidos se han representado gráficamente sobre el plano del terreno. Se ha aplicado la estadística a la serie de datos y gráficas obtenidos, llegando a las conclusiones siguientes: Existe una concordancia entre el contenido iónico, las características físico-químicas y los materiales geológicos por donde discurren las aguas hasta su salida a la superficie. Es muy importante la definición de un horizonte de evaporitas en el Mioceno del ángulo SE de esta zona.

SUMMARY

The chemical geology of the water collected in the eastern part of Seet 377 of El Burgo de Osma (Soria) is being studied, by applying modern chemical and Physico-chemical techniques to the sampling representing said Sheet. The sampling was made in two different times of the year: spring and autumn, so as to see the variations found in the composition of the water as related to the climatological variations. The results obtained have been represented grafically on the terrainmap. Statistics have been applied to the series of data and graph obtained, arriving at the following conclusions: there is a conformity between the ionic contents, the physico-chemical characteristics and the geological materials through which the water flows up to where gets to the surface. It is very interesting the definition of an evaporite horizon in the Miocene of the SE angle of this zone.

INTRODUCCION

En la presente comunicación se realiza el estudio hidrogeoquímico de las aguas recogidas en la zona oriental correspondiente a la hoja núm. 377, El Burgo de Osma (Soria), del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000. Del área citada han sido extraídas 114 muestras de agua en un total de 60 pozos, fuentes y manantiales, en dos series distintas: una en primavera del año 1972 y la otra en el otoño del mismo año. El análisis de las aguas se ha efec-

tuado siguiendo los métodos de uso corriente en el laboratorio, los cuales serán detallados más adelante. Los datos obtenidos de los referidos análisis, tratados estadísticamente, nos llevan al interesante estudio de la influencia de la Geología del terreno sobre la composición de las aguas recogidas.

Desde el punto de vista experimental se han considerado los siguientes aspectos: Recogida de muestras en distintos momentos del año, estudio de las características climatológicas de la región, su ubicación dentro del territorio nacional, recopilación de datos de geomorfía, hidrográfca y geografía humana, ya que todo ello va a inferir sobre la modificación de las corrientes naturales de agua de la zona. Por otra parte, el análisis químico de las

(*) Junta de Energía Nuclear y Sección de Espectro-análisis e Hidroquímica del Departamento de Química Analítica (Centro Coordinador del C. S. I. C. y Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense).

muestras va a informarnos de su composición química, para después relacionarla con los datos anteriores y establecer las características ambientales para las distintas áreas de la parte oriental de la hoja topográfica en estudio.

1. PARTE EXPERIMENTAL

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

1.1.1. *Geografía.*—La zona objeto de este estudio, está situada en la provincia de Soria, al SO de su capital, y al N del río Duero entre las cabezas de partido de El Burgo de Osma y Almazán, sin estar estos pueblos en la zona estudiada. Su altitud es variable y está comprendida entre los 860 metros sobre el nivel del mar en la zona S, próxima al río Duero, y los 1.100 más al norte. El río Duero la atraviesa algo por el sur, como asimismo es atravesada de NE al SO, por otros ríos de menor importancia, afluentes y subafluentes de aquel como son: río Bayubas, río Sequillo y río Abión. Sus vías de comunicación comprenden: La Nacional 122 de Soria a Valladolid, la comarcal de Burgo de Osma a Ariza y una pequeña red de carreteras locales. En su parte SO es parcialmente atravesada por el Ferrocarril de Valladolid a Ariza, en los kilómetros comprendidos entre el 159 y el 165.

1.1.2. *Geología.*—El área objeto de estudio está formado, en superficie fundamentalmente por materiales terciarios casi horizontales constituidos por arena, arcillas y conglomerados, que según bibliografía carecen casi en absoluto de fósiles, por lo que no es fácil establecer la división de los mismos en los diferentes tramos de que constan, fig. 1. El terciario inferior no está reseñado pero sí el mioceno medio, poco consolidado, sobre el que se apoya de manera concordante un plioceno de materiales muy análogos, dando lugar a grandes llanadas en las que es frecuente ver abundantes cantos de cuarcita de hasta unos diez centímetros de eje mayor. Muy discordantes con estos materiales, aparecen fosilizados unos pequeños asomos de calizas indiferenciadas del cretácico superior que por sus posiciones trastocadas dan idea de fuertes plegamientos que tuvieron lugar entre el depósito de éstos y los materiales anteriormente descritos, lo que tiene importancia para el régimen de circulación subterránea de las aguas y su repercusión en

la composición de ésta. La erosión superficial de la red hidrográfca actual ha excavado amplios valles en los que aparecen arcillas, limos y arenas referibles aún al holoceno, mientras que quedan extensos depósitos de gravas y arenas pleistocenas en las arrasadas cumbres cuaternarias. En general, la dirección de todos estos materiales es NE-SO, bus-



Figura 1

Esquema geológico

- | | |
|------|---------------------|
| A) { | Plioceno. |
| | Mioceno medio. |
| G) { | Holoceno. |
| | Pleistoceno. |
| V) { | Cretácico superior. |

cando la confluencia con el río Duero, que es el que establece el nivel de base de la región, y que pasa por el límite sur de la zona en estudio.

1.2.—*Datos climatológicos.*—Por la influencia tan marcada que tiene la climatología sobre el régimen de las pocas caudalosas aguas de esta zona, resulta imprescindible tener en cuenta tanto las varia-

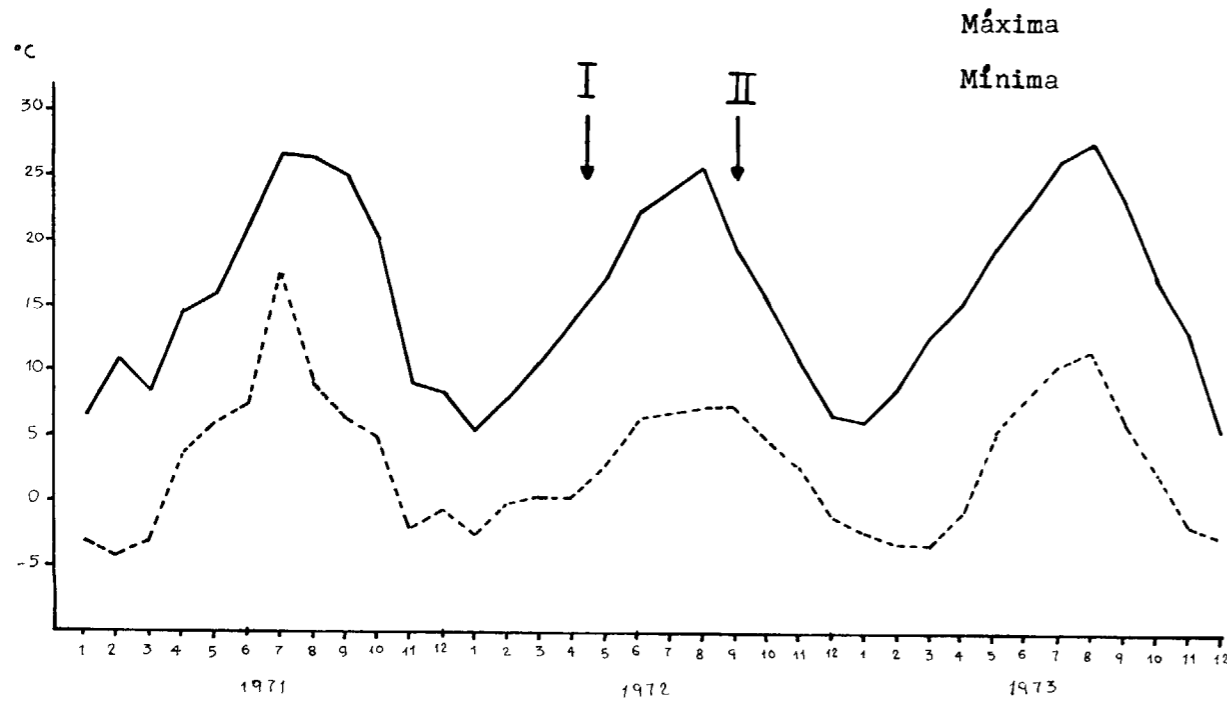


Figura 2
Oscilación de la temperatura del aire

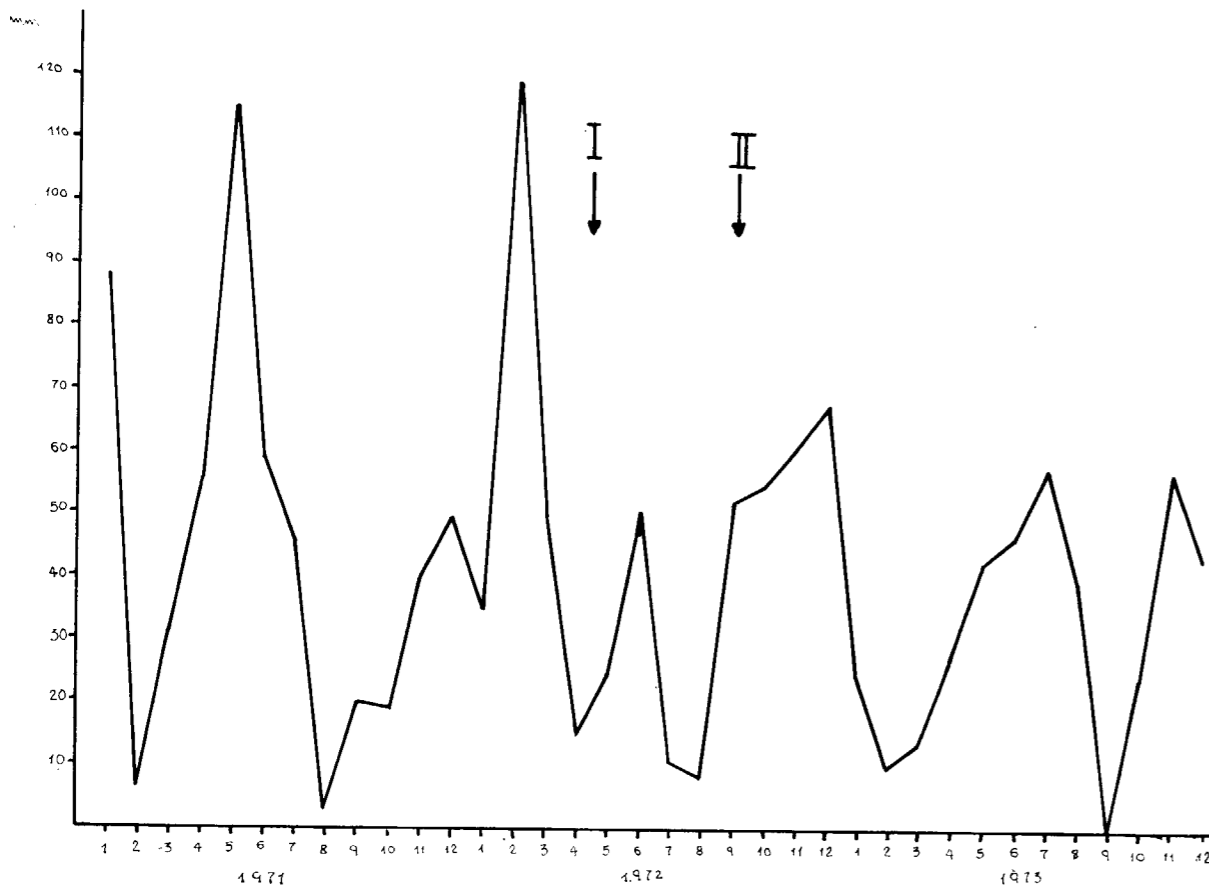


Figura 3
Precipitaciones medias mensuales

ciones de temperatura como la precipitación de la lluvia. Los datos han sido tomados de los archivos del Instituto Meteorológico Nacional, con referencia a la cercana población de El Burgo de Osma y durante los años 1971, 1972 y 1973. Con tales datos se ha construido la figura 2 haciendo uso de las temperaturas máximas y mínimas en cada uno de los meses.

De manera análoga en la figura 3 están las precipitaciones medias mensuales viéndose como son afectadas las muestras de la primera recogida por las intensas lluvias primaverales que saturarán los terrenos y diluirán los contenidos, pero que, dado el criterio de muestras van a ser comparadas con las recogidas después del intenso período de sequía veraniega, y las primeras lluvias de octubre lixiviarán los citados materiales oxidados con lo que los contenidos son mayores y también repre-

sentativos de los materiales situados por encima del nivel freático otoñal.

1.3.—*Recogida de muestras.*—Durante el mes de abril de 1972 se hizo un primer muestreo de todas las fuentes y pozos que fue posible encontrar en el área. De igual forma a principios de octubre del mismo año se procedió a recoger de nuevo en los mismos puntos con objeto de ver la influencia de la estación seca.

En cada lugar se recogió un litro de agua, en diez frascos de polietileno, en previsión de contaminación o pérdidas durante el transporte y manejo. La denominación local, así como el término municipal al que pertenece cada muestra junto con sus referencias y sus coordenadas métricas Lambert para su mejor ubicación sobre los planos, aparecen en la tabla I.

TABLA I

Núm. muestra	Situación	X	Y	Z
1	Fuente al E de Valdeavillo	668.375	782.950	1008
2	Manantial Hoya Redondo al S de Vadearcón	668.750	781.950	1028
3	Manantial de Valdepolvos, al SE de Morrón II	668.700	780.875	1010
4	Manantial de Hoya la Fuente, Torralba del Burgo	664.675	780.650	1004
5	Fuente de los Boós	665.800	777.675	980
6	Fuente Valdermoso	665.750	779.075	1000
7	Manantial de Valdecariñoso, al N de Boós	666.325	779.100	1000
8	Manantial del Cubo de Prado Somero, en Boós	667.650	776.725	985
9	Fuente Bayubas de Arriba	666.725	773.050	960
10	Manantial SE de Bayubas de Arriba	667.600	772.250	980
11	Fuente de Valverde de los Ajos	668.425	773.400	970
12	Manatial al N de Valverde de los Ajos	668.600	774.350	1000
13	Manatial al N de Bayubas de Arriba	667.025	775.900	1000
14	Manantial al NO de Bayubas de Arriba	666.000	774.900	980
15	Manantial de San Lorenzo, al SO de Boós	665.150	777.250	960
16	Manantial al NO de Bayubas de Arriba	664.850	774.175	1000
17	Fuente al O de Bayubas de Arriba	665.050	773.350	960
18	Las Pozas, al O de Bayubas de Arriba	666.200	772.825	940
19	Fuente al N de Bayudas de Abajo	666.450	770.550	950
20	Fuente La Rana, al E de Bayubas de Abajo	668.025	769.175	920
21	Fuente Bayubas de Abajo	666.025	769.575	920
22	La Fuenticilla, Bayubas de Abajo	664.750	770.250	940
23	Fuente de la Vega del Monte, Bayubas de Abajo	663.350	770.225	950
24	Fuente del Caminero, Quintanas de Gormaz	660.850	770.975	990
25	Fuente del Cubo, Quintanas de Gormaz	659.975	769.825	950
26	Manantial al SO de Bayubas de Abajo	664.650	767.675	910
27	Fuente de Quintanas de Gormaz	659.400	767.400	920
28	Fuente de Quintanas de Gormaz	658.350	768.750	950
29	Fuente Buena, al O de Quintanas de Gormaz	656.725	768.100	920
30	Fuente Blanca, al O de Quintanas de Gormaz	657.100	767.600	920

TABLA I (continuación)

Núm. muestra	Situación	X	Y	Z
33	Manantial al N de Barcebal ...	656.000	770.500	900
34	Fuente al NE de Barcebal ...	656.125	781.900	960
35	Manantial al E de Barcebal ...	656.500	784.475	1000
36	Manantial al SE de Barcebal ...	657.825	784.950	1030
31	Fuente de Modajo, al E del Enebral ...	658.525	782.500	1020
32	Fuente al SO de Barcebal ...	657.075	781.550	980
37	Fuente de San Roque, al O de Valdenarros ...	656.575	777.400	920
38	Fuente al NO de Valdenarros ...	656.350	778.250	940
39	Manantial al NO de Valasco ...	659.300	779.750	970
40	Manantial al NO de Valasco ...	659.000	780.175	960
41	Manantial al N de Valasco ...	659.225	781.700	1000
42	Fuente de Torralba del Burgo ...	663.350	781.900	960
43	Fuente al NO de Torralba ...	662.025	783.025	1000
44	Fuente al NO de Torralba ...	661.225	784.450	1020
45	Manantial al O de Valdeavilla ...	664.200	783.350	980
46	Fuente al O de Valdeavillo ...	666.400	783.450	950
47	Manantial al NO de Valdeavillo ...	665.425	784.225	990
48	Fuente al E de Valdeavillo ...	668.400	783.975	1000
49	Fuente de Santiuste ...	661.250	779.775	947
50	Manantial de Cañizuelo en Santiuste ...	661.900	780.050	950
51	Manantial al S de Valasco ...	659.300	778.500	930
52	Fuente de Valdenarros ...	657.850	777.150	930
53	Manantial de San Julián, al SO de Valdenarros ...	655.800	775.975	920
54	Fuente de Lodaes de Osma ...	656.425	774.450	922
55	Manantial al O de Lodaes ...	658.025	773.650	940
56	Fuente al S de Valdenebro ...	659.250	772.725	960
57	Fuente Vieja de Valdenebro ...	660.200	774.700	930
58	Manantial al O de Caldenebro ...	658.900	774.400	940
59	Fuente de Valdenebro, procede de tenerías del Calvario...	660.300	774.625	950
60	Fuente forestal de la ermita de Almacedo, término de Valdenebro ...	662.150	775.275	955

1.4. *Análisis químicos.*—Mediante el análisis químico de las muestras de agua se han determinado los cationes principales: sodio, potasio, calcio y magnesio, así como los aniones más abundantes, cloruros, sulfatos y bicarbonatos (comprobando que no existían carbonatos).

1.4.1. *Técnicas empleadas.*—Los métodos empleados son, con alguna excepción, los que normalmente se utilizan, y que detallaremos a continuación.

Los elementos alcalinos han sido determinados por fotometría de llama mediante fotómetro de este tipo, modelo 2 "Dr. Lange" (la presión del combustible ha sido constante e igual a 0,6 kg/cm²). Fueron utilizados filtros de interferencia para selec-

cionar la longitud de onda; una fotocélula se encarga de transformar la señal luminosa en señal eléctrica que a su vez es medida en galvanómetro Multiflex, tipo MG-SE y cuya sensibilidad por división es de $1,03 \cdot 10^{-9}$ Å.

El calcio y la dureza se determinan por complejometría, con EDTA III. Para el calcio se emplea Murexida como indicador fijando el pH adecuado con sosa. Para la dureza, el pH=10 se fija con un tampón adecuado, empleando Negro de Eriocromo T como indicador. Por diferencia se deducen los contenidos en magnesio.

Los cloruros se determinan por el método de Mohr mediante valoración con nitrato de plata y empleando cromato potásico como indicador. En algunas muestras, debido a la pequeña cantidad de

Cl⁻, el punto final se detecta mal por lo que se recurre al conocido método de Volhard que da resultados más precisos, aunque más lentos.

Los sulfatos se determinan por vía colorimétrica, empleando el espectrofotómetro Spectronic-20, aparato que se utiliza tanto para trabajos colorimétricos como espectrofotométricos, y que cubre una gama de longitudes de onda de 340-950 nm (con filtro y fototubo). Se construye una curva de calibrado representando las concentraciones de sulfatos frente a las absorbancias de muestras patrones. Se miden las absorbancias de las muestras problema, y por interpolación se obtiene la concentración de sulfatos de cada muestra. La valoración de carbonatos y bicarbonatos se realiza con ácido clorhídrico 0,1 N, empleando como indicador fenolftaleína al 0,04 % en alcohol en el caso de los carbonatos, y Shiro-Tashiro para los bicarbonatos. Dada la precisión del método, los resultados para aquellas muestras que tienen un contenido inferior a 0,4 meq/l de bicarbonatos, vienen afectados por un error superior al 10 %. El indicador últimamente citado es una mezcla de naranja de metilo y azul de metileno, empleándose éste para ver mejor el punto final.

1.4.2. *Resultados analíticos.*—Por aplicación de las técnicas descritas en el apartado anterior se han obtenido los valores que aparecen en las tablas adjuntas para los cuatro cationes principales y para los tres aniones más importantes (Tablas II, III y IV). Junto al número de muestras aparecen los valores en miligramos por litro (mg/l) para las recogidas en primavera (I) y en otoño (II), así como la relación entre los valores (I/II), para dar idea de la variación de la cantidad absoluta que han sufrido en el contenido de los diversos iones después del período de sequía veraniega.

TABLA II

Núm. muestra	Na ⁺ (mg/l)			K ⁺ (mg/l)		
	I	II	I/II	I	II	I/II
1	3,00			1,40		
2	5,00			0,50		
3	6,60	6,20	1,06	0,60	0,80	0,75
4	5,20	6,40	0,81	0,70	1,50	0,46
5	8,80	5,60	1,57	10,20	6,00	1,70
6	9,40	9,30	1,01	0,80	1,00	0,80
7	4,70	6,00	0,78	1,50	1,10	1,36
8	4,50	7,60	0,59	0,70	0,90	0,77

Núm. muestra	Na ⁺ (mg/l)			K ⁺ (mg/l)		
	I	II	I/II	I	II	I/II
9	1,80	2,40	0,75	0,60	0,70	0,85
10	3,40	4,00	0,85	1,00	0,90	1,10
11	1,60	1,80	0,88	1,70	0,70	2,42
12	9,80			1,40		
13	1,20			2,20		
14	1,70	2,10	0,80	0,60	0,50	1,20
15	1,20	2,40	0,50	5,00	5,80	0,86
16	3,00	2,90	1,03	1,40	0,50	2,80
17	5,60	5,40	1,03	0,60	0,80	0,75
18	1,70	2,40	0,70	0,80	1,20	0,66
19	3,40	3,60	0,94	0,40	0,60	0,66
20	5,60	5,90	0,95	1,00	2,90	0,34
21	2,80	3,30	0,85	2,60	2,60	1,00
22	5,80	6,80	0,85	1,20	1,30	0,92
23	8,00	9,00	0,89	1,20	1,10	1,09
24	4,00	3,50	1,14	0,70	2,00	0,35
25	3,50	3,50	1,00	1,20	1,20	1,00
26	10,20	7,20	1,41	1,20	0,80	1,50
27	15,10	13,80	1,09	24,00	26,80	0,89
28	3,00	3,00	1,00	2,00	1,50	1,33
29	6,00	5,10	1,17	1,80	1,60	1,12
30	7,10			8,30		
31	16,00	24,00	0,66	92,00	80,00	1,15
32	5,90	5,40	1,09	10,40	1,40	7,43
33	9,60	8,00	1,20	1,60	1,00	1,60
34	5,60	5,50	1,02	0,80	0,70	1,14
35	3,50	2,90	1,21	1,10	0,60	1,83
36	2,70	2,50	1,08	0,80	0,50	1,60
37	4,40	4,40	1,00	1,40	1,00	1,40
38	9,60	8,20	1,17	1,40	1,50	0,93
39	1,30	2,00	0,65	2,00	0,90	2,22
40	4,90	4,90	1,00	1,10	0,70	1,57
41	4,60	4,80	0,96	1,00	1,20	0,83
42	1,70	2,00	0,85	1,30	0,90	1,44
43	3,40	3,00	1,13	0,90	1,00	0,90
44	1,80	2,00	0,90	1,20	0,90	1,33
45	2,40	3,30	0,73	0,80	1,60	0,50
46	5,90	5,00	1,18	5,20	0,70	7,43
47	4,00	3,40	1,18	0,90	0,70	1,29
48	1,40			0,70		
49	4,40	3,60	1,22	0,80	0,50	1,60
50	2,70	2,70	1,00	0,80	0,20	4,00
51	1,50	1,90	0,79	0,80	0,50	1,60
52	10,00	7,40	1,35	0,00	0,20	0,00
53	1,80	2,10	0,86	1,30	1,10	1,18
54	5,20	4,70	1,11	0,90	0,80	1,12
55	2,70	2,50	1,08	1,00	0,70	1,43
56	20,50	17,60	1,16	0,70	0,30	2,33
57	6,20	5,10	1,22	0,70	0,50	1,40
58	4,20	3,60	1,17	1,30	1,60	0,81
59	8,80	6,50	1,35	0,70	0,70	1,00
60	2,70	2,40	1,12	0,50	0,30	1,67

TABLA III

Núm. muestra	mg/l Ca ⁺⁺			mg/l Ca ⁺			Núm. muestra	mg/l Ca ⁺⁺			mg/l Mg ⁺⁺		
	I	II	I/II	I	II	I/II		I	II	I/II	I	II	I/II
									30	71,42			7,96
1	30,61			0,88			31	55,39	54,50	1,02	9,76	25,29	0,38
2	30,61			0,88			32	27,69	36,10	0,77	7,07	4,86	1,45
3	24,78	25,30	0,98	1,77	4,86	0,36	33	36,44	39,90	0,91	3,54	10,70	0,33
4	55,39	84,40	0,66	5,31	3,89	1,37	34	33,52	34,50	0,97	4,42	1,95	2,26
5	24,78	29,20	0,85	3,54	2,92	1,21	35	27,69	29,20	0,95	2,65	2,92	0,90
6	30,61	43,70	0,70	8,84	5,84	1,51	36	27,69	38,40	0,72	6,19	0,97	6,38
7	42,27	36,10	1,17	1,77	9,73	0,18	37	24,78	33,00	0,75	4,42	2,92	1,51
8	29,15	29,20	0,99	1,77	3,89	0,46	38	32,07	40,70	0,79	7,07	5,84	1,21
9	21,86	28,40	0,77	4,42	3,89	1,14	39	39,36	91,30	0,43	1,77	1,95	0,90
10	32,07	38,40	0,84	3,54	3,89	0,91	40	27,69	33,80	0,82	1,77	2,82	0,63
11	26,24	27,60	0,95	3,54	4,86	0,73	41	26,24	39,90	0,66	2,65	3,70	0,72
12	40,81			6,19			42	27,69	30,70	0,90	0,88	2,92	0,30
13	10,20			0,88			43	23,32	30,70	0,76	0,88	1,95	0,45
14	40,81	22,30	1,83	2,65	23,30	0,11	44	30,61	29,90	1,02	1,77	0,46	3,85
15	39,36	63,70	0,62	0,88	2,98	0,96	45	24,78	52,20	0,47	0,88	2,89	0,30
16	29,15	27,60	1,06	3,54	2,92	1,21	46	27,69	27,60	1,00	0,88	1,36	0,65
17	27,69	27,60	1,01	3,54	1,95	1,82	47	27,69	31,50	0,88	1,77	2,33	0,76
18	27,69	37,60	0,74	3,54	9,73	0,36	48	29,15			8,84		
19	24,78	26,10	0,95	4,42	5,84	0,76	49	21,86	28,40	0,67	4,42	2,82	1,57
20	26,24	29,20	0,90	1,77	3,89	0,46	50	29,15	43,70	0,67	0,88	2,42	0,36
21	23,32	29,90	0,78	3,54	4,86	0,73	51	29,15	36,80	0,79	2,65	3,70	0,72
22	32,07	33,80	0,95	2,65	5,84	0,45	52	21,86	25,30	0,86	5,31	4,67	1,14
23	23,32	38,40	0,61	4,42	0,97	4,56	53	30,61	38,40	0,80	2,65	2,82	0,94
24	27,69	16,90	1,64	3,54	33,08	0,11	54	24,78	27,60	0,90	4,42	3,31	1,33
25	24,78	27,60	0,90	2,75	3,89	0,71	55	17,49	26,10	0,67	9,73	2,72	3,58
26	27,69	33,00	0,84	2,65	4,86	0,54	56	30,61	34,50	0,89	4,42	3,79	1,17
27	45,19	46,00	0,98	3,58	8,76	0,41	57	27,69	36,10	0,77	2,65	1,85	1,43
28	27,69	26,90	1,03	0,88	4,86	0,18	58	24,78	31,50	0,79	1,77	1,46	1,21
29	26,24	26,90	0,99	1,77	4,86	0,36	59	23,32	35,30	0,66	3,54	1,85	1,91
							60	23,32	27,60	0,84	3,54	0,93	3,80

TABLA IV

Núm. muestra	mg/l Cl ⁻			mg/l CO ₃ H ⁻			mg/l SO ₄ ⁼		
	I	II	I/II	I	II	I/II	I	II	I/II
1	1,26			108,87			7,90		
2	3,10			92,31			8,60		
3	8,72	11,15	0,78	85,20	80,47	1,06	7,00	6,00	1,17
4	2,64	6,35	0,41	165,68	192,89	0,86	5,70	9,20	0,62
5	16,40	11,72	1,40	78,10	100,59	0,77	12,70	6,70	1,90
6	15,03	18,35	0,82	99,41	127,81	0,77	6,40	6,50	0,98
7	6,20	5,08	1,22	127,81	136,09	0,94	8,30	6,50	1,28
8	7,00	9,60	0,63	94,67	93,49	1,05	1,10	5,20	0,21
9	4,13	3,39	1,22	78,10	85,20	0,92	5,90	6,50	0,90
10	4,25	5,93	0,72	82,84	86,39	0,96	13,40	14,00	0,96
11	4,13	5,65	0,73	82,84	85,20	0,97	7,30	7,20	1,01

TABLA IV (continuación)

Núm. muestra	mg/l Cl ⁻			mg/l CO ₃ H ⁻			mg/l SO ₄ ⁼		
	I	II	I/II	I	II	I/II	I	II	I/II
12	30,98			99,41			26,60		
13	1,49			26,03			11,80		
14	3,44	4,23	0,81	115,97	136,09	0,85	10,10	6,70	1,50
15	4,82	7,48	0,64	78,10	123,07	0,63	24,70	21,70	1,14
16	6,88	7,97	0,86	80,47	94,67	0,85	7,60	15,00	0,51
17	14,34	10,89	1,32	78,10	81,65	0,96	7,80	6,70	1,16
18	2,75	5,86	0,47	92,31	113,61	0,81	9,70	8,00	1,21
19	5,74	7,27	0,79	78,10	79,29	0,98	9,90	8,20	1,21
20	8,26	10,59	0,78	78,10	81,85	0,96	9,00	8,50	1,06
21	4,93	7,13	0,69	90,47	102,96	0,78	9,70	7,70	1,26
22	17,21	21,95	0,78	71,00	80,47	0,90	12,30	10,20	1,20
23	13,88	17,36	0,80	82,84	81,65	1,01	8,00	7,00	1,14
24	6,77	9,10	0,74	106,51	108,16	0,98	9,10	12,00	0,76
25	5,85	7,27	0,80	82,84	86,39	0,96	6,00	6,20	0,97
26	13,77	16,73	0,82	99,41	119,52	0,83	7,30	5,80	1,26
27	42,68	35,00	1,22	99,41	113,61	0,87	22,00	28,50	0,77
28	7,00	6,49	1,08	82,84	94,67	0,87	7,90	8,70	0,91
29	9,86	11,64	0,85	80,47	81,65	0,98	7,30	6,50	1,12
30	6,42			215,38			17,80		
31	48,16	57,87	0,83	111,24	168,04	0,66	46,10	44,00	1,04
32	11,70	14,96	0,78	92,31	81,65	1,13	8,60	13,00	0,66
33	39,92	47,71	0,84	82,84	105,32	0,78	9,70	7,10	1,37
34	7,25	8,12	0,89	108,87	124,26	0,88	6,60	5,20	1,27
35	3,67	5,08	0,72	89,94	102,96	0,87	8,10	6,00	1,35
36	3,67	5,15	0,71	89,94	112,42	0,80	7,00	5,00	1,40
37	7,26	9,60	0,76	87,57	121,89	0,72	6,50	8,00	0,81
38	7,80	12,49	0,62	127,81	125,44	1,02	11,80	6,20	1,90
39	2,29	3,11	0,74	127,81	313,60	0,41	8,50	8,90	0,95
40	7,34	10,52	0,70	82,84	125,44	0,66	9,00	7,70	1,17
41	3,79	6,99	0,54	97,04	142,00	0,68	6,10	6,00	1,02
42	3,56	5,08	0,70	80,47	104,14	0,77	6,10	7,10	0,86
43	6,65	8,12	0,83	80,47	108,86	0,74	5,80	4,60	1,26
44	4,24	5,22	0,81	85,20	98,92	0,86	8,00	9,20	0,87
45	5,51	7,97	0,69	75,64	105,32	0,72	5,80	8,90	0,65
46	10,32	13,27	0,77	85,20	91,12	0,93	6,40	13,20	0,48
47	7,23	9,10	0,79	87,57	110,06	0,79	5,80	6,00	0,96
48	4,13			123,07			6,40		
49	7,23	9,17	0,79	75,74	89,94	0,84	6,50	6,80	0,95
50	5,62	6,14	0,91	82,84	100,54	0,82	7,80	7,70	1,01
51	4,82	6,65	0,72	92,31	137,27	0,67	7,40	7,10	1,04
52	6,67	7,69	0,88	82,84	118,34	0,70	12,00	8,70	1,38
53	3,90	5,29	0,74	82,84	137,27	0,60	7,00	7,80	0,90
54	10,32	11,86	0,87	82,84	101,77	0,81	8,90	10,40	0,85
55	5,05	5,86	0,86	75,74	95,86	0,79	10,00	7,10	1,41
56	42,68	56,46	0,75	66,27	97,04	0,68	14,30	10,10	1,41
57	12,16	14,61	0,83	66,27	84,02	0,79	12,00	14,00	0,86
58	7,23	8,54	0,85	75,74	121,89	0,62	7,80	8,00	0,97
59	14,68	19,69	0,74	78,10	89,94	0,87	8,30	12,20	0,68
60	6,42	9,39	0,68	73,37	95,86	0,76	6,10	7,90	0,71

2. INTERPRETACION

Se basa en la conjunción de los resultados de laboratorio, los datos obtenidos durante la toma de muestra, y de las posiciones relativas deducidas de la situación estratigráfica de las surgencias.

2.1. *Geoquímica de los cationes.*—A partir de los resultados analíticos obtenidos en miligramos por litro, se realiza la representación gráfica de cada una de las poblaciones de los diversos iones según el momento en que se hizo la toma de muestra. El cálculo estadístico que ha permitido tales representaciones, se basa en una distribución lognormal, por considerar que hasta ahora es ésta la que mejor representa las variaciones de los entes característicos de una región natural.

2.1.1. *Sodio.*—Según las datos obtenidos, el valor medio del sodio en la zona es unos 4 mg/l en ambas épocas del año, si bien la dispersión en primavera es mayor a causa principalmente de las fuentes cercanas a Gayubas de Arriba, que en grupos de seis puntos no llegan a alcanzar los 2 mg/l, pero sí rebasan este valor después del verano. Los valores decididamente máximos aparecen en tres muestras de la parte SO de la zona; prácticamente superan el valor medio, en dos veces la desviación típica, lo cual las confiere una especial singularidad. La número 27, de la fuente de Quintanas de Gormaz apenas supera el citado nivel de significación, mucho más llamativo en las números 31 y 56,

TABLA V

Distribución de frecuencias para el cation sodio

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
<1,00	3	60	100			
1,34	6	57	95,0			
1,80	4	51	85,0	7	54	100,0
2,40	9	47	78,3	11	47	87,0
3,20	8	38	63,3	9	36	66,7
4,25	12	30	50,0	11	27	50,0
5,65	7	18	30,0	8	16	29,6
7,50	6	11	18,3	5	8	14,8
10,00	2	5	8,3	3	3	5,6
13,40	2	3	5,0	2	3	5,6
18,00	1	1	1,7	1	1	1,9
24,00				1	1	1,9

fuelle del Modajo al E del Enebral y la del S de Valdenebro, con unos 16 a 24 mg/l de sodio como si correspondieran a algún nivel salobre dentro del Terciario (véanse tabla V y figura 4).

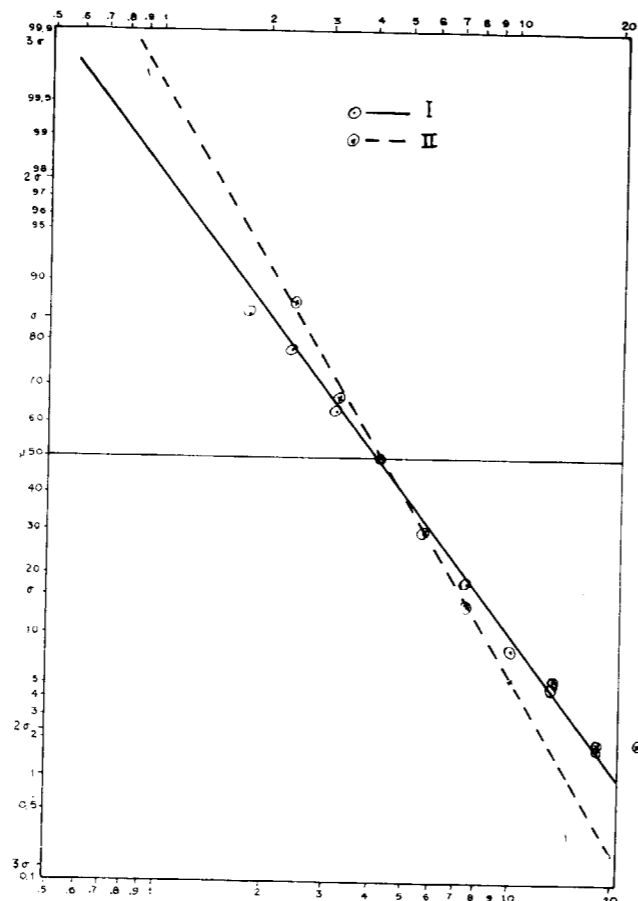


Figura 4

Distribución lognormal. Sodio mg/l

2.1.2. *Potasio.*—Hay una población de fondo de aproximadamente el 70 por 100 de las muestras que presenta una media muy aproximada a 1 mg/l, pero el resto adopta unos valores singulares que difícilmente pueden ser considerados de la misma población. A partir de los 5 mg/l, que corresponden a unas tres veces la desviación típica sobre la media, aparecen una serie de muestras, casi el 10 por 100 del total.

La muestra 27 llega a veinte veces el fondo regional y aún mucho más, con lo que se reafirma la idea de que corresponda a la lixiviación de un horizonte salino dentro del Mioceno.

Los contenidos en potasio, en general, son bajos pero no se puede silenciar el caso de la número 52, correspondiente a la fuente del pueblo de Valdebarros, en la que si bien se han encontrado 0,2 mg/l en otoño, para la muestra de primavera no se alcanzó el límite de perceptibilidad del método analítico (véanse tabla VI y figura 5).

TABLA VI

Distribución de frecuencias para el cation potasio

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
<0,1	1	60	100,00			
0,1		59	98,3			
0,134		59	98,3			
0,180		59	98,3	2	54	100,0
0,240		59	98,3	2	52	96,3
0,320	1	59	98,3		50	92,6
0,425	2	58	96,7	6	50	92,6
0,565	11	56	93,3	10	44	81,5
0,750	11	45	75,0	9	34	63,0
1,00	14	34	56,7	11	25	46,3
1,34	8	20	33,3	7	14	25,9
1,80	4	12	20,0	1	7	13,0
2,40	1	8	13,3	2	6	11,1
3,16		7	11,7	4	4	7,4
4,25	2	7	11,7		4	7,4
5,65		5	8,3	2	4	7,4
7,50	1	5	8,3		2	3,7
10,0	2	4	6,7		2	3,7
13,4		2	3,3		2	3,7
18,0		2	3,3		2	3,7
24,0	1	2	3,3	1	2	3,7
31,6		1	1,7		1	1,9
42,5		1	1,7		1	1,9
36,5		1	1,7		1	1,9
75,0	1	1	1,7	1	1	1,9

tial al NO de Valasco) y cuatro en Torralba del Burgo donde se llega a duplicar el fondo regional para la muestra de otoño. Para los valores que no alcancen la mitad se han localizado tres muestras: número 27, en conexión con la terraza cuaternaria, que en esta zona tiene tramos de cementos silíceos que se avenan en otoño, mientras que en primavera se ven fuertemente deprimidas, y las números 13 y 55 con un efecto que parece ser de dilución (véanse tabla VII y figura 6).

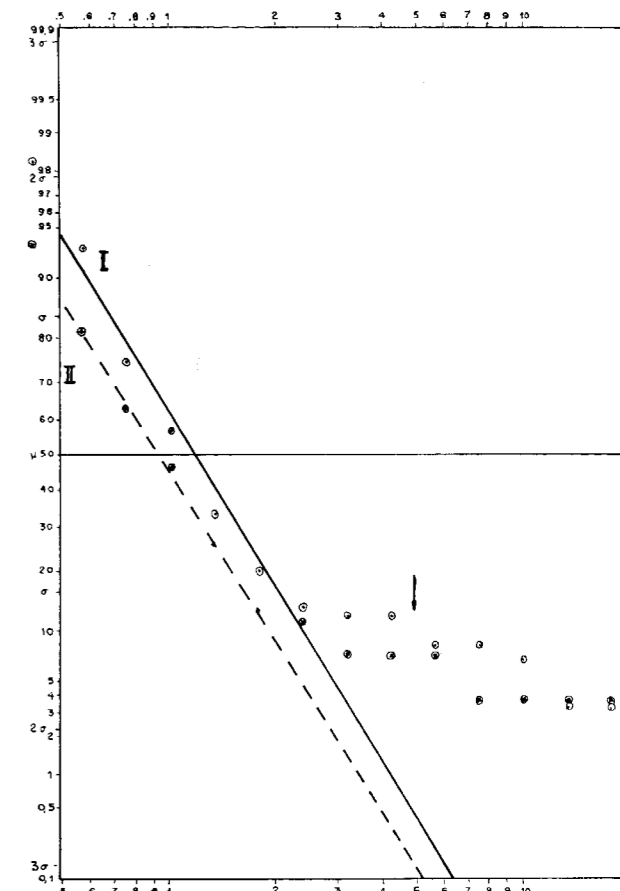


Figura 5

Distribución lognormal. Potasio mg/l

2.1.3. *Calcio.*—Tanto en una como en otra época del año, el valor medio es alrededor de 30 mg/l, y en general presenta una baja dispersión ya que el 90 por 100 de la población está comprendida entre 18 y 40 mg/l, siendo algo superior en la época de otoño. A partir de dos veces la desviación típica sobre la media, es decir, a partir de los 45 mg/l de calcio, las muestras números 27, 30 y 31 resultan significativas, y además han surgido las 39 (manan-

ceos que se avenan en otoño, mientras que en primavera se ven fuertemente deprimidas, y las números 13 y 55 con un efecto que parece ser de dilución (véanse tabla VII y figura 6).

2.1.4. *Magnesio.*—En la representación estadística de las dos poblaciones según el momento de muestreo, figura 7, se observa una gran dispersión de los valores de magnesio, en especial para las muestras de otoño, pues las de primavera quedan todas entre 0,75 y 7,5 mg/l. La práctica coinciden-

TABLA VII

Distribución de frecuencias para el cation calcio

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
10,0	1	60	100,0			
13,4	1	59	98,3	1	54	100,00
18,0	8	58	96,7	1	53	98,1
24,0	36	50	83,3	25	52	96,3
31,6	10	14	23,3	19	27	50,0
42,5	3	4	6,7	5	8	14,8
56,5	1	1	1,7	1	3	5,6
75,0				2	2	3,7

cia del 75 por 100 de ambas poblaciones hace que se pueda hablar conjuntamente de un valor medio de 3 mg/l, y los valores que francamente se desvían es a partir de dos desviaciones típicas sobre

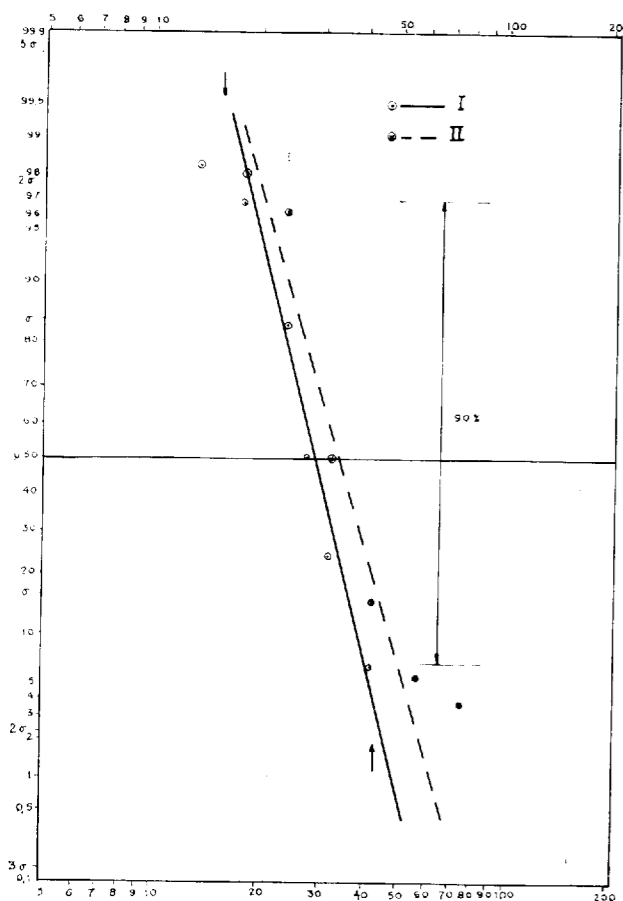


Figura 6

Distribución lognormal. Calcio mg/l

la media. Este punto de corte es prácticamente a los 10 mg/l, de las que aparecen cuatro muestras en otoño: la 31 que también tiene un alto valor de calcio, sodio y potasio, confirmando su conexión con horizontes salinos del Mioceno. La número 24 que llega a ser diez veces el fondo en otoño mientras que en primavera tiene precisamente la media de la región, lo que indica que al bajar el nivel freático llegan a alcanzarse niveles con sales magnésicas en una cota de unos mil metros. Algo parecido puede decirse de la número 14 que con más de ocho veces el fondo, también avena la cota de los mil metros. De menos relieve es la número 33 en el ángulo NO de la zona, en principio sobre la terraza cuaternaria pero sin que sea inmediata esta triplicación del fondo de magnesio.

Muestras de valores bajos en magnesio son las del sur del arrollo de la Veguilla, números 36 y 44, donde en especial la primera se ve referida a niveles plioceno de canturreal suelto, lo que también se manifiesta en las números 23 y 60 de manera acusada, como exponente de un conjunto de muestras inferiores a la media, y que suelen estar ubicadas en estos materias (véanse tabla VIII y figura 7).

2.2. Geoquímica de los aniones.—Se realiza un estudio estadístico de los resultados obtenidos para los aniones, tanto en primavera como en otoño.

TABLA VIII

Distribución de frecuencias para el cation magnesio

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
0,425				1	54	100,0
0,565				3	53	98,1
0,750	10	60	100,0	50	50	92,6
1,00	50	83,3		2	50	92,6
1,34	10	50	83,3	7	48	88,9
1,80	40	66,7		12	41	75,9
2,40	9	40	66,7	10	29	53,7
3,16	12	31	51,7	8	19	35,2
4,25	10	19	31,7	4	11	20,4
5,65	4	9	15,0	3	7	13,0
7,50	5	5	8,3	1	4	7,4
10,0				3	5,6	
13,4				1	3,7	
18,0				1	2,4	
24,0				1	1,9	
31,6						

2.2.1. Cloruros.—De ambas poblaciones de valores se encuentran mucho más enriquecidas la de otoño que llega a alcanzar los 10 mg/l como valor medio mientras que la de primavera está alrededor de los 6 mg/l, con la particularidad de que además es la que tiene una mayor dispersión, sobre todo con los valores muy bajos pues llegan a

mismas muestras que son ricas en cationes, incluso la 33 que hasta ahora sólo había destacado por su contenido magnésico (véanse tabla IX y figura 8).

2.2.2. Bicarbonatos.—Las dos poblaciones tienen una dispersión muy pequeña para el 80 por 100 de sus valores. En particular la de otoño agrupa los

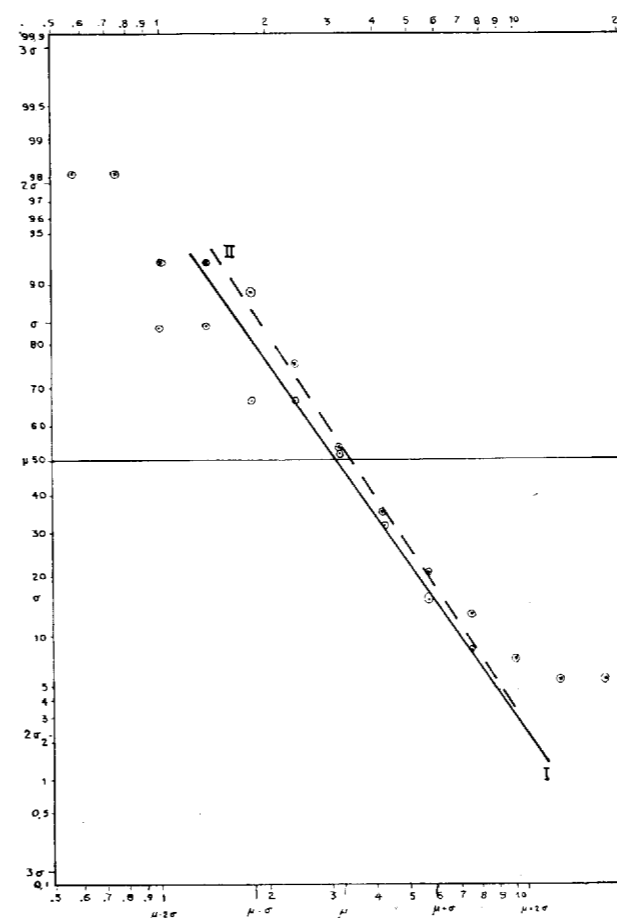


Figura 7

Distribución lognormal. Magnesia mg/l

ser menores que la media, disminuida en dos veces la desviación típica. Las muestras 1 y 13 son aguas de muy bajo contenido salino. Respecto a los valores altos, el incremento de dos veces más marca un valor de 30 mg/l, frecuentemente con ocho veces el valor de fondo lo que refuerza la idea de horizonte salino alrededor de los 1.000 metros dentro del Mioceno ya que se trata prácticamente de las

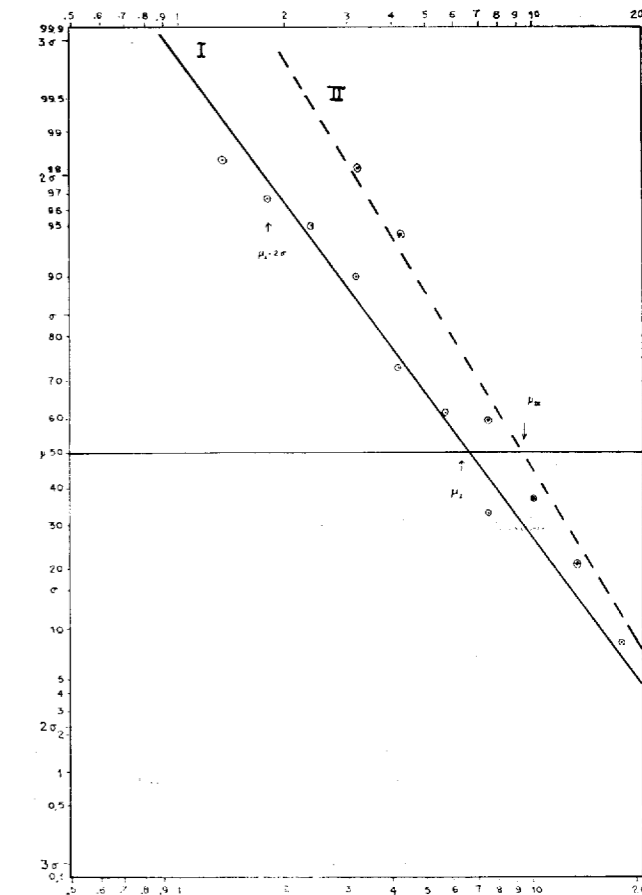


Figura 8

Distribución lognormal. Cloruros mg/l

contenidos alrededor de los 110 mg/l sin que ninguna muestra tenga menos de 75 mg/l. Algo más dispersos son los extremos de las de primavera que hacen reservar las principales conclusiones para cuando se haga el tratamiento conjunto de todos los iones. Superiores a dos veces la desviación típica encontramos coincidentes la 4 y 39 en los márgenes del río Avión, dando impresión de que se trata de unas aguas de largo recorrido a través del

TABLA IX

Distribución de frecuencias para el anión cloruro

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
<1,00	1	60	100,0			
1,34	1	59	98,3			
1,80	1	58	96,7			
2,40	3	57	95,0	1	54	100,0
3,20	10	54	90,0	2	53	98,1
4,25	7	44	73,3	6	51	94,4
5,65	17	37	61,7	13	45	83,3
7,50	4	20	33,3	12	32	59,3
10,0	4	16	26,7	9	20	37,0
13,4	7	12	20,0	4	11	20,4
18,0	5	5	8,3	3	7	13,0
24,0	1	5	8,3	4	4	7,4
31,6	1	4	6,7	1	4	7,4
42,5	3	3	5,0	2	3	5,6
56,5				1	1	1,9

subsuelo y que mantienen sus características muy independientes de las condiciones meteorológicas (véanse tablas X y figura 9).

TABLA X

Distribución de frecuencias para el anión bicarbonato

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
24,0	1	60	100,0			
31,6		59	98,3			
42,5		59	98,3			
56,5	4	59	98,3			
75,0	44	55	91,6	23	54	100,0
100	9	11	18,3	23	31	57,4
134	1	2	3,3	6	8	14,8
180	1	1	1,7	1	2	3,7
240				1	1	1,9

2.2.3. Sulfatos.—Apenas existe diferencia entre el grueso de la población de fondo de ambas tomas de muestras pudiendo cifrar en unos 8 mg/l el valor medio del ion sulfato. Así como los valores inferiores quedan extraordinariamente agrupados, diferenciándose sólo la muestra 8 que en primavera está próxima al valor de 1 mg/l, para alcanzar en

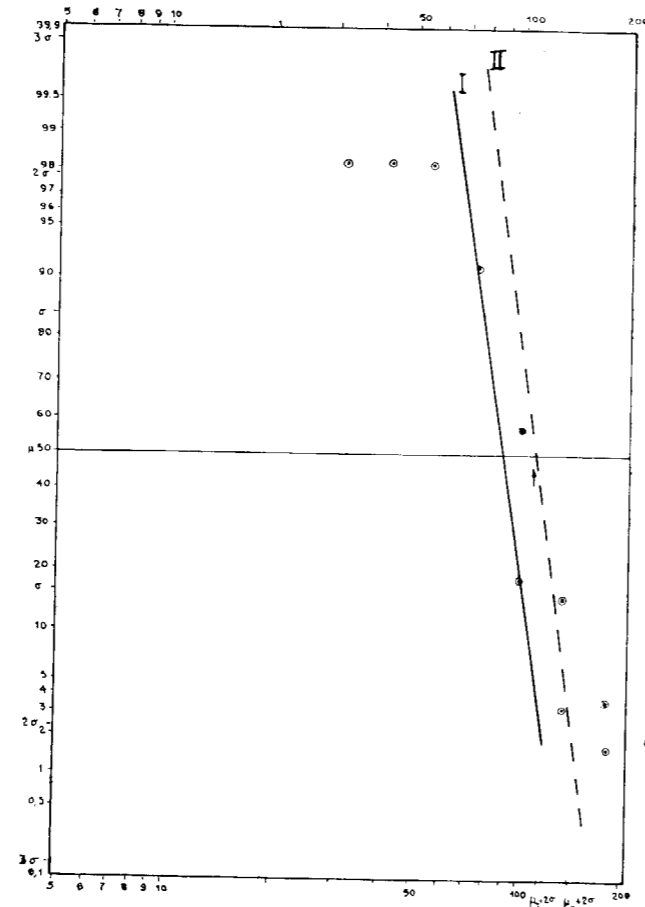


Figura 9

Distribución lognormal. Bicarbonatos mg/l

TABLA XI

Distribución de frecuencias para el anión sulfato

Remesa Clase	I			II		
	f(x)	Σf(x)	F %	f(x)	Σf(x)	F %
<1,00	1	60	100,0			
1,34		59	98,3			
1,80		59	98,3			
2,40		59	98,3			
3,20		59	98,3			
4,25		59	98,3	4	54	100,0
5,65	22	59	98,3	19	50	92,6
7,50	22	37	61,7	18	31	57,4
10,0	7	15	25,0	7	13	24,1
13,4	4	8	13,3	3	6	11,1
18,0	1	4	6,7	1	3	5,6
24,0	2	3	5,0	1	2	3,7
31,6	1	1	1,7	1	1	1,9
42,5	1	1	1,7	1	1	1,9

otoño el valor medio general; en cambio, sí aparecen algunos valores bastante altos con respecto al fondo geoquímico regional. La de mayor contenido es la 31, tantas veces ya citada, pero que llega a alcanzar ocho veces el fondo con una continuidad manifiesta a lo largo del año. Las números 12, 15 y 27 tienen valores entre 20 y 30 mg/l de manera también constante (véanse tabla XI y figura 10).

teriales naturales que aparecen en los terrenos geológicos de la zona. Con este objeto se han calculado los microequivalentes por litro de cada uno de los iones principales, habiéndose hecho la comparación de unos con otros y quedando como significativas las que presentamos a continuación (véanse tablas XII, XIII y XIV).

TABLA XII

Núm. muestra	μ e. q/l Na ⁺		μ e. q/l K ⁺	
	I	II	I	II
1	130,45		35,81	
2	217,42		12,79	
3	286,99	269,60	15,35	20,46
4	226,12	278,30	17,90	38,36
5	382,66	243,51	260,89	153,47
6	408,75	404,40	20,46	25,58
7	204,37	260,90	38,37	28,13
8	195,68	330,48	17,90	23,02
9	78,27	104,36	15,35	17,90
10	147,84	173,94	25,58	23,02
11	69,57	78,27	43,48	17,90
12	426,14		35,81	
13	52,18		56,27	
14	73,92	91,31	15,35	12,79
15	52,18	104,36	127,89	148,35
16	130,45	126,10	35,81	12,79
17	243,51	234,81	15,34	20,46
18	73,92	104,36	20,46	30,69
19	147,84	156,54	10,23	15,34
20	243,51	256,55	25,58	74,18
21	121,75	143,50	66,50	66,50
22	252,21	295,69	30,69	33,25
23	347,87	391,35	30,69	28,13
24	173,93	152,19	17,90	51,16
25	152,19	152,19	30,69	30,69
26	443,54	313,08	30,69	20,46
27	656,61	600,08	613,87	685,49
28	130,45	130,45	51,15	38,37
29	260,90	221,67	46,04	40,92
30	308,74		212,29	
31	695,34	1043,62	2353,18	2046,24
32	256,55	243,81	266,01	35,81
33	417,44	347,87	40,92	25,58
34	243,51	239,16	20,56	17,90
35	152,19	126,10	28,13	15,35
36	117,41	108,71	20,46	12,79
37	191,33	191,33	35,81	25,58

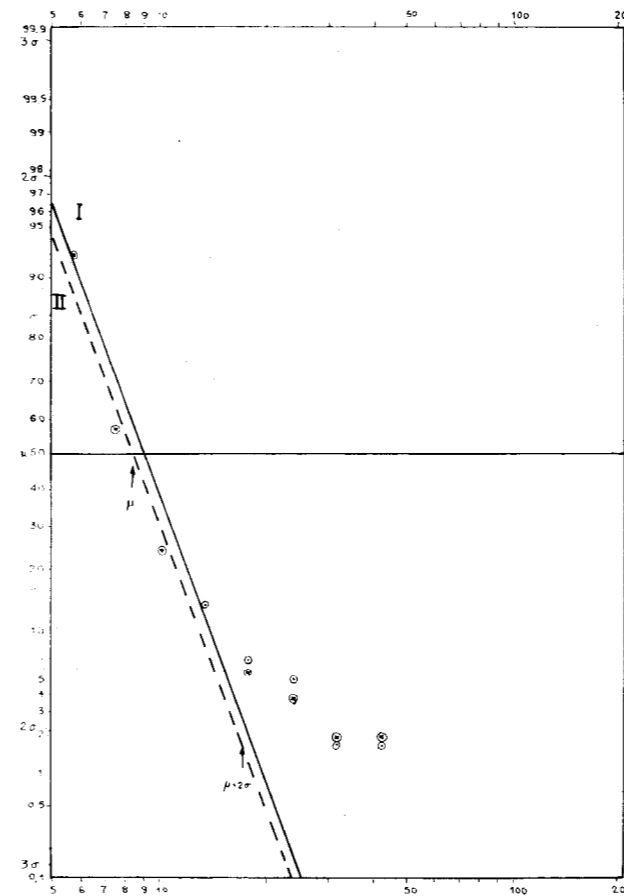


Figura 10

Distribución lognormal. Sulfato mg/l

2.3. Comparaciones.—Si bien en el apartado anterior ya se han tratado cada uno de los iones según su contenido absoluto en peso, es obligado establecer las variaciones relativas de aquellos que pueden tener similitud geoquímica, en especial por poderse referir a la disolución de determinados ma-

TABLA XII (continuación)

Núm. muestra	μ e. q/l Na ⁺		μ e. q/l K ⁺		Núm. muestra	μ e. q/l Ca ⁺⁺		μ e. q/l Mg ⁺⁺	
	I	II	I	II		I	II	I	II
38	417,47	356,57	35,81	38,38	14	2036,42	1112,77	218,11	1917,71
39	56,53	86,97	51,16	23,02	15	1964,06	3178,63	72,43	245,27
40	213,07	213,07	28,13	17,90	16	1454,58	1377,24	291,36	240,33
41	200,02	208,72	25,58	30,69	17	1381,73	1377,24	291,36	160,49
42	73,92	86,97	33,25	23,02	18	1381,73	1876,24	291,36	800,82
43	147,84	130,45	23,02	25,58	19	1236,52	1302,39	363,79	480,66
44	78,27	86,97	30,69	23,02	20	1309,37	1457,08	145,68	320,17
45	104,36	143,50	20,46	40,92	21	1163,67	1492,01	291,36	400,00
46	256,55	217,42	133,01	17,90	22	1600,29	1686,62	218,11	480,66
47	173,94	147,85	23,02	17,90	23	1163,67	1916,16	363,79	79,84
48	60,88		17,90		24	13,8173	843,31	291,36	2722,66
49	191,33	156,54	20,46	12,79	25	1236,52	1381,73	226,34	320,17
50	117,41	127,41	20,46	5,12	26	1381,73	1646,70	218,11	400,00
51	65,22	82,61	20,46	12,79	27	2250,49	2295,40	294,65	720,91
52	434,84	321,78	0,03	5,11	28	1381,73	1342,31	72,43	400,00
53	78,27	91,32	33,25	28,13	29	1309,38	1342,31	145,68	400,00
54	226,11	204,37	23,02	20,46	30	3563,86		655,15	
55	117,41	108,71	25,58	17,90	31	2763,96	2719,55	803,30	2081,49
56	891,42	765,32	17,90	7,67	32	1381,73	1801,39	581,90	400,00
57	269,60	221,77	17,90	12,79	33	1818,35	1991,01	291,36	880,66
58	183,63	156,54	33,25	40,92	34	1672,65	1721,55	363,79	160,49
59	382,66	282,64	17,90	17,90	35	1381,73	1457,08	218,11	240,33
60	117,41	104,36	12,79	7,67	36	1381,73	1916,16	509,47	79,83

TABLA XIII

Núm. muestra	μ e. q/l Ca ⁺⁺		μ e. q/l Mg ⁺⁺	
	I	II	I	II
1	1527,44		72,43	
2	1527,44		72,43	
3	1236,52	1262,47	145,68	400,00
4	2763,96	4211,56	437,04	320,17
5	1236,52	1457,08	291,36	240,33
6	1527,44	2180,63	727,57	480,66
7	2109,27	1801,39	145,68	800,83
8	1454,58	1457,08	145,68	320,17
9	1090,81	1417,16	363,79	320,17
10	1600,23	1916,16	291,36	320,17
11	1309,38	1377,24	291,36	400,00
12	2036,42		509,47	
13	508,98		72,43	

TABLA XIV

Núm. muestra	μ e. q/l Cl ⁻		μ e. q/l CO ₃ H ⁻		μ e. q/l SO ₄ ⁼	
	I	II	I	II	I	II
1	35,53		1774,44		164,48	
2	87,43		1512,87		179,05	
3	245,93	314,46	1396,34	1318,82	145,74	124,92
4	74,45	179,09	2715,33	5161,27	118,67	191,54
5	462,53	330,54	1279,98	1648,57	264,41	139,49
6	423,89	517,52	1629,23	2094,68	133,25	135,33
7	174,86	143,27	2094,68	2230,38	172,81	135,33
8	197,42	270,75	1551,55	1532,21	22,90	108,64
9	116,48	95,61	1279,98	1396,34	122,84	135,33
10	119,86	167,24	1357,66	1415,84	278,99	291,48
11	116,48	159,34	1357,66	1396,34	151,90	149,90
12	873,73		1629,23		553,81	
13	42,02		426,60		245,68	
14	97,02	119,29	1900,63	2230,38	210,28	139,49
15	135,95	210,96	1279,98	2016,99	514,25	449,71
16	194,04	224,77	1318,82	1551,55	158,23	312,30
17	404,43	307,13	1279,98	1338,16	162,39	139,49
18	77,56	165,30	1512,89	1861,95	201,95	166,56
19	161,88	205,03	1279,98	1299,48	206,11	170,72
20	232,96	298,67	1279,99	1338,16	187,38	176,97
21	139,04	201,08	1318,82	1687,41	201,95	160,31
22	485,37	619,05	1163,62	1279,98	256,08	212,36
23	391,46	489,60	1357,66	1338,16	166,56	145,74
24	190,93	256,65	1745,59	1772,63	189,46	249,84
25	164,98	205,03	1357,66	1415,84	124,92	129,08
26	388,35	471,83	1629,23	1958,81	151,98	120,76
27	1203,70	987,10	1629,23	1861,95	458,04	593,37
28	197,42	183,04	1357,66	1551,55	164,48	181,13
29	278,08	328,28	1318,82	1338,16	151,98	135,36
30	181,06		3529,86		370,60	
31	1358,26	1632,11	1823,11	2754,01	959,80	916,08
32	329,97	421,92	1512,87	1338,26	179,05	270,66
33	1125,86	1345,56	1357,66	1726,09	201,95	147,82
34	204,47	229,00	1784,27	2036,49	137,41	108,27
35	103,50	143,27	1474,02	1687,41	168,64	124,92
36	103,50	145,24	1474,02	1842,45	145,74	104,10
37	204,75	270,75	1435,18	1997,65	135,33	166,56
38	219,98	352,25	2094,68	2055,84	245,67	129,08
39	64,58	87,71	2094,68	5139,59	176,97	185,30
40	207,01	296,69	1357,66	2055,84	187,38	160,31
41	106,89	197,14	1590,38	2327,24	127,00	124,92
42	100,40	143,27	1318,82	1706,65	127,00	147,82
43	187,55	229,00	1318,82	1784,11	120,76	95,77
44	119,58	147,22	1396,34	1621,19	166,56	191,54
45	155,40	224,77	1241,30	1726,09	120,76	185,30
46	291,05	374,25	1396,34	1493,36	133,25	274,82
47	203,91	256,65	1435,18	1812,62	120,76	124,92
48	116,48		2016,99		133,25	
49	203,91	258,62	1241,30	1474,02	135,33	141,58
50	158,50	173,16	1357,66	1647,75	162,40	160,31
51	135,94	187,55	1512,87	2249,72	154,07	147,82

TABLA XIV (continuación)

Núm. muestra	μ e. q/l Cl ⁻		μ e. q/l CO ₃ H ⁻		μ e. q/l SO ₄ ⁼	
	I	II	I	II	I	II
52	188,11	216,88	1357,66	1939,47	249,84	181,13
53	109,99	149,19	1357,66	2249,62	145,74	162,39
54	291,05	334,48	1357,66	1667,91	185,30	216,53
55	142,42	165,27	1241,30	1571,05	208,20	147,82
56	1203,70	1592,34	1086,09	1590,88	297,73	210,28
57	341,26	412,04	1086,09	1377,00	249,84	291,48
58	203,91	240,85	1241,30	1997,65	162,40	166,56
59	414,02	555,32	1279,98	1474,03	172,80	254,00
60	181,06	264,83	1202,46	1571,05	127,00	164,48

2.3.1. *Bicarbonatos y calcio.*—Con los datos de las tablas XIII y XIV se ha obtenido la figura 11, graduando los ejes en microequivalentes por litro para bicarbonatos y calcio. Con el criterio de que si se trata de la solubilización de una caliza la proporción ha de ser cercana a la relación 1:1, se

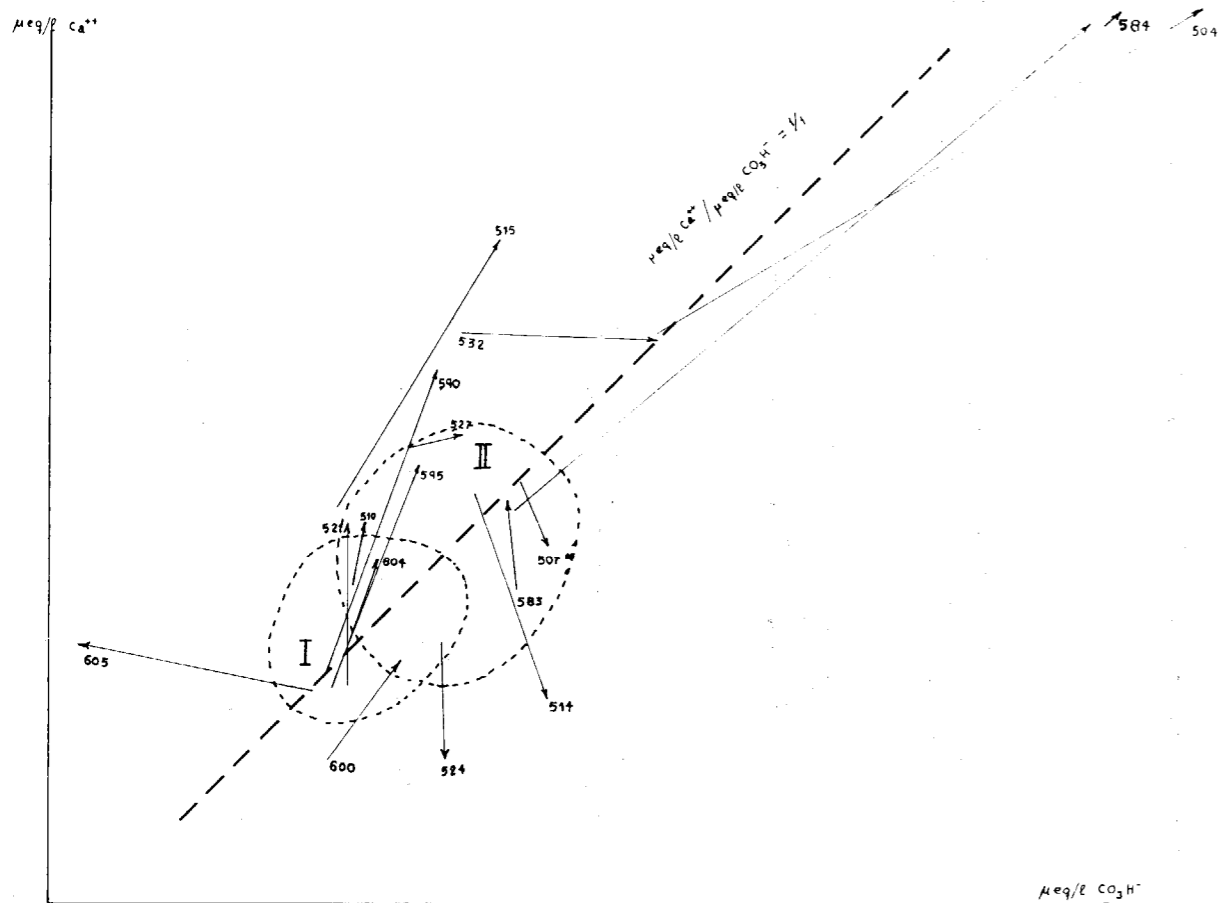


Figura 11

ha dibujado esta tendencia en la parte superior de la figura, observando el conjunto de las tendencias de las muestras marcadas por flechas que arrancan de la proyección del punto correspondiente al valor de primavera y tienen su terminación sobre el que corresponde al otoño, se ve una clara tendencia a aumentar su contenido en ambos iones de forma muy similar a la exigida por la solubilización de bancos calcáreos, pasando del área I al área II. Con todo, hay una serie de muestras singulares, que bien por sus desmesurados incrementos o por direcciones contrarias a tal tendencia general nos parecen significativas y deben de estudiarse detalladamente. Las muestras 4 y 39 siguen la tónica general pero con esos incrementos brutales que las hacen salirse por la parte superior de la gráfica y que ya debemos definir las como pertenecientes a niveles calcáreos que se lixivian más en otoño, cuando el nivel freático está más bajo, por lo que pueden estar en conexión con calizas del Cretácico Superior subyacentes. Algunas muestras, 27, 31, 38 o la 55 parten de proporciones no estequiométricas pero con clara tendencia a la proporción 1:1

entre los iones considerados, como si en profundidad y hacia su cota recibieran disoluciones de bancos calcáreos.

Entre las divergentes aparece un cierto grupo que manteniéndose bastante estricto el contenido en bicarbonatos, en cambio incrementa notablemente su contenido en calcio; son 10, 21, 45, 50, 59 y acaso la 15 con una ordenada de calcio en el origen superior a la que correspondería a una disolución de caliza. De lugar cercano a la citada relación parte la 60 perdiendo gran cantidad de bicarbonato; se trata de una muestra próxima al río Sequillo, en primavera recibe agua de bancos calizos superiores y que en otoño restringe su avenamiento a materiales más arcillosos. Más difíciles de explicar son las muestras 7, 15 y 24, que partiendo de buena proporción para los iones de las calizas ven decrecer bastante su contenido en calcio cual si hubiera un efecto de ion común que afectara a la concentración de éstas.

2.3.2. *Sulfatos y calcio.*—En la figura 12 figuran los microequivalentes por litro de calcio en función

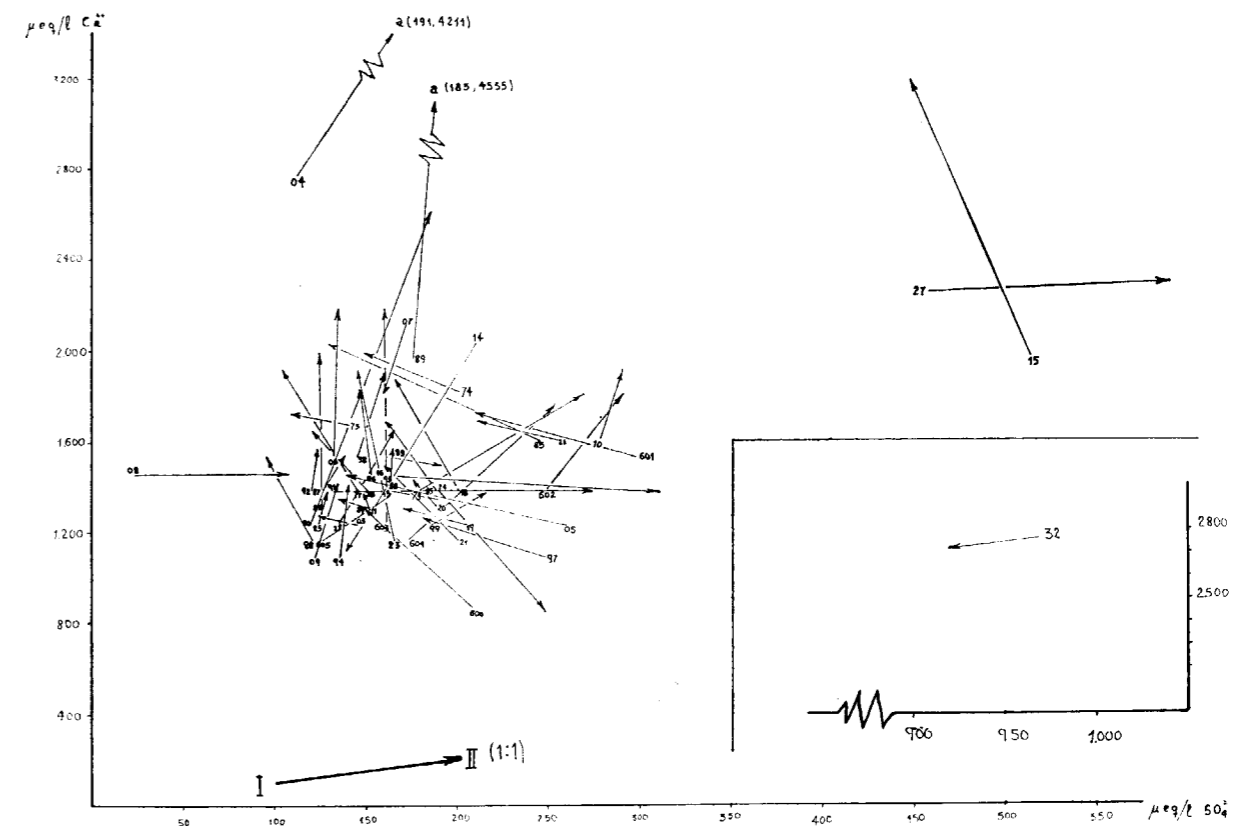


Figura 12

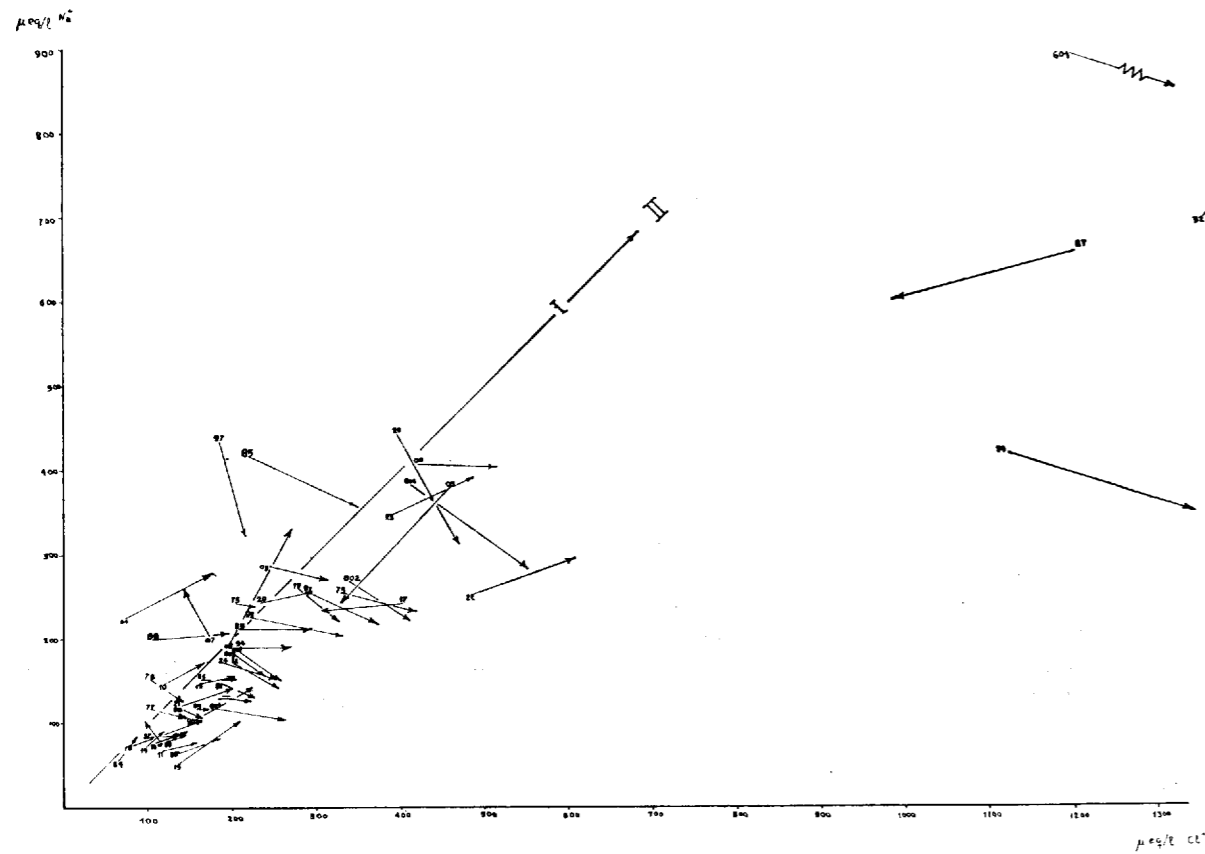


Figura 13

de los de sulfatos. Pesando en la posibilidad de que en los terrenos miocénicos existen frecuentemente bancos salinos con abundante yeso, se puede adelantar, a la vista de la gráfica, que este mineral no es muy abundante pues pocas son las muestras que presentan tendencia hacia la marcada relación 1:1 entre ambos iones. En general, aparece una cantidad de calcio muy superior a la requerida estequiométricamente, por lo que se puede afirmar que se trata de un ambiente típicamente de calizas y no de yesos. Sin embargo, es posible hacer una agrupación de muestras según las tendencias que marcan al pasar de primavera a otoño. Entre las que presentan una pendiente concordante con la marcada relación 1:1, que es la normal en la distribución de yesos, pero sin embargo no la más frecuente, destaca la muestra 27, de Quintana de Gormaz, que tiene en todo momento un alto contenido en sulfato. Con el mismo sesgo pero distinto sentido está la 31, no muy lejana de la anterior, que duplica la cantidad de sulfato de aquélla y viene a

definir un posible horizonte yesífero dentro del Mioceno. También con abundante sulfato está el número 15, al SO de Boós, pero que en su evolución es totalmente contraria a las anteriores, notándose así la gran influencia que inmediatos bancos calcáreos, posiblemente inferiores al yesífero, hacen aumentar fuertemente el contenido en calcio. Esta tendencia es seguida por una serie de muestras, números 18, 20, 21, 26, 36, 40, 43 y 55, que aún cayendo dentro del núcleo principal de proyección presentan un paralelismo en su evolución, notándose, pues, la influencia del ambiente impuesto por la dispersión regional de carbonato cálcico.

2.3.3. *Cloruros y elementos alcalinos.*—En paralelo con los capítulos anteriores se comenzó por hacer la representación del ion cloruro en relación con el elemento alcalino más soluble, figura 13, trazando también la relación $Na^+/Cl^- = 1/1$, observándose que alrededor de esta línea se distribuyen la mayor parte de los puntos de proyección, pero

con un sesgo de haber más cloruros de los exigidos por el sodio. En consecuencia resultó aconsejable agrupar el sodio con el potasio, obteniéndose la tabla XV que ha sido llevada a análoga representación en la figura 14 donde se ha conseguido una mayor coincidencia con la proporción 1:1 en especial para los valores bajos, es decir, cuando el potasio es hasta un 50 por 100 del valor del sodio. Aparecen una serie de fluctuaciones: Las muestras 56 y 33 con unos valores de cloruros superiores a diez veces el fondo, con fuertes incrementos en otoño, mientras que los alcalinos disminuyen en un efecto de concomitancia de solubilidades según podemos analizar en el capítulo siguiente. Una tendencia totalmente opuesta, presenta la número 27, que teniendo muchos cloruros alcalinos, son ahora los cationes los que predominan sobre el anión, alejándose notablemente de la proporción estequiométrica; sabemos se trata de una muestra salina muy compleja, según el tratamiento de los otros capítulos.

TABLA XV

Núm. muestra	μ e. q/l Na + K	
	1.ª	2.ª
4	244,02	316,66
5	443,55	396,98
6	429,21	420,98
7	242,74	289,03
8	213,58	353,50
9	93,62	122,26
10	173,42	196,96
11	112,95	96,17
14	89,27	104,10
15	180,07	252,79
16	166,26	138,89
17	258,85	255,41
18	94,38	135,05
19	158,07	171,88
20	269,09	330,73
21	188,95	210,00
22	282,90	328,94
23	378,56	419,48
24	191,83	204,35
25	182,88	182,88
26	474,23	333,54
27	1270,48	1285,57
28	181,60	168,82
29	306,94	262,58
31	3048,52	3089,86
32	522,56	270,62

Núm. muestra	μ e. q/l Na + K	
	1.ª	2.ª
33	458,35	373,45
34	263,97	257,03
35	180,32	141,75
36	137,87	121,05
37	227,14	216,91
38	423,28	394,95
39	107,69	109,99
40	241,20	230,16
41	225,60	239,41
42	107,17	109,99
43	170,86	156,03
44	108,96	109,99
45	124,82	184,42
46	389,56	235,32
47	196,96	165,75
49	211,79	169,33
50	137,87	122,53
51	85,68	95,40
52	434,87	326,89
53	111,52	119,45
54	249,13	224,83
55	142,99	126,61
56	909,32	773,07
57	287,50	234,56
58	215,88	197,42
59	400,56	300,54
60	130,20	112,03

2.4. *Diagrama salino.*—Además de las comparaciones que se han realizado entre parejas de iones podemos aprovechar la ventaja representativa de un diagrama salino para tomar por una parte las representaciones de los cationes y por otra las de los aniones y una combinación de ambas en el cuadro central (fig. 15). Las relaciones parciales de los grupos catiónicos y aniónicos se han llevado a triángulos independientes haciendo uso de las características de una representación triangular, para la que se han totalizado la suma de cationes e igualmente la de aniones calculando el porcentaje de cada ion dentro de su grupo a partir de los microequivalentes de las tablas anteriores, obteniendo las que a continuación se incluyen (véanse tablas XVI, XVII y XVIII).

2.4.1. *Cationes.*—Observando la figura 15 en su parte inferior izquierda donde está el triángulo catiónico se aprecia un área superior al 55 por 100 de calcio y limitada por las proporciones de 25/75

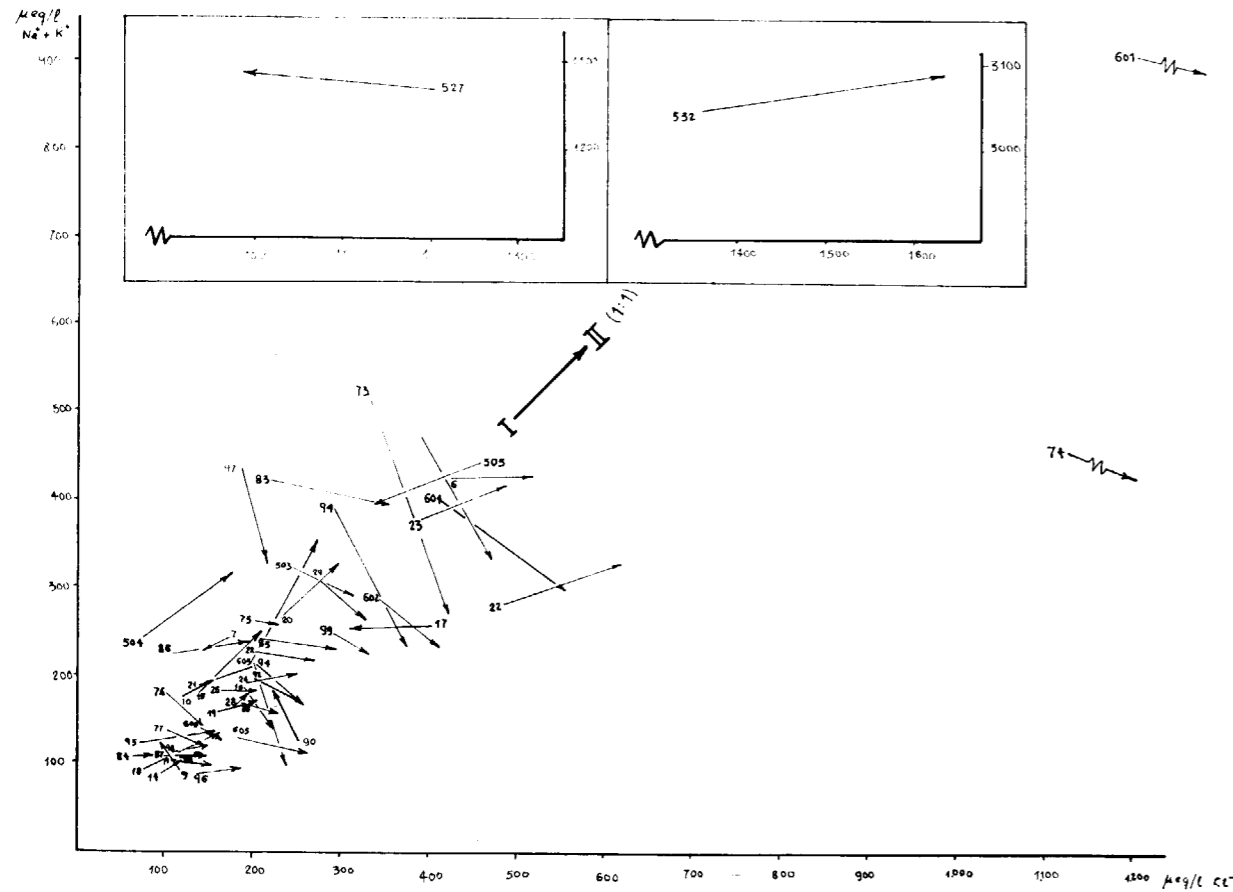


Figura 14

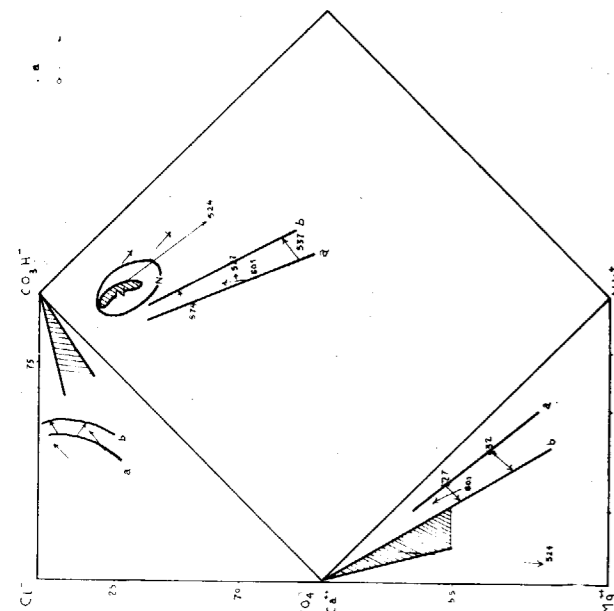


Figura 15

a 60/40 entre elementos alcalinos y magnesio (triángulo rayado), en el que se mueven prácticamente todas las muestras.

Por otra parte se han marcado algunas singulares, como la 27 y 31 que partiendo de un nivel, "a", para la época de mayor dilución acaban en una línea, "b", que corresponde a una proporción 6:4 entre álcalis y magnesio lo que nos hace suponer que es de las más determinantes en esta región; es cierto que la muestra 24 indica que hay niveles mucho más magnésicos, pero no frecuentes.

2.4.2. Aniones.—Se ha venido hablando de que el ambiente de la zona está dominado por niveles de caliza más o menos dispersos, esto se comprueba porque prácticamente todas las muestras quedan en el triángulo rayado por encima del 75 por 100 de CO_3H^- , mientras que las proporciones entre sulfatos y cloruros están desde 70/30 a 25/75. Sin embargo, las mismas muestras singulares de antes

TABLA XVI

Datos en tanto por ciento de meq/l de cationes (Na^+ y K^+)

Núm. muestra	% de Na^+		% de K^+		Núm. muestra	% de Na^+		% de K^+	
	I	II	I	II		I	II	I	II
1	7,38		2,03		42	4,73	4,62	2,13	1,22
2	11,88		0,69		43	10,51	7,06	1,64	1,38
3	17,04	13,80	0,91	1,05	44	4,39	5,30	1,72	1,40
4	6,56	5,74	0,52	0,79	45	7,28	4,74	1,43	1,35
5	17,62	11,62	12,01	7,33	46	13,91	12,61	7,21	1,04
6	15,23	13,08	0,76	0,83	47	10,09	7,66	1,33	0,93
7	8,18	9,02	1,54	0,97	48	2,69		0,79	
8	10,79	15,51	0,98	1,08	49	11,48	8,61	1,23	0,70
9	5,05	5,61	0,99	0,96	50	7,05	4,69	1,23	0,20
10	7,16	7,15	1,24	0,95	51	3,71	3,69	1,16	0,57
11	4,06	4,18	2,54	0,95	52	22,15	16,30	0,00	0,26
12	14,17		1,19		53	4,21	4,03	1,79	1,24
13	7,56		8,16		54	12,22	10,90	1,24	1,09
14	3,15	2,91	0,65	0,41	55	6,46	6,58	1,41	1,08
15	2,35	2,83	5,77	4,03	56	31,83	27,27	0,64	0,27
16	6,82	7,18	1,87	0,73	57	14,28	10,13	0,95	0,58
17	12,60	13,10	0,79	1,41	58	11,43	8,28	2,08	2,16
18	4,18	3,71	1,16	1,09	59	20,62	12,76	0,96	0,81
19	8,41	8,01	0,58	0,78	60	7,41	6,66	0,81	0,49
20	14,12	12,17	1,48	3,52					
21	7,41	6,83	4,05	3,16					
22	12,00	11,84	1,46	1,33					
23	18,25	16,20	1,61	1,16					
24	9,33	4,04	0,96	1,36					
25	9,24	8,07	1,86	1,83					
26	21,38	13,15	1,48	0,86					
27	17,21	13,95	16,09	15,93					
28	7,97	6,82	3,13	2,01	1	86,47		4,10	
29	14,80	11,06	2,61	2,04	2	83,47		3,96	
30	6,51		4,47		3	73,41	64,67	8,65	20,49
31	10,51	13,22	35,56	25,93	4	80,23	86,87	12,69	6,60
32	10,32	9,50	10,70	1,45	5	56,94	69,57	13,42	11,47
33	16,25	10,72	1,60	0,79	6	56,90	70,54	27,11	15,56
34	10,58	11,18	0,88	0,83	7	84,45	62,31	5,83	27,69
35	8,55	6,86	1,58	0,83	8	80,19	68,38	8,03	15,03
36	5,78	5,13	1,01	0,60	9	70,47	76,21	23,49	17,22
37	10,47	9,09	1,96	1,21	10	77,49	78,75	15,88	13,16
38	15,84	12,26	1,36	1,32	11	76,40	43,51	17,00	21,35
39	2,55	1,80	2,31	0,47	12	67,70		19,94	
40	12,05	9,91	1,59	0,83	13	73,78		10,50	
41	11,41	8,23	1,46	1,21	14	86,89	35,50	9,31	61,18

TABLA XVII

Datos en tanto por ciento de meq/l de cationes (Ca^{2+} y Mg^{2+})

Núm. muestra	% de Ca^{2+}		% de Mg^{2+}	
	I	II	I	II
1	86,47		4,10	
2	83,47		3,96	
3	73,41	64,67	8,65	20,49
4	80,23	86,87	12,69	6,60
5	56,94	69,57	13,42	11,47
6	56,90	70,54	27,11	15,56
7	84,45	62,31	5,83	27,69
8	80,19	68,38	8,03	15,03
9	70,47	76,21	23,49	17,22
10	77,49	78,75	15,88	13,16
11	76,40	43,51	17,00	21,35
12	67,70		19,94	
13	73,78		10,50	
14	86,89	35,50	9,31	61,18

TABLA XVII (continuación)

Núm. muestra	% de Ca ⁺⁺		% de Mg ⁺⁺	
	I	II	I	II
15	88,61	86,45	3,27	6,67
16	76,06	78,41	15,24	13,68
17	71,52	76,81	15,08	8,95
18	78,18	66,72	16,48	28,48
19	70,32	66,62	20,69	24,59
20	75,94	69,12	8,45	15,19
21	70,82	70,98	17,73	19,03
22	76,16	67,57	10,38	19,26
23	61,05	79,33	19,09	3,30
23	74,09	22,37	15,62	72,23
25	75,14	73,31	13,75	16,99
26	66,62	69,18	10,52	16,81
27	58,98	53,35	7,72	16,76
28	84,47	70,24	4,28	20,93
29	74,32	66,95	8,27	19,95
30	75,19		13,82	
31	41,78	34,46	12,14	26,38
32	55,58	72,87	23,40	16,18
33	70,81	61,35	11,34	27,14
34	72,71	80,48	15,81	7,50
35	77,62	79,24	12,25	13,07
36	68,09	90,49	25,11	3,77
37	67,66	78,27	19,91	11,42
38	60,72	69,87	22,08	16,54
39	88,57	94,39	6,60	3,32
40	78,12	78,46	8,24	10,80
41	74,69	78,54	12,44	12,01
42	88,50	81,39	4,64	12,77
43	82,71	82,88	5,15	8,68
44	85,71	90,98	8,17	2,31
45	86,25	86,05	5,05	7,86
46	74,94	79,87	3,93	6,49
47	80,13	81,47	8,45	9,94
48	64,33		32,18	
49	65,46	77,93	21,83	12,76
50	87,37	87,14	4,35	7,96
51	87,72	82,12	12,40	13,62
52	55,58	63,96	22,27	19,47
53	82,25	84,49	11,74	10,23
54	66,85	73,47	19,67	14,53
55	48,04	78,79	44,08	13,54
56	54,54	61,34	12,99	11,11
57	73,21	82,32	11,56	6,96
58	77,38	83,19	9,12	6,36
59	62,71	79,55	15,70	6,88
60	73,41	87,96	18,38	4,88

TABLA XVIII

Datos en tanto por ciento de meq/l de aniones (Cl⁻, CO₃H⁻ y SO₄⁼)

Núm. muestra	% de Cl ⁻		% de CO ₃ H ⁻		% de SO ₄ ⁼	
	I	II	I	II	I	II
1	1,80		89,87		8,33	
2	4,91		85,03		10,06	
3	13,75	17,88	78,09	75,01	8,15	7,10
4	2,56	5,07	93,36	89,51	4,08	5,42
5	23,05	15,60	63,79	77,81	13,17	6,58
6	19,39	18,84	74,52	76,24	6,09	4,92
7	7,16	5,71	85,77	88,89	7,07	5,39
8	11,14	14,17	87,57	80,17	1,29	5,66
9	7,67	5,87	84,25	85,80	8,08	8,31
10	4,22	8,92	82,49	75,53	13,33	15,55
11	7,16	9,34	83,49	81,87	9,35	8,79
12	28,58		53,30		18,12	
13	5,88	59,72	59,72		34,39	
14	4,39	9,79	86,08	89,60	9,52	5,60
15	7,04	7,87	66,32	75,33	26,64	16,79
16	11,61	10,76	78,92	74,28	6,47	14,95
17	21,90	17,21	69,31	74,98	8,79	7,82
18	4,33	7,53	84,41	84,87	11,27	7,59
19	9,82	12,24	77,67	77,57	12,51	10,19
20	13,70	16,46	75,28	73,78	11,02	9,76
21	8,37	9,81	79,46	82,36	12,17	7,82
22	25,48	29,32	61,08	60,62	13,44	10,06
23	20,43	24,80	70,87	67,81	8,69	7,38
24	8,98	11,26	82,11	77,77	8,91	10,96
25	10,01	11,72	82,41	80,91	7,58	7,37
26	17,90	18,49	75,09	76,77	7,00	4,73
27	36,58	28,67	49,51	54,09	13,92	17,24
28	11,48	9,55	78,96	80,99	9,56	9,45
29	15,90	18,22	75,41	74,27	8,69	7,51
30	4,44		86,48		9,08	
31	32,80	30,78	44,02	51,94	23,17	17,27
32	16,32	20,77	74,82	65,89	8,86	13,33
33	41,92	41,79	50,55	53,61	7,52	4,59
34	9,61	9,64	83,92	85,79	6,46	4,56
35	5,93	7,33	84,42	86,28	9,66	6,38
36	6,00	6,94	85,54	88,08	8,46	4,98
37	11,53	11,11	80,84	82,04	7,62	6,84
38	8,59	13,88	81,81	81,03	9,59	5,08
39	2,76	1,62	89,66	94,96	7,57	3,42

TABLA XVIII (continuación)

Núm. muestra	% de Cl ⁻		% de CO ₃ H ⁻		% del SO ₄ ⁼	
	I	II	I	II	I	II
40	11,81	11,80	77,49	81,81	10,69	6,38
41	5,86	7,44	87,18	87,84	6,96	4,71
42	6,49	7,17	85,29	85,43	8,21	7,40
43	11,52	10,86	81,05	84,60	7,42	4,54
44	7,11	7,51	82,99	82,71	9,90	9,77
45	10,25	10,52	81,80	80,80	7,96	8,67
46	15,99	17,47	76,69	69,70	7,32	12,83
47	11,58	11,69	81,55	82,61	6,86	5,69
48	5,14		88,98		5,88	
49	12,90	13,80	78,54	78,64	8,56	7,55
50	9,44	8,74	80,88	83,17	9,67	8,09
51	7,54	7,25	83,92	87,03	8,55	5,62
52	10,47	9,28	75,61	82,97	13,91	7,74
53	6,81	5,82	84,15	87,83	9,03	6,34
54	15,87	15,07	74,03	75,17	10,10	9,76
55	8,95	8,77	77,97	83,38	13,08	7,84
56	46,52	46,92	41,97	46,88	11,51	6,19
57	20,35	19,80	64,76	66,18	14,89	14,01
58	12,68	10,01	77,21	83,06	10,10	6,92
59	22,17	24,32	68,56	64,56	9,26	11,12
60	11,98	13,24	79,61	78,54	8,41	8,22

también parten de una línea "a" hasta línea "b" que indica existencia de horizontes salinos.

2.4.3. *Cuadro salino*.—En el centro de la figura 15 se ha sintetizado proyección a partir de los triángulos anteriores poniendo también unas áreas de máxima frecuencia, donde la "Z" destaca por su gran número de muestras alineadas y que vamos a considerar representativa de todo el área en conjunto y a la que corresponden las de la parte centro-norte en la cuenca del río Avión. Hay una dispersión de segundo orden que ha sido circundada por la curva "N", en la que aparecen muchas muestras del Mioceno pero de la que se escapan las mismas que se encontraron singulares en los triángulos iónicos; también se nota la evolución entre las líneas de partida "a" y de arribada "b" que como es tradicional en estas interpretaciones ha de darse como correspondiente a niveles con mayor contenido en evaporitas.

Los datos bibliográficos corresponden a las citas desde (1) a (18), que figuran al final de la comunicación.

3. CONCLUSIONES

Existe una buena concordancia entre el contenido químico de las aguas y los terrenos atravesados hasta su afloramiento.

Se está en un ambiente geoquímico de típico dominio calcáreo. Como más significativa ha resultado la definición de un horizonte de evaporitas en el Mioceno del ángulo S-E de la zona de estudio. No existen depósitos importantes de yesos, salvo cierta acumulación en las evaporitas citadas, y su lixiviación se ve complicada por efectos de ión común.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO PASCUAL, J.; GALVÁN GARCÍA, J., y ALVAREZ-HERRERO, C.: *Geoquímica de fuentes y pozos*. Hoja Geológica de Navalcarnero. Rev. del "Centro de Estudios de Investigación y Aplicación del Agua", n. 8, pp. 197-207 (1969).
- ALVAREZ-HERRERO, C.; BUSTOS ARAGÓN, A., y CATALÁN LAFUENTE, J.: *Distribución de elementos traza en la cuenca del Duero*. Rev. "AGUA", Documentos de Investigación Hidrológica, n 5, pp. 47-57 (1969)
- GALVÁN GARCÍA, J.; ALVAREZ-HERRERO, C., y ALONSO PASCUAL, J.: *Geoquímica de fuentes y pozos II*. Hoja Geológica de Getafe. Documentos de Investigación Hidrológica, suplemento científico de la revista "AGUA", n 5, pp. 87-104 (1969).
- GOMIS GOMIS, C.; ALVAREZ-HERRERO, C., y BURRIEL MARTI, F.: *Análisis químico y espectroquímico de las sustancias transportadas por las aguas de uno de los principales ríos españoles*. Documentos de Investigación Hidrológica, suplemento científico de la revista "AGUA", n 5, pp. 137-156 (1969).
- ALVAREZ-HERRERO, C.; BURRIEL MARTI, F.; GOMIS GOMIS, C., y SEOANE CAMBA, J.: *Análisis espectroquímico y espectrofotométrico de algunos elementos traza contenidos en las aguas minero-medicinales españolas (Mn-Cr)*. Rev. "AGUA", Doc. Invest. Hidrológica, n 9, pp. 51-85 (1970).

6. Instituto Geológico Minero de España. "Mapa Geológico de España" E 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja núm. 31, SORIA, Madrid, 1971.
7. ALVAREZ-HERRERO, C., y GALVÁN GARCÍA, J.: *Geoquímica de las aguas de fuentes y pozos de la Hoja Geológica de Buitrago de Lozoya*. V. Rev. de "Hidrología", pp. 119-128 (1927).
8. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA, F.; PALACIOS CORVILLO, M.^a A., y BURRIEL MARTI, F.: *Geoquímica de fuentes y pozos de la Hoja Geológica de Berlanga de Duero (SORIA) Parte Occidental VII*. Rev. de "Geofísica", n. 1, 2, 3, y 4 pp. 231-252 (1972).
9. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA, F.; SANZ BUENO, C., y BURRIEL MARTI, F.: *Geoquímica de fuentes y pozos de la Hoja Geológica de Berlanga de Duero (SORIA) Parte Occidental VIII*. Rev. de "Geofísica", n. 1, 2, 3 y 4, pp. 211-29 (1972).
10. ALVAREZ-HERRERO, C.; GALVÁN GARCÍA, J.; BURRIEL MARTI, F., y GOMIS GOMIS, C.: *Clasificación y representación gráfica de los datos analíticos de aguas de diversos orígenes*. T. Rev. de "Geofísica" 32, n. 2, pp. 227-258 (1973).
11. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA F., y BURRIEL MARTI, F.: *Interpretación geoquímica de la composición y características de las aguas de Andujar (JAEN) VI AGUA*. Rev. del "Centro de Estudios de Investigación y Aplicación del Agua", n. 77, pp. 39-50 (1973).
12. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA, F.; BURRIEL MARTI, F., y GALLEGO RUBIO, M.^a A.: *Estudio Hidrogeoquímico realizado sobre la parte oriental de la Hoja Geológica 406, Almazán (SORIA) XII*. Rev. de "Geofísica" Val XXXII, n. 3 y 4 (1973).
13. Instituto Nacional de Meteorología. "Archivo Climatológico". (El Burgo de Osma, 1971-72-73).
14. DE PEDRO HERRERA, F.; ALVAREZ-HERRERO, C.; VELÁZQUEZ SÁNCHEZ, N., y MARTI SANZ, C.: *Construcción al estudio geoquímico de las aguas del Duero*. Rev. de "Geofísica", n. 1, pp. 67-89 (1973).
15. DE PEDRO HERRERA, F., y ALVAREZ-HERRERO, C.: *Geoquímica de las aguas del sinclinal permocarbónico de, El Viar (SEVILLA)*.
16. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA, F., y PALACIOS CORVILLO, M.^a A.: *Estudio analítico y geológico de las aguas correspondientes a la Hoja núm. 349 de Cabrejas del Pinar (SORIA) XIV*. Rev. de "Geofísica", n. 1 y 2, pp. 41-63 (1975).
17. ALVAREZ-HERRERO, C.; DE PEDRO HERRERA, F., y BURRIEL MARTI, F.: *Estudio hidrogeoquímico de la parte oriental de Morón de Almazán (SORIA)*. Hoja geológica n. 407 IX. Rev. de "Geofísica", n. 1 y 2, pp. 63-97 (1975).
18. ALVAREZ-HERRERO, C.; BURRIEL MARTI, F., y SANZ BUENO, G.: *Clasificación y representación gráfica de los datos analíticos de aguas de las Hojas geológicas núm. 405 y 349 II*. Rev. de "Geofísica", n. 1 y 2, pp. 97-127 (1976).

Recibido: noviembre 77.

Contenido de Th-232 radiogénico en minerales de uranio

Por L. GARZON RUIPEREZ (*)

RESUMEN

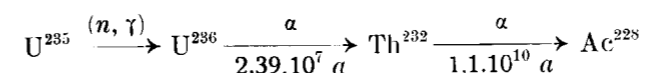
Partiendo de un modelo de yacimiento de uranio constituido por la especie UO_2 dispersada uniformemente en una matriz de un granito tipo, se ha deducido la relación Th-232/U en función de diversos parámetros.

SUMMARY

Starting from a deposit model of uranium constituted by a uniformly dispersed UO_2 into a standard granite matrix, the ratio Th-232/U has been deduced. Such ratio, as a function of certain parameters, has been studied.

INTRODUCCION

En la captura radiativa (n, γ) del U-235 se origina el nucleído U-236, emisor alfa cuyo descendiente inmediato es el Th-232. Esta serie de procesos se representa a continuación:



En los minerales de uranio existe un flujo neutrónico interno cuyo origen ha sido establecido en un trabajo anterior (1).

A favor de este flujo tiene lugar, en el seno de los yacimientos de uranio, la serie de reacciones mencionada previamente. Como el período del U-236 es pequeño en relación con la edad de cualquier yacimiento que se considere, la relación U-236/U será independiente de dicha edad. Sin embargo no sucede lo mismo para el Th-232, el cual, en razón de su elevado período, se hallará a una concentración, función de la edad del yacimiento.

El objeto del presente trabajo es el cálculo, a partir del mismo modelo de yacimiento que ha sido utilizado en trabajos anteriores, de la relación

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

Th-232/U en función de la edad, y concentraciones de uranio e hidrógeno.

Revisada la bibliografía no se ha encontrado ninguna referencia a este problema que, creemos posee interés desde el punto de vista de la geoquímica en general.

DESARROLLO

Como el período del U-236 es muy pequeño en relación con el del Th-232, se puede considerar que este nucleído se forma directamente a partir del U-235. La ecuación de evolución de la concentración de Th-232, vendrá dada, por consiguiente por, la siguiente ecuación:

$$dN_2(t)/dt = \sigma_{c(s)} N_3(t) \Phi(t) - \lambda_2 N_2(t) \quad [1]$$

siendo: $N_2(t)$ y $N_3(t)$ las concentraciones de Th-232 y U-235, respectivamente, en el instante a partir del momento de la formación del yacimiento; $\sigma_{c(s)}$ la deducida en (1). Integrando la ecuación [1] se obtiene la sección eficaz microscópica térmica de captura radiactiva del U-235, y $\Phi(t)$ el flujo neutrónico térmico en dicho instante. La expresión de $\Phi(t)$ ha sido tiene la siguiente expresión:

$$N_2(T)/N_3(T) = E \cdot (M1 - \exp(\lambda_2 - \lambda_5 - \lambda_8)T) + N(1 - \exp(\lambda_2 - 2\lambda_5)T) \quad [2]$$

siendo:

$$\begin{aligned}
 E &= \sigma_{c(5)} J(T) N_8(T) \exp(\lambda_5 - \lambda_8 - \lambda_2) T \\
 M &= (Ac + B) / (\lambda_5 - \lambda_8 - \lambda_2) \\
 N &= A \cdot d / (2\lambda_5 - \lambda_2) \\
 A &= p \cdot R \cdot S / \Sigma_a (1 - K) \\
 B &= \lambda_F \nu p / \Sigma_a (1 - K) \\
 c &= 8\lambda_8; \quad d = 7\lambda_5 J(T) \exp(\lambda_5 - \lambda_8) T \\
 J(T) &= N_5(T) / N_8(T) = 7,26 \cdot 10^{-3} \\
 N_8(T) &= N_u / 1.00726 \\
 N_u &= 6,208 (X/D) 10^{22} \\
 X &= \text{porcentaje de } UO_2 \text{ en el mineral} \\
 D &= 1050 - 7,83 X \\
 T &= \text{edad en } 19^{\circ} \text{ años}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

En las expresiones [3], R representa el recorrido de las partículas alfa en el seno del mineral; $Q = \Sigma \sigma_L N_L$ la sección eficaz macroscópica para la reacción de producción de neutrones por los procesos (α, n) con elementos livianos; Σ_a la sección eficaz de absorción térmica del sistema (incluido el UO_2); K la constante de multiplicación subcrítica; λ_F la constante para fisión espontánea del U-238; ν el número medio de neutrones originados en este proceso; p la probabilidad de escapar a las capturas resonantes en dicho nucleído; finalmente, las lambdas se refieren a las constantes radiactivas de los nucleídos a que se refieren los subíndices. Las expresiones de estas magnitudes en función de X han sido deducidas en (1).

RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante un programa Fortran, ejecutado en un IBM 1130 se han obtenido los valores a la relación Th-232/U en función de diversos parámetros: concentración de UO_2 , edad y concentración de H en la matriz. Los datos son los mismos que los utilizados en trabajos anteriores, puesto que se ha adoptado el mismo tipo de matriz. La concentración de UO_2 se ha hecho variar desde el 1 por 100 al 100 por 100 por pasos de 1, habiéndose obtenido las series correspondientes a las edades comprendidas entre 100 y 2.000 Ma por pasos de 100 Ma. A su vez cada serie corresponde a concentraciones de H

que varían por pasos de 0,1 desde el valor cero al 2 por 100.

Parte de los resultados obtenidos aparecen consignados en las tablas I-IV, refiriéndose cada una de ellas a una determinada concentración de H. De la contemplación de dichos valores se advierte que para cada edad la relación Th-232/U desciende bruscamente, unos cuatro órdenes de magnitud, al pasar de la concentración del 99 por 100 al 100 por 100 de UO_2 , lo cual se debe, por una parte, a que para esta última concentración no hay producción de neutrones por reacciones (α, n) con elementos livianos con la excepción del 0-17 del UO_2 y, por otra, al endurecimiento del flujo como consecuencia de la ausencia de elementos de buenas propiedades moderadoras, en especial del H. El hecho más significativo es la gran influencia ejercida por pequeñas variaciones, desde el valor nulo, de la concentración de H. En efecto, puede observarse que para cada edad una variación de esa concentración del 0,1 por 100, desde el valor cero, multiplica la relación Th/U por un factor, que depende de la concentración de UO_2 , y que es de varias unidades. Como ya se ha indicado en trabajos anteriores la interpretación se basa en las buenas propiedades moderadoras del H_2O que es la forma más frecuente bajo la cual se encuentra combinado el H. Para una concentración de UO_2 del 30 por 100, $H=0,1$ y 800 Ma la relación Th/U resulta $1,4 \cdot 10^{-8}$ átomos Th/átomos U de la que se deduce una actividad específica de $5,7 \cdot 10^{-5}$ d/s · gU, la cual podría permitir el análisis cualitativo y cuantitativo, por espectrometría gamma, del contenido de Th, siempre que se tuviese la absoluta certeza de que su origen era radiogénico.

APENDICE

Valores numéricos de las constantes (2):

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c(5)} &= 112 \text{ b} \\
 J(T) &= 7,26 \cdot 10^{-3} \\
 \lambda_5 &= 0,976 \cdot 10^{-9} \text{ a}^{-1} \\
 \lambda_8 &= 0,154 \cdot 10^{-9} \text{ a}^{-1} \\
 \lambda_2 &= 4,985 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1} \\
 \lambda_F &= 6,85 \cdot 10^{-17} \text{ a}^{-1} \\
 \nu &= 2,47
 \end{aligned}$$

TABLA I
($N/N_u \cdot 10^{10}$)
 $H=0,0 \%$

$UO_2\%$ T(Ma)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
200	4,46	3,52	2,14	1,15	0,545	0,220	0,071	0,616	0,002	$6 \cdot 10^{-5}$
500	13,9	10,5	6,38	3,42	1,62	0,656	0,211	0,048	0,006	$2 \cdot 10^{-4}$
800	26,7	20,2	12,3	6,59	3,12	1,26	0,406	0,091	0,011	$3 \cdot 10^{-4}$
1.100	44,7	33,8	20,5	11,0	5,22	2,10	0,678	0,152	0,019	$6 \cdot 10^{-4}$
1.400	69,9	52,9	32,1	17,2	8,15	3,29	1,05	0,238	0,029	$9 \cdot 10^{-4}$
1.700	105	79,6	48,3	25,9	12,2	4,94	1,58	0,357	0,043	$1 \cdot 10^{-3}$
2.000	155	117	71,2	38,1	18,0	7,27	2,33	0,524	0,063	$2 \cdot 10^{-3}$

TABLA II
($N_2/N_u \cdot 10^8$)
 $H=0,1 \%$

$UO_2\%$ T(Ma)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
200	0,157	0,234	0,248	0,219	0,168	0,111	0,060	0,022	$3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-7}$
500	0,469	0,700	0,742	0,654	0,502	0,333	0,180	0,066	$9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6}$
800	0,903	1,34	1,42	1,26	0,966	0,641	0,347	0,128	$2 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
1.100	1,51	2,25	2,38	2,10	1,61	1,07	0,578	0,214	$3 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-6}$
1.400	2,36	3,52	3,73	3,29	2,52	1,67	0,903	0,333	$4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-6}$
1.700	3,55	5,30	5,61	4,95	3,79	2,51	1,35	0,500	$6 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$
2.000	5,24	7,82	8,27	7,29	5,58	3,69	1,99	0,734	$9 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-5}$

TABLA III
($N_2/N_u \cdot 10^8$)
 $H=0,3 \%$

$UO_2\%$ T(Ma)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
200	0,196	0,365	0,486	0,356	0,508	0,415	0,284	0,147	0,036	$6 \cdot 10^{-7}$
500	0,585	1,08	1,44	1,59	1,51	1,23	0,846	0,438	0,109	$2 \cdot 10^{-6}$
800	1,12	2,09	2,79	3,07	2,91	2,37	1,62	0,843	0,209	$3 \cdot 10^{-6}$
1.100	1,88	3,50	4,66	5,14	4,87	3,97	2,71	1,40	0,349	$6 \cdot 10^{-6}$
1.400	2,94	5,48	7,28	8,03	7,60	6,19	4,23	2,19	0,544	$9 \cdot 10^{-6}$
1.700	4,43	8,25	10,9	12,0	11,4	9,31	6,36	3,29	0,815	$1 \cdot 10^{-5}$
2.000	6,54	12,1	16,1	17,7	16,8	13,7	9,36	4,83	1,19	$2 \cdot 10^{-5}$

TABLE IV
 $(N_2/N_u) \cdot 10^6$
 H=0,6 %

UO ₂ % T(Ma)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
200	0,200	0,405	0,603	0,760	0,832	0,783	0,614	0,371	0,125	$6 \cdot 10^{-7}$
500	0,595	1,20	1,79	2,26	2,48	2,33	1,82	1,10	3,72	$2 \cdot 10^{-6}$
800	1,14	2,33	3,46	4,36	4,77	4,49	3,52	2,12	0,716	$3 \cdot 10^{-6}$
1.100	1,91	3,89	5,78	7,29	7,97	7,50	5,87	3,54	1,19	$6 \cdot 10^{-6}$
1.400	2,99	6,08	9,04	11,3	12,4	11,7	9,16	5,52	1,85	$9 \cdot 10^{-6}$
1.700	4,51	9,16	13,6	17,1	18,7	17,5	13,7	8,28	2,78	$1 \cdot 10^{-5}$
2.000	6,65	13,5	20,0	25,2	27,5	25,8	20,2	12,1	40,8	$2 \cdot 10^{-5}$

BIBLIOGRAFIA

- (1) GARZÓN RUIPÉREZ, L.: *Anales de Física*, 71, 68 (1975).
 (2) *Reactor Handbook*, 2.^a ed., vol. III-A, Physics, Interscience Publishers (1962).

Recibido: Diciembre 1977.

Contribución al estudio mineralógico y térmico de la gratonita de Riotinto (España)

Por A. LA IGLESIA (1), M. DOVAL (2), M. V. GONZALEZ (3) y R. RODRIGALVAREZ (2)

RESUMEN

En el presente trabajo se aportan nuevos datos sobre la mineralogía de la gratonita de Río Tinto, estudiándose por primera vez el comportamiento térmico de este mineral, que se descompone con formación de galena y posterior oxidación de la misma a PbO y sulfato y oxisulfato de plomo.

Los resultados de difracción de rayos X y TG muestran que los parámetros de celdilla y composición química de la gratonita de Río Tinto coinciden con los de la especie de Cerro de Pasco.

ABSTRACT

In this paper new data about the mineralogical characterization of gratonite from Río Tinto are supplied and by the first time the thermal behaviour of this mineral is studied. The thermal decomposition takes place through the galena formation and the consequent oxidation of this phase to form PbO and Pb sulphate and oxisulphates.

The results from X-Ray diffraction and TG show that chemical composition and lattice parameters of Río Tinto gratonite are similar to those from the Cerro de Pasco one.

INTRODUCCION

La gratonita es una sulfosal de plomo y arsénico, descubierta en el Cerro de Pasco, Perú (PALACHE y FISHER, 1940). Debe su nombre a L. G. Graton, Profesor de la Universidad de Harvard.

Su hábito, composición química y estructura fueron determinados por PALACHE y FISHER (1940), ROSCH (1963) y NOWACKI et al. (1967), asignándole el grupo espacial $C_{3v}-R3m$, y encontrando unas constantes de celdilla que para a oscilan entre 17,69 y 17,74 Å, y para c , entre 7,81 y 7,83 Å. Cristaliza en la clase 3m (piramidal ditrigonal), encontrándose en cristales aislados, aciculares o prismáticos, cuyo tamaño varía entre 0,1 mm y 1,5 cm de longitud, compuestos fundamentalmente por primas exagonales (1120) y pirámides trigonales (0221). También se en-

cuentra, aunque con menor frecuencia, en agregados radiales o subparalelos.

De los análisis químicos realizados sobre ejemplares del Cerro de Pasco y recojidos por PALACHE y FISHER (1940) se desprende que el contenido en Pb varía entre 70,79 por 100 y 71,78 por 100; el de As entre 10,60 por 100 y 10,92 por 100 y el de S entre 17,09 por 100 y 18,01 por 100. Dichos autores asignan al mineral la fórmula $Pb_9As_4S_{15}$. Es estudio por espectrografía de arco ha mostrado, asimismo, la presencia de cantidades muy pequeñas de Mg, Mn, Sb y Sn (menor del 0,1 por 100) así como de Fe (menor del 0,01 por 100) y Cu (menor del 0,002 por 100).

En el Cerro de Pasco, la gratonita se encuentra en fracturas y cavidades de disolución en un material silíceo, fuertemente lavado, asociado a las zonas externas de la mineralización de sulfuros de plata. También se ha encontrado reemplazando a la galena.

RUST (1940) asigna a la gratonita un origen secundario. Afirma que se formó en una etapa clara-

(1) Instituto Lucas Mallada. C. S. I. C. Madrid.

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad Complutense. Madrid.

(3) Departamento de Química Inorgánica. Universidad Complutense. Madrid.

mente posterior a la mineralización principal, junto con otros minerales como pirita, freibergita, calcosina, bornita, etc.

Posteriormente, fue descubierta en los yacimientos de Río Tinto, asociada a pirita, calcopirita, esferita, galena, arsenopirita y enargita. Aparece en cristales aciculares desarrollados sobre pirita masiva, y con longitudes que oscilan entre 1-4 mm. La morfología y cristaloquímica de la gratonita de Río Tinto ha sido estudiada por BURKART-BAUMANN et al. (1968), encontrando que morfológica y ópticamente este mineral corresponde con el de la localidad tipo, Cerro de Pasco. Estos autores le asignan los siguientes parámetros de celdilla: $a=17,70 \pm 0,02 \text{ \AA}$ y $c=7,85 \pm 0,01 \text{ \AA}$. Realizan, asimismo, análisis químicos con microsonda electrónica y microanálisis, obteniendo unos porcentajes en plomo que varían entre 68,3 por 100 y 68,9 por 100; en arsénico entre 12,4 y 13,5 por 100 y en azufre entre 17,7 y 19 por 100. Estos porcentajes son diferentes de los obtenidos para la gratonita del Cerro de Pasco, aproximadamente más a los de una jordanita ($\text{Pb}_3\text{As}_2\text{S}_7$, RAMDOHR, 1960).

BESTEIRO et al. (1973) realizan un estudio óptico detallado de la gratonita de Río Tinto, calculando el índice de refracción y el coeficiente de absorción para las dos direcciones principales de vibración y efectuando medidas de reflectancia a distintos intervalos. Aportan también un análisis químico, realizado con microsonda electrónica, cuyos resultados son: $\text{Pb}=71$ por 100, $\text{As}=11$ por 100, $\text{S}=18$ por 100, que concuerdan con los obtenidos por PALACHE y FISHER (1940) para los ejemplares del Cerro de Pasco.

En el presente trabajo se aportan nuevos datos sobre las características del mineral de Río Tinto, y se estudia por primera vez el comportamiento térmico de la gratonita.

Resultados experimentales.

— Difracción de Rayos X.

El estudio difractométrico se ha realizado en un equipo Philips, modelo PW1130-1050-1051 provisto de una unidad discriminadora y contador de centelleo, empleando radiación $\text{CuK}\alpha$, filtrada con Ni y una velocidad de exploración de $1/4$ de grado por minuto.

TABLA I
Espaciados e intensidades relativas de las principales reflexiones de la gratonita natural y calentada a 150°C

GRATONITA RIO TINTO		GRATONITA CALENTADA A 150°C		GRATONITA ASSM 13-446		hk1
d A %	I/I ₀	d A	I/I ₀	d A	I/I ₀	
8,87	6	8,86	5	8,9	8	110
5,47	18	5,49	19	5,45	16	021
4,66	9	4,67	12	4,64	8	211
4,43	7	4,45	6	4,42	6	220
3,79	50	3,80	41	3,78	60	012
3,74	53	3,74	54	3,72	60	131
3,44	100	3,44	100	3,43	100	401
3,35	22	3,35	23	3,34	10	410
3,24	23	3,23	35	3,23	20	122
2,97	30	2,97	27	2,96	10	330
2,28	49	2,87	50	2,85	40	051
2,74	43	2,75	47	2,73	50	042
—	—	—	—	2,60	4	511, 003
2,56	5	2,56	6	2,56	6	600
2,50	9	2,51	10	2,49	6	113
2,40	15	2,42	14	2,40	20	431, 502
2,32	19	2,32	19	2,32	25	303
2,24	6	2,24	10	2,24	35	161
2,21	45	2,21	35	2,21	35	440
2,05	27	2,05	33	2,05	30	621, 413

En la tabla I, se recogen los espaciados e intensidades de las reflexiones encontradas, que concuerdan con la ficha ASTM núm. 13.466 (RIBOR y NOWACHI, 1969). Es de señalar la ausencia total de reflexiones extrañas al mineral. A partir del diagrama obtenido, se ha realizado un refinamiento de parámetros, según el programa de SUCRE (1973), considerando 50 reflexiones, con 10 ciclos de refinamiento. Como parámetros de partida se introdujeron los de RIBOR y NOWACHI (1969). Como resultados de este cálculo, se obtienen para a_0 el valor $17,74 \pm 0,003 \text{ \AA}$ y para c_0 el valor $7,819 \pm 0,002 \text{ \AA}$, valores que muestran una gran concordancia con los obtenidos por ROSCH (1963) para el mineral del Cerro de Pasco.

— Estudio óptico.

Puesto que las propiedades ópticas de este mineral han sido estudiadas detalladamente por BESTEIRO et al. (1973), en el presente trabajo se ha tratado únicamente de comprobar estas propiedades en los cristales objeto de estudio.

En la microscopía de luz reflejada, estos cristales presentan contornos completamente irregulares y hábito aproximadamente tabular y dimensiones máximas entre 0,5 y 2 mm. Es de resaltar la presencia en todos ellos de áreas más claras, de contornos y distribución muy irregular, con dimensiones máximas

de 50μ y que presentan un anisotropismo ligeramente superior al de la gratonita. Estas zonas no han sido descritas hasta el momento en los ejemplares de Río Tinto (fig. 1). Se ha calculado en varios cristales de la probeta, por un método de integración gráfica, el porcentaje de superficie que representan estas zonas, estableciéndose que ocupan un 14 por 100 de la superficie total del corte pulido del mineral.

Con objeto de comprobar si las áreas más claras poseen una composición diferente y teniendo en cuenta las posibilidades apuntadas por RAMDOHR (1960) de transición continua de gratonita a fases más pobres en plomo (jordanita), se han efectuado una serie de determinaciones puntuales de este elemento, mediante microsonda electrónica, sobre dichas zonas y en sus proximidades. Se ha puesto así de manifiesto que efectivamente el contenido en Pb

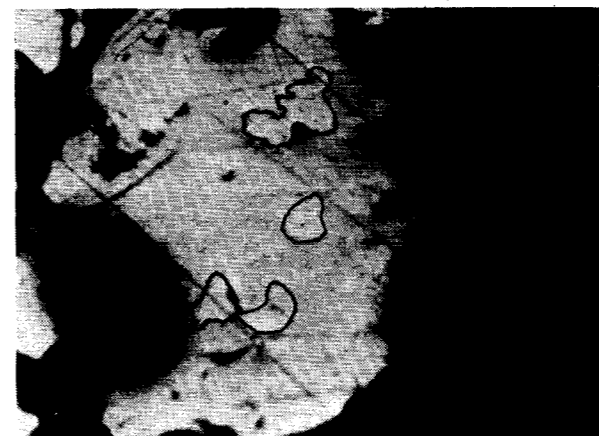


Figura 1

$\times 140$ Cristal de gratonita. Los contornos marcados corresponden a algunas zonas más blancas observadas.

es ligeramente menor en ellas, ya que el número de impulsos medidos disminuye en un 9,1 por 100 con respecto al resto.

— Comportamiento térmico.

La descomposición térmica se ha realizado en un equipo Deltatherm modelo D2000-D4000, provisto de termobalanza. Se han utilizado termocápsulas de cromel-alumel, alumina calcinada como sustancia de referencia y una velocidad de calentamiento de 10°C/m . La cantidad de muestra usada ha sido de 2 mgs para TG y 6 mgs para ATD con objeto de conseguir una película con espesor menor de 0,3 mm.

Para obtener una mayor información sobre el com-

portamiento térmico de este mineral, se han realizado experiencias sucesivas, tanto de ATD como de TG, en atmósfera oxidante (aire) e inerte (nitrógeno). En ATD, se ha hecho necesario emplear en este último caso atmósfera dinámica.

En la figura 2 se muestran las curvas de ATD y

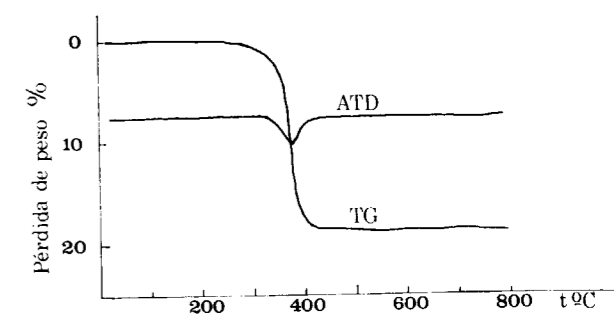


Figura 2

Curvas de TG y ATD de la gratonita en atmósfera inerte

TG obtenidas en atmósfera inerte. Como puede apreciarse en la curva TG, a 300°C comienza una pérdida de materia que representa un 17,85 por 100 del peso inicial y que finaliza a los 420°C , sin que se observe ninguna nueva pérdida posterior. La curva ATD presenta un pequeño y simétrico efecto endotérmico con máximo a 380°C (que coincide con el punto de inflexión de la curva TG) y que corresponde a un proceso de descomposición. La ausencia de posteriores efectos confirma que la fase formada a esa temperatura permanece estable. Se han obtenido difractogramas de polvo de muestras calenta-

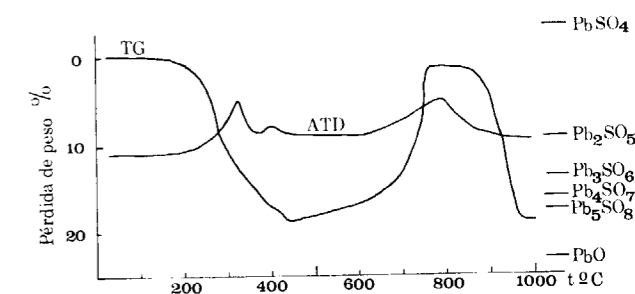


Figura 3

Curvas de TG y ATD de la gratonita en atmósfera oxidante

das a diversas temperaturas, detectándose hasta los 300°C únicamente la presencia de gratonita, y por encima de esta temperatura la exclusiva presencia de galena.

En la figura 3 se muestra las curvas ATD y TG

de 50μ y que presentan un anisotropismo ligeramente superior al de la gratonita. Estas zonas no han sido descritas hasta el momento en los ejemplares de Río Tinto (fig. 1). Se ha calculado en varios cristales de la probeta, por un método de integración gráfica, el porcentaje de superficie que representan estas zonas, estableciéndose que ocupan un 14 por 100 de la superficie total del corte pulido del mineral.

Con objeto de comprobar si las áreas más claras poseen una composición diferente y teniendo en cuenta las posibilidades apuntadas por RAMDOHR (1960) de transición continua de gratonita a fases más pobres en plomo (jordanita), se han efectuado una serie de determinaciones puntuales de este elemento, mediante microsonda electrónica, sobre dichas zonas y en sus proximidades. Se ha puesto así de manifiesto que efectivamente el contenido en Pb

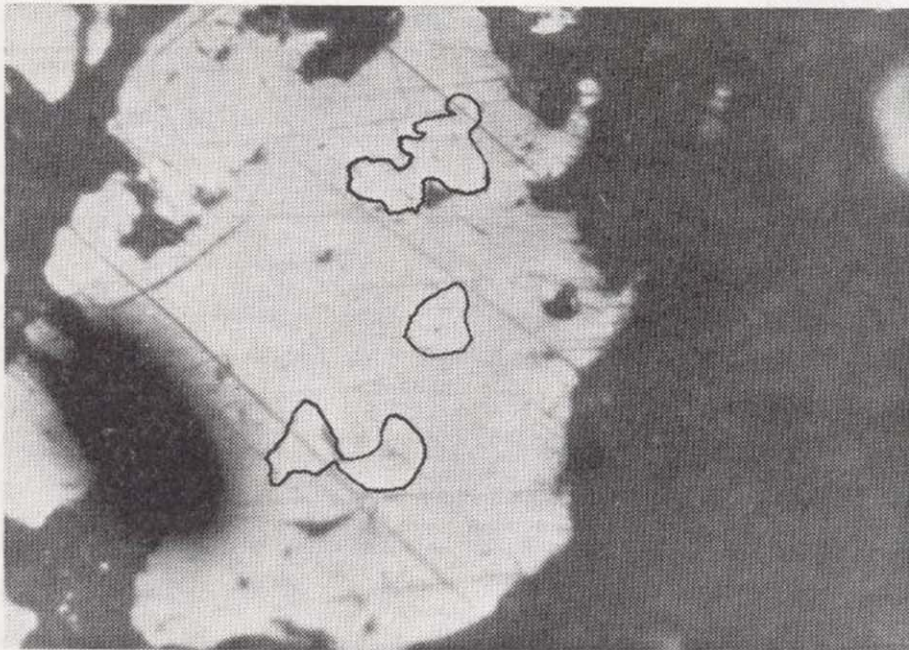


Figura 1

$\times 140$ Cristal de gratonita. Los conornos marcados corresponden a algunas zonas más blancas observadas.

es ligeramente menor en ellas, ya que el número de impulsos medidos disminuye en un 9,1 por 100 con respecto al resto.

— Comportamiento térmico.

La descomposición térmica se ha realizado en un equipo Deltatherm modelo D2000-D4000, provisto de termobalanza. Se han utilizado termocápsulas de cromel-alumel, alumina calcinada como sustancia de referencia y una velocidad de calentamiento de $10^\circ \text{C}/\text{m}$. La cantidad de muestra usada ha sido de 2 mgs para TG y 6 mgs para ATD con objeto de conseguir una película con espesor menor de 0,3 mm.

Para obtener una mayor información sobre el com-

portamiento térmico de este mineral, se han realizado experiencias sucesivas, tanto de ATD como de TG, en atmósfera oxidante (aire) e inerte (nitrógeno). En ATD, se ha hecho necesario emplear en este último caso atmósfera dinámica.

En la figura 2 se muestran las curvas de ATD y

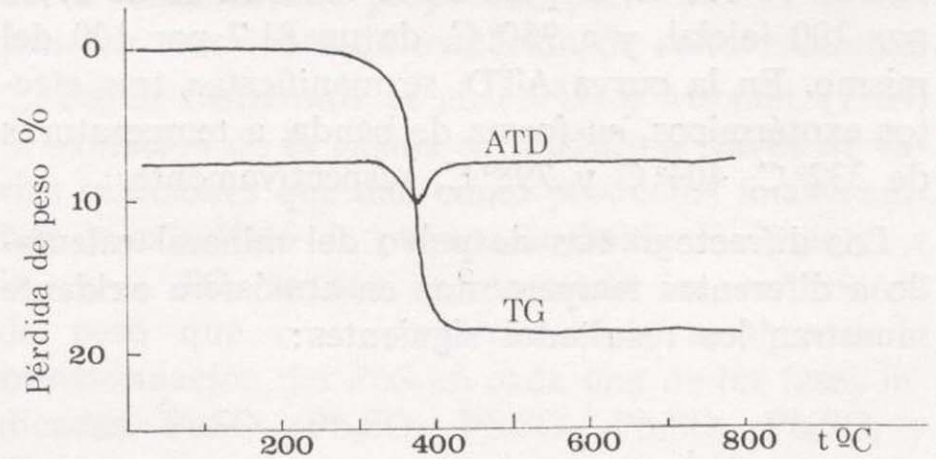


Figura 2

Curvas de TG y ATD de la gratonita en atmósfera inerte

TG obtenidas en atmósfera inerte. Como puede apreciarse en la curva TG, a 300°C comienza una pérdida de materia que representa un 17,85 por 100 del peso inicial y que finaliza a los 420°C , sin que se observe ninguna nueva pérdida posterior. La curva ATD presenta un pequeño y simétrico efecto endotérmico con máximo a 380°C (que coincide con el punto de inflexión de la curva TG) y que corresponde a un proceso de descomposición. La ausencia de posteriores efectos confirma que la fase formada a esa temperatura permanece estable. Se han obtenido difractogramas de polvo de muestras calenta-

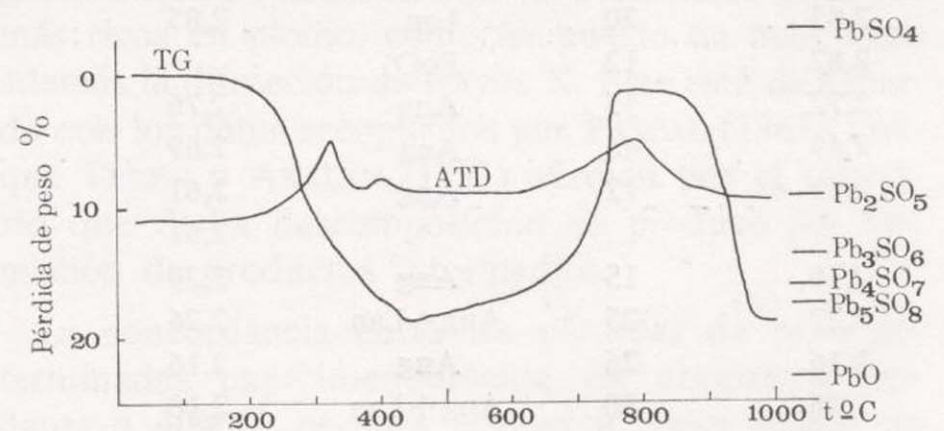


Figura 3

Curvas de TG y ATD de la gratonita en atmósfera oxidante

das a diversas temperaturas, detectándose hasta los 300°C únicamente la presencia de gratonita, y por encima de esta temperatura la exclusiva presencia de galena.

En la figura 3 se muestra las curvas ATD y TG

de la gratonita en atmósfera oxidante. En la curva TG comienza a los 250° C una pérdida de peso compleja que termina a los 430° C y que representa el 17,22 por 100 de la cantidad inicial. A continuación comienza una ganancia de peso hasta los 770° C seguida de una nueva pérdida entre los 850° C y 980° C. A 800° C, el peso de la muestra es de 97,88 por 100 inicial, y a 980° C, de un 81,7 por 100 del mismo. En la curva ATD, se manifiestan tres efectos exotérmicos, en forma de banda, a temperaturas de 332° C, 404° C y 798° C, respectivamente.

Los difractogramas de polvo del mineral calentado a diferentes temperaturas en atmósfera oxidante muestran los resultados siguientes:

— A 200° C, gratonita como única fase presente, aunque en el diagrama se aprecian variaciones en las intensidades relativas de algunas reflexiones (tabla I).

— A 430° C, presencia exclusiva de galena. Sin embargo, manteniendo la muestra a esta temperatura durante una hora, aparecen inflexiones correspondientes al sulfato de plomo (anglesita).

— A 800° C, la galena desaparece, transformándose en PbSO₄ (anglesita), Pb₂SO₅ (lanarkita) y PbO. Manteniendo la muestra a esta temperatura puede observarse la disminución del PbSO₄ y la consecuente formación de oxisulfatos de mayor contenido en plomo (tabla II).

TABLA II

Espaciados, intensidades y fases cristalinas obtenidas al calentar gratonita en atmósfera oxidante

CALENTADA A 800°C			CALENTADA A 800°C 1h			CALENTADA A 900°C		
d Å	I/I ₀	Fases	d Å	I/I ₀	Fases	d	I/I ₀	Fases
						8,10	5	Pb ₂ SO ₅
4,23	65	Ang	4,22	50	Ang	6,30	10	Lan
3,79	45	Ang	3,78	30	Ang	6,14	8	Lan
3,63	20	Ang	3,60	12	Ang	5,82	12	Lan
3,47	30	Ang	3,45	18	Ang	4,42	5	Lan
3,34	90	Ang+Lan	3,34	100	Ang+Lan	4,24	15	Ang
3,21	60	Ang	3,19	46	Ang+Lan	3,78	8	Ang
3,10	20	PbO				3,68	10	Lan
3,00	100	Ang	2,99	92	Ang	3,49	10	Lan
2,95	20	Lan	2,95	46	Lan	3,47	5	Ang
2,85	20	Lan	2,85	61	Lan	3,32	80	Lan+Ang
2,82	12	PbO				3,25	50	Pb ₂ SO ₅
2,77	35	Ang	2,76	12	Ang	3,20	12	Ang
2,69	46	Ang	2,69	16	Ang	3,17	10	Lan
2,61	12	Ang	2,61	5	Ang	3,10	40	PbO
			2,51	5	Pb ₄ SO ₇			
2,39	15	Ang	2,29	6	Ang	2,99	15	Ang
2,27	25	Ang+Lan	2,26	12	Ang+Lan	2,94	100	Lan+PbO
2,16	26	Ang	2,16	20	Ang	2,87	5	Pb ₂ SO ₅
2,06	80	Ang+Lan	2,10	28	Pb ₄ SO ₇	2,83	50	Lan+PbO
2,03	50	Ang	2,05	62	Ang+Lan	2,74	15	PbO
1,96	23	Ang+Lan	2,03	38	Ang			
1,87	6	PbO	1,96	11	Ang+Lan	2,51	5	Pb ₄ SO ₇
						2,26	20	Ang+Lan
						2,16	5	Ang
						2,10	8	Pb ₄ SO ₇
						2,05	30	Ang+Lan+ +Pb ₂ SO ₅
Ang=Anglesita		Pb SO ₄				2,03	8	Ang
Lan=Lanarkita		Pb ₂ SO ₅				1,96	10	Ang+Lan

— A 900° C, el sulfato de plomo desaparece, disminuyen las intensidades correspondientes a lanarkita y aumentan las del Pb₄SO₇, pareciendo además Pb₂SO₅ (tabla II).

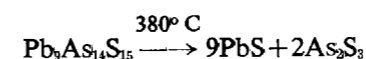
— Al continuar el calentamiento se ha comprobado que se produce la fusión entre las 950° C y los 1.000° C.

DISCUSION

Durante el proceso de caracterización mineralógica de la gratonita de Río Tinto, se ha suscitado el problema de la aparente heterogeneidad de la muestra objeto de estudio, observada en luz reflejada y corroborada por las determinaciones realizadas en microsonda electrónica.

Este hecho podría atribuirse a la presencia de otra fase diferente de la gratonita (posiblemente jordanita, por ser la que en la bibliografía se cita asociada con este mineral con más frecuencia). Sin embargo, teniendo en cuenta que esta fase representaría del orden de un 14 por 100 de la muestra, debería ser detectada por difracción de Rayos X, lo cual no ocurre. En consecuencia, hay que establecer que se trata de una única fase, aunque una distribución no homogénea del plomo. Para confirmar esta hipótesis, se ha realizado un calentamiento de la probeta a 150° C durante dos horas, comprobándose la disminución de tamaño de las zonas más blancas originales, lo que indica que en estas condiciones se ha debido producir una difusión de plomo en la red.

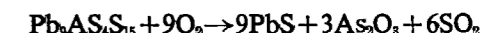
En relación con el comportamiento térmico de la gratonita y de acuerdo con los resultados experimentales obtenidos, se deduce en primer lugar que el mineral es estable en atmósfera inerte hasta los 300° C, descomponiéndose a partir de dicha temperatura, según un único proceso que puede representarse mediante la reacción:



Esta descomposición supone una pérdida de peso teórica del 18,56 por 100, que está de acuerdo con la obtenida experimentalmente (17,25 por 100).

En atmósfera oxidante, la descomposición comienza hacia los 150° C. En este caso, tanto la lenta caída de la curva TG, como la presencia de un doble efecto exotérmico en la curva ATD, indican que

el proceso es complejo, y puede esquematizarse globalmente mediante la ecuación:



Esta descomposición puede incluirse en el tipo IV de la clasificación propuesta por MAUREL (1964) para las reacciones de oxidación de sulfoarseniuros.

Según CHIZHIKOV et al. (1949) y MUAREL (1964) la oxidación de la galena se produce a través de varias reacciones que dan como productos finales sulfato y oxisulfato de plomo. En la figura 3, junto a la curva TG, se han representado las variaciones de peso que corresponderían teóricamente a la transformación del PbS en cada una de las fases indicadas, PbSO₄, Pb₂SO₅, Pb₃SO₆, Pb₄SO₇, Pb₅SO₈ y PbO. De acuerdo con estos datos y considerando los resultados de difracción de Rayos X, se han establecido las siguientes conclusiones:

1.º La galena a partir de 430° C se oxida para dar una mezcla de PbSO₄, Pb₂SO₅ y PbO.

2.º A 800° C, en condiciones isotérmicas, el PbSO₄ evoluciona con el tiempo a Pb₂SO₅ y PbSO₇, lo que justifica la escasa pendiente de la curva TG en el intervalo de 760° C - 850° C.

3.º A partir de 850° C, la velocidad de transformación sulfato-oxisulfatos aumenta rápidamente. De acuerdo con la pérdida de peso experimental, a 960° C la composición del residuo se ajusta a la de Pb₂SO₅.

4.º La descomposición del PbSO₄ tiene, pues, lugar a través de la formación de oxisulfatos cada vez más ricos en plomo, como ha puesto de manifiesto además la difracción de Rayos X. Este está de acuerdo con los datos recopilados por PASCAL (1963), aunque TEREN y AKALAN (1951) afirman por el contrario que dicha descomposición se produce sin formación de productos intermedios.

La concordancia entre las pérdidas de peso determinadas experimentalmente en atmósfera oxidante a 400° C, permite utilizar el valor medio de ambas para calcular la composición química del mineral de Río Tinto, teniendo en cuenta que BURKART-BAUMANN et al. (1968) y BESTEIRO et al. no encuentran en él ninguna sustitución.

Considerando pues que el 82,78 por 100 de residuo a 400° C está constituido exclusivamente por galena, puede calcularse el porcentaje total de plomo que resulta ser 71, 7 por 100. Del porcentaje de volátiles (17,22 por 100) se obtiene el correspon-

diente As, teniendo en cuenta que en esta fase la relación As/S es 2/3. El azufre resulta de la suma del contenido en la galena y en el As_2S_3 . Los resultados así obtenidos son: As - 10, 5 por 100 y S - 17,8 por 100. Estos valores están más próximos a los propuestos por PALACHE y FISHER (1940) para la gratonita de Cerro de Pasco que los obtenidos por BURKART-BAUMANN et al. (1968) para especie de Río Tinto. Este hecho tiene una especial significación si se tiene en cuenta que los parámetros de celdilla calculados en este trabajo son más próximos también a los propuestos por ROSCH (1963) para la gratonita de Cerro de Pasco. Los resultados de análisis químicos de BESTEIRO et al. (1973) están también de acuerdo con los aquí determinados.

BIBLIOGRAFIA

- BESTEIRO, J.; BOSCH-FIGUEROA, J. M.; LÓPEZ SOLER, A., y FONTALBA, M.: *Estudio óptico de la gratonita*. Acta Geol. Hispánica, X, 1, p. 1-5 (1973).
- BURKART-BAUMANN, I.; OTTEMANN, J., y NUBER, B.: *Gratonit aus der Lagerstätte Río Tinto, Südsanien*. Neues Jahrb. Mineral. Monatsch 215-1224 (1968).
- CHIZHIKOW, M.; FRENS, T., y TRATSVISKAYA, A.: *Izvest. Akad. Nauk S.S.S.R. Otdel. Tekh. Nauk.* 1352 (1949).
- MAUREL, C.: *Types de réactions d'oxydation observés au*

cours de l'analyse thermique différentielle dans l'air de minéraux sulfurés et arseniés de Fe, Co, Ni, Cu, Zn et Pb. Bull. Soc. Franç. Minér. Crist., 87, 377-385 (1964).

- NOWACKI, W.; ENGEL, P.; MATSUMOTO, T.; OHMASA, M.; RIBOR, B., y TAKEUCHI, Y.: *Die Kristallstruktur von Gratonit $Pb_9As_4S_{15}$, Xanthokon Ag_3AsS_3 , Trechmannit $AgAsS_2$ und Wallisit $PbTIgAs_2S_5$* . Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt, 47, 1138-1139 (1967).
- PALACHE, C. y FISHER, J.: *Gratonite a new mineral from Cerro de Pasco, Perú*. Am. Mineral, 25, 4, 255-265 (1940).
- PASCAL, P.: *Nouve Traité de Chimie Mineral. 1^{er} Fascicule*. Tomo VIII. Manson y Cie. París (1963).
- RAMDOHR, P.: *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press Ed., London, 1174 p. (1969).
- RIBOR, B. y NOWACKI, W.: *Neubestimmung der Kristallstruktur von Gratonit $Pb_9As_4S_{15}$* . Zeits. Krist. Bol. 128, 321-338 (1969).
- ROSCH, H.: *Zur Kristallstruktur des Gratonits*, 9Pbs. $2As_2S_8$. Neues Jahrb. Miner. Abh: 99, 3, 309-337 (1963).
- RUST, G. W.: *Geological occurrence of gratonite at Cerro de Pasco, Perú*, Am. Mineral, 25, 266-270 (1940).
- SUCRE, L.: *Least square Unit Cell Refinement*. Univ. of Freiburg (1973).
- TEREM, H. N. y AKALAN, S.: *Sur la dissociation des sulfates de fer, de zinc et de plomb*. C. R. 232, 973 (1951).

INFORMACION

La enseñanza de la minería en el Mundo Hispánico
(Noticias históricas)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA (*)

V. LA ENSEÑANZA EN MADRID HASTA 1835

V-1. ANTECEDENTES

Hemos limitado el fin de los relatos de este capítulo en el año 1835, debido al traslado de la Escuela de Almadén a Madrid en el año 1836.

El movimiento cultural mundial del siglo XVIII, pronto se aprecia en Madrid al igual que en muchas ciudades españolas. Entre los hechos destacados, citamos la iniciativa del Marqués de Villena (1713) de crear una Academia (R. C. 1714-octubre-3) "que velase por la pureza; propiedad y esplendor de la Lengua Castellana" seguida por otro organismo cultural (R. D. 1738-abril-18 y R. C. 21 junio) para ilustrar la Historia de España, y una tercera, por iniciativa del Marqués de Villarías (R. C. 1744-julio-13) para promover el estudio y cultivo de la Pintura, Escultura, Arquitectura y Música. Estos tres organismos, creados por Felipe V, son las actuales Reales Academias de la Lengua, de la Historia y de Bellas Artes de San Fernando.

Era necesario fomentar la cultura y disponer en las bibliotecas de ejemplares de todas las obras publicadas, ordena Carlos III (R. O. 1786-enero-1) sean destinados de cuantas se editen a las bibliotecas de los centros siguientes: Reales Estudios de Madrid, la Real de esta Corte y la del Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial.

Se había abierto la tolerancia en la concesión de permisos mineros a particulares, los mineros en la mayoría de los casos, aventureros poco escrupulosos, cometieron múltiples abusos, es necesario frenar estas inmoralesidades y se dispone de acuerdo con la resolución tomada por la Junta General de Comercio, Moneda y Minas (1783-octubre-25 y 1787-mayo-5), la no conveniencia de concesión de permisos a particulares.

La tantas veces comentada contaminación del ambiente,

(*) Ingeniero Decano del Cuerpo de Ingenieros de Minas.

Esta obra se finalizó el 15 de enero de 1977. Sus capítulos se irán publicando durante el presente año (1978) en números sucesivos de este Boletín. El capítulo último lo publicó la "Comisión del bicentenario de la fundación de la Escuela de Minas" con el título "Los uniformes de la minería (1777-1797)".

no tuvo su origen en nuestros tiempos. A fines del siglo XVIII, se consideraba en muchos sitios era imposible vivir en aquel ambiente, la subsistencia de la población impone tomar medidas en el campo de la policía de la salud pública, que ha de observar la Suprema Junta de Gobierno de la Medicina (R. C. San Lorenzo 1796-noviembre-15). En esta disposición de Carlos IV, se dice: "Siendo igualmente útil a la pública salud, que dentro del recinto de la corte y demás poblaciones, no se establezcan fábricas ni manufacturas que alteren e inficionen considerablemente la atmosfera... me propondrá la Junta de Gobierno cuanto le parezca conveniente para evitar las funestas consecuencias que puedan sobrevenir de esta tolerancia."

Complemento de la lucha contra la contaminación, fue la medida tomada por el Real Consejo de Carlos IV (1803-abril-16) sobre asignación de sitio fuera de la Corte, para las fábricas de yeso, teja y ladrillo y demás industrias que necesiten combustible grueso, así como los alfares. Se fija un plazo de seis meses para el desplazamiento de los actualmente instalados. Sitios invadidos posteriormente por el crecimiento de Madrid, como sucedía con las fábricas de yeso todavía en las inmediaciones de Vallecas al iniciarse el Movimiento Nacional (1936) y hasta hace dos decenios (1960), un alfar en la calle de López de Hoyos.

La física no estuvo considerada como verdadera ciencia hasta mediados del XVII y en realidad, a ramas bases de la ingeniería, como la electricidad y la dinámica, se les puede asignar su nacimiento durante el siglo XVIII. Vemos incluida la física en los programas de las diversas universidades, como una asignatura dentro del grupo específico de la medicina.

La construcción de instrumentos, tanto para la enseñanza de la física, como en el caso de Almadén de la topografía subterránea, se inicia en España a fines del XVIII, por destacados y hábiles artífices, colaboradores con profesores de las universidades de Alcalá, Barcelona, Salamanca, Santiago, como tales tenemos el vidriero José Valls 17...-1789) especializado en termómetros, el tornero Juan González Figueras (1731-1807) famoso instrumentista de la universidad de Salamanca.

Al paso del siglo XVIII, estaba considerado Abraham Gottlob Werner (1749-1817), como la primera figura en el estudio de la materia inerte de la parte sólida del globo, dividiendo esta ciencia en cinco ramos: 1.º, Orictognosia; 2.º, Geografía mineralógica; 3.º, Mineralogía económica; 4.º, Mineralogía química, 5.º, Geognosia. Este científico sostenía en sus conversaciones, que según un criterio restrictivo, se podían reducir estos ramos a dos fundamentales que son: Orictognosia y Geognosia, nacidas, crecidas y vigorizadas en el Colegio de Freiberg, las cuales definía como sigue:

"La Orictognosia es la parte de la Mineralogía (1801) que nos facilita el conocimiento de los minerales con denominaciones fijas y adecuadas, que explica con solidez todos sus caracteres exteriores, y que los clasifica de tal modo, que la serie de ellos se acerca, en cuanto sea posible, a la que parece existir en la misma naturaleza", añadiendo (1803) "clasificándolos según sus relaciones químicas".

"La Geognosia (1801) explica el globo terrestre en general, su estructura y las mutaciones que debe haber sufrido, conforme al trastorno que observamos en su costra exterior, y describe el orden con que se presentan las sustancias mineralógicas en su superficie y seno."

Le cupo a Horace Benédicte de Saussure (1740-1799), natural de Ginebra, donde sus padres estaban emigrados de Lorena por razones religiosas, la satisfacción de haber popularizado la voz "geología" en sustitución de la "geognosia", consecuencia de su campaña activa (1770-1780), admitida en el diccionario de la Real Academia Española (1843). Por primera vez, se utiliza como título de un trabajo, por Agustín Yáñez y Girona (1789-1857), en una comunicación a la Real Academia de Ciencias de Barcelona (1819) titulada "Descripción orictognostica y geologica de la montaña de Montjuich".

En el sistema nuevo de mineralogía de Josef Brunner (1800) traducción al español de Herrgen, se comentaba ser más difícil la mineralogía que la botánica, los caracteres de los minerales son más difíciles de fijar que en los animales y plantas, sus propiedades sujetas a alteraciones, y además la necesidad de recurrir en muchos casos al análisis químico. Este razonamiento puede justificar que dentro de las conocidas en aquella época por Ciencias Naturales, tuviesen menos alumnos las del reino mineral, siendo por lo general, el interés de quienes las seguían más por su importancia económica que por la satisfacción de alcanzar unos conocimientos científicos.

La política alimentaria tampoco estaba abandonada, según se aprecia por la Resolución del Consejo (San Lorenzo 1801-octubre-16), donde se regula, para evitar los perjuicios que causan a la salud pública, el uso del cobre, plomo y estaño en las vasijas, así como los malos vidriados de las de barro, pues se habían apreciado fatales consecuencias por su uso indiscreto.

El discurso pronunciado por Mariano La Gasca (1821-abril-9) comentando el proyecto sobre enseñanza presentado a las Cortes de Fernando VII (1820) por su comisión de legislatura, es de interesante actualidad. Destaca

en el comentario como dificultades para el ideal propugnado de instrucción pública gratuita, la falta de fondos y la falta de profesorado. En el malhadado Museo de Historia Natural, comenta la aparición de enseres arrinconados para la organización de un magnífico laboratorio de química y minerales en abundancia. ¿Cómo se enseña esa Minería que figura en la enseñanza de tercer grado? Entre las interrogaciones que se hace el crítico figuran: ¿Quién ha visitado la morada de los sabios modestos que tiene la Nación? ¿Quién ha examinado detenidamente la juventud española y ha calculado lo mucho de que es capaz? Muy ciertas son algunas de las conclusiones de La Gasca. Los alumnos que no pueden perfeccionar tercer grado en América, vendrán a España. Necesidad de duplicar periódicos científicos, para difusión de la ciencia, así como las afirmaciones siguientes: "España dio una porción de sabios que han brillado y brillan actualmente con admiración del universo, posee una porción escogida de juventud, cuya vocación se decidió hace años por las ciencias exactas y naturales. Los españoles ilustraron las ciencias con sus observaciones y escritos y con viajes por toda la redondez de la tierra". Cuando leíamos estas conclusiones, entre otras muchas figuras de las Escuelas de Minas españolas, nos acordábamos de sus contemporáneos Elhuyar y Del Río.

Durante el período considerado, hubo científicos con actuación destacada en la implantación de la enseñanza de las ciencias mineras sancionados por su actuación política. Entre los emigrados (1810) con el triunfo de las ideas absolutistas figuran el secretario del rey instruso Felipe de Bauza (1759-1833), y Joaquín Ezquerria y del Bayo (1793-1859), entre los cesantes (O. 1813-mayo-27) por ideas políticas José Antonio Larañaga y Arambarri (1773-1859), fue encarcelado (1817-diciembre-3 a 1819-enero), Casiano de Prado (1797-1866) e incluso posteriormente fue cesado (R. O. 1843-enero-28) Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847).

En el período siguiente al fallecimiento de Fernando VII, el ambiente de Madrid estaba perturbado por la llegada del romanticismo liberal y por las luchas político militares y la primera guerra carlista, no obstante Madrid en ese período de tránsito de un gran pueblo, con 200.000 habitantes, a una capital moderna europea, se dispone a dar dos grandes pasos: la instalación (1835) en la Villa de los primeros 2.400 mecheros de gas de alumbrado público obtenido de hulla, y la iniciación de los trámites para disponer de una moderna traída de aguas, como lo fue el Canal del Lozoya (inaugurado 1858).

V-2. EL REAL GABINETE DE HISTORIA NATURAL

Después del viaje (1736-1745) a América de Antonio de Ulloa y de la Torre (1716-1795) y de sus interesantes descubrimientos mineralógicos y, en general, sobre todas las Ciencias Naturales en aquel continente, se propuso llevar al ánimo de Fernando VI la necesidad de crear un Gabinete de Historia Natural (1752) mediante la prepa-

ración del correspondiente anteproyecto, en el cual se refundirían las enseñanzas de Mineralogía, Botánica y Zoología, por el gran provecho que habrían de reportar para la Nación. Encontró nuestro marino una calurosa acogida por parte del Monarca e inmediatamente se ordenó la contrata en el exterior de científicos adecuados y el alquiler a José Pando del edificio de la calle de La Magdalena con vuelta a Lavapies.

El Gabinete queda organizado (1753) con Ulloa como Director, auxiliado por Eugenio Reigosa y como colaboradores Guillermo Bowles (irlandés), Andrés y Juan Katerlin (alemanes) y Agustín de la Planché (francés). Pronto aprecia Ulloa (1755) el poco interés en los medios oficiales por el centro recién promocionado y presenta su dimisión como Director, iniciándose una serie de luchas por parte de Reigosa por lograr el engrandecimiento del Gabinete. La vida fue lánguida, los materiales iniciales se dispersaron y cuando fallece (1763) se ocupa su hijo Francisco de la conservación y cuidado del escaso material que todavía queda en la "Real Casa de la Geografía y Gabinete de Historia Natural", trasladándose a la casa llamada de "Aposento" (1767), detrás de la iglesia de San Martín.

El Padre Agustino Enrique Florez de la comunidad del convento de San Felipe el Real de esta Corte (donde está el antiguo Ministerio de la Gobernación) en la Puerta del Sol, lo estableció y aportó interesantes colecciones de Historia Natural, intervino cerca de Carlos III para la compra a Pedro Franco y Dávila (1713-1875) de su Gabinete de Geología y Botánica (R. O. 1771-octubre-17) quedando Dávila como Director del Real Gabinete. Para montar el flamante centro se dispuso el acondicionamiento del edificio (hoy en período de restauración) de la actual Academia de Bellas Artes, asociando bajo el mismo techo la Naturaleza y el Arte, con la siguiente inscripción conservada en el frontispicio "Carolus III-Rex Naturam et Artem-Sub-uno-Tecto-in publicam utilitatem-consociavit". Instaladas las colecciones en sus salas fueron abiertas al público (1776-noviembre-4).

Desde la creación del Museo de Ciencias Naturales, figuró como bibliotecario el canario José Clavijo y Fajardo (1730-1806), quien llegó a Director del centro y tuvo relaciones amorosas con María Caron, hermana de Pedro Agustín Caron de Beaumarchais (1732-1799), autor de "El barbero de Sevilla", "Las bodas de Fígaro", "La madre culpable", etc. Por tal motivo tuvieron Caron y Clavijo unas entrevistas violentas, y ampliadas con la fantasía de Juan Volfgang Goethe (1749-1832) sirvieron de base para estrenar (1774), el drama "Clavijo", cuando todavía vivían los tres protagonistas.

Actuó Dávila personalmente como colector de muestras, con resultados satisfactorios, como se deduce de la carta siguiente (1878-agosto-13), referente a sus envíos de material: "Sobre piedras, digo que irán dos remesas de las más particulares que he visto. He andado cuarenta y cuatro leguas de sierras y montes, quebradas y minas,

sin perdonar las de Almadén, Cuevas Valdeazoque y otras. Me ha valido mucho el haberme avisado con el Ingeniero Storr..... iré a la célebre cueva de Sarcas, a fin de recoger piedras estalactitas numerosas".

Los profesores del Real Gabinete, tenían tres funciones: la de colectores, conservadores y maestros de Ciencias Naturales, ésta principalmente con carácter práctico. Los momentos son favorables y se dispone (1785) la construcción en el Salón del Prado de un local para Museo de Historia Natural, comisionando para el trazado y construcción a Juan de Villanueva, pero la intervención cerca del Rey de Isabel de Braganza, protectora entusiasta de las Artes, promovió la variación de su destino para Museo de Pinturas y Escultura. Tanto el Rey como a la Real Familia les agradan las visitas a la casa de las Ciencias Naturales y cada vez las realizan con más frecuencia. Al fallecer Dávila, se designa como Director a Eugenio Izquierdo (1786-mayo-24) a quien Florida Blanca le comunica (R. O. 1787-diciembre-14) la resolución de S. M. de fundar en Madrid los estudios de las Ciencias Naturales y la voluntad del Monarca de que el Director del Museo diese lecciones de Historia Natural en alguna de las salas del establecimiento, así como el anuncio público del día en que éstas comenzasen.

La prosperidad del Centro va en continuo aumento, se incrementan considerablemente las colecciones, el pueblo toma interés por las Ciencias Naturales y acude al Museo para interesarse por ellas:

En esta época, sólo se concebía el análisis químico, como una aplicación de la ciencia denominada Geoquímica con un siglo de posterioridad. Era necesario disponer de muestras conocidas, para la práctica docente misión realizada por el Real Gabinete al facilitar (1788) a la cátedra de Química de la Corte, en el Laboratorio de la Platina, ejemplares de minerales y lo mismo a la cátedra de Química del Real Laboratorio de Segovia (1791) estos últimos escogidos personalmente por Pedro Chenard.

Al igual que anteriormente a los de Almadén, ahora (1793), S. M. concede a todos los empleados del Real Gabinete de Historia el fuero y derecho a uso de uniforme y demás privilegios y derechos de la Casa Real, como son médico, cirujano y botica.

Llegan a España las noticias sobre la moderna nomenclatura de la química (1795) y comentaba: "El medio más seguro de adelantar en las ciencias experimentales y de hacerlas exactas es el perfeccionar su idioma". Frase de actualidad total, para evitar la designación de un mismo concepto con voces o frases diferentes.

Ingresa el maguntino Cristian Herrgen (17...-1816) antiguo discípulo de Werner en el Real Gabinete de Historia Natural (1796), domiciliándose en la calle del Tuco, siendo Director José Clavijo y Fajardo. Se ocupa, principalmente, de la química mineral, necesita preparar muestras y como anecdótico podemos citar, que por su iniciativa se recurrió (1797) a los molinos de la Real Fábrica de China

en el canal de Madrid, por ser menos gravosa, la preparación de muestras en los ratos libre con este molino de agua, que acudir a los particulares. Este científico a propuesta del Director (1798) inicia sus enseñanzas en la cátedra de Mineralogía con una orientación minera y las profesa durante 18 años (1798-1816), dando su primer curso de oritognosia (1801-1802). Manifestaba en el acto de apertura del curso de mineralogía (1802-febrero-1) del Real Estudio de Mineralogía, la utilización como libro de consulta de la obra sobre los progresos y utilidad del estudio de la Mineralogía del Barón de Schultz (1797) traducida por el propio Herrgen. En unos comentarios (1801) decía: "Además de adecuar los gabinetes, otros sabios se ocupan de formar colecciones reducidas, y describir con exactitud y publicar en sus respectivos países los tesoros debidos a su celo y fatiga". También dice: "Estaba reservado a su maestro Werner y para su genio indagador el dar al estudio mineralógico un impulso tan poderoso, que en los últimos quince años ha hecho en esta ciencia progresos tan rápidos y ha dado pasos tan seguros, que los sabios más célebres se han ido declarando en su favor y han hecho más descubrimientos en estos pocos años que los ofrecidos durante la larga serie de los siglos pasados". Contribuyó mucho a estos avances científicos el químico berlinés Martin Heinrich Klaproth (1743-1817) infatigable y preciso, co-descubridor de circonio (1789), uranio (1789), titanio (1792), estroncio (1793) cromo (1797), cerio (1803) y confirmador del teluro (1798) y berilio (1798), analista de minerales procedentes de todas las partes del mundo, quien confirmó las sospechas de Werner, al examinar los caracteres externos de tal o cual fósil, el dominio de cierta parte constitutiva muy diversa de la que se creía. Desde este momento aceptó la Química como una guía interna de la Mineralogía. Añadía: "la Mineralogía se ocupa del conocimiento de los fósiles y sus parajes de nacimiento, para poderlos buscar en ellos y sacar así su utilidad". "Muchos minerales preciosos buscamos hoy en los escombros de las minas que beneficiaron nuestros abuelos, parte los entregamos a la fundición y otra parte considerable vendemos a precios abusivos para las colecciones mineralógicas". Casi han transcurrido dos siglos, sus frases son de actualidad, basta contemplar los escaparates de las joyerías o los domingos los puestos del suelo en el Rastro de Madrid o mercados análogos de cualquier país.

Son distraídas e interesantes las descripciones de Herrgen, cuando habla de la esparraguina dice como Werner la dio el nombre actual (1796) por su color verde espárrago; cuando (1804) describe su visita a media legua de Molina de Aragón, donde hay una colina a la orilla meridional del río, toda ella sembrada de cuarzos redondos rojos y blancos, ramificados.

Estamos presenciando el nacimiento de la Mineralogía, decía Herrgen (1801) en su cátedra. "La sencillez con

que Werner trata a estos caracteres al lado del método complicado y tal vez hipotético de C. Haiüy". La Mineralogía hoy día es deudora de todo el esplendor que le adornó, no hace mucho era un tejido de contrariedades y preocupaciones y un caos donde la razón sin guía ni camino, se afanaba en contemplar la naturaleza sin más fruto que el de un amargo desengaño. Siguió Werner enteramente sus pasos y de sus propias observaciones estableció el método de comprenderla, con un lenguaje científico capaz de reunir y hacerla inteligible a todos, "estaba abandonado el puro mineralogista a ser eternamente esclavo de su miserables empirismo".

Por estas frases de Herrgen y por la labor de Del Río en Méjico, vemos que tanto en la metrópoli como en ultramar, los dos profesores de mineralogía más destacados que tenía España eran werneristas.

Muchas veces hemos recordado el manuscrito del alemán Federico Sonneschmid, donde decía "al mineralogista le interesa más un pedacito como una nuez de un género o una especie nueva, curiosa, que una pepita de oro de algunos marcos o una masa de plata de quintales".

Otra Escuela de Ingeniería se crea: es la de Caminos (1802) disuelta a los doce años (1814).

A comienzos de (1815) queda establecida en el Gabinete una clase de Historia Natural regentada por Vicente Calvo Conde y trasladada fuera del Gabinete la Cátedra de Mineralogía, formándose un Estudio Mineralógico, con clara orientación minera, complementaria en parte de la profesada en Almadén. Poco duró este criterio, al organizarse (R. O. 1815-octubre-1) el "Real Museo de Ciencias Naturales", con la integración del Gabinete de Historio Natural, el Jardín Botánico, el Museo del Laboratorio de Química y el Estudio Mineralógico, figurando entre otros de su plantilla, un profesor de Mineralogía y otro de Química.

Durante el reinado de Carlos IV y con la colaboración del Conde de Florida Blanca (1789) se intentó poner en marcha el antiguo proyecto de crear un observatorio astronómico en la Corte, se eligió el sitio donde existía un polvorín en las inmediaciones de la ermita (1790), profesándose cursos de astronomía y de meteorología. Es necesario iniciar la construcción de la carta geodésica de la Península y se crea el "Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos del Estado" (R. O. 1796-agosto-13) suprimido pocos años después (R. O. (1804-agosto-31), civil, pero con consideración militar. El observatorio en período de construcción cumplía los fines de enseñanza pero no realizaba investigaciones científicas en el campo de la astronomía. Se promueve la construcción por Juan de Villanueva (1757-1837) con la ayuda del J. Jiménez Coronado (1799) de un observatorio en el Cerro de San Pablo en el Retiro. Limitada la actuación de los Ingenieros Cosmógrafos al levantamiento de la Carta Geométrica de la Intendencia de Madrid, el Observatorio pasó a depender (1815-diciembre-8) de la Junta Protectora del Museo.

También pasó a depender nominativamente del Museo, el antiguo Laboratorio de Química (1827), sin personal y con reducidísimo material almacenado desde la guerra (1808) en la calle del Barco.

Iniciada una época de franco acercamiento entre el Museo y la Dirección de Minas, es designado colector gratuito R. O. (1828-abril-7) Cristóbal Bordú quien presenta una interesante memoria (1828-octubre-15) sobre el carbón de piedra de Tamajón, comienzo de su afición a la Minería, de la que fue franco protector.

Cursaban (1833-34) la asignatura de Mineralogía en el Museo 45 alumnos de los cuales sólo aprobaron 12, entre ellos Manuel de Ríoz y Pedraja (1815-1817), alumno ingresado en la Escuela de Almadén (1833) y uno de los fundadores de la R. A. de Ciencias de Madrid (1851).

Corresponde en justicia una mención especial al Presbítero Donato García (1782-1855), discípulo y sucesor de Herrgen en la cátedra de Mineralogía (1817-octubre), profesor excelente, investigador científico distinguido, explorador mineralógico y geológico del territorio próximo a Madrid.

V-3. EL LABORATORIO DE LA PLATINA

Descubierta la platina por Ulloa en las arenas del río Pinto en Nueva Granada (Colombia), Partido de Chocó, hacia 1736, fue el primero que lo trajo a Europa, (1748). Este metal, difícil de fundir, figuró como tema de muchas investigaciones en la ceca de Sante Fe.

Conoció Ulloa al irlandés Guillermo Bowles en París, (hacia 1750) quien al incorporarse en Madrid al servicio del Rey, intentó la disolución y fusión del platino. Posteriormente y por sus relaciones con Bowles, trajo Carlos III a España a dos eminentes químicos, Chabaneau y Proust, con el fin de establecer cátedra de Química y fundir el platino. Trabajó primero Francisco Chabaneau en Vergara (1783), donde lo redujo al estado metálico, consiguiendo una barrita dúctil y maleable, labor donde colaboraron los hermanos Juan José y Fausto de Elhuyar, pasó a Londres y a París, para perfeccionar las técnicas de trabajo del platino, concediéndole el Rey como premio a sus investigaciones una pensión vitalicia de 1.000 pesos anuales, acuñando el platero Francisco Alonso una medalla conmemorativa del descubrimiento (1780).

Al regreso a Madrid de Chabaneau (1785) presentó un plan de estudios de Mineralogía y se arrendó una casa para el laboratorio de la planina, designándole Director, con un presupuesto anual de 8.000 reales más 60.000 reales para la compra de los utensilios precisos a la instalación. Instalado inicialmente el laboratorio de la platina en la calle de Hortaleza, se mudó a la del Turco, concediendo a Chabaneau 15.000 reales de pensión vitalicia y 15.000 de cátedra, gastando de su peculio particular más

de 20.000 reales en adquisiciones de material necesario, después de la mudanza.

Dominada la técnica del platino, se dedicó Chabaneau (1793) a la fabricación de los patrones castellanos de pesas y medidas, cuando ya estaba achacoso, consideró como fundamental ultimar esta labor antes de su jubilación voluntaria.

Con la idea de Carlos III de desarrollar los estudios químicos y metalúrgicos en España, trae al químico José Luis Proust, (Angers, 1754-1826), espléndidamente contratado (1784-diciembre-1) a base de tres clases semanales en cursillos de cuatro meses, ejerciendo la docencia durante 22 años, hasta la destrucción y saqueo (1808) de su laboratorio de Madrid por las tropas francesas, el cual fue notablemente mejorado (1802) por Carlos IV para la fabricación de instrumentos científicos. Estuvo de profesor de Química en la Escuela de Artillería de Segovia y en la Universidad de Salamanca antes de pasar a Madrid (1789). Fue considerado Proust como fundador del análisis mineral por vía húmeda, estableció la ley de las proporciones definidas que lleva su nombre y descubrió en Madrid, (1799) la glucosa de la uva, publicando un trabajo en este capital (1806). Era un verdadero avaro para las muestras de la platina, al igual que Chabaneau, cuando les pidió Clavijo (1797) unas muestras para el Real Gabinete por carecer de ellas, se negaron a pesar de disponer de más de doscientas arrobas.

Son de grato recuerdo las frases de Proust (1804) refiriéndose a los metalúrgicos españoles: "Nos podemos gloriarnos de un método de beneficio de azogue que nos es propio". "Nos podemos gloriarnos de un método de fundición que nos envidian los extranjeros".

Deseamos recordar algunas de las frases de la disposición de creación de los Anales de Historia Natural (R. D. 1799). "Deseando el Rey ... se publique en sus estados un periódico que... presente a los nacionales los descubrimientos hechos... sino también los que sucesivamente se hacen en España en Mineralogía, Química, Botánica y otros ramos de la Historia Natural, ha resuelto S. M. confiar a don Christiano Herrgen, don Luis Proust, don Domingo Fernández, don Antonio Josef Cavanilles, la redacción de esta importante obra, que se imprimirá en su Real imprenta baxo el nombre de Anales de Historia Natural". En ellos contribuyeron con sus colaboraciones cuantos se relacionaban con el ramo de minas y muy activamente el personal de Laboratorio de la Platina.

A la importante actividad del Laboratorio, sucedió una paralización casi total con motivo de los saqueos de los franceses (1808). Cuando regresa Elhuyar a la metrópoli (1821) le impresiona la situación lamentable del Laboratorio, para vitalizarlo gestiona su incorporación administrativa al Museo (1827) pero ésta sólo fue monmentánea, ya que pronto se lo llevó a la Dirección General de Minas y varios de los ingenieros más destacados estuvieron

afectos al laboratorio de la platina, como Joaquín Miguel Cabezas en el puesto de profesor y Diego Sánchez Molero como agregado, finalizando con la incorporación o transformación en el Laboratorio Químico de la Dirección General de Minas.

V-4. LAS CATEDRAS DE LA DIRECCION GENERAL DE MINAS

Con una afición extraordinaria desde joven a la investigación y la docencia, incrementadas durante su permanencia, en Nueva España, del promotor de la moderna legislación de minas, redactó Fausto de Elhuyar el artículo 78 de la Instrucción Provisional (R. O. 1825-diciembre-18), transcrito a continuación:

“Para la conveniente instrucción y ventajosa aplicaciones que pueden hacerse del conocimiento de las producciones minerales descubiertas en diferentes países, de las que se encuentran y sigan hallándose en el Reino, y de los medios de reconocer y determinar su naturaleza y composición, como también del de los diversos instrumentos, máquinas, hornos y otros aparatos inventados para facilitar las maniobras del laborío de minas y el beneficio de sus frutos, habrán en la Dirección una colección sistemática de dichas producciones orictognóstica y geognóstica; otra geográfica de las del Reino dividida por provincias y territorios; un gabinete de modelos y dibujos de los expresados inventos; un laboratorio químico-docimástico con una pequeña oficina de beneficios por mayor, y una biblioteca de obras de la facultad, y de las ciencias que tienen relación con ella; y la Dirección cuidará de ir acopiando lo que en cada uno de estos departamentos puedan convenir.”

Es esta época la Dirección General de Minas era colegiada por el Director General, dos Inspectores Generales y el Secretario.

Investigador destacado en el campo de la Química, consideraba esta disciplina como una de las fundamentales para el minero. Debemos situarnos en el momento de la preparación de estas Ordenanzas. Si el siglo XVII fue considerado como el de los progresos científicos, la primera mitad del XIX lo fue de la gran revolución técnica, se pasó de los antiguos medios empíricos a la localización científica de los yacimientos y su beneficios, por ello estima indispensable tanto su enseñanza como la aplicación inmediata al beneficio. En el campo de la física está recién editada (1824) la memoria de Carnot “Sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas capaces de desarrollar esta potencia”, fundamento del segundo principio de la termodinámica quien llegó a la conclusión de que el calor no genera trabajo si no pasa de un foco caliente a otro frío.

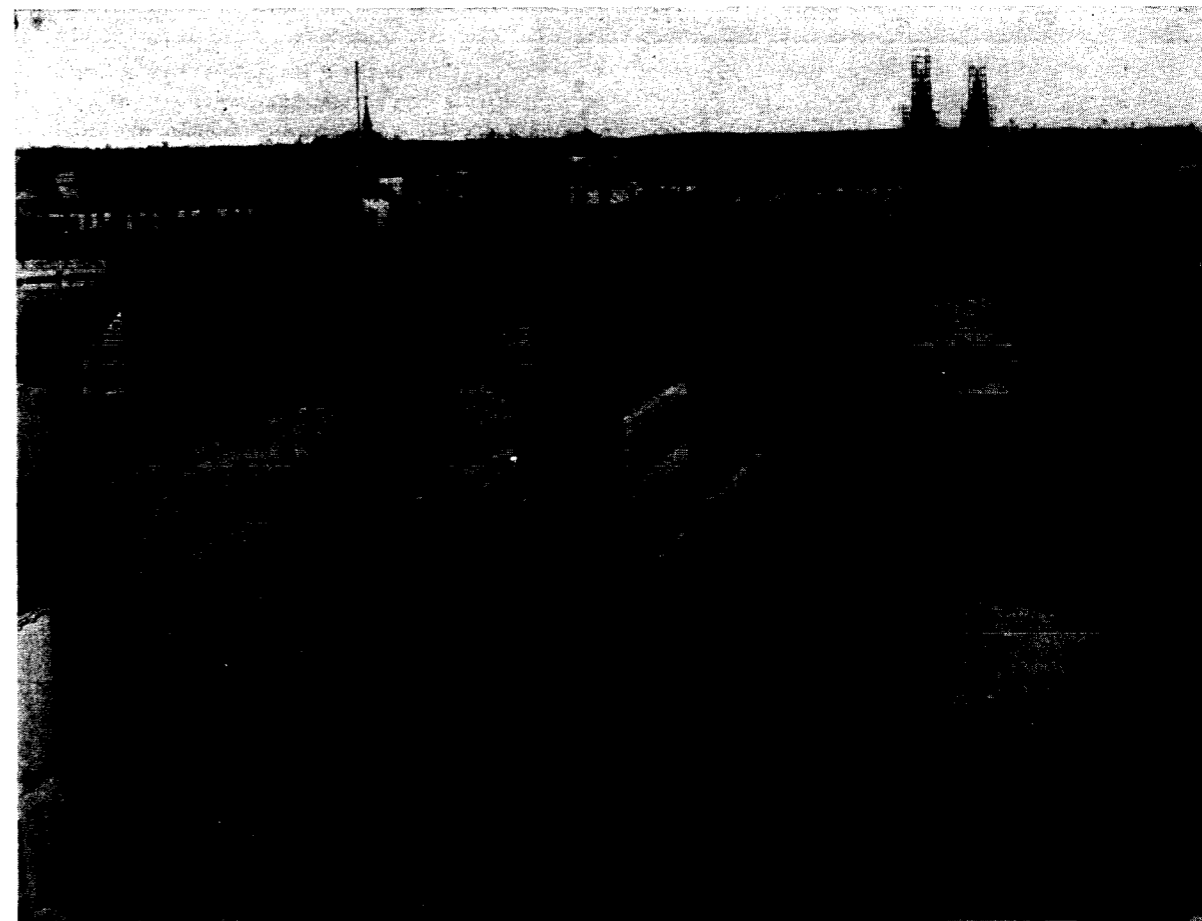
Con insistencia va logrando Elhuyar sus propósitos. Designado Director General de Minas (R. D. 1825-diciembre-18) se ocupa inmediatamente de la reorganización de su plantilla, aprobada (R. O. 1826-agosto-31) con la consignación de 15.000 reales anuales para un profesor de Química docimástica, cargo cubierto (R. O. 1826-septiembre-18) con Joaquín Cabezas, quien desempeñaba esta disciplina en el Laboratorio de la platina.

Esta organización es consecuencia del estudio de reducción de presupuesto y plantillas (1826-mayo-6) emitido por Elhuyar, en el plan de economías impuestas, (conservando en el a.h.n. Sec. Estado). Con el reducía la plantilla inicial de 18 personas a 10 y el presupuesto anual de 320.000 Rs a 126.000 Rs, comenzando por su propia asignación al pasarla de 60.000 Rs a 35.000 Rs y la supresión de uno de los dos inspectores generales. Mantiene el profesor de “Kimia” con 18.000 Rs “por mui necesaria la plaza de un Profesor de Docimastica o sea de arte de ensayar y hacer análisis de las sustancias metálicas que es indispensable y debe predecir para calcular con acierto y datos de utilidad la explotación de una mina y poder graduar su riqueza”. “Con la prudente economía que haga compatible el honor de los profesores, e individuos, que han de formala (la Dr. Ge. de Minas), con los medios del Estado.”

Se demoró la apertura de la Cátedra (1828-noviembre) por fallecimiento del titular (1827), y fue profesada por José Duro y Garcés y como ayudantes por Manuel González Arnao, con un sueldo de 8.000 reales anuales. A esta cátedra, situada en la casa de la calle del Lobo, 21, asistían los alumnos de la Escuela de Almadén, antes de pasar incorporados a ella, y desempeñada por el mismo profesor hasta 1834, en que se suprimió la dotación, restablecida en 1835.

Cuesta trabajo localizar los diversos puntos de Madrid donde estuvo ubicada esta cátedra. Según la información lograda, los diversos locales que ocupó fueron los siguientes: el primero fue el piso 2.º de la casa de la calle de Amor de Dios, 6, desde 1823 como incorporada al laboratorio de la Platina. Pasó en 1827 a la calle del Lobo, 21 y, de allí (1830), al 1 de la calle del Florín, donde funcionó el laboratorio de ensayos y la Cátedra de Química.

Comienza las conservaciones sobre el traslado de la Escuela de Almadén a Madrid, el actual local es reducido y se tiene noticias de estar vacante la casa de enfrente, Florín, 2, además de la intención de edificar el futuro Palacio de las Cortes (inaugurado 1850-octubre-31), por ello se alquila el palacio propiedad del Duque de San Pedro y traslada (¿1834?). En el incendio en la casa de la calle del Florín (invierno 1843-1844) en el piso superior al de la Cátedra, perdió Gómez Pardo su interesante biblioteca y la magnífica colección de minerales.



Lugar de la calle del Florín donde estuvieron ubicadas las enseñanzas de la Dirección General de Minas.

Motivo de frecuentes conversaciones entre Gómez Pardo y Sáinz de Baranda, eran las circunstancias que impidieron alcanzarse la Academia de Almadén, un florecimiento como sus hermanas de Europa o la de Nueva España. Insistía con frecuencia Sáinz de Baranda sobre las condiciones de Almadén, refiriéndose a los padres buenos de los alumnos, decía, se resisten a enviarlos “por no tenerlos como en un desierto, separados del mundo y cuya residencia es tan poco grata”. Con el material que tiene la Dirección en Madrid en la calle del Florín y las cátedras establecidas, tenemos el punto inicial para promover el traslado de la Academia, además de que a ninguno de los dos nos apetece ir a explicar asignaturas en Almadén. Tenemos que convencer a Peñafiel, para que de R. O. se nos pida información, y hagamos cada uno su dictamen, estamos de acuerdo en todo, y lo más importante por convenirle a España y a su minería, es organizar en Madrid la Escuela, donde se formen los verdaderos ingenieros y dejar la de Almadén como Escuela para titulados prácticos.

Fue pedido (R. O. 1834-agosto-22) al destacado pro-

esor de Mineralurgia, Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) un informe acerca de la nueva organización de la enseñanza de la minería. Considera (1834-septiembre-10) como excepción para ubicar una escuela superior de minería por su favorables y casi únicas circunstancias mundiales. la localidad de Freiberg, con la superioridad y alta reputación elevada por el genio del inmortal Werner, situándola como la primera escuela de minería del orbe. Los demás países por no tener localidad que reuniese estas circunstancias, las situaron en sus capitales, como Rusia, Nueva España y Francia.

En la capital del Reino, puede disponerse de los profesores de mayor mérito de todas las ciencias que debe conocer el minero. Este también encontrará colecciones, bibliotecas, laboratorios más completos y mejor montados que en las poblaciones mineras. Contará con mayor número de discípulos e industriales, en beneficio de la ilustración general.

La función de nuestra Escuela fuera de la capital de la monarquía, procede de haber confundido los conoci-



Lugar de la calle del Florín donde estuvieron ubicadas las enseñanzas de la Dirección General de Minas.

Motivo de frecuentes conversaciones entre Gómez Pardo y Sáinz de Baranda, eran las circunstancias que impidieron alcanzarse la Academia de Almadén, un florecimiento como sus hermanas de Europa o la de Nueva España. Insistía con frecuencia Sáinz de Baranda sobre las condiciones de Almadén, refiriéndose a los padres buenos de los alumnos, decía, se resisten a enviarlos "por no tenerlos como en un desierto, separados del mundo y cuya residencia es tan poco grata". Con el material que tiene la Dirección en Madrid en la calle del Florín y las cátedras establecidas, tenemos el punto inicial para promover el traslado de la Academia, además de que a ninguno de los dos nos apetece ir a explicar asignaturas en Almadén. Tenemos que convencer a Peñafiel, para que de R. O. se nos pida información, y hagamos cada uno su dictamen, estamos de acuerdo en todo, y lo más importante por convenirle a España y a su minería, es organizar en Madrid la Escuela, donde se formen los verdaderos ingenieros y dejar la de Almadén como Escuela para titulados prácticos.

Fue pedido (R. O. 1834-agosto-22) al destacado pro-

fesor de Mineralurgia, Lorenzo Gómez Pardo (1801-1847) un informe acerca de la nueva organización de la enseñanza de la minería. Considera (1834-septiembre-10) como excepción para ubicar una escuela superior de minería por su favorables y casi únicas circunstancias mundiales, la localidad de Freiberg, con la superioridad y alta reputación elevada por el genio del inmortal Werner, situándola como la primera escuela de minería del orbe. Los demás países por no tener localidad que reuniese estas circunstancias, las situaron en sus capitales, como Rusia, Nueva España y Francia.

En la capital del Reino, puede disponerse de los profesores de mayor mérito de todas las ciencias que debe conocer el minero. Este también encontrará colecciones, bibliotecas, laboratorios más completos y mejor montados que en las poblaciones mineras. Contará con mayor número de discípulos e industriales, en beneficio de la ilustración general.

La función de nuestra Escuela fuera de la capital de la monarquía, procede de haber confundido los conoci-

mientos especulativos-prácticos que constituyen al ingeniero de minas, con los escasos y elementales que debe poseer el maestro o capataz que ha de conducir la parte material de los trabajos artísticos.

Consultó el caso de España a sus amigos, el consejero supremo e íntimo de minas de Prusia, Ing. Karsten, y el profesor Berthier de París; quienes le manifestaron su opinión de que las escuelas de esta naturaleza sólo deben erigirse en la capital del país. Complemento de esta Escuela de ingenieros, quizá deberían crearse Escuelas prácticas de mineros para formar maestros de minas y obreros sobresalientes, muy adecuado sería para este fin Almadén, Riotinto para fundidores, Linares para lavadores, etc.

“El minero guiado siempre por la antorcha inextinguible de la geognosia y de la geometría, auxiliado por la mecánica, asedia los minerales en sus ciegas matrices, los alcanza y bate en lo más profundo de sus guaridas y, sea apuntalando o enmaderando los puntos ruinosos, sea amurallándolos o sosteniéndolos con bóvedas o con armazones de hierro, penetra por entre las grietas preñadas de metal que hienden las montañas, taladra las duras rocas, desquicia impávido sus inmensas moles prestas a desplomarse, resiste a los torrentes de agua o arena que amenazan inundarlas o soterrarla, a los gases mortíferos, a las explosiones, al fuego mismo con lo que la tierra defiende, del modo más imponente, la profanación de sus vírgenes entrañas.”

“Si las faenas peligrosas del minero terminan al extraer a la superficie de la tierra los frutos minerales de su seno, las no menos penosas, complicadas y admirables del metalurgista empiezan en ella.”

Razona Gómez Pardo las disciplinas que debe conocer el Ingeniero de Minas y la amplitud de las mismas. “La Escuela Real de Minas, si ha de llenar las miras benéficas y producir en este naciente y fecundo ramo de la industria nacional los efectos vitales por que se desvela la solicitud maternal de S. M., deberá constar de las enseñanzas siguientes: Mineralogía. Geognosia, con las nociones más necesarias de Petrefactología. Química mineral y analítica aplicadas a la minería. Mecánica y Maquinaria, aplicadas a la minería. Geometría subterránea práctica. Docimasia. Metalurgia y Laboreo de Minas.

Sostiene que con los medios disponibles en la Dirección General y el local actual, Madrid podrá ofrecer en poco tiempo una Escuela de Minas de las mejor erigidas, y que acaso tendrá poquísimo que envidiar a las más acreditadas de Europa. Trata a continuación, cómo deben proveerse estas cátedras y la manera de actuar en las mismas.

Como conclusión sostiene: “Sin la Escuela de Minas organizada como corresponde, no pueden formarse en España verdaderos facultativos, y sin éstos no puede progresar la minería.”

Las ideas de Gómez Pardo van adquiriendo preponderancia, fueron uno de los puntos fundamentales para la

organización de la Escuela en Madrid, unos comentarios (1834-agosto-21) que había hecho por escrito, sobre el servicio de minas, la parte facultativa y su reforma, donde postuló las tres bases siguientes: “1.ª No se dará entrada entre los facultativos a ninguno que no lo sea. 2.ª Ha de haber en Madrid una Escuela de Minas con cuatro profesores y dos ayudantes, en que se enseñe la química mineral y la analítica, la mineralogía y geología, aplicadas a la minería sobre todo, el laboreo de minas y la metalurgia, para lo que hay profesores nacionales de un mérito sobresaliente. 3.ª Se ha de establecer el principio, de que así como ninguno puede construir edificios sin intervención de arquitectos, tampoco pueda beneficiarse una mina sin el conocimiento del ingeniero del ramo.”

Casi simultáneamente (R. O. 1834-agosto-29) fue pedido otro informe análogo a Isidro Sáinz de Baranda sobre dónde procede situar las cátedras de laboreo de minas y geometría subterránea, que con la mineralurgia y química docimástica deben formar la Escuela de Minas, mandaba establecer (R. D. 1834-julio-4).

El autor en su dictamen se hace las preguntas (1834-septiembre-3), “¿Qué es lo que desea establecerse. Es una Escuela para capataces o una Academia para formar los ingenieros que el ramo necesita?”

De la consideración de la Instrucción provisional del ramo (1825-diciembre-18), deduce que lo que debe establecerse es una Academia para la formación de ingenieros.

Describe los programas de las asignaturas y su campo teórico y práctico, al mismo tiempo destaca como valiosos profesores de la Dirección General de Minas a José Duro y Lorenzo Gómez Pardo.

Sostiene que la “Academia debe estar en Madrid; por muchas razones y muy poderosas”, mientras que “Almadén sólo ofrece una ventaja sobre Madrid y es la de las minas; pero ciertamente es cortísima y que tantas contras trae”.

Las razones alegadas a favor de Madrid son: Ofrece mayor número de jóvenes que se hallen en el caso de entrar en la Escuela. Muchos medios de subsistencia a los que no pudiendo sostenerse por sí, desean seguir la carrera. Más facilidad de logro de profesores. Bibliotecas y profesores para consultar cualquier duda que pudiera presentarse. Menor coste de establecimiento, con los locales y material de la Dirección General. La Dirección los tendría a su lado para consultarlos si necesario fuere.

Como conclusión final propone “se plantee en esta capital una Academia de Minas completa, pero con la indispensable necesidad de que los alumnos viajen en las vacaciones”.

...“produciendo como lo hace el ramo de minas una suma considerable al año, es un deber hasta cierto punto el de retribuir en conocimientos a los propietarios de ella que pagan las contribuciones, pues estos se apresurarían a venir o a enviar a sus hijos para aprender el modo de dirigirlas con acierto, y de ello resultarían aún

mayores ingresos. Además de que en el mal estado en que se halla la educación en España, sería un delito el de no propagar la instrucción pudiendo hacerlo”.

Todos estos razonamientos finalizaron con el decreto (R. D. 1835-abril-23) por el que la Escuela de Ingenieros de Minas se establece en los locales ocupados por el Laboratorio, Cátedra, Biblioteca, Talleres y demás dependencias de la Dirección General de Minas.

V-5. LA UNIVERSIDAD DE MADRID

La Universidad de Alcalá de Henares, denominada “Complutense” por tener su sede en aquella villa, fundada (1498-febrero-26), por el inmortal padre franciscano, Arzobispo de Toledo, Francisco Jiménez de Cisneros (1437-1517), concebida con organización colegial, gozó de un extraordinario prestigio intelectual durante la Edad de Oro. Sus aulas irradiaron los saberes por la metrópoli, las Indias y el extranjero. Se le comunica a su Rector (1822-septiembre-5): “Habiendo determinado la Dirección General de Estudios establecer la Universidad Central para el curso próximo, que ha de empezar en octubre, y debiendo quedar suprimida en la misma fecha esa Universidad, se ha acordado en la sesión de hoy...” Queda iniciada la idea centralizadora de la enseñanza, considerada como una irritante distinción a Madrid, bajo la orientación de un “Rector Amplissimus”, debiendo comenzar las enseñanzas (1836-julio-25) con alojamiento interino en el que fue Colegio Imperial de la Compañía de Jesús, donde estuvieron domiciliados los Reales Estudios de San

Isidro, y un Claustro formado por quienes deseaban abandonar la ilustre ciudad complutense y venir al barullo de la Corte. Vida lánguida la del nuevo centro, al igual que la iniciada en la tradicional, recibiendo ésta su sentencia definitiva con la denominada “inocentada de Alcalá” (1835-diciembre-28), pendiente sólo de realizar el traslado de sus tesoros, biblioteca, muebles, etc., en algunos momentos sin medios económicos para abonar el transporte de sus bienes, pagados con los fondos obtenidos por la enajenación de parte de sus riquezas.

Las enseñanzas impartidas definitivamente (1843) en el antiguo noviciado de los Padres Jesuitas de San Bernardo, no son satisfactorias, así lo vemos en el preámbulo sancionado por la Reina Regente al “plan de estudios” (1836), “presuadida de dar a las enseñanzas actuales la dirección que exigen las luces del siglo y la extensión que los medios permiten”, y en el siguiente (1845), “Echáronse luego de menos las ciencias exactas y naturales, cuyo abandono ha sido funesto para la ciencia española”. Con estos antecedentes, queda justificada la carencia de cátedras universitarias en Madrid y provincias, afines o complementarias de la minería y metalurgia durante el período considerado.

No obstante, hemos de tener en cuenta, como decía Menéndez y Pelayo (1876-septiembre-21), “La ciencia alcanzó un desarrollo muy notable, produciendo infinidad de libros más o menos útiles y multitud de descubrimientos y observaciones parciales consignables, y consignados ya algunos en cualquier historia formal, todo lo cual es título de gloria bastante para que se hable de ciencia. No hay historia de la ciencia sin España”.

Noticias

MINERIA

“EL INSTITUTO DE SILICOSOS DE OVIEDO TRABAJA CON TECNICAS AL MAS ALTO NIVEL MUNDIAL”

“El Instituto Nacional de Silicosos de Oviedo trabaja con técnicas al más alto nivel mundial”, nos dijo el profesor Kihlstedt, catedrático de Minería de la Real Escuela Técnica Superior de Estocolmo, y uno de los más destacados investigadores sobre esta materia en su país, con quien hemos charlado, aprovechando su estancia en nuestra capital, formando parte del equipo de especialistas de aquella procedencia, que participan en las Jornadas Técnicas Suecas de Minería, que ahora se desarrollan en la capital asturiana.

El profesor Kihlstedt expresó tal opinión tras una visita que realizó al mencionado Instituto de Silicosis, deteniéndose

dose muy especialmente en su departamento técnico, que es el de su particular incumbencia. Añadió, respecto al tema, que, por supuesto, el repetido centro ovetense es homologable a cualquiera de los mejores del mundo en su género, y que, como fruto de estas Jornadas, se tratará de establecer un intercambio de información y puntos de vista entre el Instituto en cuestión y las entidades suecas dedicadas a los mismos fines.

Como intérprete en la anterior entrevista actuó Gregor Lundwall, economista de profesión, adscrito a la Cámara de Comercio de Suecia en España, que nos detalló por su parte, algunos de los aspectos de las Jornadas que nos ocupan.

Por parte nórdica, intervienen en las mismas Sven Gunnar Bergdahl, presidente de la Asociación Sueca de Minería; Gosta Koraen, secretario ejecutivo de este grupo; varios catedráticos de la especialidad, el agregado comercial de la Embajada de aquel país en Madrid, y

otros técnicos en distintas facetas directamente relacionadas con el tema, todos los cuales componen un grupo de treinta delegados.

Por parte asturiana, lo hacen unos sesenta empresarios y técnicos mineros, en atención a los cuales se ha editado un libro, que contiene extractos de las conferencias que se pronuncian con tal oportunidad.

Las Jornadas Técnicas Suecas de Minería en Oviedo, organizadas por la Cámara de Comercio, Industria y Navegación de nuestra capital, son las primeras en su género que se celebran en esta ciudad, y en semanas anteriores, tuvieron su antecedente en ciclos semejantes desarrollados en Madrid y Sevilla. Por lo que hace a Oviedo, la temática abordada se divide en dos grandes cuestiones. Técnica Minera y Tratamiento de Minerales, todo ello polarizado al máximo en los aspectos más interesantes para su aplicación en la región asturiana.

El señor Lundwall, portavoz del grupo en nuestro caso, nos señaló que, según las impresiones que pudo recoger de los más destacados técnicos del grupo. Suecia puede recoger interesantes novedades técnicas a la minería asturiana, sobremanera en algunos aspectos concretos, como es el de la extracción de minerales y el tratamiento de algunos de ellos, con especial incidencia en los férricos.

Destacó también el hecho de que se hubiera fijado Oviedo como sede periférica de estas Jornadas, y ello no sólo por la importancia de las cuencas mineras de esta región, sino por el deseo sueco de descentralizar sus actividades en el extranjero, porque estiman preferible, en todo caso, para evitar la polarización de las mismas en las capitales de los países con los que se buscan intercambios.

Entre las conferencias de particular interés para la minería asturiana, previstas en el programa, nuestro interlocutor nos señala la titulada "Aplicación de la tecnología de las partículas y la prevención del polvo y de la silicosis", precisamente a cargo del profesor Kihlstedt.

M. S. PONFERRADA, CON IMPORTANTES PERDIDAS

Todavía no se ha cerrado el balance del ejercicio 1977 en Minería Siderúrgica de Ponferrada, por lo que se desconocen con exactitud los datos del mismo, según han informado a Comtelsa fuentes próximas a esa sociedad. Se sabe que ha habido pérdidas y que éstas han sido importantes. Su origen está principalmente en las huelgas en los centros mineros de Gijón y Villablino. Las mismas fuentes han señalado que se piensa dedicar a amortizaciones la mayor cifra posible. La Junta general será a finales del mes de julio.

Recordamos que en el ejercicio 1976 Minería Siderúrgica de Ponferrada tuvo unos beneficios de 75 millones de pesetas, siendo la cifra de venta de 3.680 millones de pesetas.

AZNALCOLLAR FUNCIONARA ESTE AÑO

El complejo minero de Aznalcóllar va a iniciar su producción para finales del presente año. Con una inversión de 9.000 millones de pesetas en la primera etapa, va a producir 60.000 toneladas anuales de concentrado de cobre, 42.000 toneladas de concentrado de plomo y 114.000 toneladas de zinc, producciones que van a suponer una importante ayuda para la balanza comercial española. Según recoge la revista "Fomento de la producción", los trabajos iniciales comenzaron hace ahora unos cinco años y los trabajos de previsión indican que habrá mina explotable al menos para veinticinco años.

HIDROCARBUROS

EL GOLFO DE CADIZ PUEDE SER IMPORTANTE CUENCA GASIFERA

En los trabajos de prospección que Campsa lleva a cabo en el área de golfo de Cádiz, se ha detectado la existencia de un yacimiento de gas libre de agua, cuyo caudal actual se estima en 750.000 metros cúbicos diarios, cantidad equivalente a 280.000 metros cúbicos de petróleo anuales. A pesar de la importancia del caudal, todavía es prematuro afirmar que nos encontramos ante un hallazgo comercial, ya que se desconocen las reservas existentes. Lo que sí parece haber quedado demostrado es que el golfo de Cádiz es una cuenca de alta potencialidad como productora de gas.

El yacimiento del golfo de Cádiz podría, de confirmarse las primeras impresiones, cubrir el 20 por 100 del actual consumo nacional de gas natural en un año.

Según los expertos, el gas reúne unas características de pureza óptimas.

ENERGIA

PERSPECTIVA DE UTILIZACION DE LA ENERGIA GEOTERMICA

"Hasta ahora sólo se cuenta con mil trescientos treinta megavatios de potencia instalados por energía geotérmica en todo el mundo, es decir, el equivalente a poco más de una central nuclear", manifestó David Butler, Jefe del Departamento de Geotérmica de la Standard Oil Company, una de las siete grandes empresas petrolíferas del mundo.

Las declaraciones de David Butler fueron hechas en el curso de una conferencia pronunciada en la sala de

reuniones del Instituto Nacional de Industria, convocada por el comisario de la Energía. Presidió el acto José Sierra, director general de minas.

"No se puede decir, pues —agregó el conferenciante—, que la energía geotérmica, desde su primera utilización en Italia en el año 1904, haya tenido mucho éxito. Pero las perspectivas para el futuro son muy alentadoras".

Indicó que se habían realizado por su empresa unos quinientos sondeos en los Estados Unidos, a unas profundidades entre los treinta y los trescientos metros. Como consecuencia de ellos, se han localizado sesenta y cinco zonas geotérmicas, de las que doce ofrecen resultados muy concretos. Informó que las cifras de yacimientos para el año 1985 en Estados Unidos puede calcularse que serán de unos dos mil megavatios, lo que podrá subir hasta los diez mil, con arreglo a los crecimientos previstos para los años posteriores.

"Con ello —puntualizó— podrá cubrirse el 1 por 100 de las necesidades totales de energía eléctrica en Norteamérica y, entre 1990 y el año 2.000, este porcentaje llegará hasta un 5 por 100, cifra pequeña, pero muy importante, dado el considerable consumo de energía eléctrica de mi país."

ELECTRICIDAD A PARTIR DE ROCAS CALIENTES

Las posibilidades de la energía geotérmica se limitan en muchos países casi exclusivamente a la normal, la cual supone un aumento de tres grados celsius por cada 100 metros de profundidad.

Las rocas profundas, calientes, no acuíferas, abundan por doquier.

La extracción del calor de las mismas es un objeto que tratan de alcanzar los técnicos. Es imprescindible en esta tecnología "dry-hotrock" la producción artificial de vastos sistemas de grietas en el roquedo profundo, a través de las cuales se obliga a circular agua a presión. En los planos de agrietamiento de estas rocas cálidas se calienta el agua, extraída después a través de una segunda perforación. El agua calentada o el vapor que así se forma pueden utilizarse para la generación de electricidad o con fines de calefacción.

Pero para la obtención rentable del calor de las rocas calientes no acuíferas se necesitan superficies muy grandes de intercambio de calor. Supuesta una temperatura de las rocas de unos 250 grados celsius aproximadamente se precisa por perforación una superficie de intercambio de 7 a 8 kilómetros cuadrados. Además de hallar en el subsuelo un complejo rocoso tan extenso dotado de una permeabilidad natural lo más reducida posible,

es necesario crear en el roquero caliente el extensísimo sistema necesario de superficies de fractura y agrietamiento, mantenerlo abierto y hacer que funcione un sistema de circulación entre ambos orificios de perforación. Únicamente que los 6 ó 7 kilómetros cuadrados de superficie de intercambio de calor estén lo más uniformemente posible recubiertas por el agua, el procedimiento será rentable.

En Los Alamos (USA) se está llevando a cabo la "explotación" de un yacimiento de rocas secas y cálidas de tal naturaleza a escala experimental. Los científicos participantes han conseguido ya con la técnica de la fractura hidráulica ejercer en un determinado punto del orificio de perforación una presión tan elevada sobre el roquedo circulante, que ha llegado a abrirse, produciendo en el granito cálido y seco una grieta vertical de 3.000 metros de profundidad, combinarla con una segunda perforación y conseguir así un auténtico sistema de circulación. Pero la resistencia de escorrentía entre ambos orificios de sondeo es aún demasiado alta para garantizar una circulación rentable con las elevadas temperaturas requeridas. Los científicos todavía conocen poco acerca de la geometría de las grietas por ellos producidas.

Con la ayuda de métodos acústicos, magnéticos, eléctricos y de otro tipo se localizará la grieta en el subsuelo y se perforará varias veces. Mediante sondeos de inyección y de absorción se determinará el campo de presión y de escorrentía dentro de la grieta, para calcular así en modelo los procesos de intercambio de calor dentro de un sistema de grietas de tal índole. A continuación se trasladará ese modelo a mayores profundidades con temperaturas del roquedo más altas.

Se ha programado aplicar el sistema "dry-hotrock" a escala europea y, a ser posible, acometer un experimento en la fosa del Rhin Alto hasta unos 3.000 metros de profundidad, donde se esperan hallar temperaturas de 200 a 250 grados.

Si el método funciona como se espera, cabría la posibilidad de instalar en la fosa del Rhin Alto toda una serie de centrales eléctricas de 1.000 megavatios. Cada sistema de grietas podría suministrar de veinte a veinticinco años como mínimo vapor para accionar las turbinas de una central antes de que el roquedo se haya enfriado. Pero entonces podría verificarse otras grietas a unos pocos cientos de metros de distancia. Como las grietas son verticales, la distancia entre dos explotaciones no necesita ser excesiva. Cabe pensar también en la posibilidad de que al extraer grandes cantidades de calor se producen en el subsuelo tensiones que dan lugar a que el sistema de grietas se reproduzca por sí mismo. Ello significaría que en la toma de calor serían cada vez más extensos los sectores del roquedo afectados por los procesos de intercambios de calor, con un aumento de la vida de las distintas perforaciones.

ECONOMIA

LA IMPORTACION DE MINERALES
PESA MUCHO EN EL DESEQUILIBRIO DE
NUESTRO COMERCIO EXTERIOR

El desequilibrio de nuestro comercio exterior radica, esencialmente, en los minerales, cuya cobertura se mantiene en torno al 14 por 100; y más concretamente en el petróleo, que — pese a haber retrocedido en tonelaje (13,9 millones de toneladas frente a 14,5 en los cuatro primeros meses de 1977) y haber amainado el crecimiento de los precios de origen— sigue aumentando su factura (115.073 millones de pesetas contra 93.342 en 1977) y copa una buena parte de las importaciones españolas de minerales, que para enero-abril de este año han ascendido a 145.190 millones de pesetas, dice el boletín "ServEx" del Banco de Bilbao, en su último número.

Se comprende así que el comercio con los países esencialmente suministradores de materias primas y sobre todo con los proveedores de crudos de petróleo — que ha quedado el destino que no sean precisamente grandes mercados compradores— sea tan desfavorable para España, y que los intercambios comerciales con Europa y otras zonas industrializadas — con las excepciones principales de Estados Unidos y Japón, cuyas importaciones siguen cubriendo una pequeña parte de sus exportaciones a España— hayan mejorado sustancialmente hasta conseguir prácticamente equilibrarse después de largos años de déficit importantes para nuestro país.

Que el comercio exterior de España siga evolucionando, sin embargo, tan satisfactoriamente como durante los dos últimos años, es algo problemático.

Hay mercados que por muchos esfuerzos que hagamos no dejarán de tener una relativamente reducida capacidad de compra — entre ellos nuestros principales suministradores de petróleo, que no dejarán de ver crecer sus envíos— y los países desarrollados, donde nuestros exportadores tienen mayores posibilidades, se muestran recelosos ante nuestros avances.

Bien sea por esto o bien porque el relanzamiento económico mundial no acaba de llegar y con él un mejor comportamiento en el campo del comercio internacional, los productores españoles tropiezan con trabas crecientes a la hora de querer introducirse en el exterior.

FIRMEZA EN EL MERCADO DE LOS
NO FERREOS

Las cotizaciones de los metales no férreos han mostrado una tendencia diferente. En tanto que los precios del cobre y del cinc se han elevado en el transcurso de los tres últimos meses, los del plomo y del aluminio no han

tenido variaciones sensibles y los del estaño han descendido. Han sido distintas también las circunstancias que han concurrido en los mercados.

COBRE.—En los dos primeros meses del año actual las cotizaciones en la Bolsa de Metales de Londres descendieron de 682 a 615 libras por tonelada, para recuperarse posteriormente y sobrepasar el nivel de las 700 libras a finales del mes de marzo, con ligera disminución posterior, hasta quedar en 690 libras por tonelada en los últimos días de abril. Esta última baja se ha producido a pesar de la disminución que han experimentado los "stocks" de la Bolsa de Metales de Londres, que han quedado en 552.900 toneladas en la última semana de abril, frente al máximo anterior de 645.300 toneladas a que se llegó a mediados del pasado mes de enero. Es posible, sin embargo, que las cotizaciones vuelvan a subir ante los anuncios de interrupción en los suministros, en aplicación de la cláusula de fuerza mayor motivada por las huelgas en distintas factorías; como es el caso de la Southern Perú Copper Corporation, y de Río Tinto Patiño, en sus instalaciones de Huelva.

Un factor que puede tener influencia en el mercado, en el futuro, es el de la reducción del ritmo de producción decidido por Zambia, en una proporción del 15 por 100, y en otros casos a nivel de compañías, como son la Kennecott Refining Corporation y la Anaconda, que han anunciado una limitación de la producción que puede representar unas 80.000 toneladas por año.

ESTAÑO.—A lo largo de los tres primeros meses del año, las cotizaciones en la Bolsa de Metales de Londres han ido descendiendo, pasando de 6.460 libras por tonelada a comienzos del mes de enero de 5.870 libras a finales de marzo, para iniciar una subida a partir de entonces y llegar a 6.040 en los últimos días del mes de abril. Este aumento de las cotizaciones se ha producido, a pesar de que el Consejo Internacional del Estaño, en su reunión celebrada en Londres a mediados del mes de abril, ha decidido posponer hasta la reunión de julio la decisión de elevar los niveles operativos del "stock" regulador.

PLOMO.—Tras un fuerte descenso de las cotizaciones en los dos primeros meses del año en la Bolsa de Metales de Londres, donde pasaron de 362 a 305 libras por tonelada, se produjo una recuperación en el mes de marzo hasta llegar a 311 libras, bajando de nuevo en el mes de abril, quedando al finalizar dicho mes en 306 libras por tonelada. El movimiento de estas cotizaciones se ha visto influido por el correspondiente a las del cobre. Los "stock" de la Bolsa de Metales de Londres descendieron en 475 toneladas en la última semana del mes de abril, hasta quedar en 62.275 toneladas. Pese a la resistencia de las cotizaciones para quedar por debajo del nivel de las 300 libras por tonelada, la previsión de que en el año actual habrá un excedente de la producción sobre el consumo mundial, del orden de las 70.000 toneladas, permite pensar en que se llegará a ello.

CINC.—En los dos primeros meses del año las cotizaciones en la Bolsa de Metales de Londres descendieron de 289 a 244 libras por tonelada, para ascender hasta las 300 libras en el mes de marzo y mantenerse en torno a este nivel en el mes de abril y quedar al finalizar dicho mes en 298 libras por tonelada. Este mantenimiento de las cotizaciones se ha visto influido por las noticias de nuevas reducciones en los niveles de producción por parte de los principales productores europeos; se estima que entre los principales productores existe un acuerdo para efectuar un serio y solitario esfuerzo para reducir las existencias mediante reducciones significativas de la producción. Estas limitaciones de la producción y la elevación de las cotizaciones reforzaron los rumores de que el precio oficial de productor europeo, de acuerdo con el que se efectúan la mayor parte de las ventas, iba a ser elevado de 550 a 600 dólares por tonelada. A pesar de que posteriormente no se confirmara este aumento, ya que sólo la Electrolytic Zinc de Australia insistió en ello, esto no supone una incidencia negativa importante sobre los precios.

ALUMINIO.—No se han producido variaciones en las cotizaciones de este metal en el mercado de Londres, ya que se han mantenido fijas en 680 libras por tonelada. Se estima que la capacidad de producción aumentará en un 23 por 100 de 1976 a 1980, llegándose a 14,9 millones de toneladas, mientras que se prevé que el consumo crecerá en menor proporción, afectado por el desarrollo, menor del previsto, de la economía mundial. Ello dará lugar a un aumento de los "stocks" y, en consecuencia, influirá sobre los precios.

Es interesante destacar el hecho de que Venezuela se convertirá el año actual en un importante exportador de aluminio, pasando de 45.000 toneladas el año anterior a 400.000 toneladas, su producción. Estados Unidos y Japón recibirán 280.000 toneladas dentro de un acuerdo a largo plazo. En las instalaciones de Venalum participa en un 20 por 100 capital japonés.

EL COBRE SIGUE CAYENDO

Los últimos informes sobre el mercado del cobre en Londres señalan que últimamente ha estado caracterizado por un intento de recuperación del mercado al tenerse noticias de una mayor concentración de tropas guerrilleras en la frontera de Zambia, las cuales estaban preparadas para una nueva incursión en la provincia de Shaba. Sin embargo, la falta de apoyos para empujar el movimiento hizo que el mercado cediera rápidamente y bajara los precios a continuación. Al menos, a corto plazo, el cuadro

predominante debe considerarse desalentador, según opinión de los expertos del sector.

Con un apoyo comercial virtualmente inexistente y unas compras especulativas seriamente debilitadas, por la reciente baja, cualquier retorno a los niveles superiores exigirá un proceso laborioso como consecuencia de la falta de novedades alcistas. Últimamente la cotización del cobre en barras está a 700,50 libras/tonelada, y en cátodos, a 696 libras/tonelada.

Los técnicos siguen considerando alcista el sector a largo plazo y piensan que los aspectos fundamentales básicos, especialmente las hostilidades y los problemas de África, apuntan en su totalidad hacia precios más altos.

KINSHASA:
LOS EXPERTOS DE CIPEC PREPARAN
LA "CUMBRE"

Los expertos de los países miembros del Consejo Inter-gubernamental de los Países Exportadores de Cobre (CIPEC) se reunieron en Kinshasa con el fin de preparar la XIII Conferencia de Ministros de esta organización, que tendrá lugar en la capital zaireña, del 3 al 6 del mes de julio.

Además de los países miembros (Chile, Indonesia, Perú, Zambia y Zaire), otros asociados, tales como Australia, Mauritania, Nueva Guinea, Guinea, y Yugoslavia, participan en este encuentro preparatorio. Algunos otros países y organismos internacionales participan igualmente en la reunión en calidad de observadores.

ESSO VUELVE A INVERTIR EN ESPAÑA

Exxon (segunda empresa del mundo en 1977 por su cifra de ventas, según la clasificación de la revista norteamericana "Fortune") volverá a invertir en España en sectores relacionados con la energía nuclear. Esso dispone de una filial en España cuya actividad se ha reducido al mínimo en los últimos años tras la decisión de Exxon (este nombre se modificó en Estados Unidos hace tres años, ya que anteriormente era Esso) de vender sus participaciones en diferentes empresas españolas (Fibras Exxon, Petróleos del Mediterráneo, etc.). Las primeras inversiones de Exxon en España, en la etapa que acabamos de iniciar, serán la prospección de una amplia zona en la parte norte de la sierra del Guadarrama (provincias de Avila y Segovia) en búsqueda de minerales radiactivos. El grupo Banneston estará también presente en esos trabajos.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Guipúzcoa.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación que se cita, de la Delegación Provincial de Málaga.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Oviedo.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Salamanca.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Teruel.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación que se cita, de la Delegación Provincial de Valencia.
90	8736	15-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Ciudad Real.
98	9632	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Badajoz.
98	9632	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
98	9634	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace pública la caducidad y otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
98	9636	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
98	9637	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Madrid.
98	9638	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Teruel.
98	9631	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de explotación que se citan, de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.
98	9632	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la reducción de pertenencias del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Albacete.
98	9632	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
98	9633	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Barcelona.
98	9633	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
98	9634	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la renuncia de pertenencias del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
98	9637	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
98	9637	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
98	9638	25-IV-78	I. y E.	RESOLUCIONES por la que se hacen públicas la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia.
RESERVAS				
94	9274	20-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en la zona denominada "Castellón uno-Ventas de Begis", comprendida en la provincia de Castellón de la Plana.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
94	9274	20-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de hierro en el área denominada "Alquife-Marquesado", comprendida en las provincias de Granada y Almería.
94	9275	20-IV-78	I. y E.	RESOLUCION por la que se cancela la inscripción número 47, "Lanzarote", comprendida en la isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas.
124	12224	25-V-78	I. y E.	CORRECCION DE ERRATAS de la Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se cancela la inscripción número 47, "Lanzarote", comprendida en la isla de Lanzarote, provincia de Las Palmas.
127	12406	29-V-78	I. y E.	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 X-área 1 (Sn-W/IV-1)", y que afecta en la actualidad únicamente a la provincia de Cáceres, con reducción en la superficie que comprende y con nueva delimitación.
HIDROCARBUROS				
98	9628	25-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se declara la renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Columbretes A y B", situados en zona C, subzona a).
98	9628	25-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se declara la extinción del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Tarragona F del Sur", situado en la zona C, subzona a).
98	9628	25-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se declara la renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Málaga A y B", "Granada A" y "Barcelona Marina A y F", situadas en zona C.
98	9629	25-IV-78	I. y E.	ORDEN por la que se declara la renuncia del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Reus".
102	10202	29-IV-78	I. y E.	REAL DECRETO de otorgamiento de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a).
105	10368	3-V-78	I. y E.	ORDEN sobre renuncia al 50 por 100 de la superficie del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Tarragona F".
105	10369	3-V-78	I. y E.	ORDEN sobre renuncia al 50 por 100 de la superficie del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Tarragona D".
117	11630	17-V-78	I. y E.	ORDEN por la que se aprueba el contrato entre "Eniepsa", "Elf Aquitaine", "Medosa" y "Canso", por el que las dos primeras ceden a las dos restantes unas participaciones del 30 por 100 y el 144/9 por 100 en el permiso "Delta-E".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
117	11630	17-V-78	I. y E.	ORDEN por la que se aprueba el contrato por el que "Calspain", "Cnwl", "Ciepsa", "Denison" y "Pacific Petroleum" ceden al INI un 40 por 100 en los permisos "Casablanca" y "Demasia", "San Carlos", "Alcanar", "Peñíscola" y "Alfaque".
VARIOS				
139	13659	12-VI-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas. Canarias.</i> —Real Decreto por el que se modifica el artículo 13 del Reglamento de 14 de enero de 1965, dictado para ejecución de la Ley 52/1962, de 24 de diciembre, sobre aprovechamiento de aguas y auxilios a las mismas en Canarias, y se dictan normas en orden a la rehabilitación de autorizaciones de alumbramientos de aguas privadas en dichas islas.
141	13976	14-VI-78	OP y U.	<i>Autorizaciones.</i> —Resolución por la que se hace pública la autorización otorgada a la Sociedad General de Aguas de Barcelona para ejecutar las obras de colector de salmueras de la cuenca del Llobregat.
144	14352	17-VI-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la concesión otorgada a doña Rosa Izard Badia de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del torrente Bonmatí, en término municipal de San Martín de Llémána (Gerona), con destino a riego y atenciones de ganado.
145	14422	19-VI-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la concesión otorgada a "Aguas Potables de San Feliú de Guixols, Sociedad Anónima", de un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía del torrente Grifa, en término municipal de Santa Cristina de Aro (Gerona), con destino a ampliación de abastecimiento.
146	14513	20-VI-78	I. y E.	<i>Industrias de interés preferente.</i> —Orden por la que se conceden beneficios de interés preferente a la Empresa "Andaluza de Piratas, Sociedad Anónima".
150	15036	24-VI-78	P. ^a G. ^o	REAL DECRETO por el que se traspasan competencias de la Administración del Estado a la Generalidad de Cataluña en materia de industria.
151	15132	26-VI-78	I. y E.	<i>Productos petrolíferos. Precios.</i> —Orden por la que se fija el precio para las ventas del petróleo crudo procedente de la concesión de explotación "Dorada".
151	15170	26-VI-78	I. y E.	<i>Expropiaciones.</i> —Resolución referente al levantamiento de actas previas a la ocupación de las fincas afectadas por las obras que se citan, de la Delegación Provincial de Lugo.
108	10738	6-V-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas Tenerra para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en el paraje conocido por "Tenerra", en término municipal de aquel nombre.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
111	11132	10-V-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la concesión otorgada a don Lorenzo Enrique Mass-Aparicio de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del torrente Can Casanova, en término municipal de Argentosa (Barcelona), con destino a riegos.
111	11133	10-V-78	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a don Enrique Bota Pinch y doña Rosa Aulet Senerra, de un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Sot de la Sala, en término municipal de San Cipriano de Vallalta (Barcelona), con destino a riegos.
114	11466	13-V-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la autorización otorgada al Ayuntamiento de Calafell (Tarragona) para la perforación de un pozo en el cauce público del barranco Mas d'en Vives, en su término municipal, con destino a abastecimiento.
117	11621	17-V-78	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a don Isidro Rafecas Alemany, como nudo propietario, y a doña Alberta Alemany Piqué, como usufructuaria, de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Foix, en término municipal de Torrellas de Foix (Barcelona).
120	11898	20-V-78	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a don Juan Esteve Busquets para aprovechar aguas subálveas de la riera Berneda, en término municipal de Cassá de la Selva (Gerona).
133	12918	5-VI-78	Hac.	REAL DECRETO por el que se desarrolla el título III, capítulo II, de la Ley 6/1977, de 4 de enero, de Fomento de la Minería.
138	13573	10-VI-78	OP y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas Barranco de Araca para ejecutar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de monte propios del Ayuntamiento de Candalaria (Santa Cruz de Tenerife).
154	15544	29-VI-78	OP y U.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a "Hijo de Teodoro Prat, S. A.", de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Llobregat, en término municipal de Puigregit (Barcelona), con destino a usos industriales.

Notas bibliográficas

MINERIA

H. PELISSONNIER y R. WOODTLI: *La formation a la recherche minière*. Annales des Mines, diciembre 1977, núm. 12, págs. 127 a 138.

En las primeras fases de la investigación minera, las tareas son a la vez diversas e imbricadas muy estrechamente. Los autores proponen una formación general constituyendo el enlace entre las diferentes disciplinas afectadas: geología, cartografía, metalogenia, técnicas varias de prospección. Insisten sobre los métodos pedagógicos que recurren a la iniciativa del estudiante: estancias prácticas integradas en la enseñanza (en el campo y el laboratorio), tesis de especialidad asociando un equipo de investigación minera con un equipo universitario, simulaciones de prospección.

Esta última aproximación, original, se analiza con algún detalle: consiste en una primera etapa en introducir en la memoria de un ordenador las características de una zona imaginaria de la corteza terrestre conteniendo indicios y/o yacimientos. Partiendo de una documentación inicial, gracias a interrogaciones del ordenador simulando los trabajos de prospección (esencialmente sondeos) y en un ámbito de sujeción a un presupuesto, un equipo de estudiantes dirige una campaña de prospección, una vez terminada la cual se proponen conclusiones de orden económico: explotación, abandono, prosecución... De esta manera, los problemas de concepción y organización de la prospección son percibidos muy rápidamente por los estudiantes cuando descubren progresivamente lo que hubieran debido hacer después de hecho. Las diferencias en los resultados obtenidos por los diversos equipos permiten al instructor-director del juego proponer finalmente una marcha óptima.

Subrayan la necesidad de una formación permanente, a menudo difícil de llevar a cabo por el hecho del aislamiento geográfico de los equipos de prospección y recuerdan que debe asegurarse correctamente la formación de los instructores.—L. DE A.

L. BUBENICEK: *Rôle de la geologie dans l'estimation économique d'un projet d'exploitation*. Annales des Mines, diciembre 1977, núm. 12, págs. 45 a 62.

La decisión de desarrollar una mina se apoya en la estimación de lo que será la operación industrial que constituye su explotación. Esta estimación se efectúa estudiando el impacto de la introducción de medios técnico-económicos adaptados al yacimiento considerado, yacimiento

que no se puede conocer más que de manera indirecta y siempre imperfecta. El valor de toda la operación reposa sobre la calidad de la estimación del yacimiento. Esta última es una operación delicada, pero para ella el geólogo dispone hoy de herramientas potentes. Ciertamente es posible determinar el nivel de precisión del conocimiento: el trabajo del geólogo minero durante su participación en los estudios de factibilidad se inscribe en las técnicas del ingeniero.—L.

INVESTIGACION ESPACIAL

ESTEBAN BAJARA: *Posibilidades actuales y futuras de observación de galaxias en el Instituto Argentino de Radioastronomía*. B. Acad. Nac. Ciencias Córdoba (Argentina), L11, núms. 1 y 2, págs. 165 a 170 (publicado 1977) (1976).

Describe las instalaciones puestas a punto para funcionar en el Instituto Argentino de Radioastronomía. Consta de dos antenas de 30 m de diámetro de distancia variable que podrán ser utilizadas en síntesis de apertura. Un receptor nuevo de nivel bajo de ruido, abre nuevas posibilidades para observaciones de sensibilidad elevada.—L.

R. E. SOUZA y L. ARAKI: *Photometric and chemical evolution of galaxies*. B. Acad. Nac. Ciencias Córdoba (Argentina), L11, núms. 1 y 2, págs. 97 a 106 (publicado 1977) (1976).

Presentan los autores los resultados primarios sobre modelos evolutivos de galaxias, tomando en cuenta las propiedades químicas y fotométricas, y con hipótesis de una lenta variación del límite inferior en la función de masa inicial.—L.

ENERGIA

DR. PETER H. KOSKE: *El mar como fuente de energía y la desalinización del agua*. Universitas XV, núm. 1, página 19 a 26, Stuttgart, septiembre 1977

Dado que el 71 por 100 de la superficie del planeta está cubierto por agua de los océanos, considera que

ésta puede ser una reserva enorme de energía y de agua utilizable. Entre los aprovechamientos como energía figuran: La diferencia vertical de temperatura entre la superficial caliente y la profunda fría, puesto en práctica por primera vez en la costa de Cuba (1929) con una central de 22 kW. y actualmente en proyecto una en Miami, Florida, de 400 Mw.

Existen estudios avanzados sobre la utilización de energía de las olas, corrientes y de las mareas.

De fuerza mareomotriz exista en San Malo (1966) una central de 600 Gw/ha y está en proyecto una en St. Michel de 30 Mw. Como el 99 por 100 del agua de la tierra es salina, es preciso transformarla en potable para poder mantener la vida. Describe los procesos de desalado consistentes en destilación, congelación, ósmosis inversa y electrodiálisis.

La demanda de agua desalada crecerá considerablemente durante los próximos años, y habrá que acudir a la desalación de las aguas de mar, de las salobres y a la purificación de las residuales.—L. DE A.

ANALISIS

ABDELOUAHAB BELHAJ SOULAMI, VALDO PELLEGRIN y PHILIPPE VJALLEFONT: *Méthodes de détermination de la teneur en matières organiques des minerais phosphatés*. 2.º Méthode du residu neutralisation. Mines et Géologie, núm. 39, Rabat, 1976, págs. 29 a 39.

Describen los principios de la puesta a punto de un método nuevo para la valoración de la materia orgánica en los minerales fosfatados. Da una técnica operatoria que permite alcanzar una precisión en la valoración del carbono orgánico con $\pm 0,30$ por 100. Las valoraciones efectuadas en los minerales de Khouribga y de Youssoufia dan valores para el carbono orgánico de $1,27 \pm 0,30$ y $2,68 \pm 0,30$ por 100, respectivamente.—L.

QUIMICA DE SUELOS

MARCEL MARUOTTI: *Le gonflement des sols argileux sur-consolidés (aspect du phénomène précautions à envisager)*. Mines et Géologie, núm. 39, Rabat, 1977, págs. 13 a 28.

Con ocasión del estudio de las margas expansivas de la meseta de la villa moderna de Safi, efectúa el autor una investigación sobre las manifestaciones del fenómeno de expansión, de los medios para medirlos, de los desórdenes a que pueden dar lugar, así como de los esfuerzos parásitos.

Plantea las precauciones recomendables para evitar los efectos de la expansión sobre determinadas estructuras; algunas veces las recomendaciones, como dice el autor, son propias de un buen sentido, y las precauciones están apoyadas en las hipótesis adoptadas para permitir el establecimiento de soluciones constructivas. Indica la conveniencia de verificar estas hipótesis, por los resultados logrados, con mediciones sobre los edificios experimentales y de las reacciones parásitas en las fundaciones.—L.

CONTAMINACION

J. COMERA, A. MAYER, C. ROUSSEL, R. FAIVRE PIERRET, H. CHARPENTIER y C. JAUSSANDH *Direction et mesure de polluants atmosphériques au moyen de l'absorption d'un faisceau laser infrarouge a double fréquence (Experimentation Sur Le Terrain)*. CEA-R-481, Saclay 1977, 50 págs.

Describen los autores la puesta a punto y los ensayos de un instrumento de teledetección de contaminantes atmosféricos. El aparato está basado en el principio siguiente: medición de la absorción diferencial de dos haces, de longitudes de onda cercanas, emitidos por un laser de CO₂ de frecuencia doble. Una de las longitudes de onda coincide con la de una de las rayas de absorción del contaminante y la otra es externa. La longitud del recorrido de ida y regreso es del orden de un kilómetro. Durante seis meses siguieron la contaminación producida por el clorofeno procedente de un establecimiento industrial. De acuerdo con los métodos clásicos es excelente la valoración por prelevantamientos. Son detectables con sensibilidades del orden de 10 ppb y recorridos de un kilómetro de ida y regreso, cuerpos tales como el ozono, etileno, monocloruro de vinilo, freones 11 y 12 y otros varios.—L. de A.

PAUL KERIENH *Nature et evolution des ions positifs crees par vole radiochimique a pression atmospherique*. CEA-R-4871, Saclay 1977, 146 págs.

Estudia los fenómenos referentes de la evolución de iones positivos pequeños, bajo condiciones atmosféricas normales. Prepararon un dispositivo experimental para la medida simultánea de la movilidad y de la masa de los iones creados artificialmente a presión atmosférica. Los resultados le han mostrado que son las impurezas gaseosas, presentes en cantidades de trazas, las que gobiernan la evolución de los iones pequeños: en el aire atmosférico, los iones H⁺ (H₂O)_n sólo consttuyen una fracción reducida de los especros de los pequeños iones positivos.—L. de A.

Colección Temas Geológico - Mineros

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21×14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción,
Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

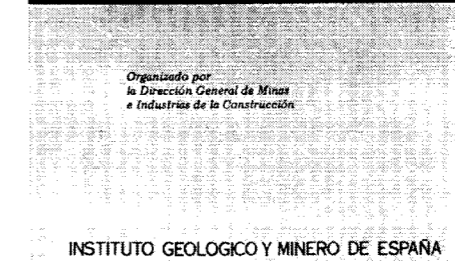
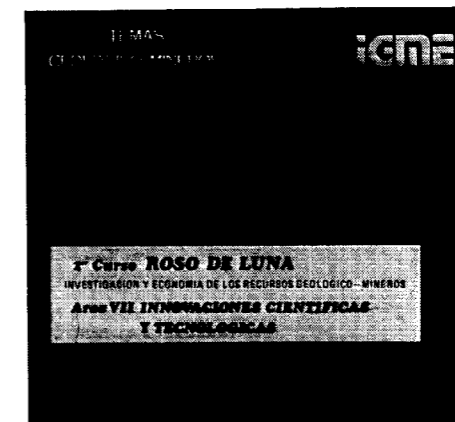
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros .

Area IV. Desarrollo Minero y Minerológico.

Area V. Aspectos legales.

Area VI. Minería y medio ambiente.

Area VII. Innovaciones Científicas y Tecnológicas.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid (1)

COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 300 ptas.; extraordinario (*), 500 ptas.

- Tomo 26 - 1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 28 - 1911. **D. de Orueta**. Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda.
- Tomo 36 - 1929. **F. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40 - 1933. **J. García Siférez**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen I.
- Tomo 41 - 1935. **Varios**. Explicación del nuevo Mapa geológico de España, escala 1:1.000.000 Volumen I. Sistema Cambriano.
- Tomo 42 - 1944. **P. Fallot y A. Marín**. La Cordillera del Rif. Volumen I, II y Atlas.
- Tomo 48 - 1944. **J. García Siférez**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56 - 1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60 - 1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61 - 1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62 - 1961. **Febre Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **J. M.^a Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65 - 1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66 - 1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 67 - 1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69 - 1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70 - 1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrénées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71 - 1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72 - 1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73 - 1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74 - 1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75 - 1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 76 - 1970. **J. Pérez Regodón**. Guía Geológico-Minero de la Provincia de Madrid.
- Tomo 77 - 1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia pirítica del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de piritita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (*) - 1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (*) - 1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80 - 1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (*) - 1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porrás Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (*) - 1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (*) - 1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (*) - 1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86 - 1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87 - 1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Trías Español.
- Tomo 88 - 1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.^a Caraballo, M. Peinado y J. M.^a Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89 - 1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90 - 1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91 - 1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del Río Jarama en los alrededores de Madrid.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. Madrid-1. Telf. 276 20 01

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del IGME. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el IGME.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Ceballos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Área del Valle del Tiétar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Área de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Área 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I». Golfo de Cádiz.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Área 1. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiedelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda. Carratraca ((Málaga).
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos, Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)

MEMORIA - RESUMEN

Precio del ejemplar: 300 ptas.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, como organismo dedicado a la investigación, consciente de su responsabilidad y de su dilatada experiencia en el campo de las aguas subterráneas, inició en el año 1970, con carácter urgente, la investigación hidrogeológica del país, bajo el «PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS», encuadrado dentro del «PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA».

Dada la complejidad de los trabajos a realizar y ante la IMPOSIBILIDAD de atender simultáneamente a todo el Territorio Nacional la PLANIFICACION de la investigación basada en los criterios de:

- Terminar las investigaciones en curso.
- Cuantificar los recursos subterráneos de cada región.
- Conocer los problemas más urgentes.

se encaminó al estudio de las grandes áreas con problemas más urgentes eligiéndose entre ellas la provincia de ALMERIA, como una de las regiones de España más deficitaria de agua.

En el período 1971-1975 se han realizado simultáneamente los siguientes proyectos de investigación.

- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL JUCAR.
- Cuenca ALTA del JUCAR Y SEGURA.
- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL SEGURA.
- Cuenca ALTA Y MEDIA DEL GUADIANA.
- Cuenca SUR-ZONA OCCIDENTAL (Málaga).
- Cuenca SUR-ZONA ORIENTAL (Almería).
- Baleares,

y se terminaron los estudios de la Cuenca del Guadalquivir, iniciándose los estudios de la Cuenca del Duero. Por lo tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

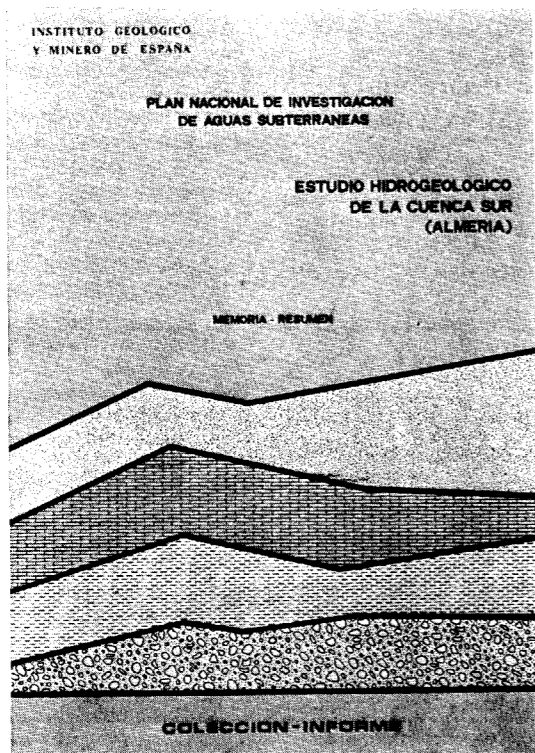
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campanas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA - RESUMEN.

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| INFORME I | Marco geográfico y económico. |
| INFORME II | Climatología e hidrología. |
| INFORME III | Demanda. |
| INFORME IV | Planes hidráulicos. |
| INFORME V | Campo de Dalias. |
| INFORME VI | Cuenca del Andarax. |
| INFORME VII | Cuencas del Almanzora y Antas. |
| INFORME VIII | Cuenca del Aguas. |
| INFORME IX | Cuenca del Adra. |
| INFORME X | Campo de Níjar. |



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000
2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

Precio de cada ejemplar: 400 ptas.

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Carliño | 331. Pulgrelg. | 828. Barcarrota. |
| 2. Cillero. | 336. Portela d'Home. | 831. Zalamea de la Serena. |
| 3. San Ciprián. | 351. Olivega. | 842. Lietor. |
| 6. San Salvador de Serantes. | 362. Calaf. | 851. Rabito. |
| 7. Cedeira. | 363. Manresa. | 852. Villanueva del Fresno. |
| 8. Vivero. | 364. La Garriga. | 853. Burguillos del Cerro. |
| 9. Foz. | 391. Igualada. | 856. Maguilla. |
| 12. Busto. | 392. Sabadell. | 872. Alicante. |
| 13. Avilés. | 393. Mataró. | 884. La Carolina. |
| 14. Gijón. | 417. Espuga de Francolí. | 885. Santisteban del Puerto. |
| 15. Lastres. | 418. Montblanch. | 890. Calasparrá. |
| 21. La Coruña. | 419. Villafranca del Panadés. | 891. Cleza. |
| 22. Puentedeume. | 420. Hospitalet de Llobregat. | 893. Eliche. |
| 23. Puentes de García Rodríguez. | 446. Valls. | 894. Cabo de Santa Pola. |
| 24. Mondoñedo. | 447. Villanueva y Geltrú. | 902. Adamuz. |
| 27. Tineo. | 448. Prat de Llobregat. | 903. Montoro. |
| 28. Grado. | 473. Tarragona. | 906. Ubeda. |
| 29. Oviedo. | 492. Segura de los Baños. | 907. Villacarrillo. |
| 30. Villaviciosa. | 493. Oliete. | 908. Santiago de la Espada. |
| 33. Comillas. | 494. Calanda. | 910. Caravaca. |
| 34. Torrelavega. | 495. Castellseras. | 911. Cehegín. |
| 35. Santander. | 510. Marchamalo. | 912. Muña. |
| 36. Castro Urdiales. | 545. Morella. | 913. Orihuela. |
| 37. Algorta. | 546. Uldecona. | 919. Almadén de la Plata. |
| 38. Bermeo. | 547. Alcanar. | 920. Constantina. |
| 39. Lequeitio. | 570. Albocácer. | 921. Navas de la Concepción. |
| 40. Jaizquibel | 571. Vinaroz. | 922. Santa María de Trassierra. |
| 41. Irún. | 571 bis. Con la 571. | 923. Córdoba. |
| 47. Villalba. | 582. Getafe. | 924. Bujalance. |
| 51. Belmonte de Miranda. | 583. Arganda. | 931. Zarcilla de Ramos. |
| 52. Proaza. | 584. Mondéjar. | 932. Coy. |
| 53. Mieres. | 593. Cuevas de Vinromá. | 933. Alcantarilla. |
| 59. Villacarniedo. | 594. Alcalá de Chisvert. | 934. Murcia. |
| 60. Valmaseda. | 606. Chinchón. | 935. Torreveja. |
| 61. Bilbao. | 607. Tarancón. | 939. Castillo de los Guardas. |
| 62. Durango. | 614. Manzanera. | 940. Castilblanco de los Arroyos. |
| 63. Elbar. | 615. Alcora. | 941. Ventas Quemadas. |
| 64. San Sebastián. | 616. Villafamés. | 942. Palma del Río. |
| 65. Vera de Bidasoa. | 617. Faro de Oropesa. | 943. Posadas. |
| 66. Maya del Baztán. | 631. Ocaña. | 944. Espejo. |
| 72. Lugo. | 632. Horcajo de Santiago. | 952. Vélez Blanco. |
| 78. Pola de Lena. | 635. Fuentes. | 953. Lorca. |
| 84. Espinosa de los Monteros. | 636. Villar del Humo. | 954. Totana. |
| 88. Vergara. | 637. Landete. | 955. Fuente Alamo de Murcia. |
| 90. Sumbilla. | 638. Alpuente. | 956. San Javier. |
| 91. Valcarlos. | 639. Jérica. | 962. Alcalá del Río. |
| 91 bis. Mendizár. | 640. Segorbe. | 963. Lora del Río. |
| 95. El Pino. | 641. Castellón de la Plana. | 964. La Campana. |
| 97. Guntín. | 642. Islas Columbretas. Con la 641. | 965. Ecija. |
| 98. Baralla. | 659. Lillo. | 975. Puerto Lumbreras. |
| 115. Gulina. | 663. Valera de Abajo. | 976. Mazarrón. |
| 142. Aolz. | 664. Enguldano. | 977. Cartagena. |
| 154. Lalín. | 665. Mira. | 978. Llano del Beal. |
| 155. Chantada. | 666. Chelva. | 983. Sanlúcar la Mayor. |
| 159. Bembibre. | 667. Villar del Arzobispo. | 984. Sevilla. |
| 175. Singües. | 668. Sagunto. | 987. El Rubio. |
| 187. Orense. | 689. Moncofar. | 997. Aguilas. |
| 188. Nogueira de Ramuín. | 690. Santa María del Campo Rus. | 997 bis. Cope. |
| 204. Logroño. | 691. Motilla del Palancar. | 999. Huelva. |
| 205. Lodosá. | 693. Utiel. | 1.000. Moguer. |
| 207. Sos del Rey Católico. | 694. Chullilla. | 1.001. Almonte. |
| 225. Ribadavia. | 696. Burjasot. | 1.002. Dos Hermanas. |
| 226. Allariz. | 719. Venta del Moro. | 1.003. Utrera. |
| 236. Astudillo. | 720. Requena. | 1.004. Marchena. |
| 237. Castrogeriz. | 722. Valencia. | 1.013. Macael. |
| 239. Pradoluego. | 740. Villarrobledo. | 1.014. Vera. |
| 243. Calahorra. | 761. Llanos del Caudillo. | 1.015. Garrucha. |
| 244. Alfaro. | 763. Sotuelamos. | 1.016. Los Caños. Con la 999. |
| 245. Sádaba. | 788. El Bonillo. | 1.017. El Abalarlo. |
| 263. Celanova. | 789. Lezuza. | 1.018. El Rocio. |
| 264. Ginzó de Limia. | 794. Canals. | 1.019. Los Palacios y Villafranca. |
| 274. Torquemada. | 796. Gandía. | 1.030. Tabernas. |
| 282. Tudela. | 814. Villanueva de la Fuente. | 1.031. Sorbas. |
| 300/301. Lovios. | 820. Onteniente. | 1.032. Mojácar. |
| 302. Baltar. | 821. Alcoy. | 1.033. Palacio de Doñana. |
| 320. Tarazona de Aragón. | 823. Jávea. | 1.034. Lebrija. |
| 329. Pons. | 826. Cheles. | 1.066. Coin. |
| 330. Cardona. | 827. Alconchel. | 1.072. Estepona. |

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000 1.ª Serie (a extinguir)

Consta de Hoja y Memoria descriptiva. La edición completa se compone de 1.130 hojas, a extinguir. Esta 1.ª Serie tiene su continuación en la 2.ª Serie, Proyecto MAGNA. En existencia las siguientes:

Precio del ejemplar: 300 ptas.

31. Bibadeseña.	564. Fuertescusa.	844. Ontur.
54. Ríoseco.	573. Gata.	845. Yecla.
67. Mugía.	587. Las Majadas.	846. Castalla.
77. Plaza Teverga.	588. Zafrilla.	848. Altea.
79. Puebla de Lillo	591. Mora de Rubielos.	853. Burguillos del Cerro.
84. Espinosa de los Monteros.	605. Aranjuez.	854. Zafra.
128. Riello.	610. Cuenca.	857. Valsequillo.
129. La Robla.	611. Cañete.	858. El Viso.
133. Prádanos de Ojeda.	628. Torrijos.	859. Pozoblanco.
160. Benavides.	643. La Calobra.	864. Venta de los Santos.
162. Gradefes.	644. Pollensa.	865. Siles.
163. Villamizar.	645. Formentor.	869. Jumilla.
168. Briviesca.	650. Cañaverla.	876. Fuente de Cantos.
205. Lodosa.	653. Valdeverdeja.	877. Llerena.
206. Peralta.	670. Sóller.	885. Santisteban del Puerto.
208. Uncastillo.	671. Inca.	886. Beas de Segura.
210. Yebra de Basa.	672. Artá.	899. Guadacanal.
211. Boltaña.	678. Casar de Cáceres.	917. Aracena.
217. Pulgarcidá.	688. Quintanar de la Orden.	918. Santa Olalla del Cala.
241. Angulano.	695. Liria.	937. El Cerro de Andévalo.
252. Tremp.	698. Palma de Mallorca.	938. Nerva.
260. Oya.	699. Porreras.	946. Martos.
275. Santa M.ª del Campo.	700. Manacor.	959. Calañas.
284. Ejea de los Caballeros.	702. San Vicente de Alcántara.	960. Valverde del Camino.
289. Benabarre.	703. Arroyo de la Luz.	967. Baena.
297. Estarlit.	705. Trujillo.	985. Carmona.
298. La Guardia.	723. Cala Figuera.	991. Iznalloz.
313. Antigüedad.	724. Lluchmayo.	1.008. Montefrío.
322. Remolinos.	725. Felanix.	1.009. Granada.
323. Zuera.	727. Alburquerque.	1.025. Loja.
324. Grañón.	731. Zorita.	1.046. Carboneras.
325. Peralta de Alcofea.	738. Villarta de San Juan.	1.059. El Cabo de Gata.
327. Os de Balaguer.	741. Minaya.	1.060. El Pozo de los Frailes.
346. Aranda de Duero.	743. Madrigueras.	1.061. Cádiz.
347. Peñaranda de Duero.	744. Casas Ibáñez.	1.072. Estepona.
354. Alagón.	745. Jalance.	1.079/80. Alegranza.
355. Lecinena.	746. Llombay.	1.081. Montaña Clara.
356. Lenaja.	750. Gallina.	1.082. Graciosa.
369. Coreses.	751. Villar del Rey.	1.083. Teguiuse.
374. Peñafiel.	754. Madrigalejo.	1.084. Haría.
421. Barcelona.	762. Tomelloso.	1.087. Punta Pechiguera.
427. Medina del Campo.	764. Munera.	1.088. Arrecife.
434. Barahona.	765. La Gineta.	1.089. El Charco.
435. Arcos de Jalón.	767. Carcalen.	1.092. Cotillo.
462. Maranchón.	770. Alcira.	1.093. Lobos.
486. Jadraque.	772. San Miguel.	1.096. Tegueste.
488. Ablanque.	773. San Juan Bautista.	1.097. Punta de Anaga.
500. Villar del Ciervo.	776. Montijo.	1.098. La Oliva.
501. La Fuente de San Esteban.	779. Villanueva de la Serena.	1.099. Puerto de Lajas.
502. Matilla de los Caños del Río.	789. Lezuza.	1.102. Punta de Teno.
503. Las Veguillas.	795. Játiva.	1.103. Icod de los Vinos.
525. Ciudad Rodrigo.	798. Ibiza.	1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés.
526. Serradilla del Arroyo.	799. Santa Eulalia.	1.106/07. Puerto de las Cabras.
527. Sequeros.	805. Castuera.	1.109. Los Carrizales.
532. Las Navas del Marqués.	812. Valdepeñas.	1.110. Guía de Isora.
536. Guadalajara.	815. Robledo.	1.111. Güímar.
537. Auñón.	818. Montealegre.	1.114. La Pared.
539. Paralejos de las Truchas.	819. Caudete.	1.115. Tuñeje.
541. Santa Eulalia.	822. Benisa.	1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas.
542. Alfambra.	824/849. San Francisco Javier.	1.119. Lomo de Arico.
550. Fuente Guinaldo.	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.122. Jandía.
560. Alcalá de Henares.	838. Santa Cruz de Mudela.	
561. Pastrana.	840. Bienservida.	

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)
SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000.)

Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 400 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

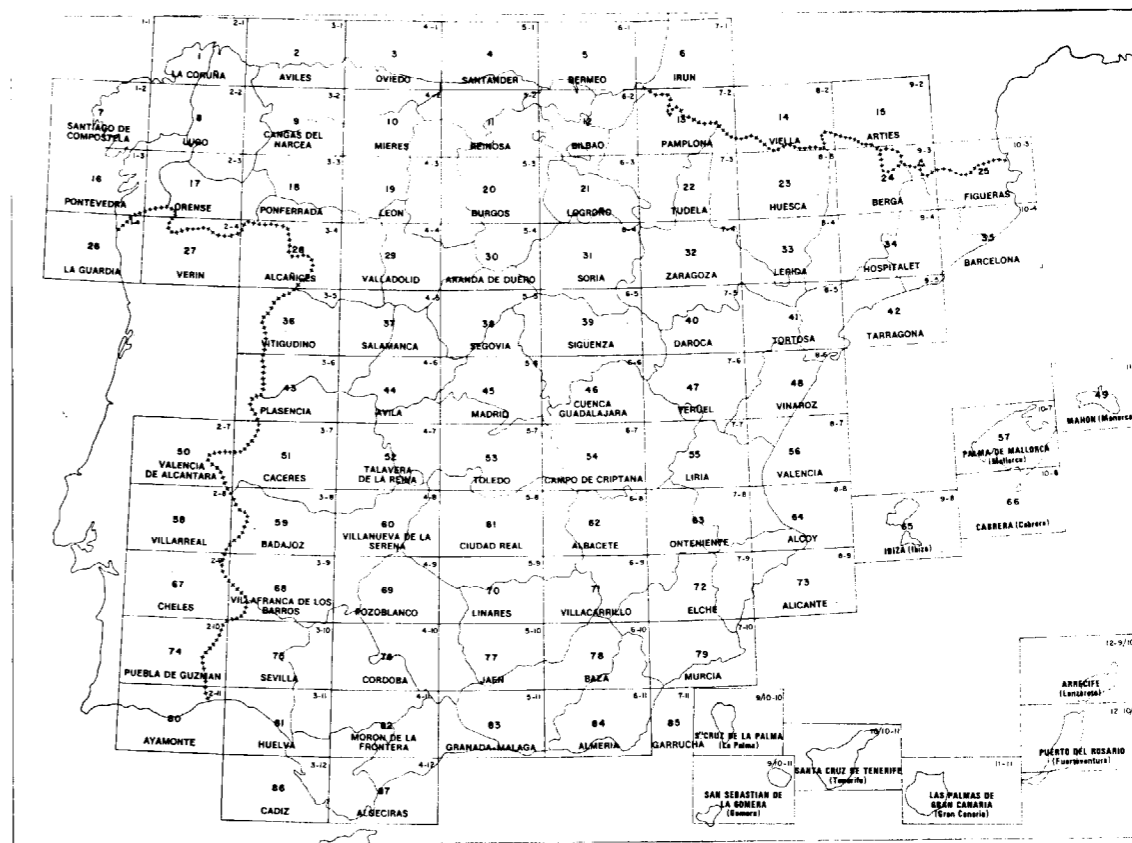
Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 ptas. Hoja y Memoria.

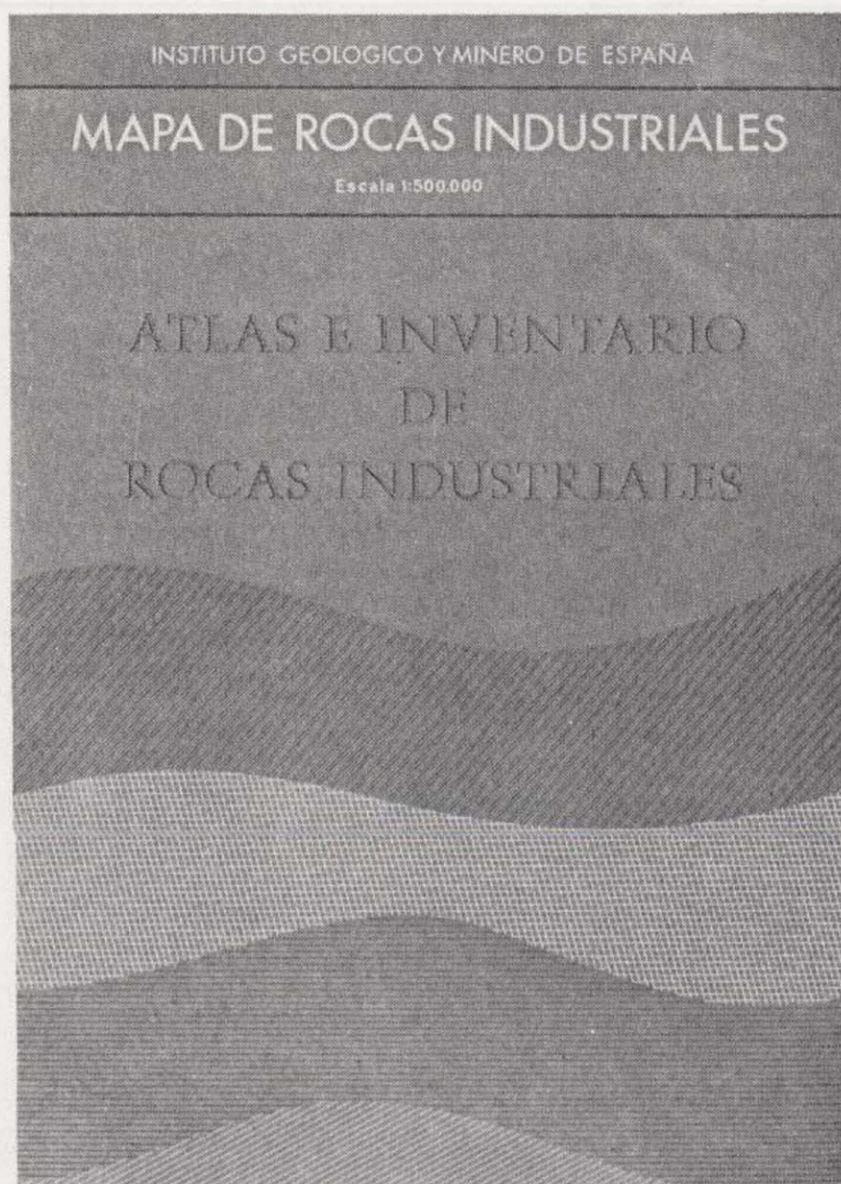
De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 300 ptas. Hoja y Memoria.

División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)
SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA
c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)



ATLAS E INVENTARIO DE ROCAS INDUSTRIALES

Realizado por la División de Geotecnia del IGME

Comprende los siguientes grandes apartados:

1. LAS ROCAS INDUSTRIALES Y SU APROVECHAMIENTO GLOBAL.
2. PLANIFICACION DE LA INVESTIGACION DE ROCAS INDUSTRIALES EN EL III PLAN DE DESARROLLO.
 - Planificación del estudio de los mapas de Rocas Industriales 1:200.000.
 - Planificación de estudios sectoriales.
3. INVENTARIO Y MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES 1:500.000.
 - Mapa director.
 - Mapa de provincias y división de hojas 1:200.000.
 - Inventario y mapa de Rocas Industriales 1:500.000.
4. INFORMACION ESTADISTICA.
 - Cuadro de explotación de Rocas Industriales por provincias y tipos de rocas.
 - Cuadro de utilización de las principales Rocas Industriales.
 - Importación y exportación de Rocas Industriales.
 - Cuadros de utilización de las Rocas Industriales por provincias.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

OTRAS PUBLICACIONES CARTOGRAFICAS

Mapas Geológicos Varios

	Ptas.
— Geológico de la Isla de Fuerteventura - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	300
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000	300
— Petrográfico y estructural de Galicia - Escala 1:400.000	300
— Litológico de España - Escala 1:500.000	700
— de Síntesis y Sistemas Acuíferos - Escala 1:1.666.000	100
— Sismotécnico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	100

Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

Consta de una hoja y memoria descriptiva. La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 200 ptas.
1/2. La Coruña.	
4. Costa de Santander y Vizcaya.	
9/10. Pontevedra, Lugo y Orense.	
11. León.	
12. Vizcaya y Burgos.	
14. Pirineo Leridano y Oscense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000

En existencia los siguientes:

Ejemplar: 300 ptas.

Hoja n.º	Hoja n.º
1. Almería.	7. Madrid.
3. Cáceres.	8. Murcia.
4. Cádiz.	9. Salamanca.
5. La Coruña.	10. Valencia.

Mapas Geológicos - Escala 1:1.000.000

Ejemplar: 300 ptas.

- Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición).
- de Reconocimiento Hidrogeológico.
- de Lluvia Util y Escorrentía
- Sismoestructural de la Península Ibérica, Baleares y Canarias.
- Tectónico de la Península Ibérica y Baleares.
- de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos.

Mapa Metalogenético de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 400 ptas.

La colección completa consta de 17 hojas y memorias referidas a las siguientes sustancias:

Hoja n.º	Hoja n.º	Hoja n.º
1. Aluminio.	7. Fluorita.	13. Níquel.
2. Azufre.	8. Fosfatos.	14. Oro.
3. Bismuto.	9. Hierro.	15. Potasa-Sal común.
4. Plomo-Cinc.	10. Hulla.	16. Titanio.
5. Cobre.	11. Manganeseo.	17. Wolframio.
6. Estaño.	12. Mercurio.	

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23 - Teléfono 441 70 67 - Madrid-3

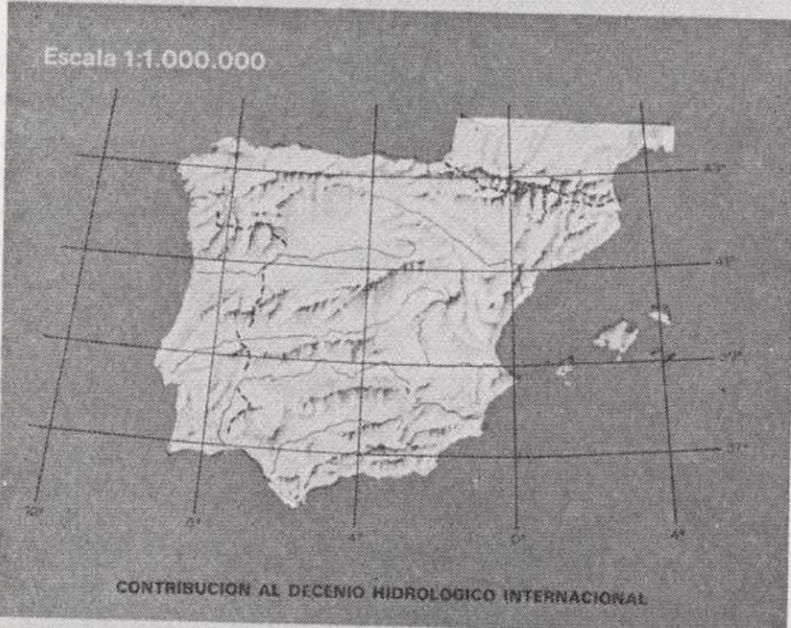
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

NUEVAS PUBLICACIONES

MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS MANTOS ACUIFEROS DE LA ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS (Primer esquema cualitativo) Segunda edición

Escala 1:1.000.000



CONTRIBUCION AL DECENIO HIDROLOGICO INTERNACIONAL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA TECTONICO de la Península Ibérica y Baleares

Escala 1:1.000.000

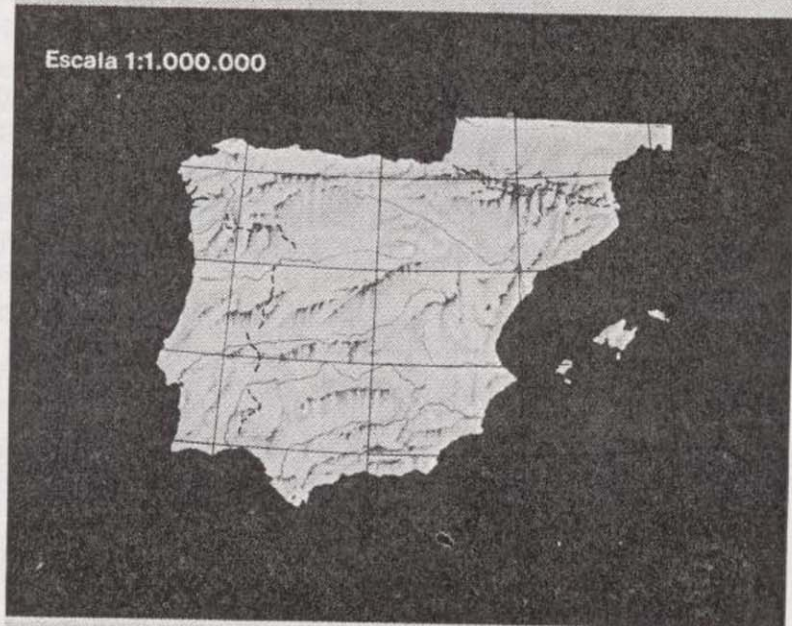


CONTRIBUCION AL MAPA TECTONICO DE EUROPA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO de la Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA SISMOESTRUCTURAL de la Península Ibérica, Baleares y Canarias

Escala 1:1.000.000



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

IGME

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aún eliminada la causa productora es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación, es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que éstos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamentalmente, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 (B. O. del E. del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto de vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son muchos, más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1/50.000, comprende los siguientes.

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblo de la Mancha.

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

BURJASOT HOJA 696

Escala 1:50.000



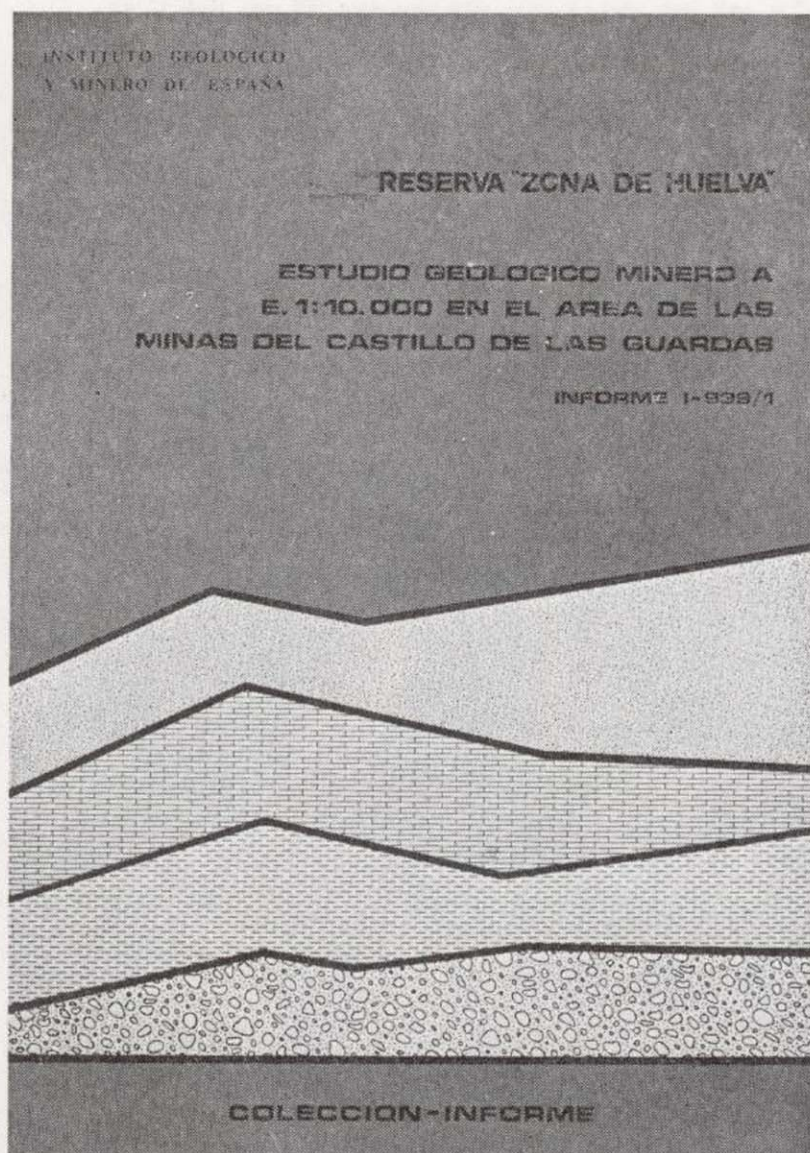
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid (3)

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid (1)



RESERVA ZONA HUELVA

- 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castiblanco de los Arroyos.
- 2 - Estudio Geológico y Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
- 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
- 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
- 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
- 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
- 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
- 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
- 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
- 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
- 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precio de cada ejemplar, 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

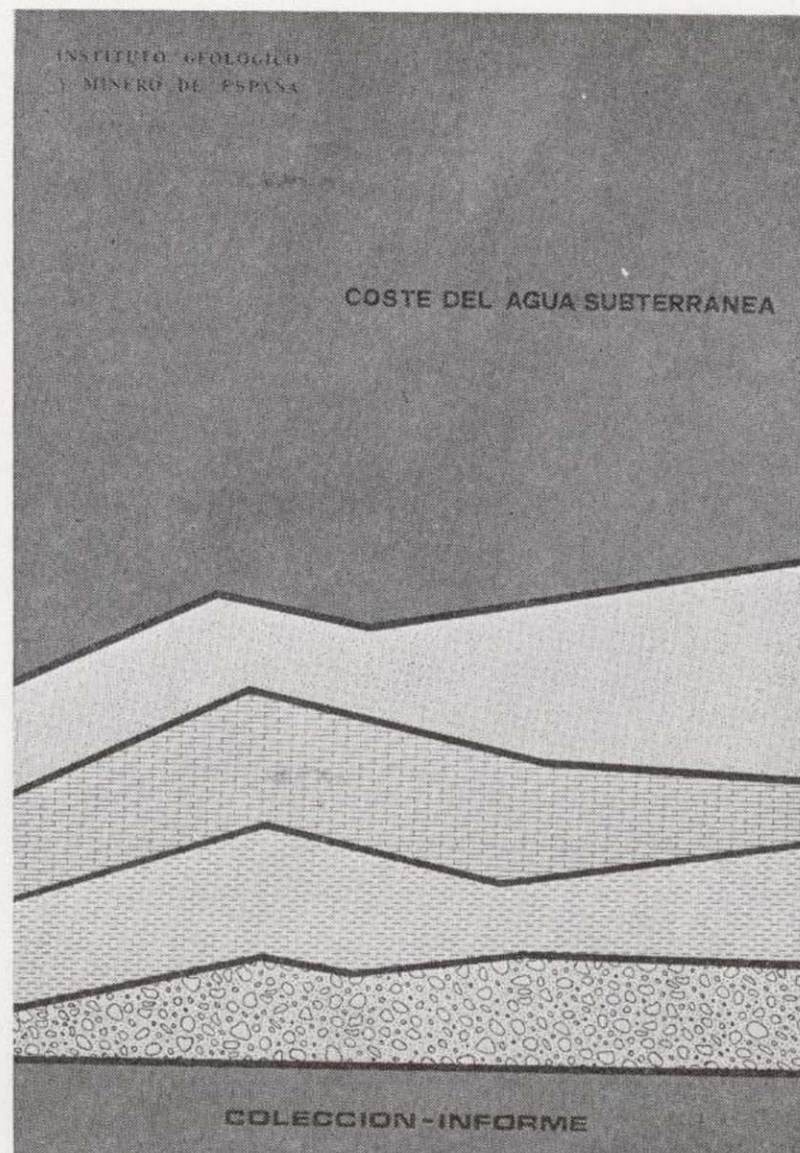
Precio de cada ejemplar, 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1



Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

Hoja n.º	Hoja n.º
8/11 Avila de los Caballeros.	9/13 Toledo.
8/12 Arenas de San Pedro.	10/9 Riaza.
8/13 Talavera de la Reina.	10/10 Torrelaguna.
9/10 Segovia.	10/11 Madrid.
9/11 San Lorenzo del Escorial.	10/12 Getafe.
9/12 Navalcarnero.	10/13 Mora.
	11/9 Sigüenza.
	11/10 Brihuega.
	11/11 Guadalajara.
	11/12 Tarancón.

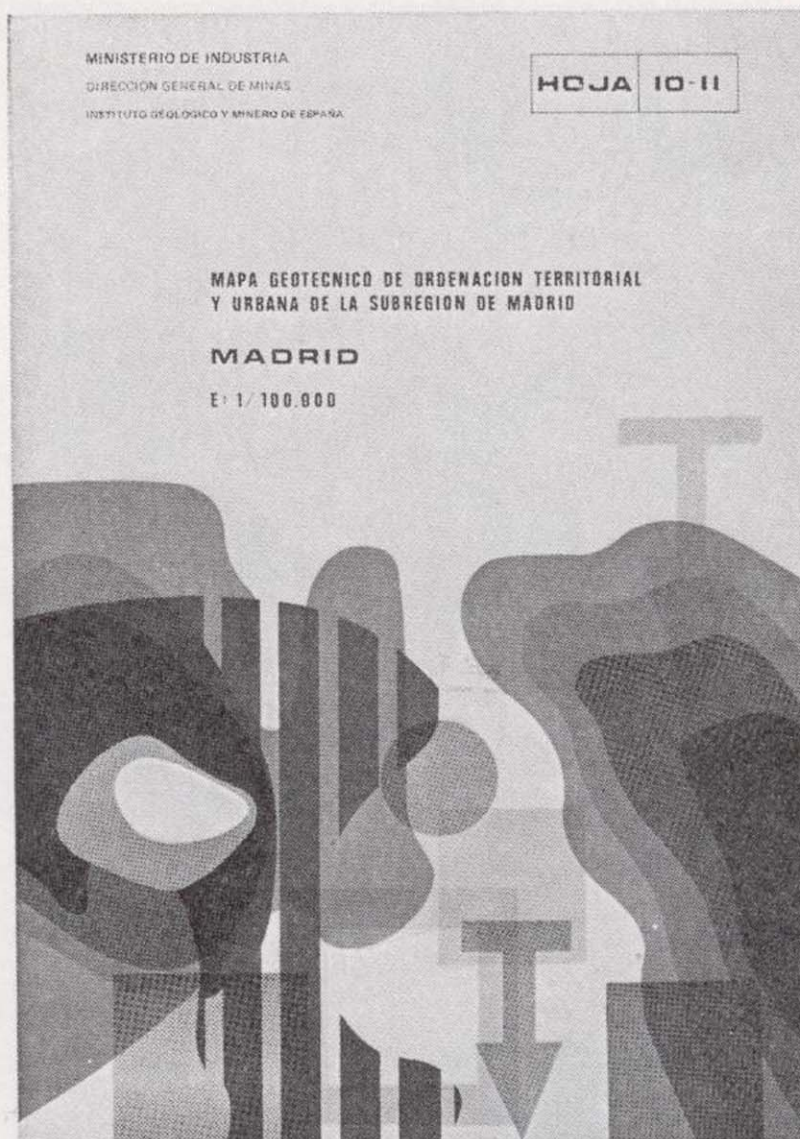
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

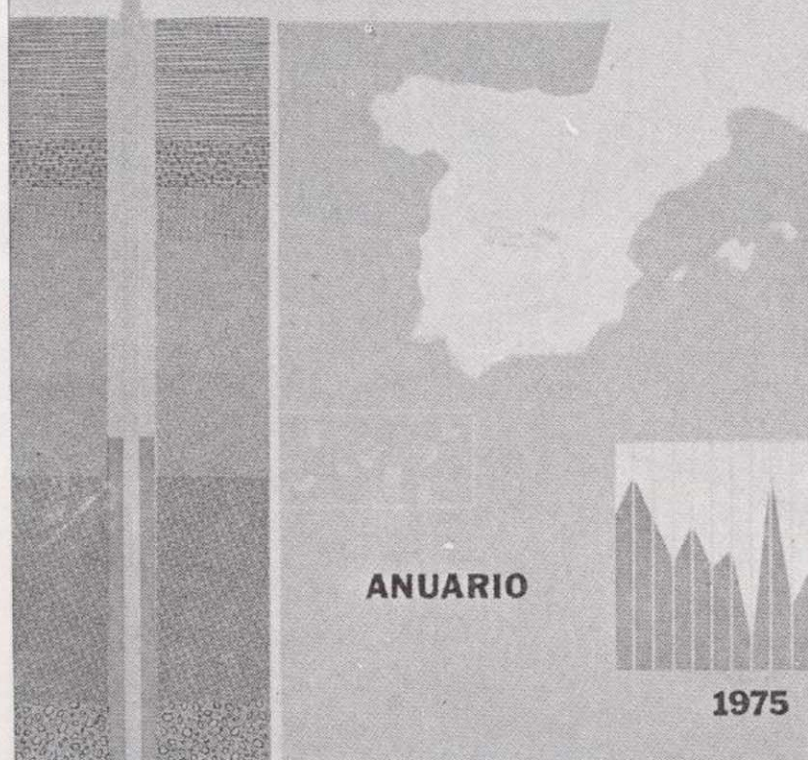
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS

CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR



Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

La publicación más antigua y de mayor difusión del Instituto Geológico y Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da, a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.



El último tomo publicado es el 83 que corresponde al año 1977 (fascículo I a VII), y comprende 21 trabajos de Geología, 5 de Minería, 4 de Aguas Subterráneas, 8 de Geofísica, 2 de Geotecnia, 2 de Energía y 6 de Estudios de Minerales y Rocas que hace un total de 577 páginas más un total de 180 páginas dedicadas a diversos temas de información.

Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica industrias extractivas y de su beneficio

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)

ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.100 ptas.
DEMÁS PAISES 1.350 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País

Fecha

FIRMA

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.
Talón nominativo.

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

TODA LA RIQUEZA MINERA EN SUS MANOS MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA

Serie de 93 hojas con memoria descriptiva



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Claudio Coello, 44, Madrid-1

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23, Madrid-3

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotográficas.

Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.

Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.

Análisis Químicos.

Microsonda Electrónica.

Metalogenia.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalontología.

Geotecnia.

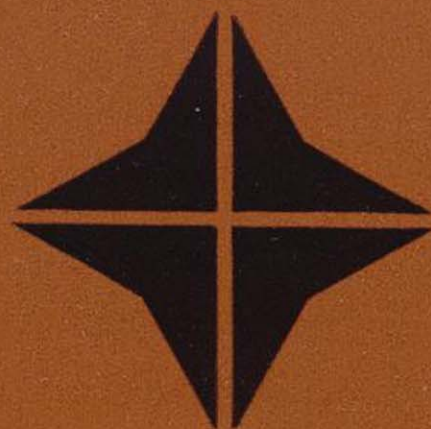
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- GEOLOGIA
- AGUAS SUBTERRANEAS
- EXPLORACION MINERA
- EXPLORACION PETROLERA
- SONDEOS
- ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- GEOTECNIA
- GEOFISICA
- LABORATORIOS



CGS Compañía
General de
Sondeos, S.A.

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque 3 - Majadahonda (MADRID)

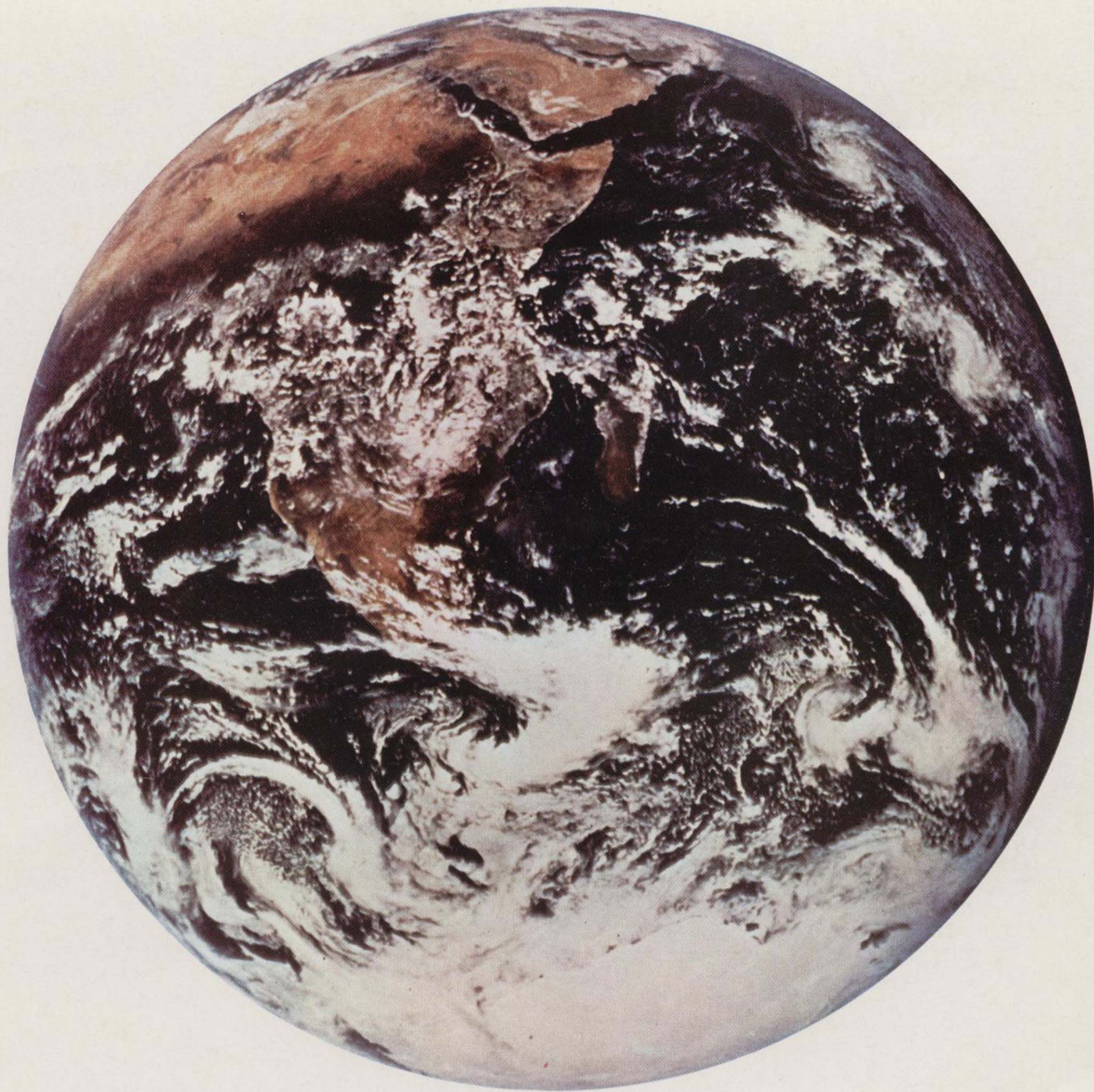
ESTUDIOS DE:
Geología
Hidrogeología
Geofísica
Geotecnia
Minería
Análisis de materiales
Sondeos



Juan Ramón Jiménez, 22, 4^a dcha.

Teléf. 458 75 58

Madrid 16



Ibergesa

Ibérica de Especialidades Geotécnicas, SA