

19 MAYO 1980

En este número:

- Posición cronológica de los sitios de ocupación Achelense de Aridos (Valle del Jarama, Arganda, Madrid)
- El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético.
- Nuevas reflexiones sobre la hoja 857 Valsequillo (Córdoba-Badajoz).
- Presencia de formaciones vulcano sedimentarias y mineralizaciones de hierro asociadas en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa (Córdoba).
- Estudio hidrogeoquímico de la zona occidental de la Hoja geológica núm. 377, correspondiente a El Burgo de Osma (Soria).
- Utilización del Geotermómetro Na-K-Ca en la prospección preliminar de áreas geotérmicas.
- Sobre la presencia de paragonita y pirofilita en las filitas del Complejo Nevado-Filabride en la Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España).
- El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico Español (Sistema Central-Toledo).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. LXXXIX, Quinto Fascículo. Septiembre - Octubre 1978

boletín geológico y minero

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





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



**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

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

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

AGUA Y SUELO, S. A.

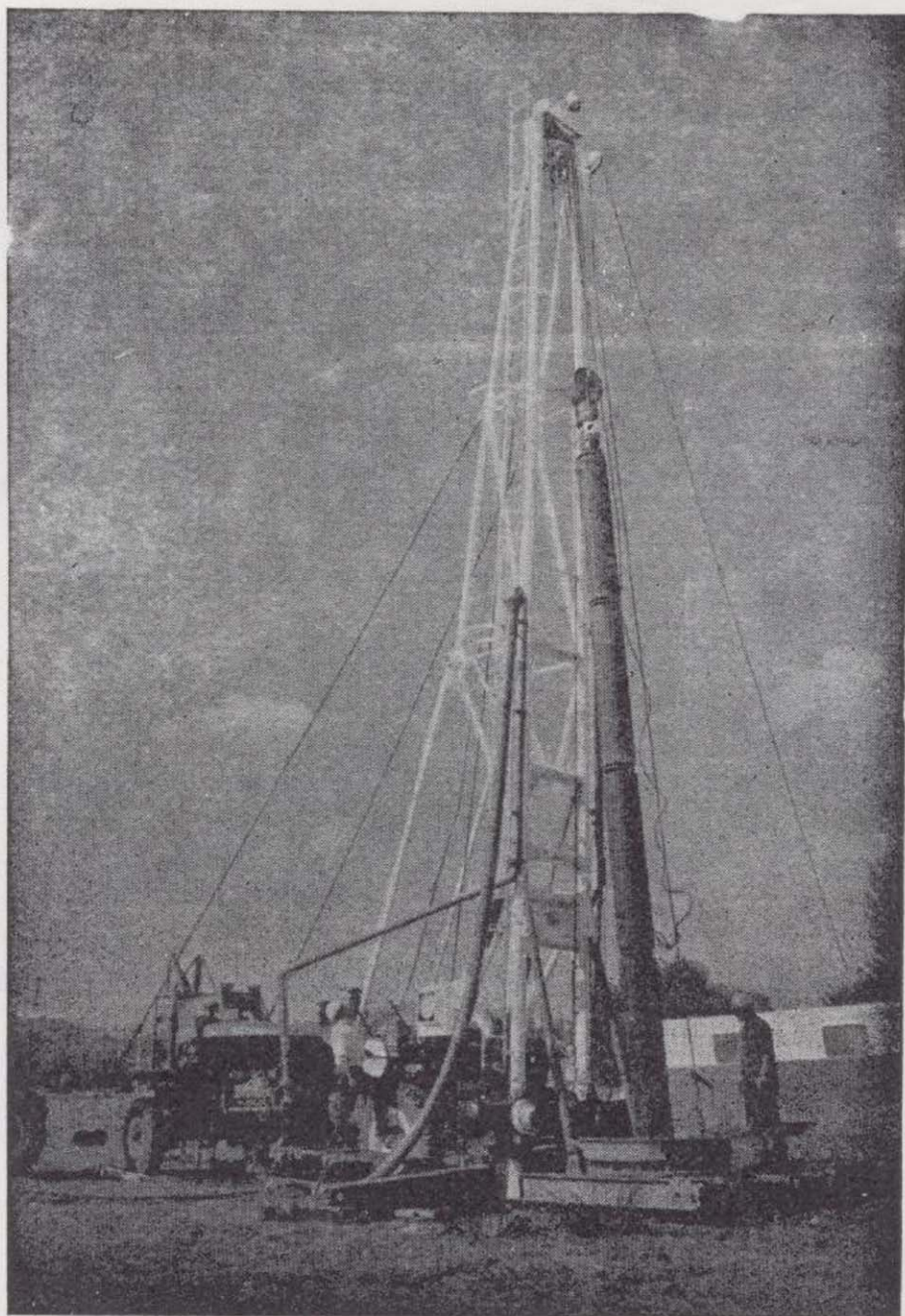
Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

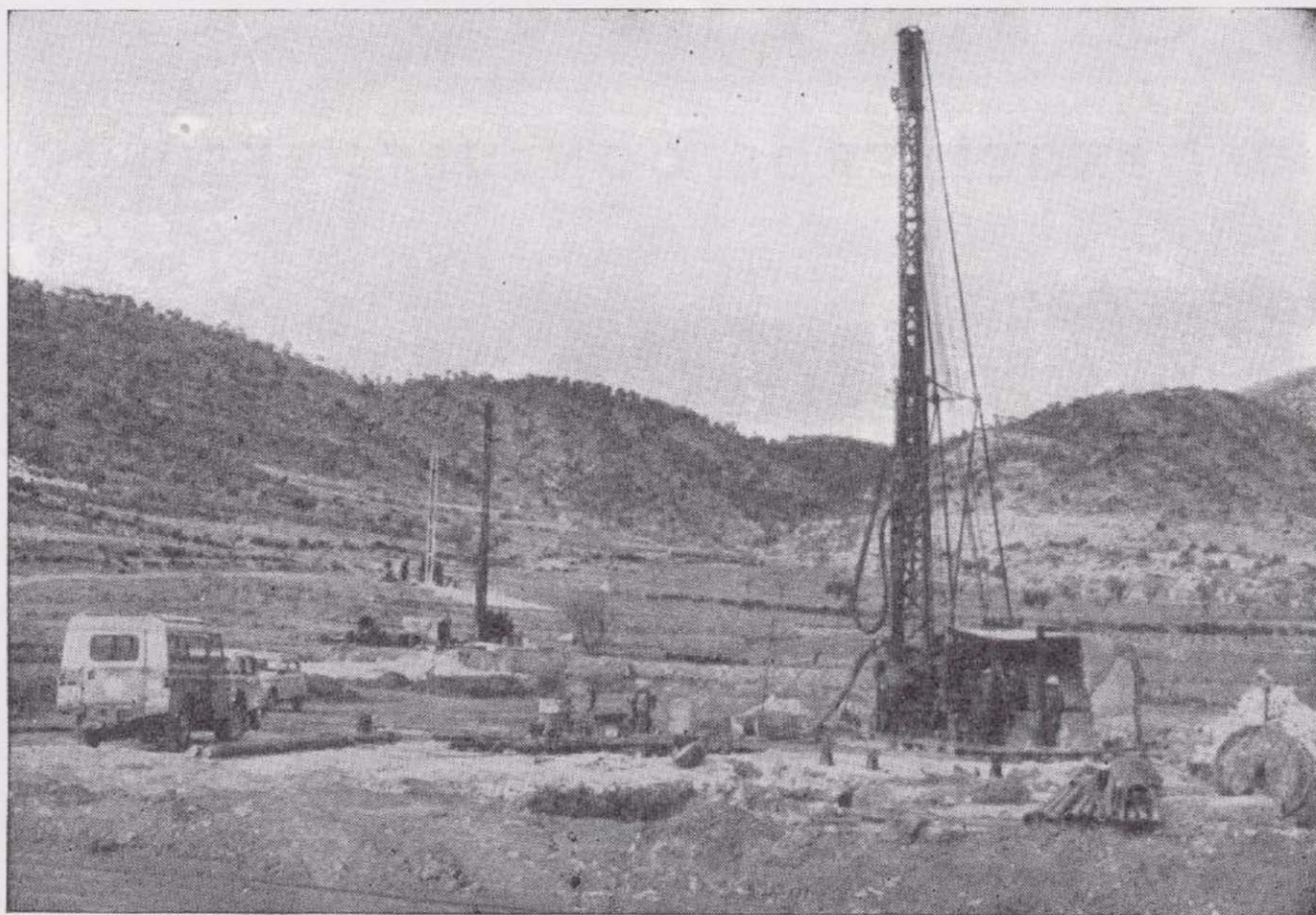
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

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

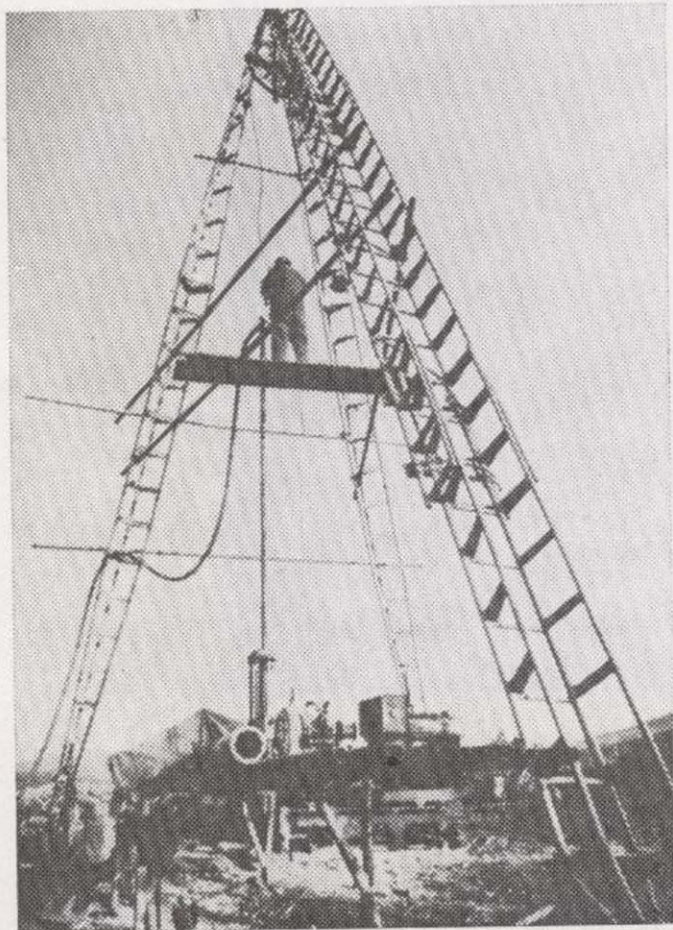
Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.



MINERIA.

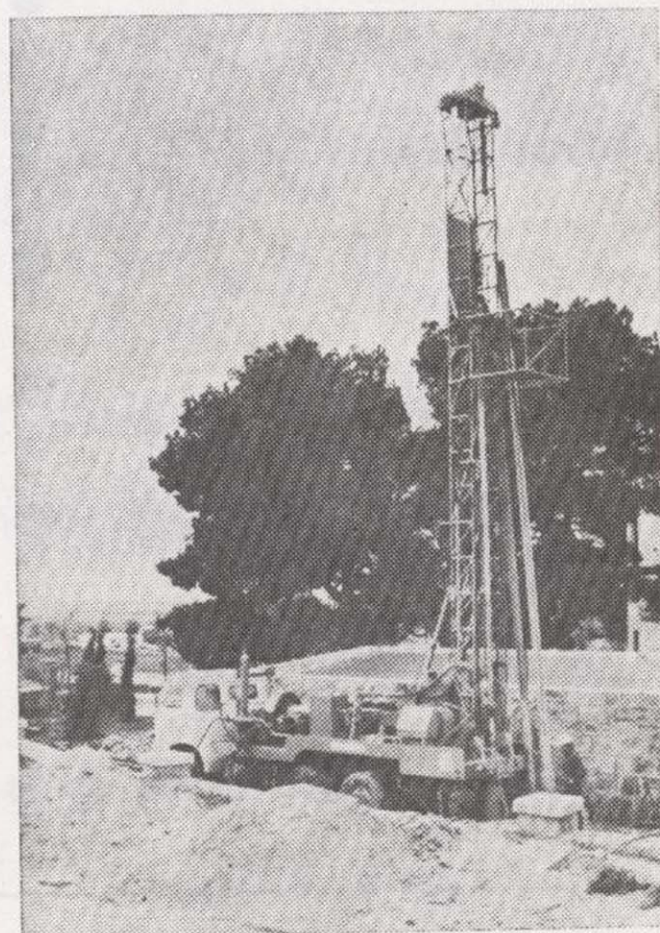
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.

ESTRATIGRAFICOS.

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESPECIALES, ETC.

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



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

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

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



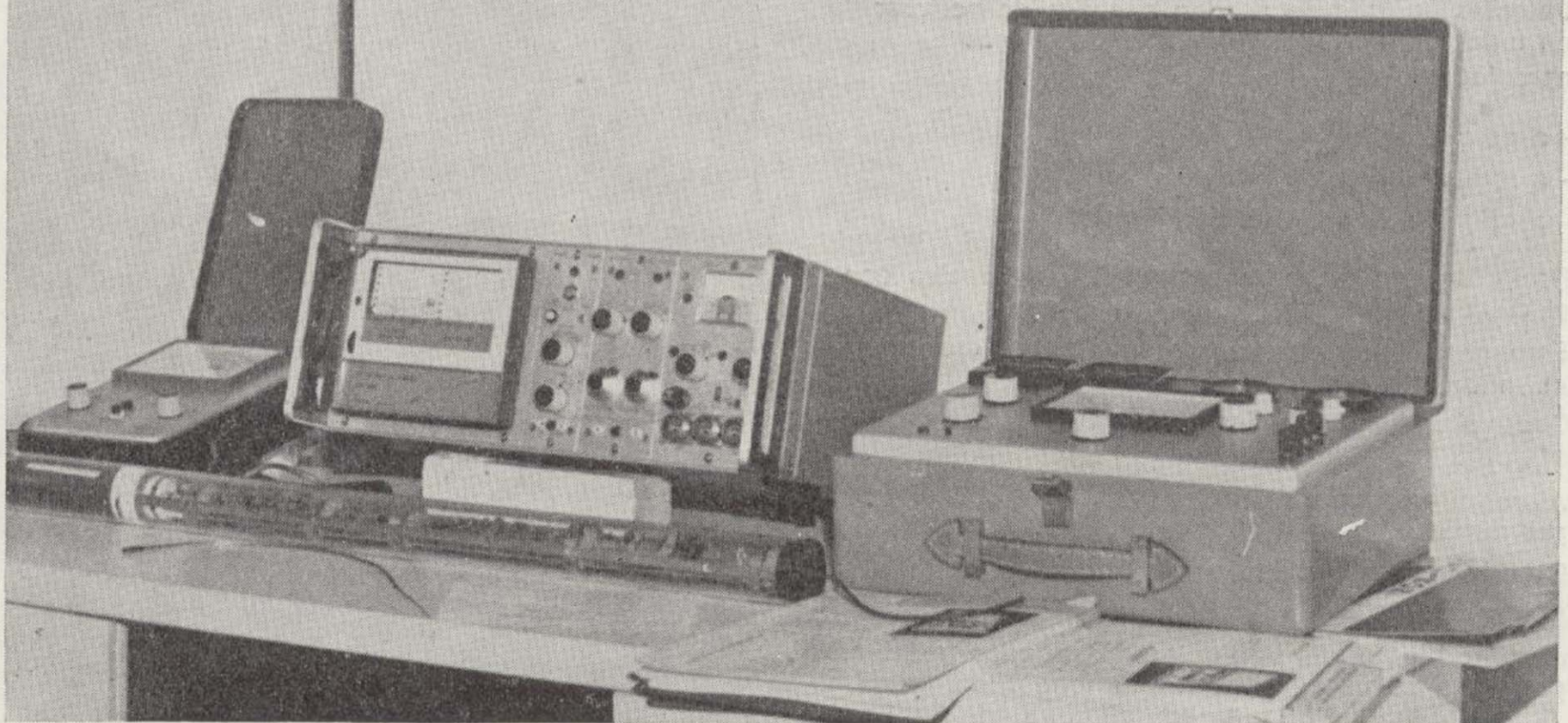
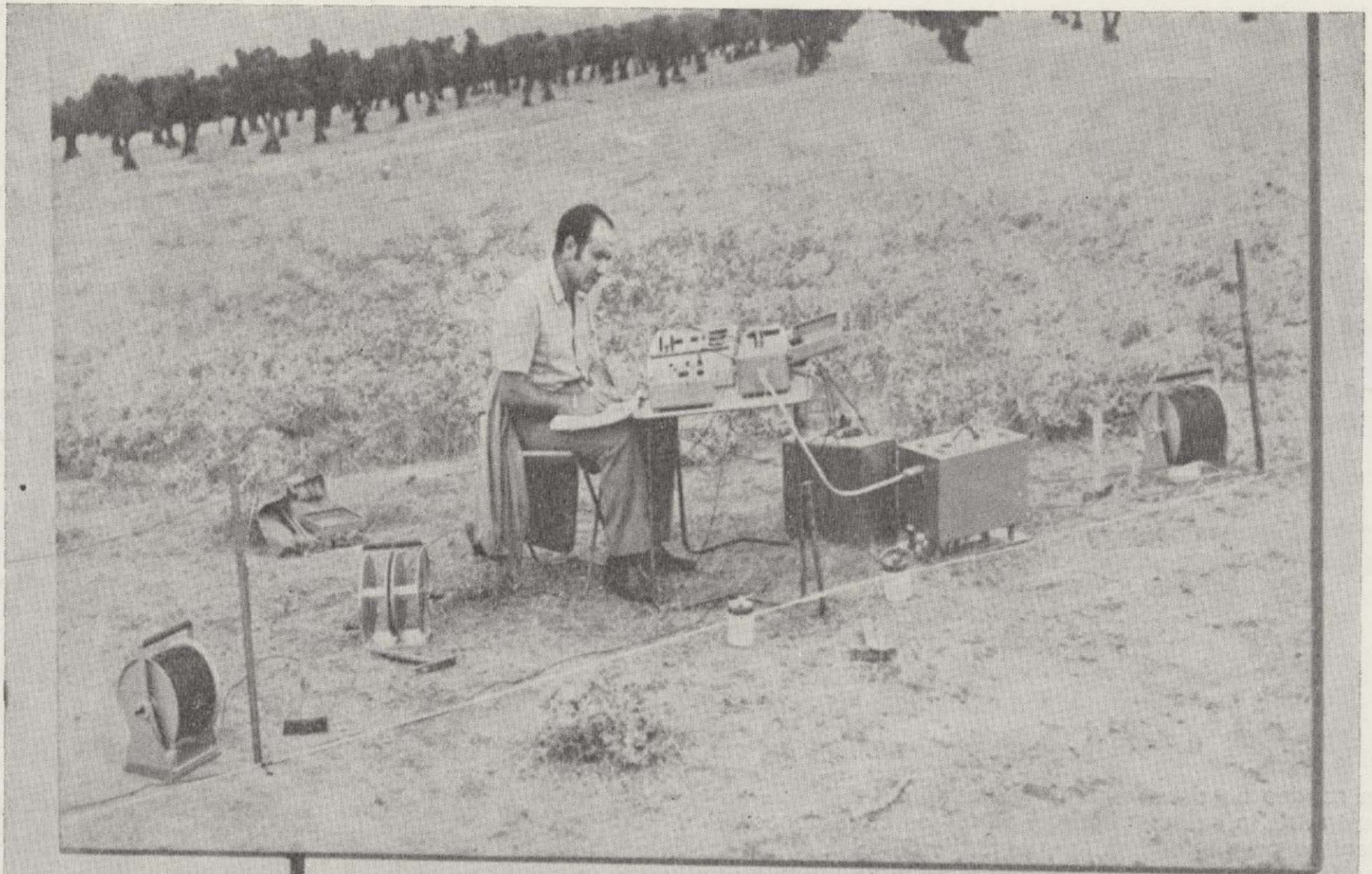
EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN
A.C. Y D.C.
POLARIZACION ESPONTANEA
POLARIZACION INDUCIDA
MÉDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS
CONTROL AVANCE DE SONDEOS
TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)
MAGNETOMETROS

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

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



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

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

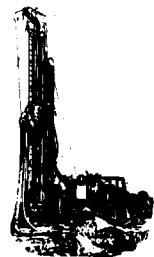
TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS



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 V

Septiembre - Octubre 1978

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

| | | |
|-------------------------------------|--|----|
| Geología | M. SANTONJA, N. LÓPEZ, A. PÉREZ-GONZÁLEZ y M. A. QUEROL: Posición cronológica de los sitios de ocupación Achelense de Aridos (Valle del Jarama, Arganda, Madrid) | 1 |
| | J. P. CALVO, E. ELIZAGA, N. LÓPEZ MARTÍNEZ, F. ROBLES y J. USERA: El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético | 9 |
| | T. FEBREL MOLINERO: Nuevas reflexiones sobre la hoja 857 Valsequillo (Córdoba-Badajoz) | 29 |
| Minería | L. J. BAEZA-ROSANO, C. RUIZ GARCÍA y M. RUIZ-MONTES: Presencia de formaciones vulcano-sedimentarias y mineralizaciones de hierro asociadas en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa (Córdoba) | 33 |
| Aguas Subterráneas | C. ALVAREZ HERRERO, F. DE PEDRO HERRERA, C. DEL HOYO GARCÍA y J. SÁNCHEZ GARCÍA: Estudio hidrogeológico de la zona occidental de la Hoja geológica núm. 377, correspondiente a El Burgo de Osma (Soria). XV | 40 |
| Energía | C. PANICHI y E. R. BADIOLA: Utilización del Geotermómetro Na-K-Ca en la prospección preliminar de áreas geotérmicas. 61 | 61 |
| Estudio de minerales y rocas | M. T. GÓMEZ-PUGNAIRE, F. P. SASSI y D. VISONA: Sobre la presencia de paragonita y pirofilita en las filitas del Complejo Nevado-Filabride en la Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España) | 70 |
| | A. APARICIO YAGÜE y E. GALÁN HUERTOS: El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico Español (Sistema Central - Toledo) | 77 |
| Información | La infraestructura geológica y la planificación territorial.—La enseñanza de la minería en el mundo Hispánico (Noticias históricas). — Noticias. — Información legislativa. — Notas bibliográficas | 89 |

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

Ejemplar completo, sin cráneo, de **«Paraethomys miocaenicus»**.
Cantera C.E.KE.S.A. Provincia de Albacete.

Foto N. LOPEZ

Posición cronológica de los sitios de ocupación Achelense de Aridos (Valle del Jarama, Arganda, Madrid).⁽¹⁾

Por M. SANTONJA (**), N. LOPEZ (***), A. PEREZ-GONZALEZ (***) y M. A. QUEROL (****)

RESUMEN

En las proximidades de Arganda, valle del río Jarama, se localizan en la terraza de "+15-20" metros, y a techo de la unidad litoestratigráfica inferior (Arganda I), los *sitios de ocupación* Achelense de Aridos. La fauna fósil de vertebrados del yacimiento de Aridos I, con 55 especies, es la más completa del Cuaternario español. La industria lítica de los niveles inferiores de Arganda I (tramo A), puede ser atribuida por las características tipológicas de bifaces y utensilios sobre lasca al Achense antiguo; la asociada al yacimiento de Aridos I corresponde a una serie corta y muy especializada. La fauna de micromamíferos encontrada sitúa al yacimiento de Aridos I dentro de la sucesión del Pleistoceno medio de España, próxima en el tiempo al yacimiento de Higuero y en relación con el yacimiento francés de Saint-Estève Janson, que estaría estratigráficamente por debajo de Aridos I.

RESUMÉ

Dans les alentours d'Arganda, vallée de la rivière Jarama, on a localisé dans la terrasse de "+15-20" m au toit de l'unité lithostratigraphique inférieure (Arganda I,) les sites d'occupation Achéuléens d' Aridos. La faune fossile de Vertébrés d' Aridos I, avec 55 espèces, est la plus complète du Quaternaire espagnol. L'industrie lithique des niveaux inférieures d'Arganda I, peut être rattachée, d'après leurs caractéristiques typologiques de bifaces et d'outils d'éclat à l'Achéulé en ancies; l'industrie associée au gisement d' Aridos I est constituée par une série d'éléments peu nombreux et très spécialisés. La faune de micromammifère trouvée place le gisement d' Aridos I dans la succession du Pléistocène moyen de l'Espagne, proche dans le temp au gisement de l'Higuero et en rapport avec le gisement français de Saint-Estève Janson, qui serai stratigraphiquement sous le gisement d' Aridos I.

INTRODUCCION

Los sitios de ocupación achelense de Aridos se localizan en la orilla izquierda del río Jarama, 3 kilómetros al SE de su confluencia con el río Manzanares. Hoja núm. 583 del M.T.N.; 3°30'50" long. O y 40°17'30" Lat. N.

Tanto en el valle del Jarama, como en el de Henares y Tajo, se ha reconocido un elevado número de terrazas construidas durante el Pleistoceno, con

cotas relativas que oscilan entre los +3/5 metros de la llanura de inundación, a los +150/160 metros de la terraza más alta. Concretamente entre Mejorada del campo, Velilla y Arganda, el río Jarama ha construido terrazas a +3/5 metros (llanura aluvial), "+15/20" metros, +40/41 metros, +52/53 metros, +82/83 metros, +99/100 metros, +125/126 metros y +147/148 metros (PÉREZ-GONZÁLEZ, 1978).

La terraza de "+15/20" metros presenta al S de Velilla dos escalones a +17/18 metros y +24/25 metros, y ha sido sometido a una intensa explotación industrial en la cantera de Aridos, S. A. Los cortes abiertos permiten reconocer en dicha terraza cuatro unidades litoestratigráficas que se han denominado Arganda I, II, III y IV. En Arganda I, unidad más inferior, a techo, en arenas finas limoarcillosas de color verde, se localizan los *sitios de ocu-*

(1) Para una información más completa, véase *Ocupaciones Achelenses en el Valle del Jarama* (Arganda, Madrid), M. Santonja, N. López y A. Pérez-González. Ed. Dip. Prov. Madrid (en prensa).

(*) Museo Provincial Salamanca.

(**) Instituto Lucas Mallada, CSIC. Madrid.

(***) Instituto Geológico y Minero, Div. Geología, Madrid.

(****) Museo Provincial de Avila.

pción JR-AR-01 y JR-AR-02 en facies de llanura de inundación. Ha podido establecerse una fase de distensión acaecida durante el Pleistoceno medio, que separa Arganda I y II de Arganda III (Pérez González, o.c.).

En el nivel B de Arganda I se han excavado dos áreas de 112 (JR-AR-01) y 12 (JR-AR-02) metros cuadrados, que correspondían a dos sitios de ocupación achelenses; el primero de los citados contenía dos suelos sucesivos, el más reciente con una riquísima asociación faunística, y el más antiguo con los restos de un *Palaeoloxodon antiquus* troceado por el hombre, al igual que el único suelo registrado en JR-AR-02. En todos ellos apareció industria lítica.

LA FAUNA

La fauna de Arganda I, es la fauna fósil de Vertebrados más completa del Cuaternario español. Consta de 55 especies, con más de doscientos individuos, representando probablemente la mayor parte de la fauna existente en aquel momento en los alrededores del yacimiento. Su relación es la siguiente:

Peces:

| | |
|----------------------------------|---|
| <i>Anguilla anguilla</i> | 2 |
| <i>Esox lucius</i> | 1 |
| <i>Alosa</i> sp. | 2 |
| <i>Barbus</i> sp. | 3 |
| <i>Leuciscus cephalus</i> | 2 |
| <i>Chondrostoma</i> sp. | 3 |
| <i>Carassius</i> (?) | 1 |

Anfibios:

| | |
|---|----|
| <i>Pelobates cultripes</i> | 19 |
| <i>Rana ridibunda</i> | 10 |
| <i>Bufo bufo</i> | 4 |
| <i>Discoglossus pictus</i> | 1 |
| Aff., <i>Alytes</i> | 1 |
| <i>Hyla arborea/meridionalis</i> | 1 |

Reptiles:

| | |
|---|----|
| <i>Elaphe</i> cf. <i>scalaris</i> | 1 |
| Colubrinae indet. | 1 |
| <i>Lacerta</i> cf. <i>lepidota</i> | 4 |
| <i>Lacerta</i> sp. | 10 |
| <i>Emys orbicularis</i> | 3 |

Aves:

| | |
|---|---|
| <i>Anas platyrhynchos</i> | 1 |
| <i>Anas crecca</i> | 1 |
| <i>Anas clypeata</i> | 2 |
| <i>Accipiter nisus</i> | 1 |
| <i>Alectoris grecca/rufa</i> | 4 |
| <i>Perdix palaeoperdix</i> | 4 |
| <i>Porzana porzana</i> | 1 |
| <i>Columba oenas</i> | 4 |
| <i>Columba palumbus</i> | 2 |
| <i>Strix aluco</i> | 1 |
| <i>Upupa epops</i> | 1 |
| <i>Picus viridis</i> | 1 |
| <i>Dendrocopos major</i> | 1 |
| <i>Galerida cristata</i> | 2 |
| <i>Hirundo rustica</i> | 1 |
| <i>Turdus pilaris</i> | 2 |
| <i>Turdus iliacus</i> | 3 |
| <i>Parus cristatus</i> | 1 |
| <i>Coccothraustes coccothraustes</i> | 1 |
| <i>Corvus monedula</i> | 3 |

Mamíferos:

| | |
|--|-----|
| <i>Sorex</i> sp. | 1 |
| <i>Crocidura</i> aff. <i>russula</i> | 2 |
| <i>Pipistrellus</i> sp. | 1 |
| Vespertilionidae indet. | 1 |
| Canidae indet. | 1 |
| <i>Castor fiber</i> | 2 |
| <i>Eliomys quercinus</i> | 4 |
| <i>Allocricetus bursae</i> | 7 |
| <i>Microtus brecciensis</i> | 19 |
| <i>Arvicola</i> cf. <i>sapidus</i> | 6 |
| <i>Apodemus</i> cf. <i>sylvaticus</i> | 15 |
| <i>Lepus</i> sp. | 2 |
| <i>Oryctolagus</i> cf. <i>lacosti</i> | 38 |
| <i>Sus</i> sp. | 1 |
| <i>Cervus elaphus</i> | 2 |
| Bovidae indet. | 2 |
| <i>Palaeoloxodon antiquus</i> | 1 |
| Total número de especies | 55 |
| Total número de individuos | 221 |

Se obtuvo una fauna de Gasterópodos pobre y poco variada. Entre la Ictiofauna destaca la presencia de *Esox lucius*, primera cita en el Pleistoceno de la Península Ibérica, así como la del sáballo, muy alejado de la costa. En la batracofauna, rica y variada, domina *Pelobates*, y se cita por primera vez *Hyla*. Los reptiles son relativamente numerosos, aunque menos variados que los anteriores.

Las aves son abundantes, con algunas formas del Pleistoceno medio distintas de las actuales (*Perdix palaeoperdix* y *Dendrocopos major submajor*). Los mamíferos grandes están constituidos por formas de bosque: elefantes adultos, cérvidos, carnívoros y bóvidos infantiles, hipopótamo y un fragmento de suido. Hay abundantes lagomorfos y roedores ripícolas, de pradera o estepa, con pocas formas forestales en este grupo (2).

La asociación faunística registrada indica un clima similar al actual en esta región y un caudal muy superior del río, lo que sugiere precipitaciones más elevadas.

LA INDUSTRIA LITICA

Además de la industria lítica recogida en los sitios de ocupación, los niveles inferiores de Arganda I (tramo A), proporcionaron una importante serie compuesta por los siguientes elementos:

| | |
|-------------------------------------|----|
| Puntasseudolevallois | 1 |
| Raedera simple recta | 1 |
| Raedera simple convexa | 1 |
| Raedera desviada | 1 |
| Raedera transversal convexa | 1 |
| Raedera transversal cóncava | 1 |
| Raederas con retoque abrupto | 2 |
| Raedera con dorso adelgazado | 1 |
| Buril | 1 |
| Cuchillos de dorso natural | 4 |
| Denticulados | 3 |
| Diversos | 5 |
| Cantos trabajados | 14 |
| Bifaces | 14 |
| Hendedores | 7 |
| Triédros | 4 |
| Núcleos | 15 |
| Lascas | 64 |
| Fragmentos | 10 |

Sus características principales son (Santonja y Querol, 1978):

— Diversidad de los utensilios sobre lascas, que presentan modalidades simples de retoque. No se encontró ningún utensilio con retoque de estilo

(2) El estudio de la fauna ha sido realizado por E. Jiménez (Quelónios), A. Morales (Peces), J. Morales y M. D. Soria (Carnívoros), C. Mourer-Chauviré (Aves), F. Robles (Gasterópodos), F. B. Sanchiz y J. L. Sanz (Anfibios y reptiles), E. Soto (Artiodáctilos y Proboscídeos) y N. López (Micromamíferos).

Quina. Tampoco aparecen en esta serie tipos evolucionados, como pueden ser las raederas convergentes, las bifaciales o verdaderas lascas truncadas.

— Aunque no se han encontrado más de dos lascas levallois, su tamaño hace pensar que ya se dominaba esta técnica. Por otro lado existen dos núcleos levallois en la serie.

— Escasez de cantos trabajados, con un 8 por 100 sobre el total de los utensilios.

— Bifaces de tipo primitivo: ficrones, amigdaloides, abbeviillenses, parciales y espesos de filo transversal. Sólo puede considerarse plano a un bifaz del grupo diversos. No hay verdaderos lanceolados, y entre los que poseen silueta estandarizada sólo puede citarse un amigdaloides.

— Predominio casi absoluto de los hendedores de tipo primitivo: cuatro tipo O y un tipo I sobre un total de siete. Silueta poco equilibrada en todos ellos.

— Predominio de los cantos triédricos entre los triédros.

Un conjunto de estas características puede ser atribuido al Achelense antiguo, especialmente si nos atenemos a las características tipológicas de bifaces y utensilios sobre lasca. La única reserva respecto a tal atribución podría ser la presencia de lascas levallois de gran tamaño, que implican la preparación de núcleos de tamaño proporcional, para lo cual deberían dominar dicha técnica.

El suelo inferior de JR-AR-01 proporcionó 331 objetos líticos: 34 utensilios (10,1 por 100), 5 lascas con huellas de utilización, dos puntas de bifaz, 4 percutores, 8 núcleos, una tableta de avivado de núcleo, tres fragmentos de lámina, 38 lascas y 236 esquirlas. Se empleó preferentemente el sílex, más del 95 por 100, y también cuarcita y cuarzo. El IL técnico es de 14,9 y el de facetado estricto de 8,5. En ocasiones se usó percutor elástico en el retoque de algunos utensilios. Aparte del empleo de bifaces —reconocibles por la existencia de dos puntas de avivado de bifaz y diversas lascas de talla de los mismos— destaca la presencia de siete buriles, algunos de ellos muy planos, y un predominio absoluto de utensilios cortantes (lascas levallois, puntas levallois, puntasseudolevallois, cuchillos de dorso y escotaduras).

Se trata de una serie corta y con poca variación, probablemente muy especializada. De las 43 lascas o fragmentos que se transformaron en utensilios o se emplearon directamente, diez son de tipo levallois.

llois, de las que la mitad se retocaron. La existencia de dos puntas de bifaz permite registrar el empleo de la técnica de avivado de bifaz por golpe lateral. (Santonja y Querol 1978 a).

La serie de JR-AR-02 es mucho más reducida, se limita a 34 piezas: cinco utensilios (buril, cuchillo de dorso, bifaz, hendedor y diversos), nueve lascas, dieciséis lascas de talla y fragmentos y cuatro núcleos. Hay que resaltar la presencia entre los utensilios de un bifaz de tipo *ficrón* lanceolado y de un hendedor intermedio entre los tipos 0 y V de Tixier.

CRONOLOGIA DEL YACIMIENTO

Entre todos los restos que han proporcionado los yacimientos de Aridos, los micromamíferos son los que mejor permiten establecer la posición cronológica de los mismos.

La composición de micromamíferos de Aridos (López, 1978), es básicamente similar a la de los otros yacimientos del Pleistoceno medio de la región iberooccitana (Cúllar-Baza, El Higuierón, Saint-Estève Janson, Cueva del Agua, El Arago).

Cuadro I. Bioestratigrafía de yacimientos del Pleistoceno medio, en base a los micromamíferos y sus correlaciones con la cronología alpina. (López, 1978).

| Bioestratigrafía Europa Central | | Francia | España | Correlaciones alpinas DE LUMLEY 1971 | Correlaciones DE LUMLEY 1976 |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------|------------------------------|
| OLDENBURGIENSE | SOLYMAR | NESTLER LAZARET | | | RISS |
| | | ORGNAG 3 | | | |
| | | LA FAGE | | | |
| | | ARAGO | CUEVA DEL AGUA | RISS I | |
| BIHARIENSE | UPPONY | | ARIDOS 1 | | MINDEL |
| | VERSTE-ZOLLOS | SAINT ESTEVE | EL HIGUERON | MINDEL | |
| | TARKÖ | | | | |
| | TEMPLO MHEGY | | CÜLLAR | | |
| | NAGYHAR SANY-HEGY | BOURGADE | | | |
| | BEFTIA | | LAS YEDRAS | | |
| | | BAGUR 2 | | | |

Los yacimientos del Pleistoceno medio de España, desconocidos hasta hace pocos años desde el punto de vista de la bioestratigrafía de Micromamíferos, son actualmente cinco bien estudiados, a los que se suma ahora *Aridos 1*. Los más antiguos (Bagur 2 López y col. 1976; Las Yedras, López y Ruiz, 1977), pertenecen a la base del Bihariense o fase de Beftia, con *Allophaiomys pliocaenicus*. Al Pleistoceno medio típico pertenecen los yacimientos de Cúllar Baza (Ruiz Bustos, 1976; Ruiz y Michaux, 1976). El Higuierón (López, 1972; López y Ruiz, 1977), y Aridos-I, cuyos componentes principales desde el punto de vista bioestratigráfico son *Microtus brecciensis*, *Allocricetus bursae* y *Arvicola*. El nivel evolutivo de cada una de estas líneas filéticas permite establecer una sucesión cronológica de más antiguo a más moderno en el orden citado: Cúllar-Baza (*A. b. balaruciensis/durancensis*, *A. mosbachensis*), El Higuierón (*A. b. durancensis*). A la fase final del Pleistoceno medio pertenece el yacimiento de la Cueva del Agua, con *A. b. pyrenaicus*, *A. cf. sapidus*, y aparición de *Pitymys*, *Pliomys lenki*, etc.

El yacimiento de *Aridos 1* puede ser encuadrado muy claramente dentro de la sucesión del Pleistoceno medio de España, próximo al Higuierón o ligeramente más reciente (N. López, 1978). La forma *A. b. aff. durancensis* permite relacionarlo con el yacimiento francés de Saint-Estève Janson que estaría estratigráficamente por debajo de Aridos. La Cueva del Agua y El Arago, con *A. b. pyrenaicus* se sitúa en un nivel evolutivo bioestratigráfico superior. La pequeña talla y la morfología arcaica de *M. brecciensis* de Aridos acentúan el carácter primitivo de este yacimiento dentro del Pleistoceno medio típico-final, pero la evolución de *Arvicola* indica sin duda un nivel superior a los de Cúllar y Saint-Estève Janson.

Con relación a la escala bioestratigráfica de Europa Central, la correlación es delicada y pasa forzosamente a través de las localidades francesas. Chaline (1976) y López y Ruiz (1977) enfrentan Saint-Estève Janson con las últimas fases del Bihariense (Vértesszöllös/Uppony). Ambas son fases frías en Europa Central, mientras que Saint-Estève Janson y los yacimientos españoles relacionados con él, muestran por el contrario una fauna de clima benigno. Vértesszöllös y por consiguiente Saint-Estève Janson y el Higuierón, pueden ser atribuidos al Mindel (cuya base se correlaciona directamente con

la base de la zona Tarkö). La base del Arago se identifica con la base del Riss (De Lumley, 1971), y entre ambas se debe situar *Aridos 1* (Cuadro I), el cual aún aceptando estas correlaciones estratigráficas, no puede ser atribuido con seguridad a una fase climática alpina; su punto medio estaría en el interglaciar Mindel-Riss (—300.000/—350.000 años) (De Lumley, 1976). Vértesszöllös ha sido datado en —370.000 y El Arago en —320.000 por el método de racemización de aminoácidos (Bada, 1976, *vide*, de Lumley, 1976).

Por otra parte cabe resaltar que las crisis morfoclimáticas en nuestra región parecen corresponder a variaciones de mucha menor importancia, y desde luego no equivalentes a las que definen la alternancia glacial-interglacial en el dominio alpino, o pluvial-interpluvial en el dominio africano. Contrariamente a lo que se venía suponiendo, hay terrazas en las partes bajas de la Depresión de Castilla la Nueva que contienen faunas indicativas de condiciones climáticas suaves. El desarrollo de los valles en esta región durante el Pleistoceno medio y superior, parece estar marcado por tres grandes etapas a las que siguen la construcción de terrazas. Estas etapas marcarían dos crisis morfoclimáticas importantes y una tercera más reciente y de menor intensidad (Cuadro II).

Una cronología como la que aquí se propone para la industria de Arganda I, que deberá ser verificada por otros métodos, puede parecer a primera vista excesivamente antigua. Sin embargo la aparición de la técnica levallois en Europa se ha venido situando en el interglaciar Mindel-Riss (Cagny-la-Garenne, Lunel Viel, cf. Bordes, 1961; Bordes, 1974, etc.) y se ha encontrado bien desarrollada en yacimientos atribuidos al comienzo de la glaciación Riss, como en El Arago, donde, a pesar de un índice levallois bajo, existen lascas y puntas levallois de excelente calidad técnica (De Lumley, 1971). F. Bordes ha destacado la rareza de yacimientos interglaciares con industria en Francia, lo que impide conocer con mayor precisión la evolución del Achelense (Bordes, 1975, o. c.).

En la secuencia descrita por P. Biberson en el norte de Africa (Biberson, 1961) se señala la aparición de técnica levallois en el estadio V de su Achelense, en la serie poco rodada de la Grotte des Ours (cf. Bordes, 1976). Biberson sitúa este estadio en el Amiriense final, después de la consolidación de la Gran Duna amiriense y antes de la transgresión

anfatiense (Biberson, 1963), trasgresión comúnmente situada hacia el Mindel-Riss. La última fase del Amiriense ha sido correlacionada con la *Middle Terrace* IIB/IIIA del Rin inferior (Butzer 1975):

De acuerdo con estos datos, especialmente con los citados del Maghreb, no resulta muy sorprendente la fecha que los micromamíferos indican para los yacimientos de Arganda.

La posición cronológica de estos yacimientos afecta también a otras series industriales localizadas en terrazas del Tajo y sus afluentes que pueden relacionarse con la de Aridos. El yacimiento de Pinedo, en una terraza a +22 m. en la orilla derecha del Tajo, dos kilómetros aguas arriba de Toledo, parece situarse estratigráficamente por debajo de la crisis tectónica que afectó a Arganda I

Cuadro II. Correlación de los niveles continentales del Pleistoceno medio y superior de los valles de los ríos Jarama, Henares y Manzanares. Tentativamente se relaciona con la cronología alpina. (1) Yacimientos de Aridos I y 2 en Arganda I. Arganda II equivalente a Las Acacias (Mejorada del Campo) = ¿San Isidro, niveles inferiores. (2) Cota relativa medida a muro de la terraza. (Según Pérez-González et al. en prensa).

| CRONOLOGIA ALPINA | CRONO-ESTRATIGRAFIA | VALLE DEL RIO JARAMA | VALLE DEL RIO HENARES | VALLE DEL RIO JARAMA | MANZANARES |
|-------------------|----------------------|---|--|------------------------------------|-----------------------------|
| | | Entre Valdepiélagos y San Fernando | Desde Azuqueca de Henares a la confluencia con el Jarama | Desde Mejorada del Campo a Arganda | Desde el Pardo a San Isidro |
| | Holoceno | +2-5 m | +3-5 m | +3-5 m | +1,5-3 m |
| | | Ningún tipo de evolución pedológica | | | |
| | | Terrazas con suelos pardos no cálcicos, pardos calizos y pardos mediterráneos | | | |
| | Pleistoceno Superior | +7-9 m | +8 m | +6-7 m | +10-13 m |
| | | +13 m | +11 m | +17-18 m | +16-18 m |
| | | Terrazas con suelos pardos no cálcicos, suelos pardo-rojizos y suelos rojos mediterráneos | | | |
| | | Bordes de talud: | | | |
| | | +28-29 m | +24 m | de +24-25 m (1) | +30-32 m (2) |
| | | +40-41 m | +30 m | a +14-15 m | (?) +36-40 m |
| | | +40-41 m | +38 m | +40-41 m | (?) +36-40 m |
| | | Terrazas con suelos pardos no cálcicos, suelos pardo-rojizos y suelos rojos mediterráneos | | | |
| | Pleistoceno Medio | +52-54 m | +64-66 m | +52-53 m | +54-57 m |
| | | | | | |
| | Pleistoceno Inferior | | | | |

y II lo que corrobora el aspecto más arcaico de su industria lítica (Querol y Santonja e. p.), que ha sido comparada con la de Terra Amata y la de Ternifine.

Las series conocidas en el valle del Manzanares (Achelense medio de S. Isidro, Achelense superior de S. Isidro y Achelense superior y final de las terrazas de la zona Villaverde Bajo-Perales del Río), así como las del arenoso de Las Acacias en el valle del Jarama (Santonja y Querol, 1978), son más modernas que los sitios de ocupación de Aridos.

No hay criterios objetivos, por el momento, aparte de la industria lítica (Santonja, 1976), para establecer comparaciones con otros yacimientos de la Meseta o de la Península. Concretamente poco podemos decir respecto a los yacimientos de Torralba y Ambrona, puesto que la fauna de éstos comparable a la de Aridos no es muy significativa desde el punto de vista cronológico, y no se conoce con precisión la posición de los yacimientos sorianos dentro de su secuencia local de terrazas. Refiriéndonos a la industria lítica puede aceptarse que el utillaje sobre lasca de Torralba y Ambrona es mucho más complejo y variado que el de Pinedo, donde existe una colección válida para efectuar este tipo de comparación; sin embargo las características de las series de Arganda no permiten añadir otras precisiones.

BIBLIOGRAFIA

BIBERSON, P.: *Le paléolithique inférieur du Maroc Atlantique*. Publications du Service des Antiquités du Maroc. Facs, 17. Rabat (1961).

BIBERSON, P.: *Human evolution in Morocco in the framework of the paleoclimatic variations of the atlantic pleistocene*. In F. C. Howeg and F. Bourliere, ed., "African Ecology and Human Evolution". Chicago. Aldine Publishing Company, pp. 417-447 (1963).

BORDES, F.: *Typologie du paléolithique ancien et moyen*. Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux. Imp. Delmas. Bordeaux (1961).

BORDES, F.: *Le Paléolithique en Europe*. *Texto policopiado*. Université de Bordeaux I. Institut du Quaternaire. Inédito (1974).

BORDES, F.: *Le Paléolithique hors d'Europe*. *Texto policopiado*. Université de Bordeaux. I. Institut du Quaternaire. Inédito (1976).

BUTZER, K. W.: *Pleistocene Littoral-Sedimentary Cycles of the Mediterranean Basin: A. Mallorquin View*. In "After the Australopithecine". K. H. Tutzer y G. Ll. Isaac eds., pp. 25-72 (1975).

CHALINE, J.: *Les Rongeurs du Pléistocène moyen et supérieur de France*. *Systematique, Biostratigraphie, Paleoclimatologie*. "Caheirs Paleont". CNRS. París, 410 páginas (1972).

CHALINE, J.: *Les Rongeurs*. In *La Préhistoire Française*. Vol. I. I. CNRS, pp. 420-424 (1976).

LÓPEZ MARTÍNEZ, N.: *Los Micromamíferos del Cuaternario de Rincón de la Victoria*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.". (Geol.) 70, pp. 223-233 (1972).

LÓPEZ MARTÍNEZ, N.: *Los Micromamíferos (Rodentia, Insectivora, Lagomorpha y Chiroptera) del sitio de ocupación achelense de Aridos-I (Arganda, Madrid)*. En Santonja, López y Pérez-González, eds. (en prensa).

LÓPEZ, N.; MICHAUX, J., y VILLALTA, J. F.: *Rongeurs et Lagomorphes de Bagur 2 (prov. Gerone, Espagne)*. *Nouveau remplissage de fisure du début du Pléistocène moyen*. "Acta Geol. Hisp", 11 (2), pp.46-54 (1976).

LÓPEZ MARTÍNEZ, N. y RUIZ BUSTOS, A.: *Descubrimiento de dos nuevos yacimientos del Pleistoceno medio en el Karst de la Sierra Alfaguara (Granada)*. *Síntesis biostratigráfica para este periodo en la Región Bética*. "Est. Geol." Madrid, 33 pp. 255-265 (1977).

DE LUMLEY, H.: *Le paléolithique inférieur et moyen du Midi Méditerranéen dans son cadre géologique*. I. Ligurie Provence. V sup. "Gallia Prehist." CNRS. París (1971).

DE LUMLEY, H.: *Les civilisations du Paléolithique inférieur en Languedoc méditerranéen et en Roussillon*. In "La Préhistoire Française". I, 2, CNRS. pp. 825-874 (1976).

PÉREZ GONZÁLEZ, A.: *El marco geográfico, geológico y geomorfológico de los yacimientos de Aridos en la Cuenca del Tajo*. En Santonja, López y Pérez-González, eds. (en prensa).

PÉREZ GONZÁLEZ, A.: *Geología y Estratigrafía de los yacimientos de Aridos en la llanura aluvial de Arganda (Madrid)*. En Santonja López y Pérez-González, eds en prensa.

PÉREZ GONZÁLEZ, A.; LÓPEZ, N., y SANTONJA M.: *Secuencia del Pleistoceno medio y superior en la región de*

Madrid y cronología de la terraza de Aridos. En Santonja, López y Pérez-González, eds. (en prensa).

QUEROL, M. A., y SANTONJA, M.: *El yacimiento achelense de Pinedo* (Toledo). Biblioteca Prehistórica Hispánica (en prensa).

RUIZ BUSTOS, A.: *Estudio sistemático y ecológico sobre la fauna del Pleistoceno medio en las depresiones granadinas. El yacimiento de Cúllar de Baza I*. "Tesis Doctoral" Univ de Granada. Fac. Ciencias. Zoología, p. 239, 60 lám. (1976).

RUIZ BUSTOS, A., y MICHAUX, J.: *Le site préhistorique nouveau de Cullar Baza I (province de Granade, Espagne) d'age Pléistocène moyen. Étude préliminaire et analyse de la faune des Rongeurs*. "Geol. Medit.", 3 (3), pp. 173-182 (1976).

SANTONJA GÓMEZ, M., *La industria del Paleolítico inferior en la Meseta Española*. "Trabajos de Prehistoria", vol. 33 pp. 121-164.

SANTONJA, M.; LÓPEZ N., y PÉREZ GONZÁLEZ, A.; eds. *Ocupaciones Achelenses en el valle del Jarama (Arganda, Madrid)*. Pub. Excma. Diputación Prov. de Madrid (en prensa).

SANTONJA, M., y QUEROL, M. A.: *La industria achelense de los niveles fluviales de Aridos*. En Santonja, López y Pérez-González, eds. (en prensa).

SANTONJA M., y QUEROL, M. A.: *Estudio técnico y tipológico de la industria lítica del sitio de ocupación achelense Aridos I (Arganda, Madrid)*. En Santonja, López y Pérez-González, eds. (en prensa).

Recibido. mayo de 1978.

El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético

Por J. P. CALVO (*),

E. ELIZAGA (**), N. LOPEZ MARTINEZ (***) F. ROBLES (****) y J. USERA (****)

RESUMEN

Las cuencas continentales del Mioceno superior situadas en la parte más septentrional de las Cordilleras Béticas (Zona Prebética) presentan marcadas analogías de carácter sedimentológico. El rasgo común más sobresaliente es el predominio del régimen de sedimentación lacustre. Se precisa la edad del cierre del estrecho norbético mediante el hallazgo de faunas de micromamíferos similares a las existentes en Europa durante el Vallesiense superior (*Hispanomys peralensis*, ?*Megacricetodon* sp., *Progonomys hispanicus*, *Heteroxerus* cf. *hurzeleri* y *Rotundomys mundi*, nov. sp). La sedimentación lacustre se continúa hasta el Turolense superior (diatomitas con "*Paraethomys miocaenicus*"). El cierre del estrecho coincide con la última fase de compresión reconocida en la región cuya edad queda situada en la zona 15 de Blow (Serravaliense Superior-Tortonense inferior).

SUMMARY

The continental basin of the upper Miocene located in the northernmost part of the Betic Range have remarkable analogies of a sedimentological character. The most outstanding features of the sediments is the predominant regime of lacustrine sedimentation. Based upon the finding of micromammalian fauna, which is similar to that of the upper Vallesian in Europe (*Hispanomys peralensis*, *Megacricetodon* sp., *Progonomys hispanicus*, *Heteroxerus* cf. *hurzeleri* and *Rotundomys mundi*, nov. sp), the closure of the northbetic strait is here postulated. The lacustrine sedimentation continues until the upper Turolian (diatomites with "*Paraethomys miocaenicus*"). The closure of the strait coincides with the last stage of compression recognized in the region, whose age is the same to that of the 15th zone of Blow (upper Serravalian-lower Tortonian).

I. INTRODUCCION

I. 1. GENERALIDADES

Los depósitos estudiados corresponden a sedimentos en facies continental depositados en cuencas aisladas de pequeña extensión, superpuestas estratigráficamente a los materiales marinos de edad Mioceno medio, en el arco estructural Cazorla-Alcaraz-Hellín, al sur de Albacete (figs. 1 y 2).

Los objetivos planteados se resumen en tres aspectos: precisar la edad de estos depósitos y la correlación entre la sedimentación continental y la

sedimentación marina; establecer los principales trazos de la evolución estructural del Prebético Externo durante el Mioceno superior y precisar la paleogeografía del estrecho Nordbético durante este período.

Durante la realización de este trabajo se han visitado un total de once afloramientos de diferentes cuencas, de los cuales se han estudiado en detalle los ocho que posteriormente se describen.

En los afloramientos en que ha sido posible, se ha efectuado el estudio cartográfico, levantado la serie litológica y recogido muestras para su estudio petrológico y paleontológico. De los niveles con mayores posibilidades de proporcionar fauna de micromamíferos se ha tamizado un total de 600 kilogramos de sedimento.

Agradecemos a J. HERAS la composición y delimitación de la figuras que acompañan a este texto.

(*) Dpto. Petrología. Universidad Complutense.

(**) División de Geología. I.G.M.E.

(***) I. "Lucas Mallada". C.S.I.C.

(****) Dpto. de Geología. Universidad Literaria de Valencia.

I. 2. ANTECEDENTES

Los primeros datos de interés sobre el Neógeno regional aparecen en la obra de BRINKMANN y GALWITZ (1933) sobre el borde externo de las Cadenas Béticas. En ella se describen los materiales del Mioceno marino, a los que atribuyen edad Burdigaliense y probablemente Helveciense y los del continental, que datan como Tortoniense-Sarmatiense. Indican la existencia de varias fases orogénicas; las principales

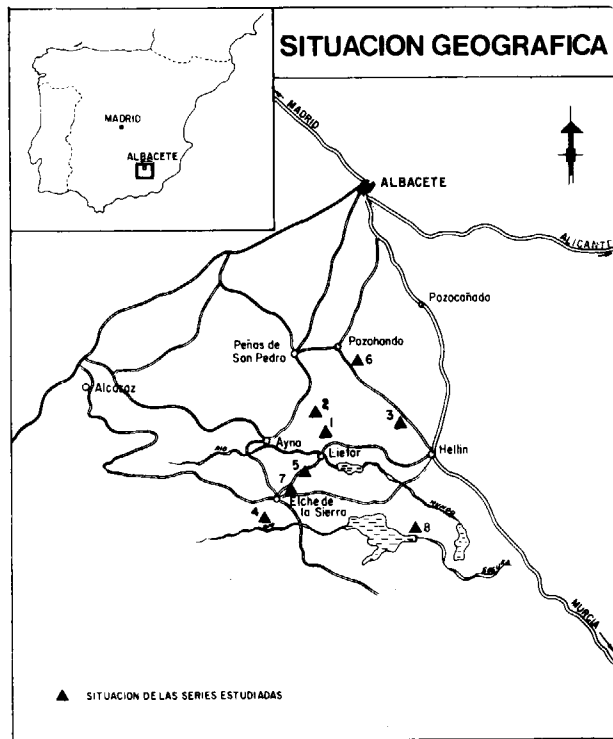


Figura 1

estarían comprendidas entre el Cretácico superior y el Burdigaliense, entre el Burdigaliense y el Helveciense, entre el Helveciense y el Mioceno superior y entre el Mioceno superior y el Diluvial, señalando diversos puntos en que pueden observarse algunas discordancias.

Las memorias de las Hojas 1:50.000 del M.G.N. (primera serie) (I.G.M.E., 1930-1955) coinciden en general con las observaciones de los autores alemanes citados.

FOURCADE (1970) estudia muy suscitadamente el Mioceno de la región, a fin de precisar la edad de las fases tectónicas terciarias. Establece una serie

general para el mismo, que se inicia por calizas de algas con cantos del Jurásico o del Cretácico. Por encima aparece una potente serie de calizas organógenas con *Ostrea* y Pectínidos que alcanzan hasta los 200 metros y en el interior de la cual existe una discordancia angular de 20°, ya señalada por BRINKMANN (o. c.) cerca de Minateda y que el autor francés cita en diversos puntos. Indica que la base de esta formación, considerada hasta entonces como Burdigaliense, presenta una microfauna tortoniense y corrige en consecuencia la edad de la discordancia de Minateda—situada por BRINKMANN y por DUPUY entre el Burdigaliense y el Helveciense—considerándola intratortoniense. Indica que estas calizas molásicas pasan hacia Hellín a margas blancas, con fauna también tortoniense y que hacia la depresión de Ontur-Albatana las calizas con algas del Mioceno superior se sumergen bajo margas blancas con yeso y azufre. En la conclusión indica que no ha reconocido el Burdigaliense y que probablemente este piso no está representado en la región, situando en el mismo una violenta fase de plegamiento.

JEREZ MIR (1971; 1973) ha estudiado la geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes. Diferencia tres unidades litoestratigráficas: una inferior, marina; otra intermedia, lacustre y fluvial y una superior, conglomerática y travertínica. Tras realizar una breve historia sobre la zonación de los foraminíferos pelágicos del Neógeno, describe los materiales marinos, a los que atribuye edad Aquitaniense y Burdigaliense, considerando insegura la presencia de Helvetiense. Utiliza la zonación de Bolli y Postuma, refiriéndose a sus equivalencias con la de Blow. Por lo que se refiere a la unidad intermedia, lacustre con influencias fluviales, la atribuye, ante la ausencia de fauna característica, al Mioceno superior en sentido lato, sin descartar la posibilidad de que los depósitos pudieran alcanzar al Plioceno. El término superior es datado, también sin argumentos paleontológicos, como Plioceno-Cuaternario antiguo.

Existen, además, algunos estudios de detalle referidos a la paleontología de los alrededores de Hellín. Además de los trabajos antiguos de AREITIO y LARRINAGA (1873-1874) y de AZPEITIA (1911) sobre las diatomitas de Hellín, hay que descartar el de MARGALEF (1953) que realiza un interesante estudio paleoecológico de varias muestras de esta roca recogidas por J. R. Batáller. Describe la alternancia de frústulas de diatomeas litorales y restos de crisófi-

ceas planctónicas, interpretando estas últimas como indicadores de floraciones anuales y establece la velocidad de sedimentación en 1/6 de milímetro por año. Supone que el depósito se ha formado en un ambiente litoral lacustre, pero con una cierta influencia de aguas marinas y considera que las especies determinadas carecen de interés estratigráfico y biogeográfico.

Por último JODOT (1958) describe numerosas especies de gasterópodos continentales de un yacimiento situado en el kilómetro 313 de la carretera de Murcia a Hellín, a 7,5 kilómetros de esta última localidad, al que atribuye una edad Plioceno superior-medio.

Por último, los trabajos más recientes que integran las cuencas estudiadas, están recogidos en las hojas del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) de escala 1:50.000. En estas publicaciones no se hace mención especial al Mioceno continental, pero ha sido la problemática planteada sobre su edad, la que ha promovido la realización del trabajo que se expone a continuación. En las hojas número 816 (Peñas de San Pedro), número 817 (Pozo-Cañada) y número 842 (Lietor) se asignó a estos depósitos la edad Mioceno superior-Plioceno, s. l. por posición estratigráfica, a falta de datos más precisos en ese momento.

II. SITUACION GEOLOGICA REGIONAL

El área de estudio se encuentra situada en la zona más externa de las cordilleras Béticas (Zona Prebética).

Los materiales mesozoicos más antiguos que afloran en esta región corresponden a sedimentos de edad triásica, constituidos por areniscas y arcillas en la base, arcillas con pasadas de dolomías y margas y arcillas y yesos, que culminan con un tramo de dolomías tableadas. (Formación Imón, GOY, GÓMEZ y YÉBENES, 1976.)

El Jurásico está representado en la región por:

a) Lías, constituido por carniolas, margas y arcillas, dolomías y margas y arcillas con intercalaciones calizas. b) Dogger, con calizas oolíticas y dolomías de grano grueso y c) Malm, con calizas rosadas con Ammonites (Oxfordiense superior), margas arcillosas, alternancias de margas y calizas o areniscas y calizas oolíticas a techo.

El Cretácico comienza en esta zona con facies terrígenas, arcillas con lentejones de conglomerados y areniscas. Sobre estos niveles se sitúan arcillas margosas, dolomías con algunos niveles de calizas, una alternancia de dolomías y margas (Cenomaniense-Turoniense) y dolomías. La serie cretácica culmina con margas y calizas.

Entre estos sedimentos cretácicos y los primeros niveles claramente miocenos aparecen materiales en facies continental, mal representados en la región. Consisten en conglomerados, areniscas y arcillas rojizas cuya edad puede quedar delimitada entre el Cretácico terminal y el Mioceno inferior.

Durante el Mioceno medio se depositaron, sobre los materiales anteriormente señalados, margas, calizas biodetríticas, areniscas y conglomerados calcáreos, todos ellos de ambiente marino. Constituyen la base estratigráfica de los sedimentos que se estudian en el presente trabajo.

Desde el punto de vista tectónico los afloramientos descritos se encuentran relacionados con el Arco estructural de Cazorla-Alcaraz-Hellín y sus estribaciones orientales (fig. 2). Parte de los afloramientos quedan situados en la zona más externa del Arco, caracterizada por una tectónica de cabalgamiento de

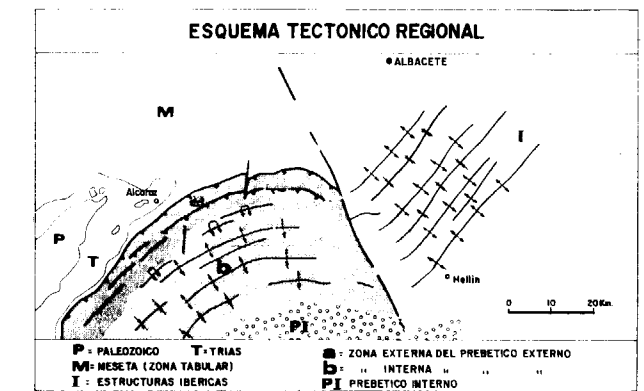


Figura 2

vergenza norte (Zona Externa del Prebético Externo). El otro conjunto de afloramientos está situado en una zona caracterizada estructuralmente por pliegues que en algunos casos presentan amplio radio, constituyendo una zona bien diferenciada de la anterior (Zona Interna del Prebético Externo).

III. LITOSTRATIGRAFIA

A continuación se describen las series y afloramientos en los que se han podido realizar observaciones detalladas. Un resumen y recopilación de las características generales se incluye al final de las descripciones, en el apartado III.8.

III. 1. Serie de Híjar (figs. 3 y 4).

El afloramiento se sitúa al sur de la hoja del Liétor (número 842) junto a la central de Híjar, a orillas del río Mundo (foto 1).

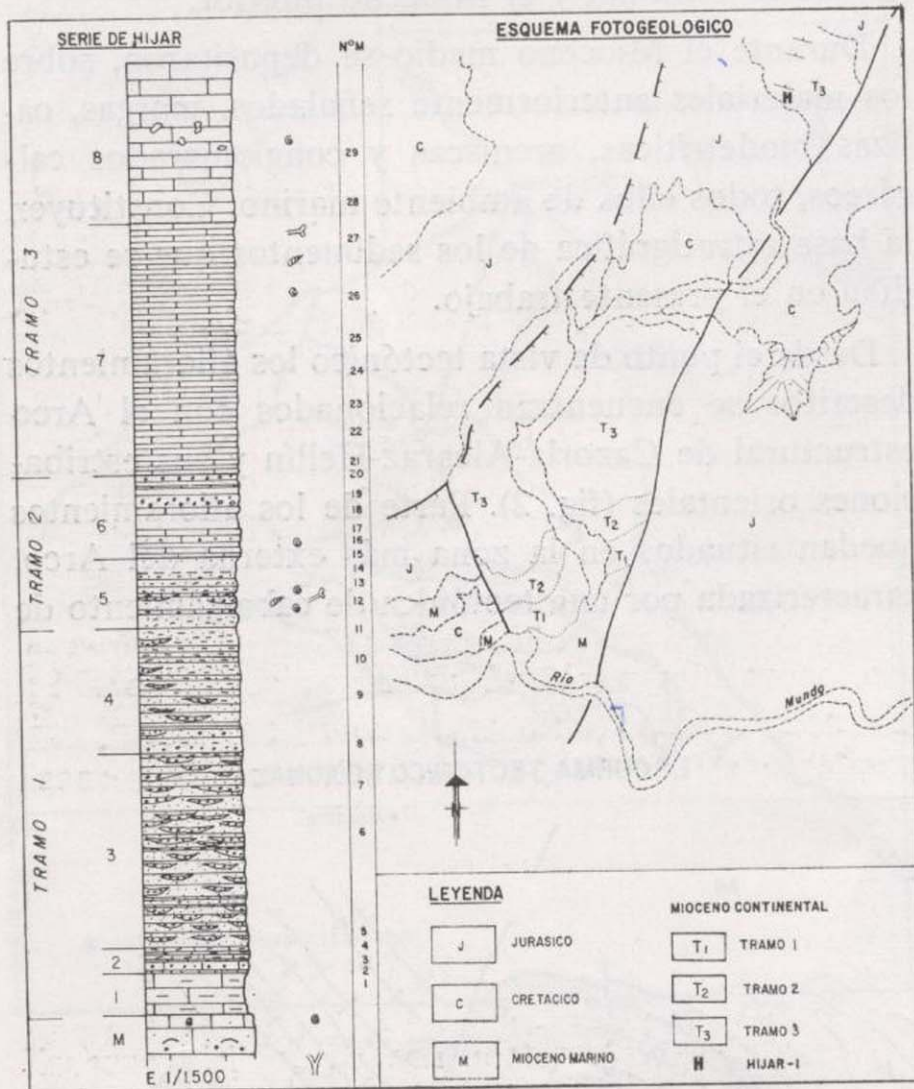


Figura 3

Descripción en el texto

Figura 4

Afloramiento de Híjar

Coordenadas:

$$X = 1^{\circ} 40' 30''$$

$$Y = 38^{\circ} 33'$$

Muro: Conglomerados cuarcíticos con matriz calcáreo-bioclástica y niveles calizos con Pectínidos y Gasterópodos (*Potamides* sp., *Cerithium* sp.), claramente marinos.

Nivel 1: Margas arenosas amarillentas. Azoico. Tramo en gran parte cubierto. Espesor 13 metros.

Nivel 2: Samitas de Q-Fto con matriz arcillosa y cemento calcáreo, en bancos de unos 30 centímetros, con laminación oblicua. Intercalaciones conglomeráticas finas. Espesor 7 metros.

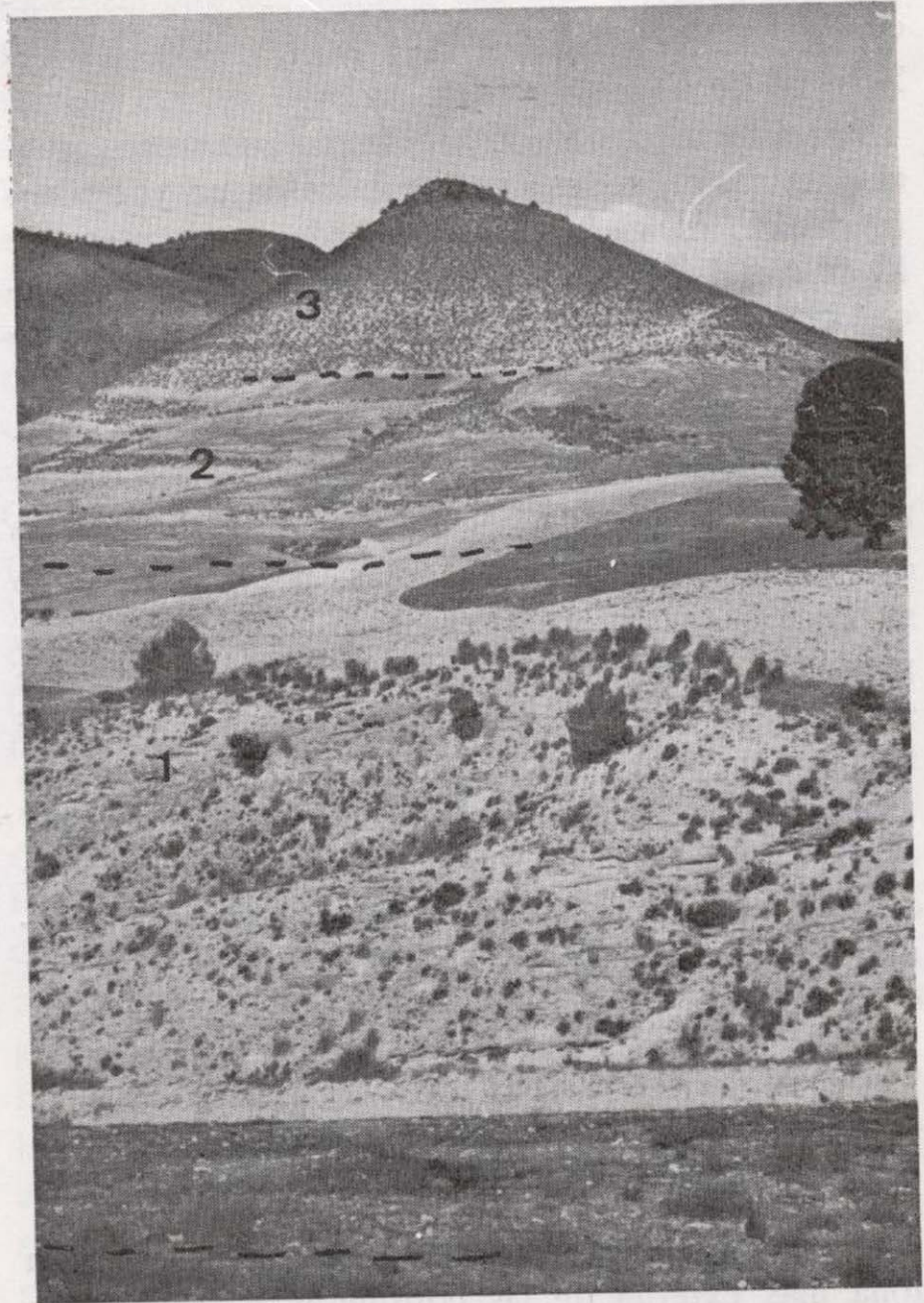


Foto 1

Vista general. Serie de Híjar, con indicación de los tres tramos distinguidos

Nivel 3: Samitas de Q-Fto blanco-amarillentas con cemento calcáreo. Abundantes lentejones conglomeráticos intercalados, con contactos erosivos en la base. Niveles de margas rojizas a techo de algunas secuencias. Espesor 15 metros.

Nivel 4; Samitas de Q-Fto y extraclastos calcáreos. Cemento calcáreo. Lentejones conglomeráticos dispersos. Espesor 35 metros (foto 2).

Nivel 5: Samitas de Q-Fto alternando con conglomerados de pequeño espesor. Se intercalan algunos niveles de margas marrón oscuro con abundante fauna de Gasterópodos, Caráceas y algunos fragmen-

tos de micromamíferos (muestra 12). El espesor del conjunto es de unos 20 metros.

Nivel 6: Constituido por capas de calizas (Biomicrocritas con Ostrácodos) (lám. I, fig. 1) en lechos muy finos, que alternan con conglomerados, sanitas calcáreas de QFto y micritas arenosas con Ostrácodos y Foraminíferos rodados. Localmente se obser-

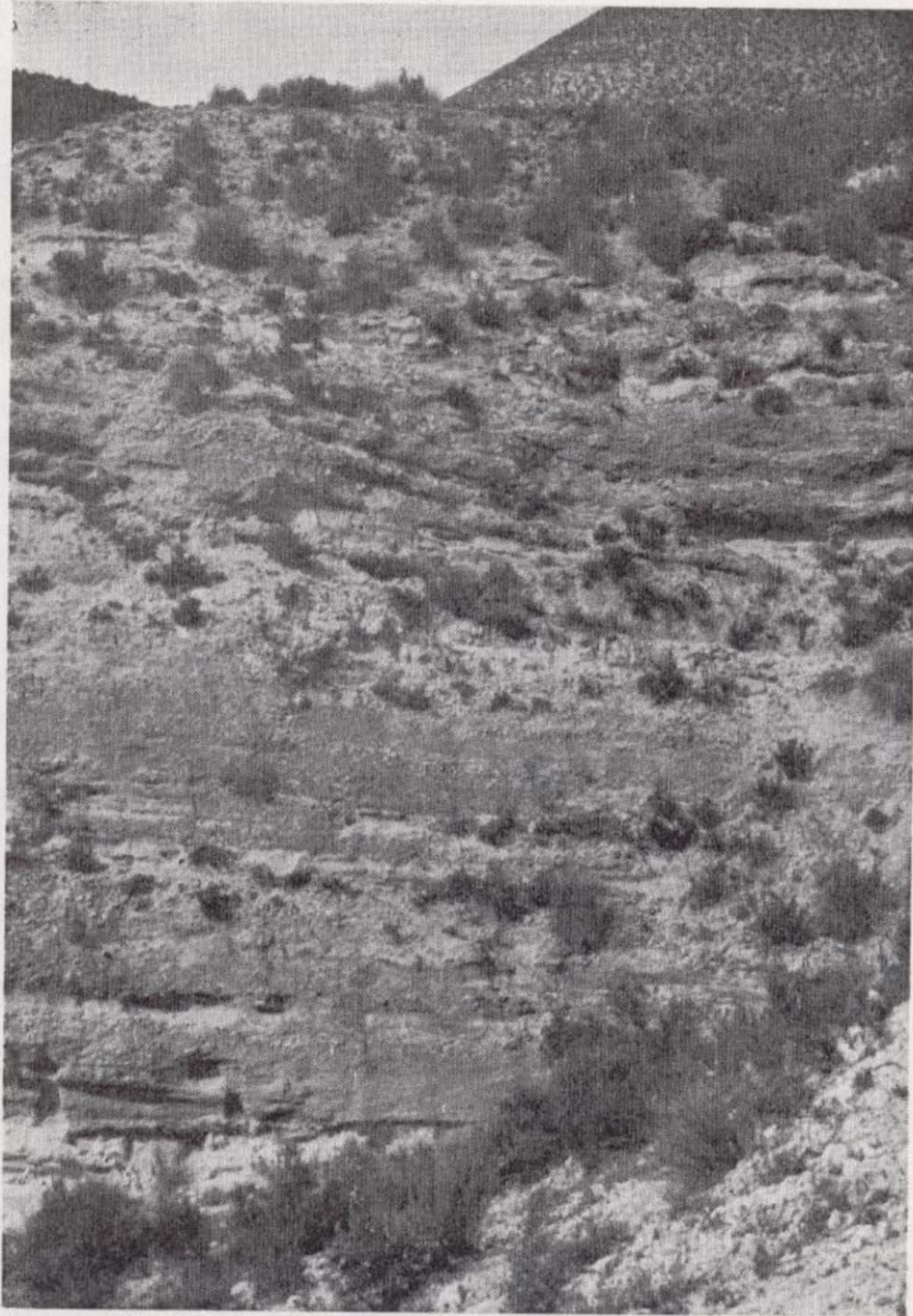


Foto 2

Tramo 1, terrígenos en la serie de Híjar

van dentro de este nivel bancos finos de calizas tobáceas (lám. 1, fig. 2) y facies "marmorizadas" que sugieren un ambiente de deposición muy somero y en ocasiones exposición subaérea. Espesor del nivel en conjunto, 24 metros.

Nivel 7: Sucesión monótona de Biomicrocritas con Ostrácodos y Gasterópodos, finamente laminadas. Color gris claro. Compactas. Intercalaciones de niveles margosos finos (foto 3). Localmente esta microfacies está en contacto neto con micritas lige-

ramente recristalizadas, con abundantes moldes de Gasterópodos.

Hacia la parte basal se observan estructuras "convoluted-bedding" a pequeña escala (foto 4). Formas análogas a mesoescala son visibles (foto 5) en las proximidades del yacimiento de micromamíferos (Híjar 1) (fig. 4), situado a techo de este nivel. Espesor, 74 metros.

Nivel 8: Constituido por bancos masivos de micritas, de unos 60 centímetros de espesor, con nódulos de sílex, localmente ricos en Gasterópodos. Hacia la parte superior del nivel, las micritas con Gasterópodos aparecen fuertemente recristalizadas. Espesor 44 metros.



Foto 3

Calizas micríticas, finamente laminadas, del tramo 3 de Híjar

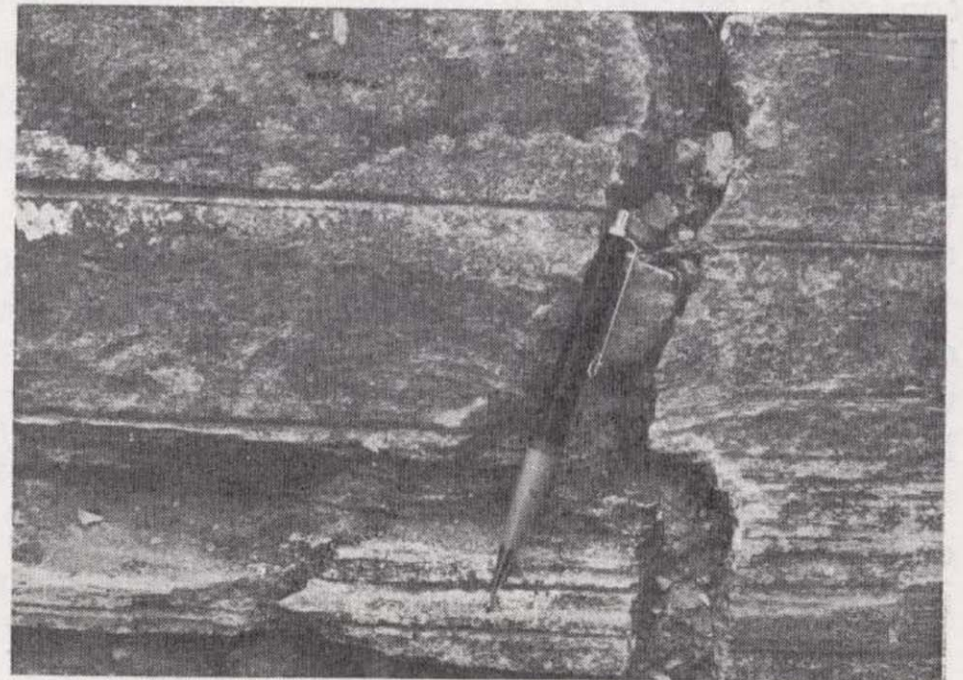


Foto 4

Calizas lacustres de Híjar. Laminación convoluta a microescala. Tramo 2



Foto 5

Serie de Híjar. Pliegues a pequeña escala (slumping) en las calizas próximas al yacimiento de vertebrados del tramo 3

III. 2. *Serie de Casa Blanca* (fig. 5).

A unos 3 kilómetros al Sureste de Alcadozo, junto a la aldea de Casa Blanca, aflora la siguiente sucesión;

Coordenadas:

$$X = 1^{\circ} 43' 10''$$

$$Y = 38^{\circ} 38' 10''$$

Muro: Biocalcirruditas de Algas y Briozoos, con lentejones conglomeráticos intercalados. Serravaliense medio-superior.

Nivel 1: Biocalcarenitas deleznable, muy arenosas, amarillentas, con fragmentos de Briozoos, Algas y Pectínidos. Espesor, 0,50 metros.

Nivel 2: Tramo cubierto. Afloran biocalcarenitas con cantos cuarcíticos y fragmentos de Ostreidos. Espesor visible, 10 centímetros.

Nivel 3: Biocalcarenita arenosa, amarillenta, con fragmentos grandes de Ostreidos, recristalizada. Restos de algas coralinas abundantes. Espesor, 0,50 metros.

Nivel 4: Biocalcarenitas arenosas similares a las del nivel anterior, muy porosas, constituidas por una asociación de Algas, Bivalvos, Gasterópodos y Miliólidos. Espesor, 0,80 metros.

Nivel 5: Limos calcáreos-arenosos amarillentos, con pasadas de cantos de cuarcita. Espesor, 0,70 metros.

Nivel 6: Calizas grises blandas en bancos masivos. Son microsparitas parcialmente recristalizadas que conservan algunos bioclastos rodados y en parte disueltos. Espesor, 1 metro.

Nivel 7: Calizas compactas (Biomicroritas) laminadas, en bancos de unos 5 centímetros de espesor, con abundantes moldes de Gasterópodos y secciones de Ostrácodos (lám. I, fig. 4); Espesor, 0,40 metros.

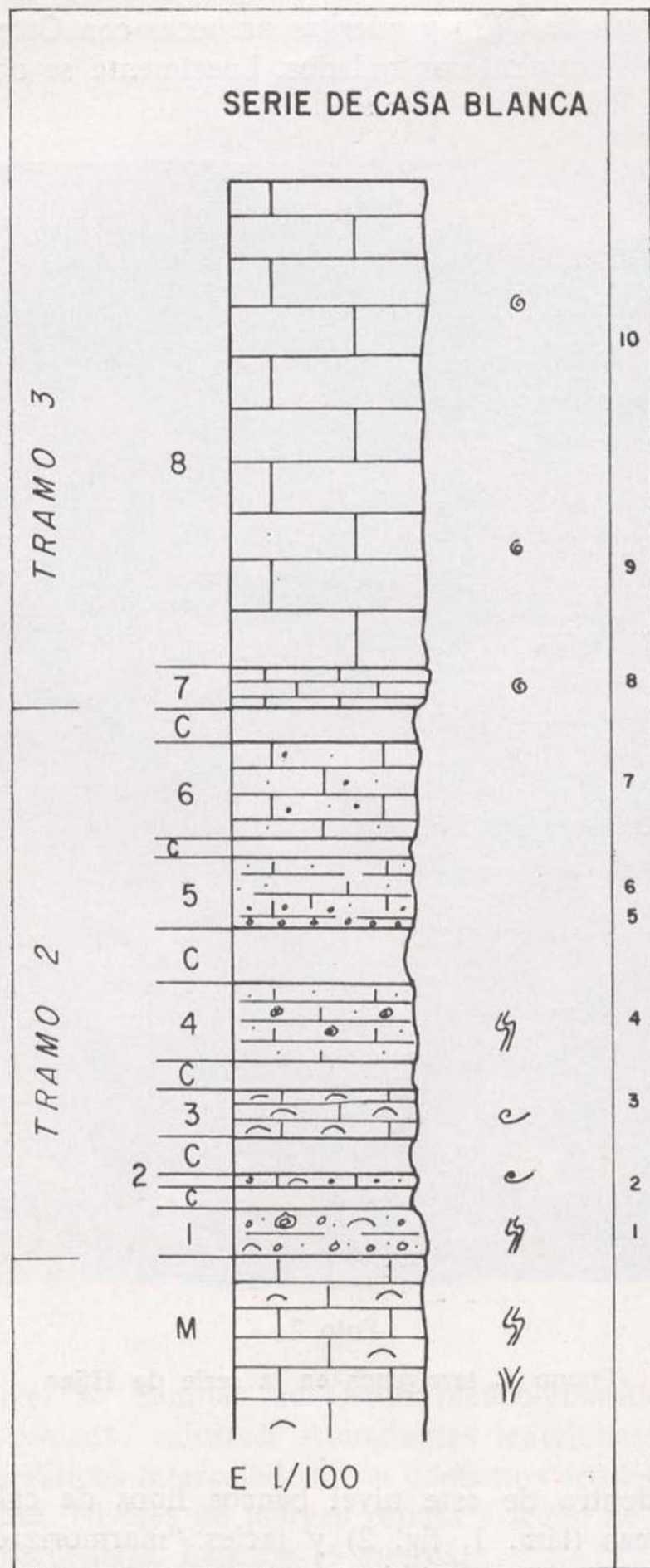


Figura 5

Nivel 8: Biomicroritas en bancos masivos con abundantes Gasterópodos. Muy compactas. Color biege. Espesor, 5 metros.

Techo: Cubierto.



Foto 5

Serie de Híjar. Pliegues a pequeña escala (slumping) en las calizas próximas al yacimiento de vertebrados del tramo 3

III. 2. *Serie de Casa Blanca* (fig. 5).

A unos 3 kilómetros al Sureste de Alcadozo, junto a la aldea de Casa Blanca, aflora la siguiente sucesión;

Coordenadas:

X= 1° 43' 10"
Y=38° 38' 10"

Muro: Biocalcirruditas de Algas y Briozoos, con lentejones conglomeráticos intercalados. Serravaliense medio-superior.

Nivel 1: Biocalcarenitas deleznales, muy arenosas, amarillentas, con fragmentos de Briozoos, Algas y Pectínidos. Espesor, 0,50 metros.

Nivel 2: Tramo cubierto. Afloran biocalcarenitas con cantos cuarcíticos y fragmentos de Ostreidos. Espesor visible, 10 centímetros.

Nivel 3: Biocalcarenita arenosa, amarillenta, con fragmentos grandes de Ostreidos, recristalizada. Restos de algas coralinas abundantes. Espesor, 0,50 metros.

Nivel 4: Biocalcarenitas arenosas similares a las del nivel anterior, muy porosas, constituidas por una asociación de Algas, Bivalvos, Gasterópodos y Miliólidos. Espesor, 0,80 metros.

Nivel 5: Limos calcáreos-arenosos amarillentos, con pasadas de cantos de cuarcita. Espesor, 0,70 metros.

Nivel 6: Calizas grises blandas en bancos masivos. Son microesparitas parcialmente recristalizadas que conservan algunos bioclastos rodados y en parte disueltos. Espesor, 1 metro.

Nivel 7: Calizas compactas (Biomicrocritas) laminadas, en bancos de unos 5 centímetros de espesor, con abundantes moldes de Gasterópodos y secciones de Ostrácodos (lám. I, fig. 4); Espesor, 0,40 metros.

Nivel 8: Biomicrocritas en bancos masivos con abundantes Gasterópodos. Muy compactas. Color biege. Espesor, 5 metros.
Techo: Cubierto.

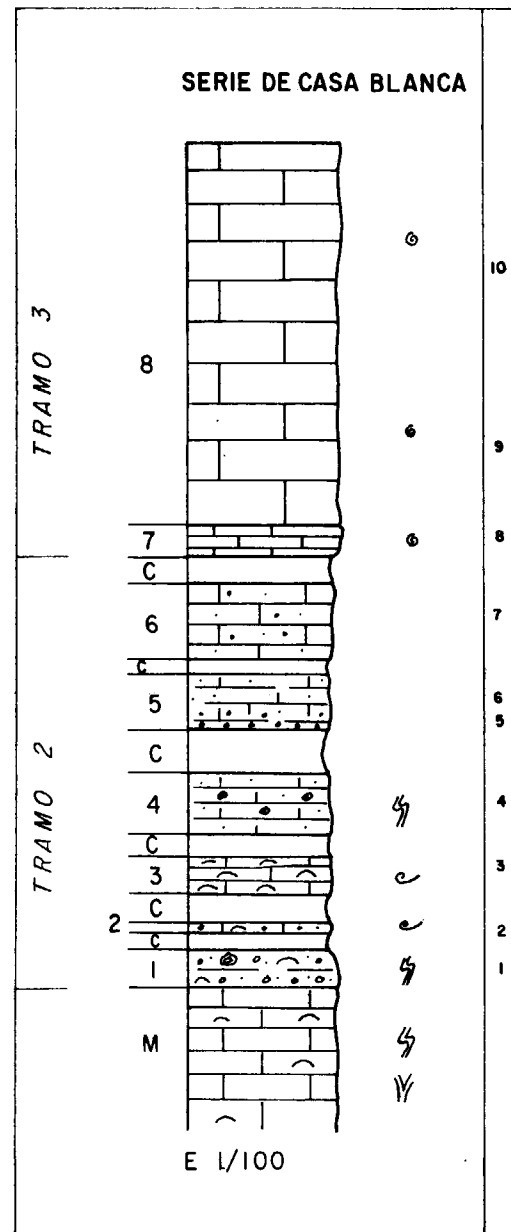


Figura 5

III. 3. *Afloramiento de Rincón del Moro*.

Coordenadas:

X= 1° 53'
Y=38° 35' 40"

En los alrededores de la aldea de Rincón del Moro (NW. de Hellín) afloran de forma discontinua y con pequeño espesor niveles de calizas microcristalinas (biomicrocritas con Ostrácodos y Gasterópodos), localmente tobáceas, que alternan con niveles más margosos.

Al norte de la Sierra de Cangilón se ha obtenido la siguiente sucesión:

— 14 metros de caliza compacta en bancos de unos 5 centímetros de espesor con escasos gasterópodos.

— 0,20 metros de marga calcárea deleznable, azoica, con pequeños cantos de cuarcita dispersos.

— 4 metros de calizas compactas con moldes de Gasterópodos dispuestos en bandas alternando con bandas azoicas.

— 2 metros de calizas, tableadas en la base con bancos de 10 centímetros, compactas y masivas en el techo, con Gasterópodos dispuestos en bandas.

— 20 metros de caliza en bancos de 30 centímetros. Parcialmente cubiertos.

Unos 3 kilómetros al NE. de Hellín, en la trinchera del ferrocarril, aflora un conjunto esencialmente detrítico paraconcordante sobre el Mioceno marino. La sucesión buza unos 10° hacia el NNW.

El primer nivel en facies continental es un conglomerado poligénico que pasa gradualmente a samitas de Q-Fto. con abundantes fragmentos bioclásticos rodados. Por encima alternan calizas biomicrocristicas, margas con Ostrácodos y Caráceas y micritas arenosas. Culmina este conjunto una potente sucesión de conglomerados, samitas de Q-Fto. y margas arcillo arenosas. El espesor total es de unos 40 metros.

III. 4. *Serie del Cerro del Agua* (figs. 6 y 7).

Coordenadas:

X= 1° 38' 40"
Y=38° 25' 20"

Muro: Biocalcarenitas arenosas y niveles conglomeráticos con matriz calcáreo-bioclástica.

Nivel 1: Conglomerado pudinga de cantos calcáreos. Matriz calcáreo-arenosa. Esp. 5 metros.

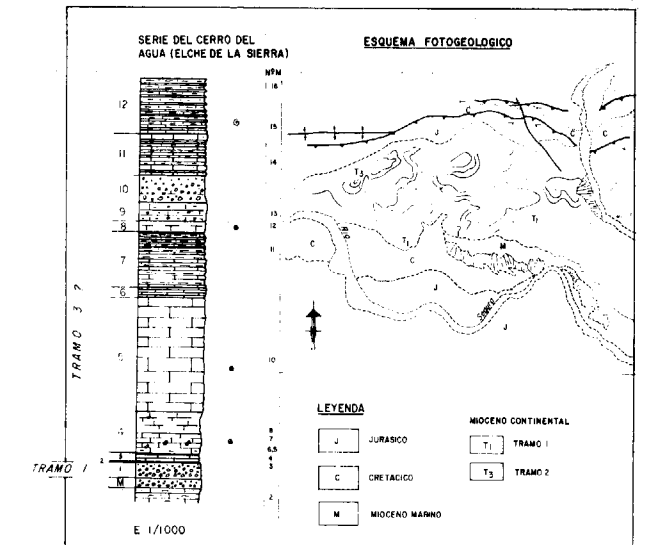


Figura 6

Descripción en el texto

Figura 7

Afloramiento del Cerro del Agua

Nivel 2: Samitas de Q-Fto. y extraclastos dolomíticos. Color marrón. Espesor visible, 0,20 metros.

Nivel 3: Biomicrocritas de Ostrácodos y Gasterópodos recristalizadas, en bancos finos, con lechos de margas intercalados. Espesor 2,50 metros.

Nivel 4: Biomicrocritas en bancos masivos con silificaciones en la parte inferior del nivel. Lechos margosos intercalados. Fauna de Ostrácodos y Gasterópodos abundantes. Texturas grumelares y reticulares. Espesor, 12 metros.

Nivel 5: Biomicrocritas con Ostrácodos y Gasterópodos (*Planorbis* sp., *Hydrobia* sp.) en bancos de color gris. Espesor, 34 metros.

Nivel 6: Biomicrocritas en bancos de 0,20-0,40 metros alternantes con lechos finos de margas. Espesor 3 metros.

Nivel 7: Alternancia de micritas ligeramente arenosas y margas calcáreas blancas. Espesor, 16 metros.

Nivel 8: Biomicrocritas con Gasterópodos y Ostrácodos en bancos masivos. Muy porosa (porosidad móldica elevada) Espesor, 3 metros.

Nivel 9: Microsparitas arenosas con abundantes extraclastos calcáreo-bioclásticos y dolomíticos. Espesor, 5,50 metros.

Nivel 10: Conglomerado pudinga de cantos de cuarcita. Matriz calcoarenosa. Granoselección vertical normal. Espesor, 8 metros.

Nivel 11: Biomicritas parcialmente recristalizadas en bancos de unos 2 centímetros, alternando con margas calcáreas. Gasterópodos y Ostrácodos muy abundantes (lám. I, fig. 5). Se observan restos de posibles Caráceas. Espesor, 12 metros.

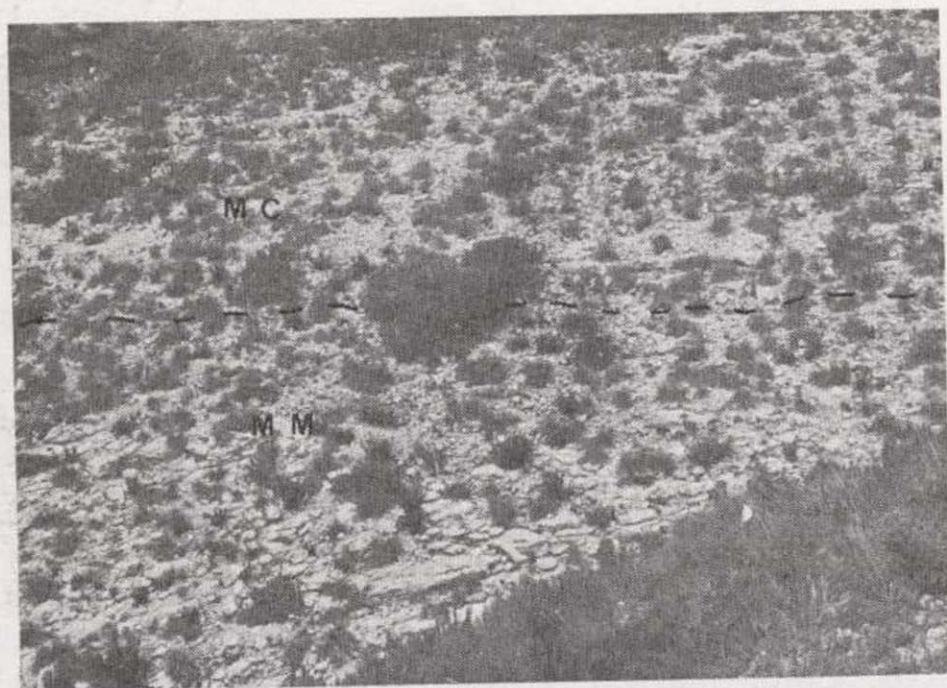


Foto 6

Elche de la Sierra. Contacto Mioceno marino (MM) Mioceno continental (MC). Obsérvese la discordancia, señalada sobre la figura

Nivel 12: Micritas porosas con Gasterópodos en bancos muy finos que alternan con margas calcáreas. Espesor, 18 metros.

Además de los tres afloramientos descritos han sido visitados un conjunto de afloramientos de los cuales pasamos a describir brevemente la sucesión:

III. 5. Afloramiento de El Jinete.

Coordenadas:

X= 1° 40' 50"

Y=38° 30' 40"

Está situado en el extremo meridional de la hoja de Liétor. Sobre calizas de algas y conglomerados poligénicos con matriz bioclástica, claramente marinos, se sitúan niveles detríticos (conglomerados y areniscas laminadas) con un espesor visible de unos 3 metros. Por encima aflora una sucesión masiva de biomicritas que llega a alcanzar los 80 metros de espesor. Todo este conjunto, de facies continental, se encuentra buzando unos 20° hacia el NW.

III. 6. Afloramiento del Campillo de la Virgen.

Coordenadas:

X= 1° 47' 50"

Y=38° 30' 40"

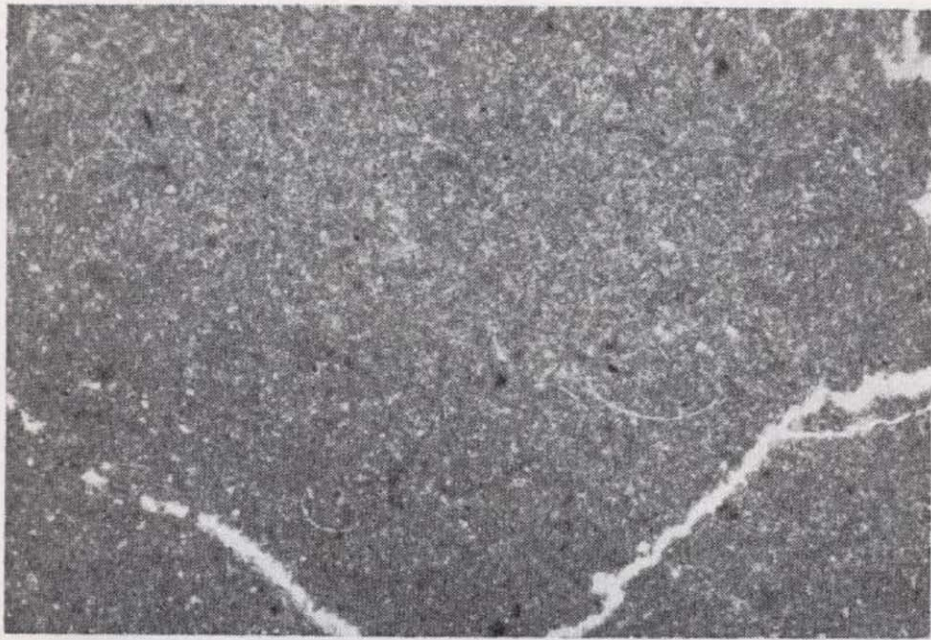
El Neógeno superior en facies continental aflora con muy escaso espesor, unos 5 metros. Está constituido por calizas microcristalinas (Biomicritas) laminadas, con fragmentos de Ostrácodos y Gasterópodos de pequeño tamaño. Entre estos niveles compactados se intercalan niveles deleznable finos de naturaleza carbonática. Este conjunto de materiales se dispone en tránsito neto y paraconcordante sobre el substrato mioceno marino.

III. 7. Afloramientos de Elche de la Sierra.

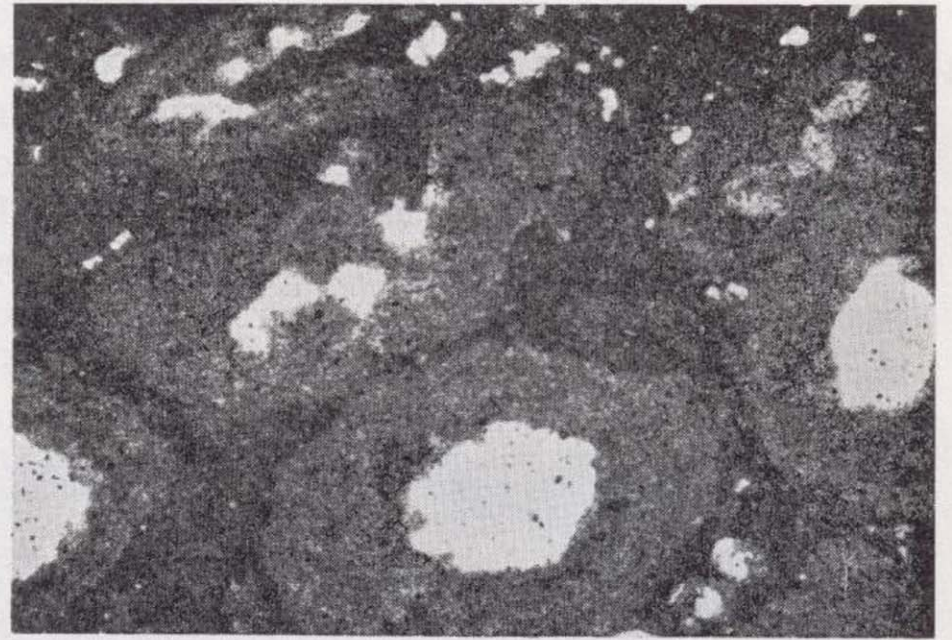
En los alrededores de esta localidad se han visitado dos afloramientos.

El primero de ellos está situado en la carretera de Elche de la Sierra a Ferez, a 6 kilómetros al sur de la primera población. La serie continental se sitúa paraconcordante sobre el Mioceno marino buzando el conjunto 45° N-NO. Está formada por unos 100 metros de margas, calizas margosas y calizas finamente estratificadas y laminadas. En las capas se puede observar bioturbación, niveles de sílex, concreciones, restos de algas y gasterópodos. Este último tramo se ha correlacionado por similitud litológica con el tramo de alternancias de margas y calizas de la serie de Hajar, aunque no se han encontrado criterios paleontológicos de datación.

El otro afloramiento está situado en la cerrada del embalse de El Cenajo (número 8, fig. 1) sobre el Río Segura, a unos 20 kilómetros al este de Elche



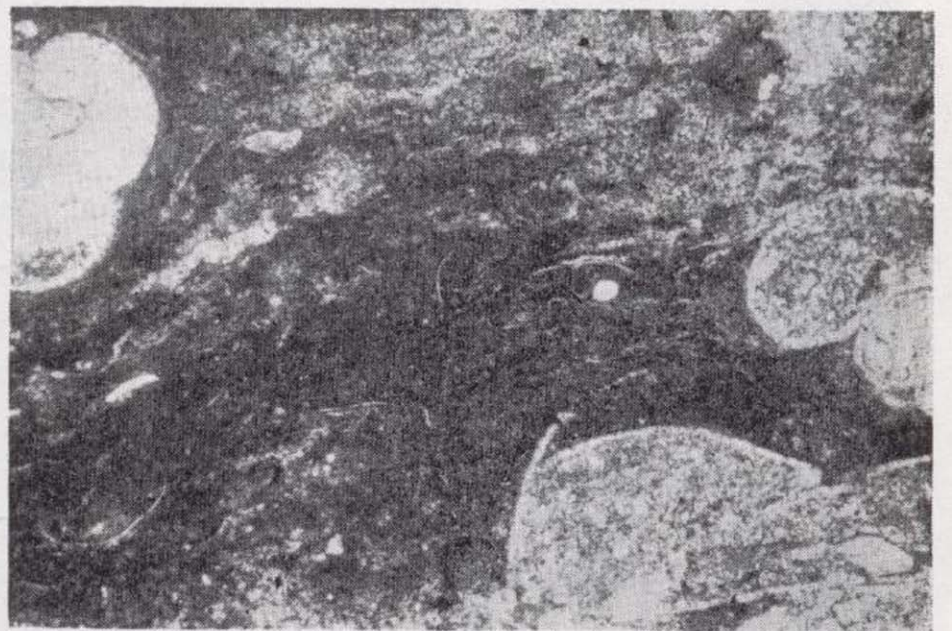
1



2



3



4



5



6

EXPLICACION DE LA LAMINA I.

Lámina 1.—Microfacies. Figura 1: Biomicrofossiliferous micrite with ostracod shells and interstitial porosity. N // $\times 10$. Híjar JR15, Nivel 6, tramo 2. Figura 2: Tobacco facies micrite with micritization and recrystallization favoring voids. N // $\times 10$. Híjar JR19, Nivel 6, tramo 2. Figura 3: Micrite with a lumpy texture, containing scattered ostracod and gastropod sections. N // $\times 10$. Híjar, JR17, Nivel 6, tramo 2. Figura 4: Laminated biomicrofossiliferous micrite with abundant ostracod and gastropod sections. N // $\times 10$. Casablanca. LCB8. Nivel 7, tramo 3. Figura 5: Partially recrystallized biomicrofossiliferous micrite containing gastropods, ostracods, and possible forams. N // $\times 10$. Cerro del Agua. Nivel 11, tramo 3. Figura 6: Partially calcified siliceous skeletons in a microsparitic matrix. N // $\times 16$. Cantera Portela. Elche de la Sierra.

de la Sierra. En el fondo del valle afloran las primeras capas de esta serie sin que se haya podido reconocer el muro. En este punto existe una serie conglomerática sobre la que se sitúa la alternancia de calizas y margas tableadas, con slumping y huellas de algas típica de los otros afloramientos, cuya potencia es próxima a los 200 metros. Topográficamente por encima, pero separado del tramo anterior por afloramientos triásicos diapíricos, se sitúan unos 20 metros de calizas tableadas con bancos de diatomitas en laminaciones muy finas que se explotan en varios puntos de la carretera de Elche de la Sierra a Hellín.

Estos niveles presentan gran variedad de restos vegetales, vertebrados, huellas de pisadas, niveles con azufre, slumping y huellas de carga. Conviene resaltar en este afloramiento la presencia de vertebrados en conexión, aves, anfibios, peces y crustáceos, lo cual indica ausencia de turbulencia, junto con escamas de peces dispersas muy abundantes.

Dentro del modelo general de estas cuencas, este último tramo con diatomitas debe situarse a techo, por encima del tramo de alternancia de calizas y margas, en función de su fauna de micromamíferos más moderna, aunque no haya sido observada superposición geométrica.

III. 8. *Características generales.*

Las columnas anteriormente descritas se pueden resumir en un modelo general constituido esencialmente por cuatro tramos, de muro a techo:

Tramo 1. Constituido por depósitos de origen fluvial, conglomerados y arenas, procedentes del Jurásico, de los depósitos detríticos del Cretácico inferior y del Mioceno marino. Este tramo está formado por secuencias positivas, colmatadas por arcillas rojas.

Tramo 2. De carácter mixto fluvio-lacustre, constituido por una alternancia irregular de calizas, margas y areniscas y en menor proporción algún nivel conglomerático. En las margas se encuentran con frecuencia niveles de materia orgánica, Gasterópodos y Vertebrados. En la parte superior del tramo aparece "convoluted bedding". Sólo está bien representado en la serie de Híjar.

Tramo 3. Constituido por depósitos lacustres: calizas tableadas finamente laminadas, margas con

Caráceas, Vertebrados, Gasterópodos y frecuente "convoluted bedding" y por encima calizas masivas con sílex (foto 7). Hacia el techo de este tramo, en la serie de Elche de la Sierra, aparecen niveles de cantos cada vez más frecuentes.

Tramo 4. Se diferencia por la existencia de una alternancia constante y rítmica de calizas tableadas y margas lacustres. Dentro de esta formación apa-



Foto 7

Elche de la Sierra. Nódulos de sílex en el tramo 3 de la serie del Cerro del Agua

recen a distintos niveles intercalaciones de bancos de diatomitas. En este tramo se aprecian estructuras como las de las fotografías 8, 9 y 10; pequeñas fracturas afectando a un número determinado de capas, "convoluted bedding", zonas de acoplamiento que dan lugar a estructuras sinformes y pequeñas fallas inversas. Son además abundantes la materia



Foto 8

Diatomitas de la Cantera Portela.
Sinformas por acoplamientos locales. Tramo 4

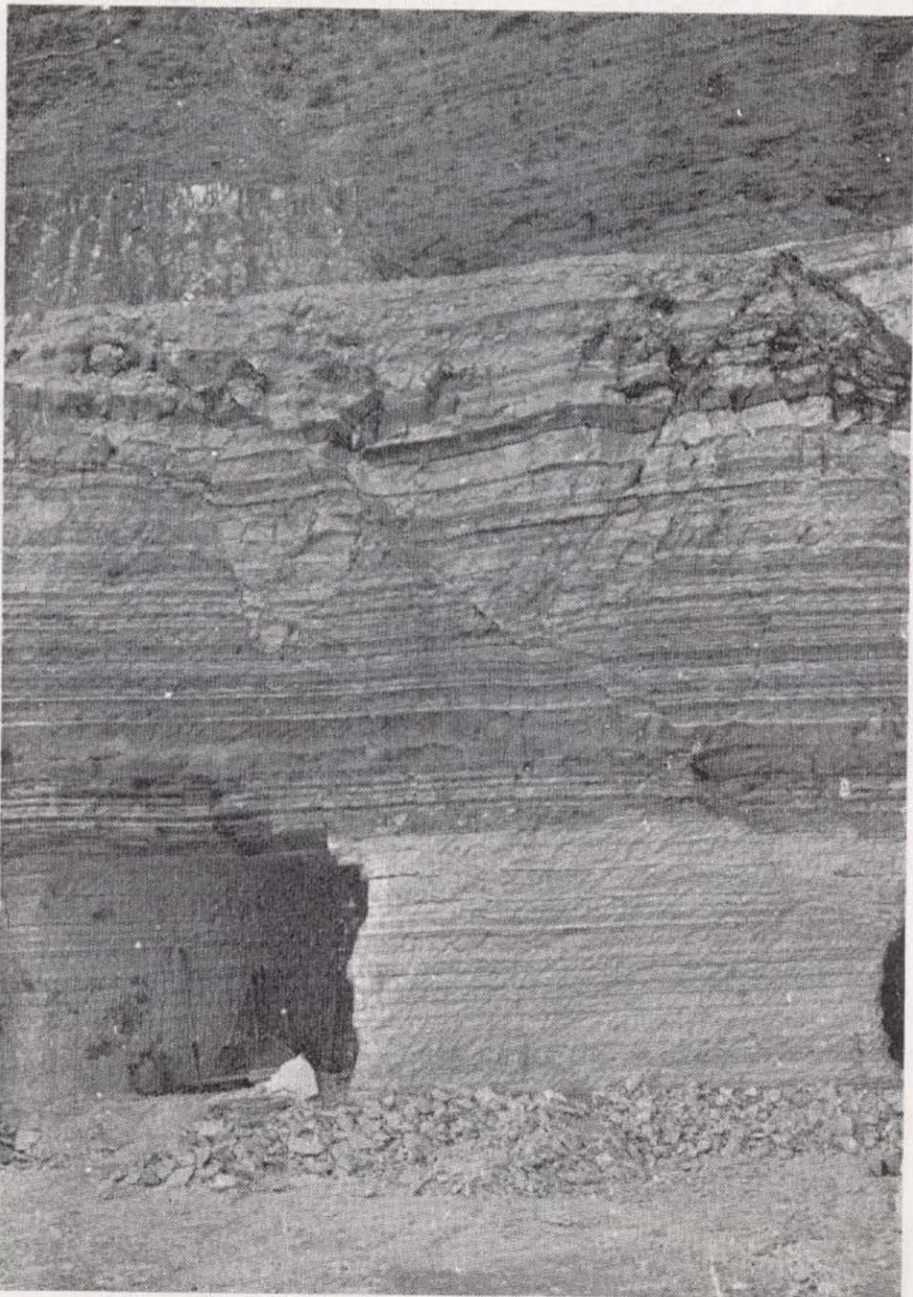


Foto 9

Diatomitas de la Cantera Portela. Fallas sinsedimentarias

orgánica, los organismos planctónicos y con menor frecuencia los gasterópodos y vertebrados.

Hay que añadir a estas características de los tramos, la notable potencia de algunas de las series (Híjar, 275 metros), que junto con las estructuras que se han definido (ritmicidad y fallas sinsedimentarias normales y antitéticas, indican subsidencia sinsedimentaria.

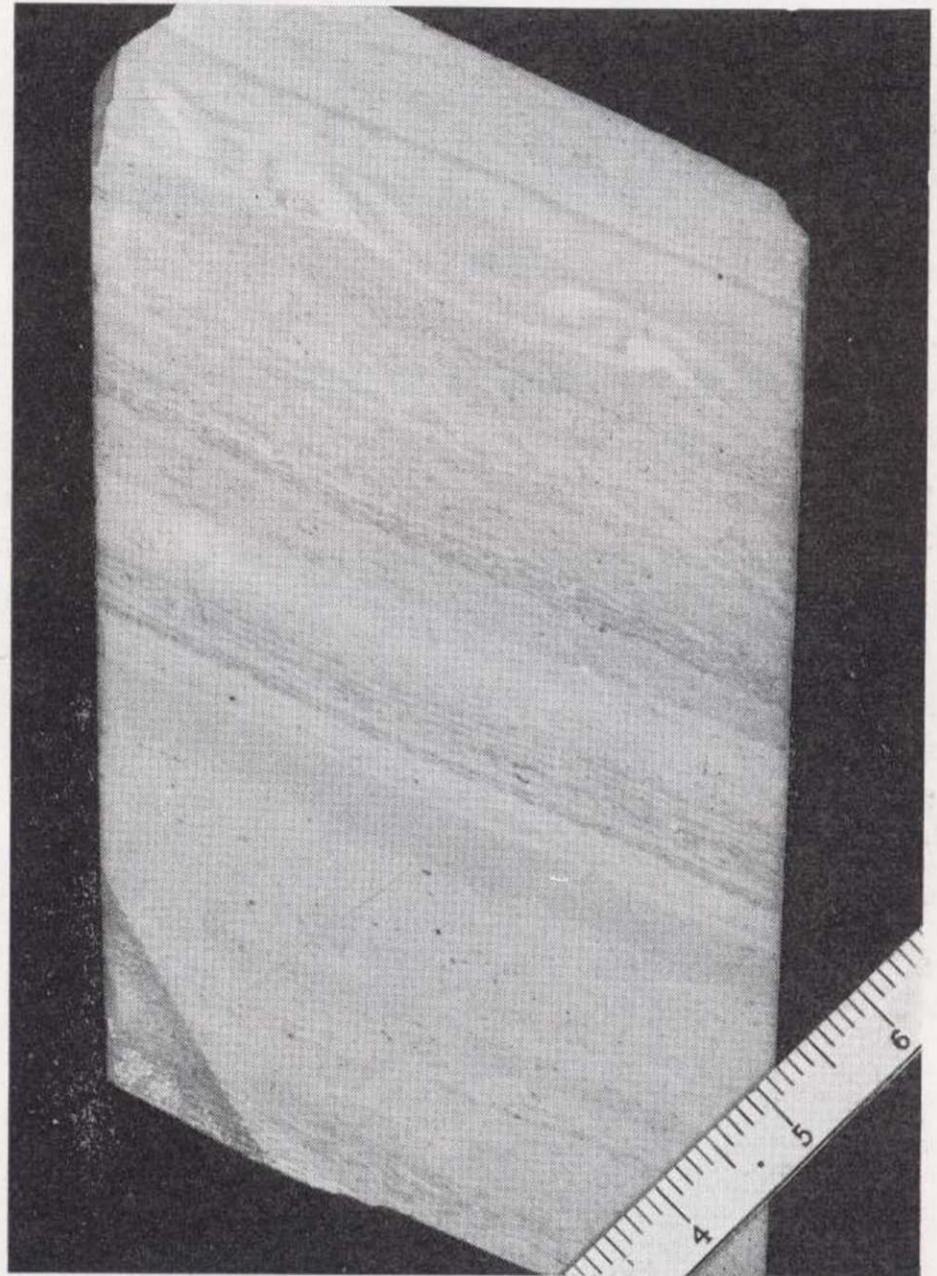


Foto 10

Cantera Cekesa. Calizas laminadas con pliegues
"convoluted bedding" entre las diatomitas

Por último hay que señalar la dificultad de correlación entre las cuencas aquí descritas con los depósitos margo-yesíferos que afloran en diversos puntos de la región estudiada (Judarra, Ontur, minas de Hellín...). Estos depósitos han sido observados puntualmente tectonizados y en aparente concordancia con el Mioceno marino. Los levigados realizados no han proporcionado más que un resto de Gasterópodo pulmonado (*Zonitidae*) que indica un origen continental para estas facies.

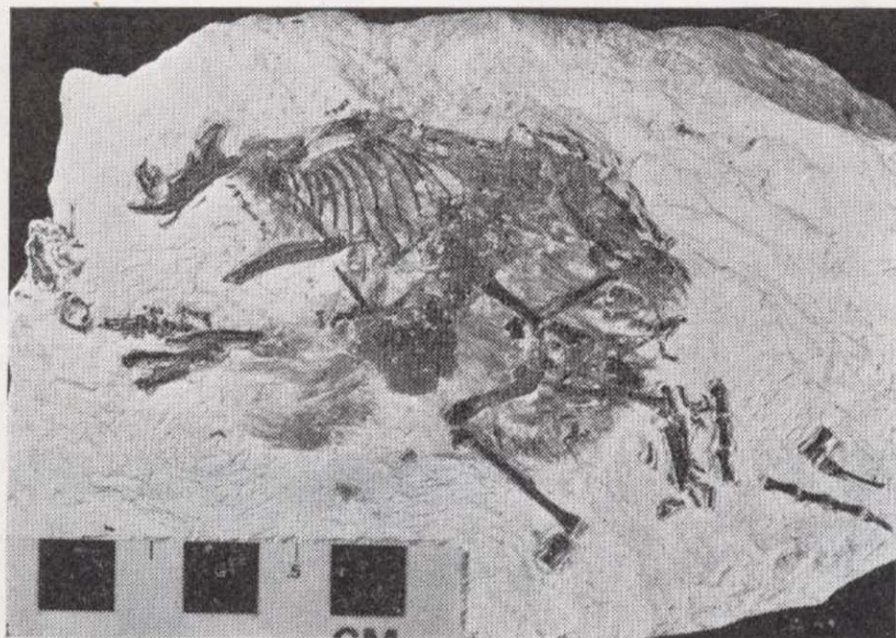


Foto 11

"*Paraethomys miocaenicus*" EDS-1
Cantera Cekesa. Ejemplar completo, sin cráneo



Foto 12

"*Paraethomys miocaenicus*" EDS-1
Cantera Cekesa. Detalle de la mandíbula

IV. BIOSTRATIGRAFIA

IV. 1. EDAD DEL SUBSTRATO

Al estar la mayor parte de los sedimentos estudiados directamente situados sobre depósitos Miocenos en facies marinas, es obligado el realizar una revisión de la edad de éste substrato.

Los datos más recientes existen sobre la biostratigrafía de estos sedimentos se describen en la tesis doctoral de CALVO (1978). En este trabajo se puede encontrar una discusión detallada sobre las diferentes escalas biostratigráficas adoptadas por diversos autores para este período. Las dataciones utilizadas por nosotros se basan en las determinaciones y la escala construida por J. USERA (ver CALVO, o. c.).

Los sedimentos Miocenos marinos del área estudiada abarcan una extensión cronológica que va desde el Langhiense superior hasta el tránsito Serravaliense superior-Tortonense basal. Estas dataciones, en el espacio, muestran un rejuvenecimiento de las facies margosas hacia el Norte.

En particular, las muestras más modernas de estos sedimentos estudiadas por nosotros, corresponden al cerro de Vianos (Alcazar, hoja 841), punto más septentrional considerado. La lista faunística obtenida en este afloramiento se compone de las siguientes especies:

Globorotalia pseudopachyderma CITA, P. SILVA y ROSSI.

Globorotalia scitula, BRADY.

Globorotalia cf. *miozea*, FINLAY.

Globorotalia obesa, BOLLI.

Globorotalia incompta, CIFELLI.

Globorotalia aff. *humerosa*, TAKAYANAGI y SAITO.

Globorotalia ex gr. *acostaensis-humerosa*.

Globigerina apertura, CUSHMAN.

Globigerina bulloides, D'ORBIGNY.

Globigerina falconensis, BLOW.

Globigerinoides altiapertura, BOLLI.

Hastigerina gr. *siphonifera* (D'ORBIGNY).



Foto 11

"*Paraethomys miocaenicus*" EDS-1
Cantera Cekesa. Ejemplar completo, sin cráneo



Foto 12

"*Paraethomys miocaenicus*" EDS-1
Cantera Cekesa. Detalle de la mandíbula

IV. BIOSTRATIGRAFIA

IV. 1. EDAD DEL SUBSTRATO

Al estar la mayor parte de los sedimentos estudiados directamente situados sobre depósitos Miocenos en facies marinas, es obligado el realizar una revisión de la edad de éste substrato.

Los datos más recientes existen sobre la biostratigrafía de estos sedimentos se describen en la tesis doctoral de CALVO (1978). En este trabajo se puede encontrar una discusión detallada sobre las diferentes escalas biostratigráficas adoptadas por diversos autores para este período. Las dataciones utilizadas por nosotros se basan en las determinaciones y la escala construida por J. USERA (ver CALVO, o. c.).

Los sedimentos Miocenos marinos del área estudiada abarcan una extensión cronológica que va desde el Langhiense superior hasta el tránsito Serravaliense superior-Tortonense basal. Estas dataciones, en el espacio, muestran un rejuvenecimiento de las facies margosas hacia el Norte.

En particular, las muestras más modernas de estos sedimentos estudiadas por nosotros, corresponden al cerro de Vianos (Alcazar, hoja 841), punto más septentrional considerado. La lista faunística obtenida en este afloramiento se compone de las siguientes especies:

Globorotalia pseudopachyderma CITA, P. SILVA y ROSSI.

Globorotalia scitula, BRADY.

Globorotalia cf. *miozea*, FINLAY.

Globorotalia obesa, BOLLI.

Globorotalia incompta, CIFELLI.

Globorotalia aff. *humerosa*, TAKAYANAGI y SAITO.

Globorotalia ex gr. *acostaensis-humerosa*.

Globigerina apertura, CUSHMAN.

Globigerina bulloides, D'ORBIGNY.

Globigerina falconensis, BLOW.

Globigerinoides altiapertura, BOLLI.

Hastigerina gr. *siphonifera* (D'ORBIGNY).

Esta asociación se sitúa dentro de la zona N-15 de BLOW (1969) en la que está incluido el tránsito Serravaliense-Tortonense en la escala cronológica de BERGGREN y VAN COUVERING (1974).

Con respecto a las cuencas continentales, el Mioceno marino infrayacente no ha podido ser datado directamente, dado el carácter trivial de la fauna encontrada en estos materiales (calizas bioclásticas y conglomerados) y sólo podemos obtener por correlación (CALVO, 1978) una estimación de su edad, situada entre Serravaliense medio y superior.

IV. 2. EDAD DE LOS DEPÓSITOS

IV. 2.1. *Micromamíferos*

En ausencia de dataciones paleontológicas, las formaciones continentales estudiadas habían sido atribuidas al Mioceno superior ("Pontiense")-Plioceno, en sentido amplio. Los argumentos empleados han sido fundamentalmente su situación post-orogénica y la existencia del Mioceno superior marino en áreas meridionales. Esto ha llevado a correlacionar los tramos de las diversas series continentales, entre sí y con el Mioceno superior marino.

Por primera vez, se aportan en este trabajo argumentos paleontológicos para la datación de los depósitos continentales de estas cuencas, con el hallazgo de dos yacimientos de Vertebrados conteniendo restos de micromamíferos. Estos son los fósiles continentales que permiten mayor precisión en la datación biostratigráfica, por el momento.

El yacimiento de Híjar-1 se sitúa en el tramo 3 de la cuenca de Híjar ($X=1^{\circ} 41' 27''$, $Y=38^{\circ} 34' 20''$). Es el que más fauna ha proporcionado y que describimos a continuación:

1. *Hispanomys peralensis*, WEERD, 1976 (fig. 8, núm. 7).

2 dientes y tres fragmentos, de talla y morfología similar a las de las poblaciones del Vallesiense superior de Masía del Barbo y Perales (Teruel). El M^3 está más reducido en la forma de Híjar-1.

2. *Megacricetodon* sp.

Un fragmento de M^2 que no permite mayor precisión en la determinación. Esta forma no había sido nunca señalada por encima del Mioceno medio.

3. *Rotundomys mundi* nov. sp. (fig. 8, núm. 1 a 6).

Holotipo. M^2 superior derecho H-7 (fig. 8, núm. 1).

Paratipo. M_1 inferior derecho H-13 (fig. 8, núm. 4).

Derivatio nominis. Derivado del río Mundo, valle que domina la localidad de Híjar.

Localidad-tipo. Híjar-1.

Nivel. Vallesiense superior.

Diagnosis. *Rotundomys* afín a *R. bressanus* MEIN 1973, pero de talla muy inferior, similar a *R. montisrotundi* MEIN 1968, con M^3 muy reducido y metalófulo doble en M^2 y M^3 .

Hipodigma. 2 M^3 , 3 M_1 , 2 M_2 y 1 M_3 .

Descripción y discusión. La peculiar estructura de M_1 con un gran valle lingual y su anterocónido en arco, y las crestas en zig-zag, relacionan *Rotundomys mundi* nov. sp. con *R. bressanus* del Vallesiense superior de Soblay. Su talla muy inferior, la reducción mucho mayor de su M^3 , provisto de protolófulo anterior, y la peculiar estructura en dos islotes (metalófulo doble) en M^2 y M^3 , sitúan a *R. mundi* nov. sp. en una línea aparte.

4. *Progonomys hispanicus*, MICHAUX, 1971 (fig. 8, núms. 8 y 9).

4 dientes y 3 fragmentos. Idénticos a la especie del Vallesiense superior de Perales y Masía del Barbo 2 B (VAN DER WEERD, 1976).

5. *Heteroxerus* cf. *hurzeleri*, STEHLIN y SCHAUB, 1951 (fig. 8, núm. 10).

4 dientes, morfológicamente idénticos pero de mayor talla que los de Masía del Barbo (DE BRUIJN y MEIN, 1968).

6. *Sciuridae* indet. (fig. 8, núm. 11).

1 M_3 no identificado con seguridad, muy erosionado, podría corresponder a un Esciuróptero.

7. *Prolagus crusafonti*, LÓPEZ, 1975.

5 dientes en mal estado. Talla muy pequeña, similar a la de las poblaciones vallesienses de Cataluña y Teruel.

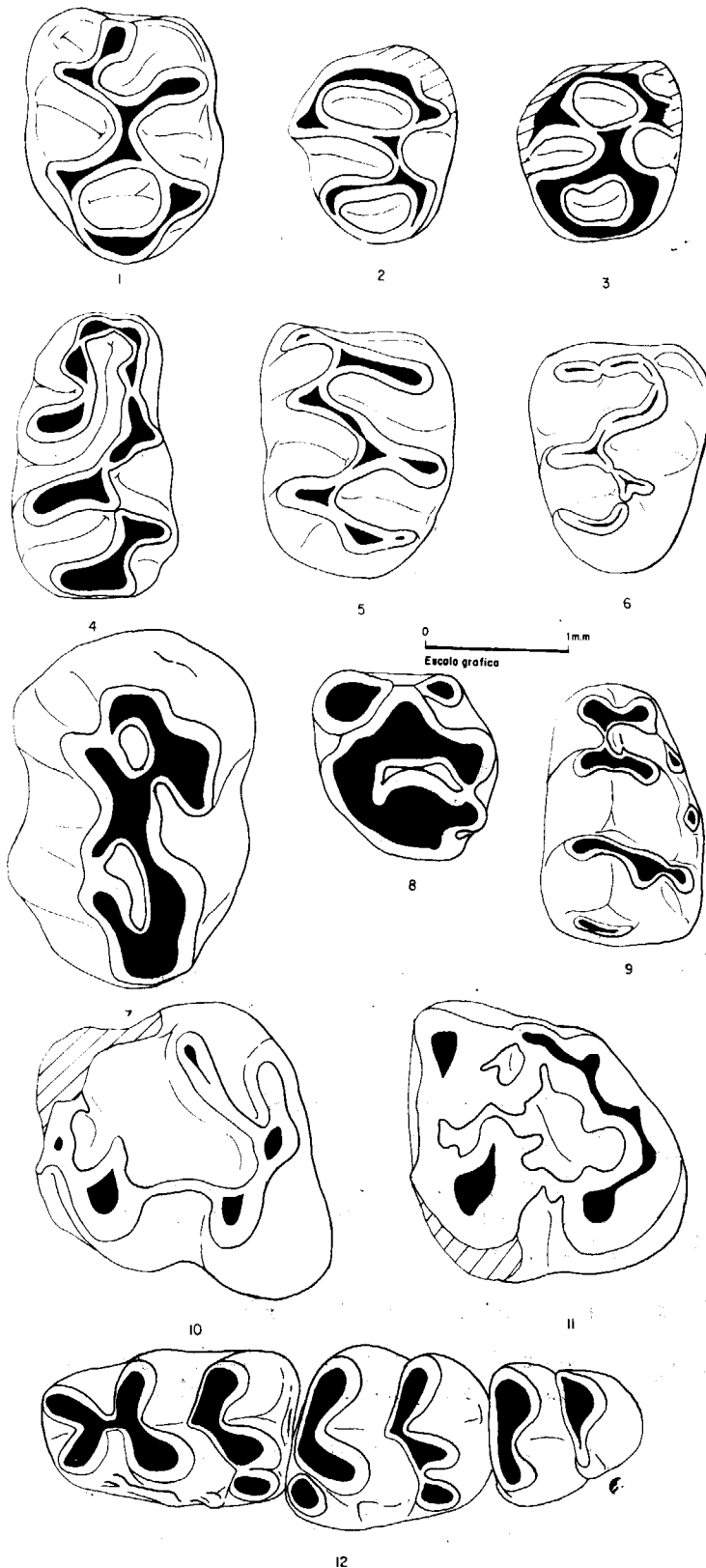


Figura 8

Roedor de Híjar 1.

Rotundomys mundi nov. sp.

1. Holotipo M² sup. izquierdo, H-7.
2. M³ superior derecho H-8.
3. M³ superior derecho muy erosionada H-9.
4. M₁ inferior derecho H-13.
5. M₂ inferior izquierdo H-16.
6. M₃ inferior derecho H-17.

Hispanomys cf. *peralensis*.

7. M₂ inferior derecho H-1.

Progonomys hispanicus.

8. M² superior izquierdo H-19.
9. M₁ inferior derecho H-21.

Heteroxerus cf. *hurzeleri*.

10. M₁ inferior izquierdo H-26.

Sciuridae indet.

11. M₃ inferior izquierda H-28.

Diotomitas de Elche de la Sierra. Cantera Cekesa.

"*Paraethomys miocaenicus*".

12. Serie dentaria inferior izquierda: M₁-M₂-M₃-EDS-1.

El trazo de la escala representa 1 mm.

H. peralensis:

| | MEDIDAS EN MILIMETROS | |
|-----------------------|-----------------------|---------|
| | Longitud | Anchura |
| M ² | 2,42 | 1,58 |
| M ³ | 1,65 | 1,51 |

R. mundi nov. sp.:

| | | |
|-----------------------|------|------|
| M ² | 1,74 | 1,31 |
| M ³ | 1,34 | 1,17 |
| M ₁ | 2,02 | 1,12 |
| M ₂ | 1,68 | 1,37 |
| M ₃ | 1,57 | 1,29 |

P. hispanicus:

| | | |
|-----------------------|------|------|
| M ² | 1,29 | 1,25 |
| M ₁ | 1,81 | 1,11 |

H. cf. hurzeleri:

| | | |
|-----------------------|------|------|
| M ¹ | 1,80 | 2,28 |
| M ₁ | 2,00 | 2,08 |
| M ₂ | 1,91 | 1,85 |

Sciuridae indet.:

| | | |
|-----------------------|------|------|
| M ₃ | 1,85 | 1,94 |
|-----------------------|------|------|

P. crusafonti:

| | | |
|-----------------------|------|------|
| P ² | 0,77 | 1,57 |
| P ₃ | 1,08 | 1,11 |

La asociación *Progonomys hispanicus*-*Hispanomys peralensis* indica una edad Vallesense superior (Zona MN 10 de Mein) o ligeramente más reciente, dado el nivel evolutivo en la reducción de M³ alcanzado por los Cricétidos. *Rotundomys mundi* nov. sp. es por tanto prácticamente sincrónico de *R. bresanus*, y ambos están emparentados con *R. sabadellensis*-*R. montisrotundi*.

El yacimiento del Cenajo-1 se encuentra en las diatomitas explotadas en la cantera CEKESA. Un solo mamífero, en estado de conservación excepcional, ha sido recogido en esta localidad, junto con otros Vertebrados (Aves, Anfibios y Peces). Este nivel se localiza hacia el techo del tramo 4.

1. "*Paraethomys miocaenicus*" JAEGER y col. 1975 (fig. 8, núm. 12, fotos 11 y 12).

Ejemplar con mandíbula, serie dentaria inferior, incisivo superior y esqueleto postcraneal completo, en conexión, con restos del pelaje y de las vísceras.

La talla y morfología dentaria permiten asimilar este espécimen al múrido encontrado en el yacimiento de Librilla (Murcia) datado en el Turoliense superior (Zona MN 13 de Mein). Esta forma ha sido reunida junto con la población de *P. miocaenicus* descrita en el yacimiento marroquí de la misma edad Khendek-el-Ouaich, por JAEGER y col. 1975. En nuestra opinión, la especie africana es distinta de la española. A la espera de poder definir una nueva especie, basada en un material más abundante, utilizamos el nombre *Paraethomys miocaenicus* entre comillas.

Medidas M₁=1,77×1,11. M₂=1,31×1,22. M₃=1,02×1,00 milímetros.

La descripción osteológica de este Roedor, junto con la de los demás vertebrados de este yacimiento, constituyen el objeto de un trabajo en curso.

En conclusión, las diatomitas de Elche de la Sierra tienen una edad Turoliense superior, similar al yacimiento de Librilla (infradatado en -7-6,5 m. a.), e inferior al Plioceno, donde se encuentra "*Paraethomys*" *anomalous* DE BRUIJN y col. 1970.

Otros puntos fosilíferos han sido localizados en niveles inferiores de la serie de Híjar y de Elche de la Sierra, pero no han proporcionado hasta ahora restos utilizables para una datación precisa. El nivel JR-12 de la serie de Híjar ha proporcionado un resto muy fragmentario de un posible *Rotundomys*, lo cual indicaría una edad Vallesense para el conjunto del tramo 2.

En conclusión, podemos afirmar en base a la fauna de Roedores hallados, una edad Vallesense superior para el tramo 3, y una edad Turoliense superior para el tramo 4. Con todas las reservas indicadas, la edad del tramo 2 sería Vallesense.

De estos datos se deduce que, a partir del Valle-

siense, se instala en la zona estudiada una sedimentación de régimen lacustre que se continúa hasta el Turoliense superior. Hay que resaltar, por tanto, la diacronía que dentro de estos sedimentos presentan las mismas facies. Toda la fauna hallada hasta el momento es de origen europeo. Aunque las influencias africanas no pueden eliminarse aún, este hecho indica una conexión continental entre el Prebético externo y La Meseta desde, al menos, el Vallesiense superior.

IV. 2.2. Gasterópodos

En cuanto a las faunas de moluscos del Vallesiense español hay que decir que son prácticamente desconocidas. No existe ningún estudio moderno sobre el tema y los antiguos son muy imprecisos y de tipo local. Concretamente, los antecedentes sobre estas faunas en la región estudiada son nulos.

Los moluscos vallesienses continentales más próximos que han sido objeto de estudios modernos son los del valle del Ródano, en proceso de revisión por TRUC. En su obra de síntesis previa (TRUC, 1971) revisa las determinaciones de los autores antiguos y moderniza la nomenclatura. De las 90 especies y variedades que figuran en su lista de gasterópodos vallesienses, 22 quedan en nomenclatura abierta y muchas otras sólo son conocidas a través de descripciones y figuras del siglo pasado, lo que supone una grave dificultad, por su imprecisión. al compararlas con nuestro material.

Debido a ello hemos realizado una determinación provisional de nuestras especies, alcanzando en todos los casos los niveles genéricos y subgenéricos y en algunos casos el específico, esperando que la consulta de colecciones de comparación o la aparición de nuevos datos sobre otras faunas europeas permitan una determinación más precisa.

Las siguientes especies están presentes en el yacimiento de Híjar:

Theodoxus (Theodoxus) sp.

Valvata (Cincinnati) sp.

Hydrobia (Hydrobia) sp.

Prososthenia sp.

Melanopsis kleini KURR.

Stagnicola (Stagnicola) sp.

Radix (Radix) sp.

Anisus (Anisus) sp.

Gyraulus (Gyraulus) sp.

Planorbarius sp.

Acroloxus sp.

Gastrocopta (Leucochila) sp.

Strofilops sp.

Cepaea sp.

La única especie determinada (*M. kleini*) es muy abundante en todo el Vallesiense europeo. Los restantes géneros no permiten ninguna aproximación, debido a su amplia dispersión estratigráfica. Mayor interés tiene la asociación desde el punto de vista paleoecológico, ya que evidencia la existencia de un régimen palustre de aguas estancadas con alguna influencia fluvial y escasas especies terrestres arrastradas.

La serie margo-calcárea de el embalse del Cenajo ha proporcionado una fauna muy abundante, representada casi exclusivamente por dos especies con gran cantidad de individuos: *Valvata (Cincinnati) n. sp.* e *Hydrobia (Hydrobia) sp.* La primera es próxima a *Valvata (Cincinnati) schlosseri* ROYO del Turoliense de Teruel, pero es de talla muy superior y presenta una subquilla mucho más desarrollada. La segunda es difícil de determinar ya que no hemos recogido (pese al gran número de individuos hallados) ningún ejemplar adulto con la abertura bien conservada.

Además aparecen, representadas por escasos ejemplares, casi todos jóvenes, las siguientes especies: *Theodoxus (Theodoxus) sp.*, *Prososthenia sp.*, *Anisus (Anisus) sp.*, *Gyraulus (Gyraulus) sp.*, *?Planorbarius sp.*, *?Radix sp.*, *Ancylus sp.*, *?Argna sp.* y *Cepaea sp.* (fragmentos). El conjunto parece estar de acuerdo con un ambiente de aguas estancadas y de poca profundidad.

IV. 3. Correlación marino-continental.

Las correlaciones establecidas en el Mediterráneo entre las escalas biostratigráficas marinas y continentales han sido objeto, durante los últimos años, de numerosas discusiones. Metodológicamente, se

han correlacionado escalas marinas con escalas absolutas y —separadamente—, escalas continentales con escalas absolutas y marinas. Dentro de las correlaciones realizadas entre las escalas marinas y la absoluta existen discrepancias importantes según los autores.

Así, para el Neógeno superior marino, BERGGREN y VAN COUVERING (1974), limitan el Tortoniense al período comprendido entre —11 y —6,5 m. a., situando la zona 15 de BLOW a ambos lados del límite Serravaliense/Tortoniense. Para RYAN y col. (1974), el Tortoniense estaría limitado entre —12,5 y —6,5 m. a., situando el límite Serravaliense/Tortoniense en la zona 14 de BLOW.

Con respecto al Neógeno superior continental hay que considerar dos tipos de correlaciones: con la escala absoluta, y con la escala marina. En relación con la escala absoluta, la base del Vallesiense ha sido datada en —12,5 m. a., simultáneamente en Europa (Höweneg) y en Africa (Bou Hanifia). En el Turoliense superior, Librilla ha sido infradatado entre —7 y —6,5 m. a. (Ver JAEGER y col. 1977).

En relación a la escala marina, existen correlaciones directas en tres localidades del Mediterráneo europeo y dos del Magreb, que pasamos a comentar brevemente:

Europa:

En Creta, DE BRUIJN y col. (1971) describen un yacimiento del Vallesiense medio-superior superpuesto por una formación Tortoniense inferior perteneciente a la biozona N 16 de BLOW.

En Murcia y Alicante, DE BRUIJN y col. (1975) correlacionan seis yacimientos de Vertebrados, que se extienden desde el Turoliense medio al superior, con la biozona N 17 de BLOW (Tortoniense superior-Messiniense). El yacimiento de La Alberca (Murcia) (MEIN y col. 1973), también en el Turoliense superior, ha sido correlacionado con el techo de la zona N-17 de BLOW que correspondería al Messiniense "biostratigráfico".

Magreb:

Las primeras correlaciones establecidas en esta región (JAEGER y col. 1973) han sido posteriormente modificadas, por lo que en este trabajo nos referiremos a las últimas publicaciones (CHABBAR y col. 1976; JAEGER y col. 1977). La localidad turoliense de Sidi Salem estaría situada directamente debajo

de la transgresión Tortoniense superior (zona N-17). El Turoliense superior de Khendek-el-Ouaich está intercalado en una seria marina regresiva atribuida a la zona N-17 de BLOW.

En la zona de estudio de este trabajo, se pone de manifiesto la superposición directa del Vallesiense continental sobre sedimentos pertenecientes al Mioceno marino de edad Serravaliense medio-superior.

Por correlación indirecta con las localidades de referencia, Híjar-1 es equivalente a la zona N-16 de BLOW, algo más reciente que Kastelios (Cret, (DE BRUIJN y col. 1971). Las diatomitas del Cenajo-1 son sincrónicas con los depósitos de Librilla y Khendek-el-Ouaich, correlacionados con la zona 17 de BLOW, infradatados en —7/—6,5 m. a., próximos o equivalentes al Mesiniense. Por tanto, la sedimentación continental en el Prebético externo es cronológicamente equivalente al Tortoniense y probablemente al Messiniense marino.

Los resultados y datos expuestos anteriormente se encuentran resumidos en el cuadro 1, donde se puede apreciar cómo la imprecisión de las correlaciones se deben a las dataciones marinas.

CUADRO 1

| Marino | Zonas de Blow | Zonas de Mein | Yacimientos correlacionados | Yacimientos estudiados | München (1975) Edades de mamíferos | Edades absolutas |
|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|
| ZANCLICENSE | N 18 | | | | ? | -5 m. a. |
| MESI-NIENSE | | MIN 13 | LA ALBERCA LIBRILLA KHENDEK | CENAJO I | | -6 |
| | N 17 | | | | | -7 |
| TORTONIENSE | | MIN 12 | CREVILLENTE SIDI SALEM | | | -8 |
| | N 16 | MIN 11 | | | | -9 |
| | | MIN 10 | | HIJAR I | | -10 |
| | N 15 | MIN 9 | KASTELIOS | | | -11 |
| SERRAVALIENSE | | | | | | -12 |
| | | | | | | -13 |
| | | | | | | -14 |
| | | | | | | -15 |

V. TECTONICA

Los sedimentos estudiados están situados en el Prebético, uno de los dos grandes dominios estructurales, junto con la Meseta, que se diferencian en en sur de la provincia de Albacete.

A la vez, y atendiendo a la división clásica, la situación de los sedimentos se puede limitar más, puesto que todos los afloramientos estudiados están en la zona del Prebético Externo.

Este subdominio se individualiza por los elementos estructurales siguientes (fig. 2):

A) Una *zona externa* caracterizada por:

- El contacto neto del Prebético con la Meseta.
- El desarrollo de escamas, formadas por fallas inversas, cabalgamientos y fallas direccionales.

B) Una *zona interna* caracterizada por:

- El tránsito NO-SE del dominio de escamas, al dominio de pliegues.
- Dominio de pliegues.

Dentro de este contexto, el control tectónico más moderno, anterior a la deposición del Mioceno superior continental lo constituyen, con claridad, los cabalgamientos y fallas inversas de la parte externa. En esta estructura están implicados los depósitos de Mioceno superior en facies marina, cuyo techo ha sido datado como Serravaliense superior-Tortonense basal, y nunca las facies continentales.

Este control es el que se utilizará como punto cronológico de partida en los acontecimientos tectónicos, sirviéndonos para datar la última etapa de compresión neógena (ALVARO y col. 1975).

Después de esta etapa de compresión se desarrolla un período de distensión que configura algunas de las cuencas del Mioceno superior en facies continental, actuando durante la sedimentación, como hemos señalado. No se ha observado, en la zona estudiada, la fase de compresión reconocida durante el cuaternario antiguo en áreas más internas de las Béticas (BOUSQUET, 1976).

El estudio detallado en la fotografía aérea E=1:33.000 delata la existencia de fracturas de dirección 3° NO y 30°NE limitando los bordes de la mayoría de las cuencas estudiadas. Estas direcciones quedan constantemente definidas a nivel regional

y local en el estudio de las imágenes Landsat E=1:500.000. Durante el trabajo de campo hemos reconocido estas fracturas como fallas directas, afectando unas veces a la secuencia continental completa y otras simplemente a unas cuantas capas.

De todo ello deducimos que la deposición de estos sedimentos es contemporánea con la etapa de distensión, desarrollándose la sedimentación a la vez que se producían nuevos acoplamientos.

FOURCADE (1970) cita la existencia de discordancia intratortoniense en varios puntos de la región de Ontur-Jumilla (Sierra de la Cingla, Sierra de la Pedrera...). La visita a dichas localidades nos lleva a disentir de las conclusiones del autor francés. En nuestra opinión existe una única secuencia del Terciario marino.

La discordancia intramioceno marino reconocida en zonas más meridionales: Minateda (BRINKMANN y GALLWITZ, 1933) y Elche de la Sierra (JEREZ MIR, 1973) no ha sido observada en la región estudiada. Por el contrario estudios recientes han demostrado la existencia de una discordancia en el límite Serravaliense-Tortonense al sur de la zona que hemos estudiado (LERET, *com. verbal*). Esta datación viene a coincidir con la propuesta por MONTENAT (1973) para la fase de compresión mayor en la zona Subbética.

Las dataciones obtenidas por nosotros en Alcaraz (Vianos) en los sedimentos miocenos cabalgados por Jurásico en el frente de escamas aseguran que la edad de la última compresión en el Prebético externo es también Serravaliense superior-Tortonense inferior.

Dado que las series continentales se encuentran sólo en la zona interna, afectadas por pliegues de radio amplio, las discordancias constatadas entre sedimentos marinos y sedimentos continentales se manifiestan con pequeña intensidad o son inapreciables.

Por último hay que resaltar que en los afloramientos existe una actividad tectónica decreciente de muro a techo, encontrándose las capas superiores (diatomitas), datadas como Turolense superior, muy poco o nada trastocadas durante la época de su sedimentación.

La existencia de una transgresión Tortonense post-compresión no ha sido observada más al nor-

te de Minateda. El cierre del estrecho Nordbético coincidiría entonces con la última fase de compresión del Prebético externo, anteriormente comentada. Esta idea está apoyada por dos hechos fundamentales; la inexistencia de sedimentos marinos de edad posterior al Tortonense basal; y la presencia de Mamíferos continentales europeos de edad Vallesiense. Esto no implica que, en áreas más meridionales pudiese existir conexión entre el Mediterráneo y el Atlántico.

BIBLIOGRAFIA

ALVARO, M.; G. ARGUESO, ELIZAGA, E.: *La estructura del borde Prebético en la Zona de Alcaraz*. Bol. I.G.M.E. T. LXXXVI-V, pp. 467-477 (1975).

AREITIO y LARRINAGA, A.: *Descripción de la usodila de Hellín*. "Anales Soc. Española Hist. Nat.", t. 2, pp. 385-387 y "Actas Soc. Española Hist. Nat.", t. 3, pp. 16 y 17 (1873-1874).

AZPEITIA, F.: *La diatomología española en los comienzos del siglo XX*. "Asociación Española Progreso de las Ciencias", Congreso de Zaragoza, t. 4, 320 pp. (1911).

BERGGREN, W. A., y VAN COUVERING, J. A.: *The Late neogene Biostratigraphy, Geochronology and Paleoclimatology of the last 15 million years in marine and continental sequences*. "Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.", t. 16, pp. 1-216 (1974).

BLOW, W. H.: *Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy*. in "P. Bronnimann y H. H. Renz (ed.) Proc. Int. Conf. Planktonic Microfossils, Ist" pp. 199-421. Neneva, 1967 (publ., 1969).

BRINKMANN, R., y GALLWITZ, H.: *Der betische Ausserand in Südöst Spanien*. "Beitr. Geol. West. Medit. Gebiete", t. 10 (1933) (trad. J. Gómez de Llarena): *El borde externo de las cadenas béticas en el Sureste de España*. "Publ. Extr. Geol. España", t. 5, pp. 167-290 (1950).

CALVO, J. P.: *Estudio petrológico y sedimentológico del Terciario marino del sector central de la provincia de Albacete*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense: 336 p., 35 láminas, 52 figs. (1978).

CHABBAR-AMEUR, R.; JAEGER, J. J., y MICHAUX, J.: *Radiometric Age of Early Hipparion fauna in North-West Africa*. "Nature", t. 261, pp. 38 y 39 (1976).

DE BRUIJN, H., y MEIN, P.: *On the mammalian fauna of the Hipparion Beds in the Calatayud-Teruel basin*. Proc. K. Ned. Akad. Wet., ser. B, t. 71, pp. 74-90 (1968).

DE BRUIJN, H.; SONDAAR, P. Y., y ZACHARIASSE, W. J.: *Mammalia and Foraminifera from the Neogene of Kastellios Hill (Crete), a correlation of continental and marine biozones*. Proc. K. Ned. Akad. Wet., B, t. 3, pp. 535-584 (1971).

DE BRUIJN, H.; MEIN, P.; MONTENAT, C., y VAN DE WEERD, A.: *Corrélations entre les gisements de Rongeurs et les formations marines du Miocène terminal d'Espagne méridionale (provinces d'Alicante et de Murcia)*. Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. B, t. 78, 32 pp. (1975).

FOURCADE, E.: *Le Jurassique et le Crétacé aux confins des Chaines Bétiques et Ibériques*. "These Sci. Nat.", 427 páginas (1970).

GOY, A.; GÓMEZ, J. J., y YÉBENES, A.: *El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte). I. Unidades litoestratigráficas*. "Estudios geol.", t. 32, pp. 391-423 (1976).

I. G. M. E.: Memoria explicativa de las Hojas del MA, G. NA.: 1:50.000:

Primera Serie núms. 816 (Peñas de San Pedro), 817 (Petrola), 841 (Alcaraz), 842 (Lietor), 843 (Hellín).

Segunda Serie núms. 816 (Peñas de San Pedro), 8117 (Pozo Cañada), 841 (Alcaraz) y 852 (Lietor).

JAEGER, J.-J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; MICHAUX, J., y THALER, L.: *Les faunes de Micromammifères du Néogène supérieur de la Méditerranée occidentale. Biochronologie, corrélations avec les formations marines et échanges intercontinentaux*. "Bull. Soc. Geol. France", ser. 7, t. 19, pp. 501-509 (1971).

JEREZ MIR, L.: *Bosquejo estratigráfico y paleogeográfico de la Zona Prebética en la región de Isso-Elche de la Sierra Morotala (provincias de Albacete y Murcia)*. Bol. Inst. Geol. Min.", t. 81, pp. 117-131 (1971).

JEREZ MIR, L.: *Geología de la Zona Prebética, en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (Provincias de Albacete y Murcia)*. "Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. de Granada". 750 págs. (1973).

JODOT, P.: *Les faunes des Mollusques continentaux réparties dans le Sud-Est de l'Espagne entre le Miocène supérieur et le Quaternaire*. "Mem. y Comuns. Inst. Geol. Diput. Prov. Barcelona", t. 17, pp. 1-134 (1958).

MARGALEF, R.: *Observaciones paleoecológicas y geocronológicas sobre los sedimentos lacustres de Hellín (Albacete)*. "Mem. y Com. Inst. Geol. Diput. Prov. Barcelona", t. 10, pp. 53-72 (1953).

MEIN, P.; BIZON, G.; BIZON, J. J., y MONTENAT, C.: *Le gisement de Mammifères de la Alberca (Murcia, Espagne méridionale). Corrélations avec les formations marines du Miocène terminal* "C. R. Ac. Sc. Paris", ser. D, t. 276, pp. 3077-3080 (1973).

MONTENAT, C.: *Les formations néogènes et quaternaires*

du levant espagnol (provinces d'Alicante et de Murcia). "These, Paris-Orsay", 1.167 págs. (1973).

RYAN, W. B. F.; CITA, M. B.; DREYFUS RAWSON, M.; BURCKLE, L. M., y SAITO, T.: *A Paleomagnetic assignment of Neogene stage Boundaries and The Development of Isochronous Datum Planes Between The Mediterranean, The Pacific and Indian oceans in order to Investigate the reponse of the World Ocean to The Mediterranean "Salinity Crisis"*. "Riv. Ital. Paleont. Milano", t. 80, pp. 631-688 (1974).

Recibido: febrero 1978.

Nuevas reflexiones sobre la hoja 857 Valsequillo (Córdoba - Badajoz)

Por TIRSO FEBREL MOLINERO (*)

SUMMARY

The Valsequillo sheet n.º 857 (Córdoba-Badajoz) was prepared by us during the period 1960-62 and published by the Geological Institute in 1965. The object of this publication is to up-date the fossiliferous outcrops found in the territory of the sheet during the time of its preparation or at a later revision made in 1977-78. We have also made certain remarks about the dating of some geological formations in this zone; this dating was made after the publication of the sheet.

RESUMEN

La Hoja de Valsequillo núm. 857 (Córdoba-Badajoz) fue preparada por nosotros en el período 1960-62 y publicada por el Instituto Geológico y Minero de España en 1965. La presente publicación tiene por objeto actualizar los afloramientos fosilíferos hallados en el territorio de la Hoja en la época de su preparación o en una posterior revisión efectuada en 1977-78. También hacemos algunas consideraciones sobre la datación de ciertas formaciones geológicas de esa zona, datación realizada en época posterior a la publicación de la Hoja.

La hoja número 857 Valsequillo (Córdoba-Badajoz) fue publicada en 1965 como resultado de un trabajo efectuado por un equipo de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras para la Empresa Nacional Carbonífera del Sur en los años precedentes.

Los ingenieros de explotación de esta última empresa suponían que sólo estaban explotando la mitad de la cubeta carbonífera sinclinal de Peñarroya-Bélmez-Espiel, ya que sólo explotaban capas que buzaban hacia el sur y por eso faltaban, según ellos, por explotar las zonas en que las capas carboníferas buzaban hacia el norte, ya que sabían que el plegamiento de la región no es volcado y había, por tanto, zonas donde los estratos buzaban hacia el norte, mientras que en otras lo hacían hacia el sur. A decidir este extremo y a estudiar la mencionada cubeta sinclinal de Peñarroya-Bélmez-Espiel más detenidamente de lo que se había hecho hasta entonces, es para lo que se trasladó el equipo de la Empresa Nacional Adaro a ese lugar.

El primer extremo de los dos mencionados se resolvió fácilmente, ya que la Empresa Nacional Carbonífera del Sur estaba explotando la totalidad de la cubeta sinclinal.

El plegamiento de la región, de ejes hercinianos. Oeste Noroeste-Este Sureste, es un plegamiento asimétrico con una rama, la que buza hacia el Sur, mucho más tendida y extensa que la que lo hace hacia el Norte, que suele estar cortada y desplazada por fallas que determinan que la parte de la capa con buzamiento hacia el Norte desaparezca o se atenue en casi su totalidad.

Pero no son los dos puntos mencionados los responsables de esta corta publicación.

El estudio de la cuenca carbonífera hizo necesario no sólo el estudio del Carbonífero, sino también de los terrenos circundantes más antiguos. Este estudio hizo posible la publicación de la Hoja de Valsequillo número 857.

Esta Hoja publicada por nosotros no contiene, en nuestra opinión, y según puede verse en el plano 1:50.000 que acompaña a la Memoria, más que for-

(*) Instituto Geológico y Minero de España.

maciones devonianas y carboníferas, con excepción de dos pequeñas áreas en el extremo occidental de la Hoja, que formadas por rocas metamórficas, neises y esquistos, fueron definidas como Estrato Cristalino. Quizá la denominación de Metamórfico habría sido más adecuada, aunque ambas acepciones sean análogas, ya que las rocas que constituyen un Estrato Cristalino son metamórficas. En aquella época fue imposible datar cronológicamente a esas pequeñas extensiones.

Creemos recordar que entonces apenas era conocida área precámbrica alguna en España, pero después ha crecido tan desmesuradamente la aparición de áreas precámbricas, que en modo alguno negamos que pueda existir Precámbrico en España, pero sí creemos, sobre todo en zonas que conocemos, que son excesivas las áreas datadas como precámbricas.

Por lo que respecta a Valsequillo y exceptuando las áreas metamórficas citadas, que nos fue imposible datar entonces y que intentaremos hacerlo en un próximo futuro, el resto del territorio es Devoniano o Carbonífero inferior, aunque haya trabajos posteriores que pretendan atribuir al Precámbrico buena parte del territorio de la Hoja. En ninguno de esos trabajos hemos visto un plano 1:50.000 donde quede delimitada el área precámbrica y me cabe recordar a los autores de esos trabajos lo que oí referir a geólogos de la talla de H. H. Read, G. Wilson, J. Sutton, A. Almela, etc., y ello es que "un trabajo geológico sin plano no sirve de nada y no tiene por qué ser considerado".

La presente publicación tiene por objeto recordar los afloramientos fosilíferos hallados en la Hoja de Valsequillo en la época en que fue preparada 1960-1962 y añadir los encontrados en una posterior revisión efectuada en 1977-78.

Con ello pretendemos evitar que algún Precámbrico de los aparecidos posteriormente o que en el futuro puedan encontrarse se halle precisamente en una zona que contenga fósiles devonianos o carboníferos.

De cada afloramiento, del que indicamos sus coordenadas geográficas y su posición en el plano que acompaña a la Memoria de la Hoja, referimos la fauna hallada, clasificada por don Indalecio Quintero, Profesor Doctor Ingeniero de Minas, a quien desde aquí expresamos nuestro reconocimiento por su valiosa ayuda, y entre paréntesis indicamos la época en que fue recogida la fauna correspondiente 1960-1962 ó 1977-78. En el caso de que en un mismo

afloramiento hayamos encontrado fauna en las dos épocas 1960-62 y 1977-78, dos paréntesis que comprenden a estas épocas preceden a la descripción de la fauna hallada en cada período.

Para evitar dudas en lo que respecta a la clasificación paleontológica digamos que la edad atribuida por el señor Quintero a la fauna hallada es la misma que fue determinada por paleontólogos de la Universidad de Berkeley (California) en el año 1964 en que allí estuvimos.

Afloramientos fosilíferos de la Hoja de Valsequillo núm. 857 (Córdoba-Badajoz) y descripción de la fauna en ellos hallada.

Afloramientos Fosilíferos Devonianos.

— Ortocuarzitas de la Sierra Patuda, 1.º 37' 45" - 38º 26' 5". El afloramiento está situado en el kilómetro 35,800 - 35,900 del ferrocarril de Córdoba a Almorchón (1960-62):

Lindstromia cornuhirci; Cyrtospirifer disjunctus, (Sow). Devoniano.

— Calizas del camino de la Casilla de Jaure, 1.º 33' 43" - 38º 22' 30" (1960-62):

Michelinoceras sp; Favosites sp, Devoniano; Orthis sp, Devoniano; Acrospirifer pellicoi Vern Cobleciense sup-Givetiense; Camarotoechia sp, Devoniano.

— Calizas del Gamonal, 1.º 34' 3" - 38º 24' 10". Estas calizas se encuentran a ambos lados de la carretera de Valsequillo a Hinojosa del Duque, entre los kilómetros 14 y 15 (1960-62) y (1977-78).

Favosites cervicornis, Blainv, Cobleciense superior-Eifeliense; Strophomena sp, posible Eifeliense; restos de Camarotoechia, ídem; Favosites reticulata, Blainv; Tallos de crinoides; Restos de braquiópodos inclasificables, Devoniano.

— Calizas situadas al norte del Gamonal, 1.º 33' 25" - 38º 24' 40" (1977-78):

Mucrospirifer mucronatus (Conrad), Givetiense; Fimbrispirifer, sp, Givetiense; Eosyringothyris? sp, Devoniano medio; Trigeria, sp. El conjunto define el Eifeliense.

— Ortocuarzita (Toroza), 1.º 43' 10" - 38º 28' 15" (1977-78):

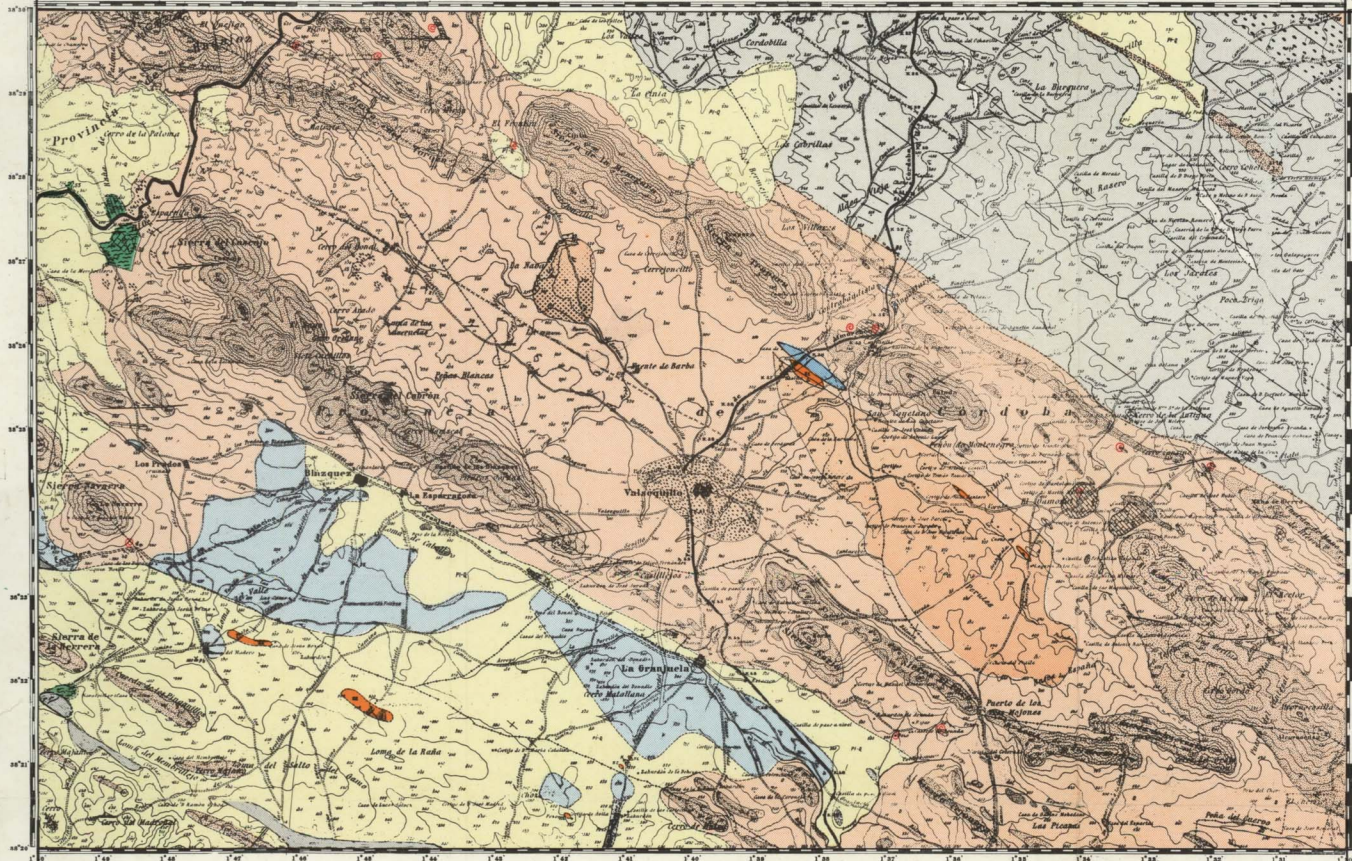
Australocoelia sp, Devoniano inferior; Hexacrinus? sp, Devoniano; Orthisidos inclasificables. La mala conservación de los fósiles no permite observar

AFLORAMIENTOS FOSILIFEROS @ DE LA HOJA DE VALSEQUILLO N° 857

(Cordoba-Badajoz). En los afloramientos situados en las Hojas adyacentes (El Viso, Monterrubí, Fuenteobejuna) se añade al signo del afloramiento la designación local.

MONTERRUBIO

EL QUEJIGO



VISO

Km 26 FC. PUERTOLLANO
PEÑARROLLA

LAS CALERAS

FUENTEBEJUNA

CONFLUENCIA ARROYO PRADO
CON RIO GUADIATO

SUR SIERRA BOLLERA

EXPLICACION

- | | |
|---|---|
| TERRENOS MODERNOS | Aluvial. |
| | Flo-Cuaternario. |
| ROCAS PLATONICAS | Granítica. |
| | Diorítica. |
| | Gneiss y granodiorita. |
| METAMORFISMO DE CONTACTO | Pizomas mosqueados del Carbonífero inferior. |
| CARBONIFERO MEDIO (DINANTINENSE SUPERIOR-WESTFALINENSE) | Armasas y pizomas. |
| | Conglomerados. |
| CARBONIFERO INFERIOR (DINANTINENSE) | Pizomas y masas intercalaciones de areniscas. Gravitación más frecuente en los terrenos inferiores. |
| | Lanas (basaltos espessos y diabasas albitas con intercalaciones pizarrosas). |
| | Calizas. |
| | Conglomerados. |
| DEVONIANO INFERIOR Y MEDIO | Calizas arenosas (Coblecense sup.-Esférens). |
| | Arenas y areniscas. |
| | Conglomerados. |
| | Orisuaritas (probablemente base del Coblecense). |
| METAMORFICO | Calizas. |
| | Esquistos en el SW. y masas en el NW. |
| | Planes de coarzo. |
| | Dirección de crecimiento en pizomas. |
| | Rancho y basamento de capas. |
| | Capas horizontales. |
| | Capas verticales. |
| | Falla o fractura. |
| | Falla de desgarro. |
| | Contacto normal. |
| | Discontinuidad. |
| | Contacto supero. |
| | Artificial. |
| | Sinifinal. |
| | Masa obstruccion. |

claramente los caracteres específicos; no obstante en su conjunto definen el Devoniano inferior. Los orthisidos son más frecuentes en el Ordoviciense, pero la presencia de Crinoides en la muestra de ortocuarcita permite descartarlo inmediatamente.

— Calizas del Cortijo Trapero, 1.º 37' 15" - 38º 26' 8". Están atravesadas por el ferrocarril de Córdoba a Almorchón (1960-62):

Favosites sp, Devoniano; Favosites cf. cervicornis, Blainv, Devoniano.

— Calizas de la Casa del Aljazar, 1.º 43' 55" - 38º 29' 40" (1960-62):

Favosites polymorpha. Goldf, Cobleciense sup-Givetense.

— Calizas del Torozo, 1.º 45' 55" - 38º 29' 30" (1960-62):

Acrospirifer pellicoi, (Vern), Cobleciense-Eifeliense.

— Areniscas de la Retamala, 1.º 44' 40" - 38º 29' 40" (1960-62):

Spirifer aff. cabedanus, Vern, Devoniano; Schizophoria vulvaria, Schlot, Cobleciense sup-Eifeliense; Spirifer disjunctus, Sow, Cobleciense sup-Frasniense.

— Areniscas del Sur de la Sierra Navarra (Finca de los Duranes), 1º 48' 30" - 38º 23' 30" (1960-62) y (1977-78):

Camarotoechia daleidensis, Roem, Cobleciense sup-Eifeliense; Camarotoechia aff. ferquensis, Goss, Devoniano; Camarotoechia cf. daleidensis, Roem, Devoniano; Camarotoechia sp, Devoniano.

— Areniscas del Caserío de Aranda, 1.º 36' 55" - 38º 21' 25" (1977-78):

Mucrospirifer mucronatus (Conrad); Devonochonetes? coronatus, (Hall): Devoniano medio.

— Calizas del Caserío de Aranda, 1.º 36' 5" - 38º 21' 28" (1960-62):

Tallos de Poteriocrinites, Devoniano; Streptorhynchus crenistria, Phill, Devoniano; otras secciones de braquiópodos.

— Calizas del arroyo Cascajoso, 1.º 32' - 38º 24' 35". El afloramiento está situado en la margen derecha del arroyo, inmediato a la carretera de Valsequillo a Hinojosa del Duque (1977-78): Atrypa reticularis, Linn; Favosites reticulata (Blain); Fenestella antiqua, Goldf; Tallos de Poteriocrinus; Cobleciense sup-Eifeliense.

Las cresterías de ortocuarcitas se continúan ininterrumpidamente hacia Levante hasta ser cubiertas

discordantemente por los terrenos más modernos del Valle del Guadalquivir y así fauna devoniana de la misma edad hallamos en el período (1960-62) en una trinchera de la carretera de Pedro Abad a Adamuz, entre los kilómetros 6 y 7, en la Hoja de Bujalance número 924 (Córdoba) más de 100 kilómetros hacia el Este de la zona de nuestro estudio.

Afloramientos Fosilíferos Carboníferos.

— Calizas de las Caleras, 1.º 42' - 38º 18' 55". Este afloramiento está situado en la Hoja de Fuenteobejuna (núm. 879), muy próximo al borde meridional de la Hoja de Valsequillo (1960-62) y (1977-78):

Son calizas con tallos de crinoides conocidas con el nombre de "calizas de entroques".

Esta facies se encuentra con frecuencia en el Devoniano medio o en el Viseano. En el primer caso suelen verse abundancia de brazos junto a los tallos de crinoides. En el segundo los brazos no están asociados a los tallos, por regla general.

Los biohermos en cuestión son Poteriocrinites del Devoniano superior a Carbonífero inferior.

Creemos, sin embargo, que se trata del Poteriocrinus crasus, Miller, del Viseano superior.

— Calizas fétidas de la confluencia del Arroyo del Prado con el río Guadiato, 1.º 37' 40" - 38º 17' 25". Este afloramiento está situado en la Hoja de Fuenteobejuna (núm. 879), en el Carbonífero de la Cuenca de Peñarroya (1960-62):

— Caliza detrítica con fragmentos de Crinoideos, Lamelibranquios, Briozoos, Fenestellidae, Tuberitina, Algas, Textularidae (Climacammina o affinis), Endothira, Parastaffella? Archaeodiscus? Carbonífero.

— Calizas del sur de Sierra Bollera, en la cuenca carbonífera de Peñarroya 1.º 32' 25" - 38º 15' 40". Este afloramiento también está situado en la Hoja de Fuenteobejuna (núm. 879) (1960-62):

Caliza detrítica con grandes fragmentos de Equinodermos y Ostracodos de gran tamaño, Girvanella, Briozoos, Endothira, Parastaffella?, Archaeodiscus, Palaeotextularia, un pequeño Gasterópodo, Tuberitina, Millerella. Carbonífero.

— Afloramiento Fosilífero del kilómetro 26 del antiguo ferrocarril de Puertollano a Peñarroya, en territorio de la Hoja de el Viso (núm. 858), 1.º 24' 22" - 38º 20' 29" (1960-62):

Fueron hallados tallos vegetales en el conglome-

rado que forma los primeros tramos de este Carbonífero. Fueron clasificados como *Asterocalamites* sp, Devoniano superior-Carbonífero inferior. En una nota aclaratoria se indica "los *Asterocalamites* son generalmente típicos del Carbonífero inferior, aunque no pueden descartarse por completo en el Devoniano superior, ya que algunos textos así lo citan. En España no tenemos ninguna noticia de su aparición fuera del Carbonífero, y nuestra opinión es que se trata de un Carbonífero inferior.

Vamos a citar otro dato de gran importancia para el conocimiento geológico de la región, que demuestra el poco esmero que se ha puesto en parte de los trabajos realizados en esa zona.

En época muy posterior a la publicación de nuestra Hoja de Valsequillo, se preparó el plano 1:200.000 con información procedente de muy diversos autores.

En la Hoja núm. 69 (Pozoblanco) del expresado plano puede observarse que en lo que a nuestra zona respecta, el río Zujar, que como hemos dicho, discurre de sur a norte por el extremo occidental de nuestra Hoja, debe representar un cambio de información geológica, ya que, según el expresado plano 1:200.000, el territorio situado al Este del río, en superficie de la Hoja de Valsequillo, es Devoniano, de acuerdo con lo ya establecido por nosotros en época anterior. Por el contrario, el territorio situado a poniente de ese río en superficie de las Hojas de Valsequillo y Monterrubio de la Serena (números 857 y 832) es Siluriano.

Ese Siluriano inmediato y al Oeste del río Zujar no es Siluriano más que en la mente del que haya proporcionado la referida información geológica, y en la Hoja de Maguilla, que aunque no publicada tenemos preparada desde 1965, datamos a ese territorio inmediato y al Oeste del Zujar como Devoniano, con las mismas subdivisiones del Devoniano de la Hoja de Valsequillo, del que es continuación. Prueba lo que acabamos de decir, es el que en la revisión efectuada en 1977-78, en el camino que parte a derecha de la carretera de Peraleda de Zaucejo a Monterrubio de la Serena y se dirige a los Cortijos de la Dehesa de San Vicente y del Quejigo, cerca del borde Sur-Occidental de la Hoja de Monterrubio de la Serena, camino que discurre en dirección Noroeste-Sureste hacia el río Zujar, hay caleras en la Finca del Quejigo y junto a ellas o en los inmediatos afloramientos de calizas

y areniscas puede recogerse la misma fauna devoniana descrita en la enumeración efectuada de los afloramientos fosilíferos.

Como era lógico suponer un accidente natural, un río en este caso particular, difícilmente puede ser frontera geológica en un recorrido de decenas de kilómetros, como el plano 1:200.000 pretende.

Como resumen diremos que, en nuestra opinión, no hay en el territorio de la Hoja de Valsequillo más que formaciones devonianas y carboníferas, con excepción de la reducida área metamórfica que contiene.

Nuestro trabajo inmediato irá encaminado a datar cronológicamente ese área, cosa que no pudimos hacer cuando efectuamos nuestro primer trabajo en 1960-62.

Tan pronto como esté a punto el equipo de datación de edades del Instituto Geológico y Minero de España se emprenderá esa tarea.

Antes, sin embargo, vamos a establecer en campo y laboratorio las relaciones de simetría de ese área metamórfica comparándolas con las del Devoniano y del Carbonífero. Si tiene los mismos planos y peculiaridades simétricas de estas últimas formaciones, es lo más probable que ese Metamórfico sea un Devoniano metamórfico. De esto ya tenemos un ejemplo en el territorio de la Hoja de Maguilla. El Metamórfico en facies de las pizarras verdes situado al Este de Campillo de Llerena, es un Devoniano metamórfico. La fauna que contenía en época anterior al metamorfismo que ha sufrido era, sin duda, una fauna resistente que ha sobrevivido al proceso metamórfico. Aunque deformada, ha podido ser datada sin dificultad alguna tanto en el Instituto Geológico como en la Universidad de Berkeley (California) y en ambos centros la han referido a los mismos niveles del Devoniano de la Hoja de Valsequillo.

También tiene esa misma fauna devoniana el afloramiento fosilífero situado en ese Devoniano metamórfico junto a unas caleras enclavadas al Sureste de Campillo de Llerena, en la Hoja de Maguilla, 2.º 06' 45" - 38º 28' 12". La fauna hallada ha sido:

Disphyllum caespitosum (Goldf); *Cyathophyllum* sp; *Favosites* sp; *Isotrypa* (Fenestella) sp; *Crinoides* (*Poteriocrinites*); Devoniano medio.

Recibido: junio de 1978.

Presencia de formaciones vulcano-sedimentarias y mineralizaciones de hierro asociadas en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa (Córdoba)

Por L. J. BAEZA-ROJANO (*); C. RUIZ GARCIA (**), y M. RUIZ-MONTES (*)

RESUMEN

Con esta nota se pretende, únicamente poner de manifiesto la presencia de formaciones vulcano-sedimentarias intracarboníferas—hasta ahora no citadas—en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa, a las cuales se asocian mineralizaciones ferríferas. Se describe la secuencia observada en el paraje "La Parrilla"—que permite establecer la relación mineralización-roca de caja— y, al mismo tiempo, se aportan datos referidos a un área más amplia.

ABSTRACT

In the present paper, the existence of intracarboniferous vulcano-sedimentary formations in La Coronada-Villaviciosa magmatic axis, not mentioned till now, is shown; ferric mineralizations are associated to them. The sequence observed at "La Parrilla" place—which permit to establish the mineralization-hostrock relationship—is described. On the other hand data concerning a larger area are adduced.

INTRODUCCION

En 1969 el Instituto Geológico y Minero de España inició trabajos de investigación en una extensa área de las provincias de Badajoz, Córdoba y Sevilla, al N de la Línea del Guadalquivir, cuyos primeros resultados geológicos se publicaron en la Síntesis Geológica y Metalogénica a escala 1.200.000 (IGME, 1970-1971). Desde un principio se vislumbró la importancia de, entre otros, dos rasgos geológicos fundamentales: 1.º la presencia de series vulcano-sedimentarias, muy desarrolladas, en el Precámbrico, y 2.º un eje magmático del ciclo hercínico que se extiende desde La Coronada (al W. de Fuenteovejuna) hasta las proximidades de Córdoba (eje magmático "La Coronada-Villaviciosa").

Formaciones vulcano-sedimentarias afloran extensamente en este sector de Sierra Morena pero, sobre todo, en el Precámbrico más alto de los domi-

nios Zafra-Alanís-Córdoba (1) y Peraleda de Zaucejo-Montoro (Obejo-Valsequillo de M. DELGADO *et al.*, 1977). Formaciones del mismo origen constituyen parte de la secuencia metamórfica del Precámbrico más bajo de la región, representado en el dominio Azuaga-Cerro Muriano y en el área de Peñaflo-La Puebla de Los Infantes.

En el eje magmático La Coronada Villaviciosa están presentes muy diversos tipos de rocas plutónicas, subvolcánicas y volcánicas. En la Síntesis cartográfica a escala 1:200.000 (hoja 69. Pozoblanco. IGME, 1970-1971) se diferenciaron: rocas básicas (complejo Plutónico Los Ojuelos-La Coronada), rocas graníticas (granitos de Villaviciosa), rocas subvolcánicas (pórfidos sieníticos) y rocas volcánicas (complejo volcánico de El Alcornocal). La investigación realizada hasta diciembre de 1975, por parte del IGME

(1) La diferenciación de dominios longitudinales, rasgo estructural característico de esta zona de Ossa Morena, se ha expuesto en la Memoria correspondiente al Proyecto de Investigación Alanís-Cerro Muriano (IGME, 1975) y M. DELGADO *et al.* (1977).

(*) División de Minería del IGME.

(**) Laboratorio de Petrología y Metalogénica del IGME.

y de E. PASCUAL y F. PÉREZ-LORENTE, ha permitido diferenciar (fig. 1): a) Complejo plutónico Los Ojuelos-La Coronada; b) Granito de Peñas Pardas; c) Complejo plutónico de El Alamo; d) Granito del Cortijo de Los González; e) Pórfidos granodioríticos de La Buenagua; f) Granodiorita del Rosal; g) Granito de Los Arenales; h) Diques ácidos del Trabuco, e i) Basaltos y Diabasas de La Campana.

Este magmatismo se ha considerado, siempre, post-hercínico —post-Westfaliense C— puesto que en algunos puntos intruye y metaforiza a materiales de esta edad.

E. PASCUAL y F. PÉREZ-LORENTE (1975) aportan, además, criterios estructurales y petrológicos que apoyan el carácter postcinemático del magmatismo. En la actual fase de investigación algunas observaciones permiten afirmar que, al menos localmente, parte de las rocas ígneas del eje La Coronada-Villaviciosa son términos de series vulcano-sedimentarias intracarboníferas. (Existen, no obstante, en el ámbito del eje magmático materiales vulcano-sedimentarios del Precámbrico más alto aunque menos desarrollados que en el dominio Zafra-Alanís-Córdoba.)

EL SECTOR DE "LA PARRILLA"

En un área de, aproximadamente, 70 kilómetros cuadrados —pertenecientes, en su casi totalidad a la zona más suroriental de la hoja 879 (Fuenteobajuna)— existen varios tipos de yacimientos minerales de reducido interés económico: a) yacimientos filonianos de barita encajados, fundamentalmente, en rocas volcánicas ácidas; b) yacimientos filonianos barita-cobre que arman en rocas plutónicas básicas; c) yacimientos de sulfuros de cobre, diseminados y en relación con pequeñas fracturas, en rocas básicas (yacimientos tipo Montecatini), y d) yacimientos de mineral de hierro (hematites).

Durante el reconocimiento de tales indicios (campana 1976-1977) se observó que los del grupo d) —La Parrilla, El Rosalejo, La Machorra, Las Berrazas...—, se concentran en una alineación NW-SE, que se extiende desde Doña Rama hasta Las Berrazas —este último paraje muy próximo al punto común a las hojas 879, 880, 900 y 901— y que la mineralización está invariablemente asociada a niveles pizarroso-grauwáquicos del Carbonífero (con las características típicas de estos materiales en la región), cuyas potencias oscilan entre unos centímetros y 2-3 metros, alternantes con paquetes de material volcánico (figuras 2 y 3).

En dos de estos indicios (1 y 2 de la figura 2), situados junto a las Casas de La Parrilla, las condiciones de observación son tales, que permiten, tras un análisis detallado, establecer la secuencia y características de los distintos niveles así como las relaciones genéticas entre mineralización y roca de caja. De muro a techo se diferencian:

I) Tramo, de 55 cm de potencia, de todas híbridas formadas por materiales volcánicos y sedimentarios.

En afloramiento, los primeros 40 cm del tramo presentan aspecto de grauwaca carbonífera en tanto que los 15 cm finales contienen mayor proporción de fragmentos ígneos.

Al microscopio se reconocen cristales, algunos de origen ígneo, de cuarzo y de plagioclasa y fragmentos de roca sedimentaria, en el seno de una matriz clorítica —vermiculita y moscovita, a veces— y de cuarzo microcristalino.

II) 20 cm de materiales lutíticos —aspecto típicamente carbonífero— con mineralización de hematites más abundantes hacia el techo del tramo.

La roca está constituida, esencialmente, por vermiculita y algo de clorita, ambas en haces fibroso-radiados; la vermiculita muestra pleocroísmo en tonos amarillo-verdosos con tinte pardo y colores de polarización más altos que los de la clorita. (El diagrama de difracción de rayos X confirma la presencia de vermiculita). Se observa, por otra parte, una esquistosidad incipiente.

Cuarzo y hematites están en cantidad subordinada. La hematites se presenta en cristales tabulares muy estrechos— incluso aciculares— agrupados en haces que, en ocasiones, se presentan con flexiones que afectan a todos los cristales del haz mostrando una acusada extinción ondulatoria. En cantidad accesoría hay goetita en finas venas que cortan a los paquetes de cristales de hematites.

III) Tramo de 1,10 m fundamentalmente constituido por rocas piroclásticas.

En el subtramo inferior (90 cm) son claramente tobas: se reconocen fenocristales de cuarzo y plagioclasa, fragmentos de lavas y de rocas detríticas. Estos cristales y fragmentos de roca están incluidos en una pasta arcilloso-silíceo que actualmente está constituida por minerales micáceos (clorita, vermiculita y sericita) y cuarzo microcristalino, originado en parte por silicificación de cenizas volcánicas. Los minerales micáceos aparecen en agregados fibroso-radiados y parcialmente se han formado en rela-

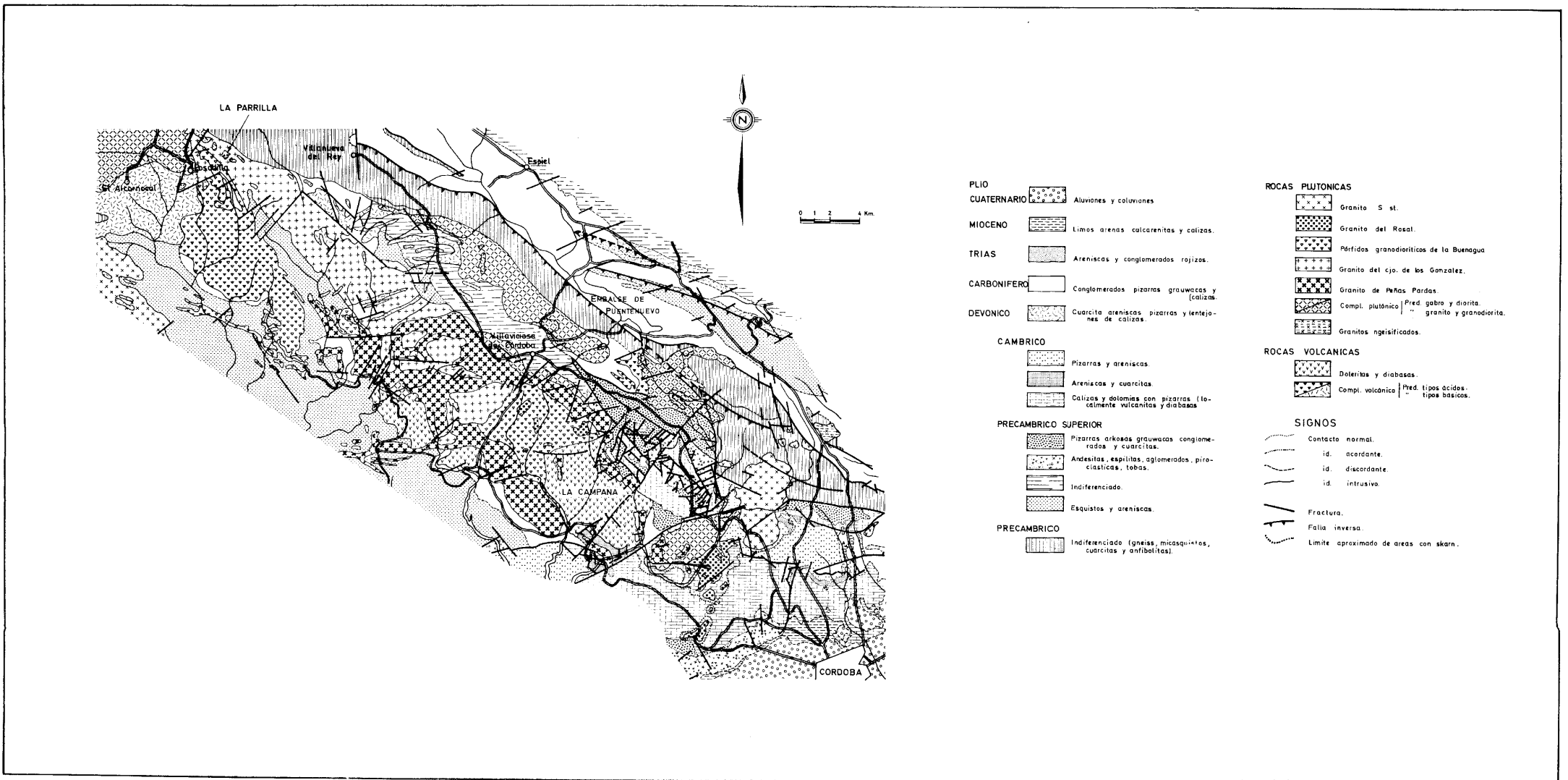


Figura 1

El eje magnético "La Coronada-Villaviciosa".

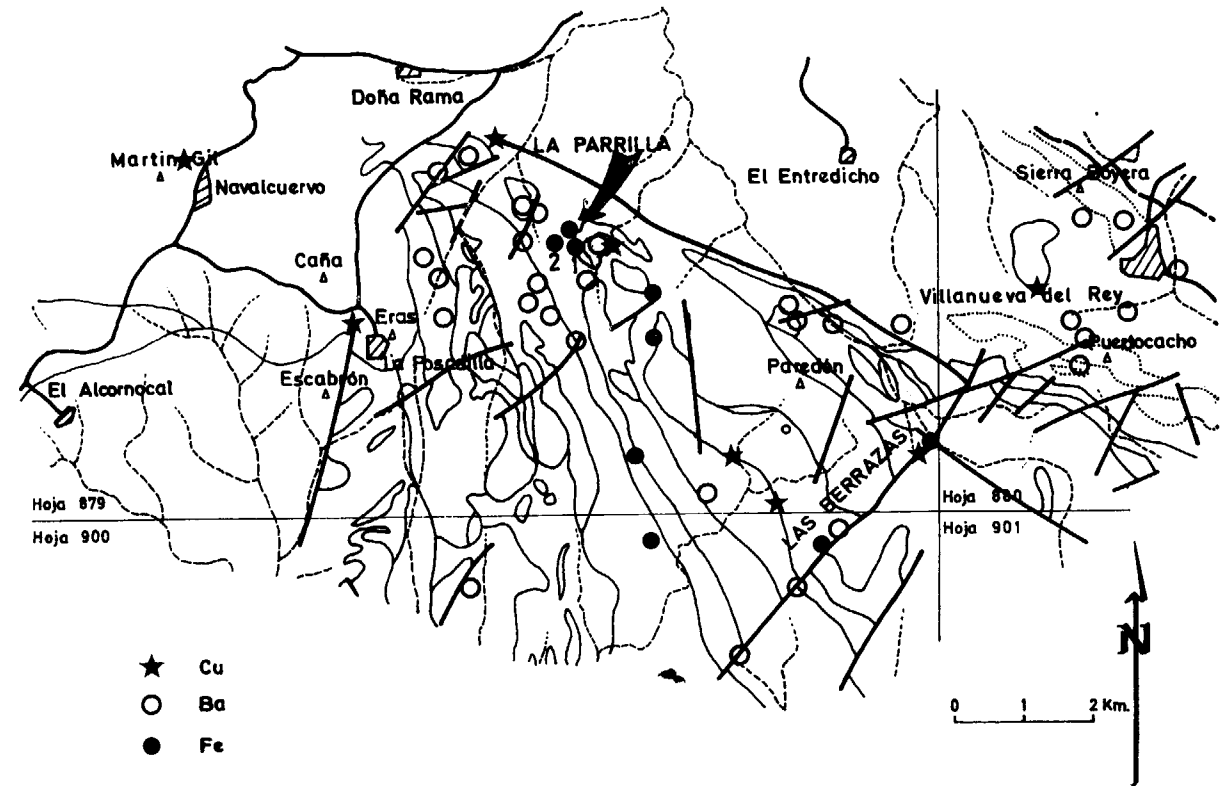


Figura 2

Indicios mineros en el área de "La Parrilla".

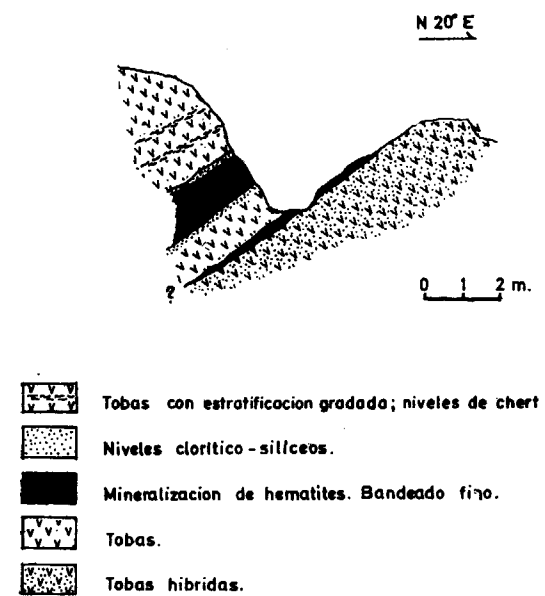


Figura 3

Corte del indicio 1.

ción con procesos deutéricos. En los últimos 20 cm de este subtramo se observa una disminución del porcentaje de fragmentos lávicos.

En el subtramo superior (20 cm) disminuye el tamaño de grano y es mayor el contenido en cuarzo microcristalino. Posteriormente a este tipo de cuarzo se ha generado otro cristalino que rellena cavidades y venillas; asociado a este último aparece epidota en cristales tabulares no muy desarrollados pero relativamente abundantes. Estos procesos de silicificación y epidotización enmascaran, en parte, la naturaleza original de la roca. El tramo termina en un delgado nivel cuyas características de afloramiento son las típicas de materiales detríticos carboníferos, aunque más silíceos.

La hematites comienza a aparecer en los últimos 40 cm del tramo, primero con rellenos intersticiales, luego constituyendo pequeños lentejones. Se presenta en cristales tabulares en haces y radiados, asociada a clorita y epidota.

IV) Tramo mineralizado principal constituido por una alternancia de lechos de hematites y niveles cloríticos, cloríticosilíceos y silíceos. Esta alternancia se

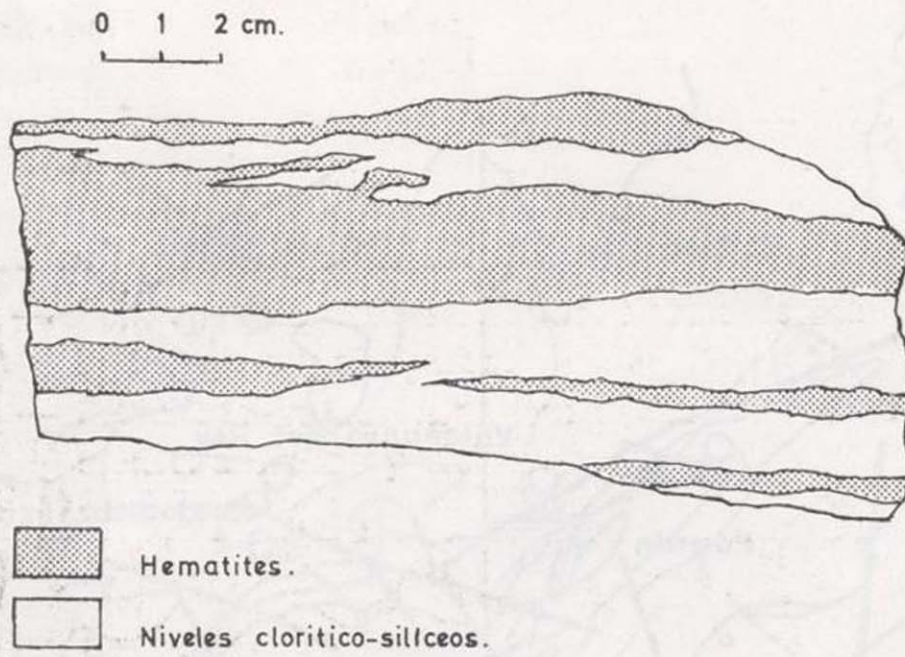


Figura 4

Esquema de la mineralización en una muestra de mano.



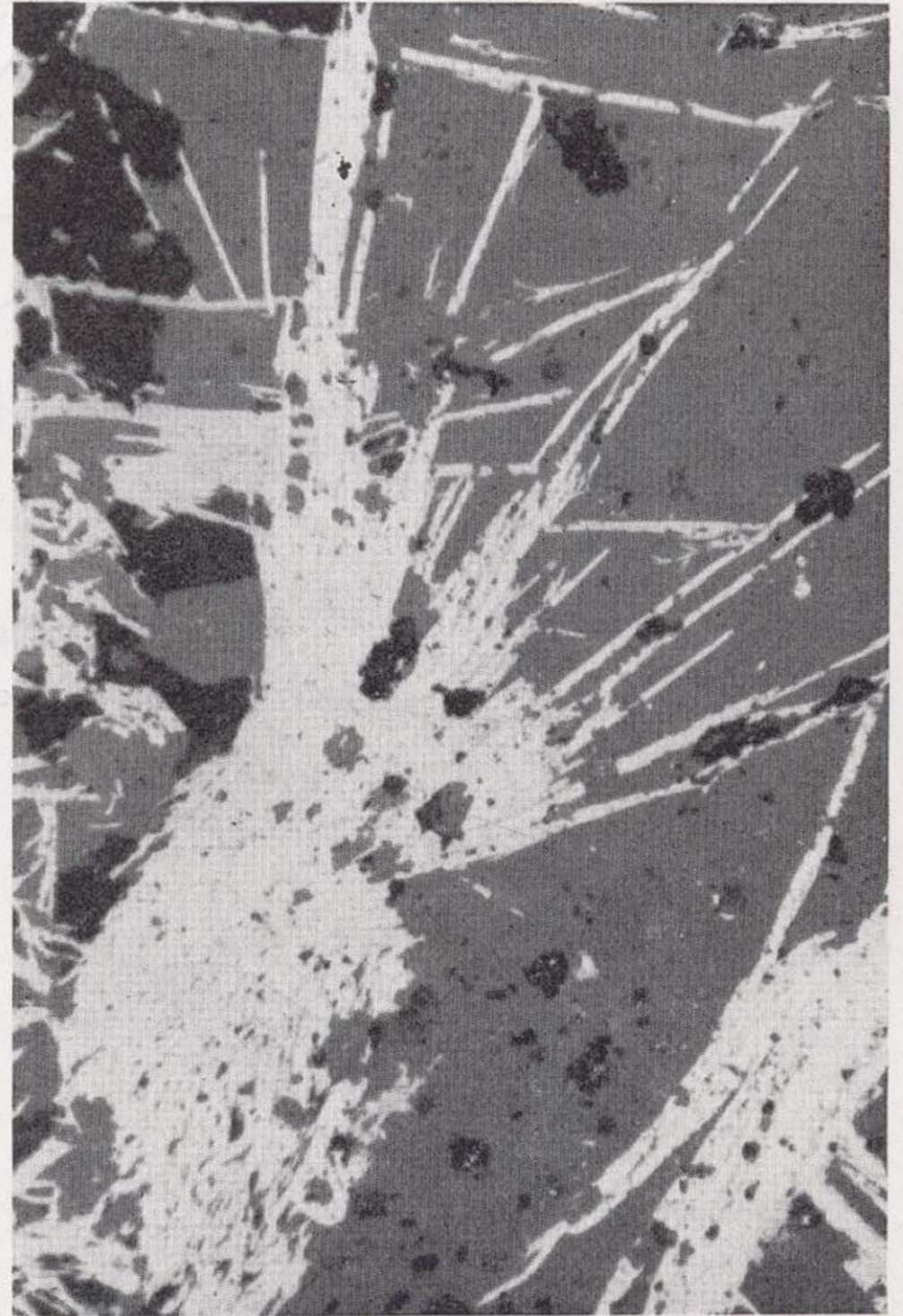
Microfotografía 1

Hematites en cristales tabulares estrechos agrupados en haces.

(Luz reflejada, $\times 90$, N II.)

manifiesta a escala de afloramiento (lechos de 10-25 centímetros), en muestra de mano (niveles de 0,5-2 centímetros) (fig. 4) y al microscopio.

La hematites se presenta en cristales tabulares generalmente agrupados en haces (microfotografía 1); ocasionalmente tiene formas estrelladas (microfotografía 2) o desflechadas. Se aprecia un proceso incipiente de magnetización de la hematites (microfotografía 3): pequeñas "manchas" de magnetita se distinguen en el centro de algunos cristales de hemati-



Microfotografía 2

Hematites especular.

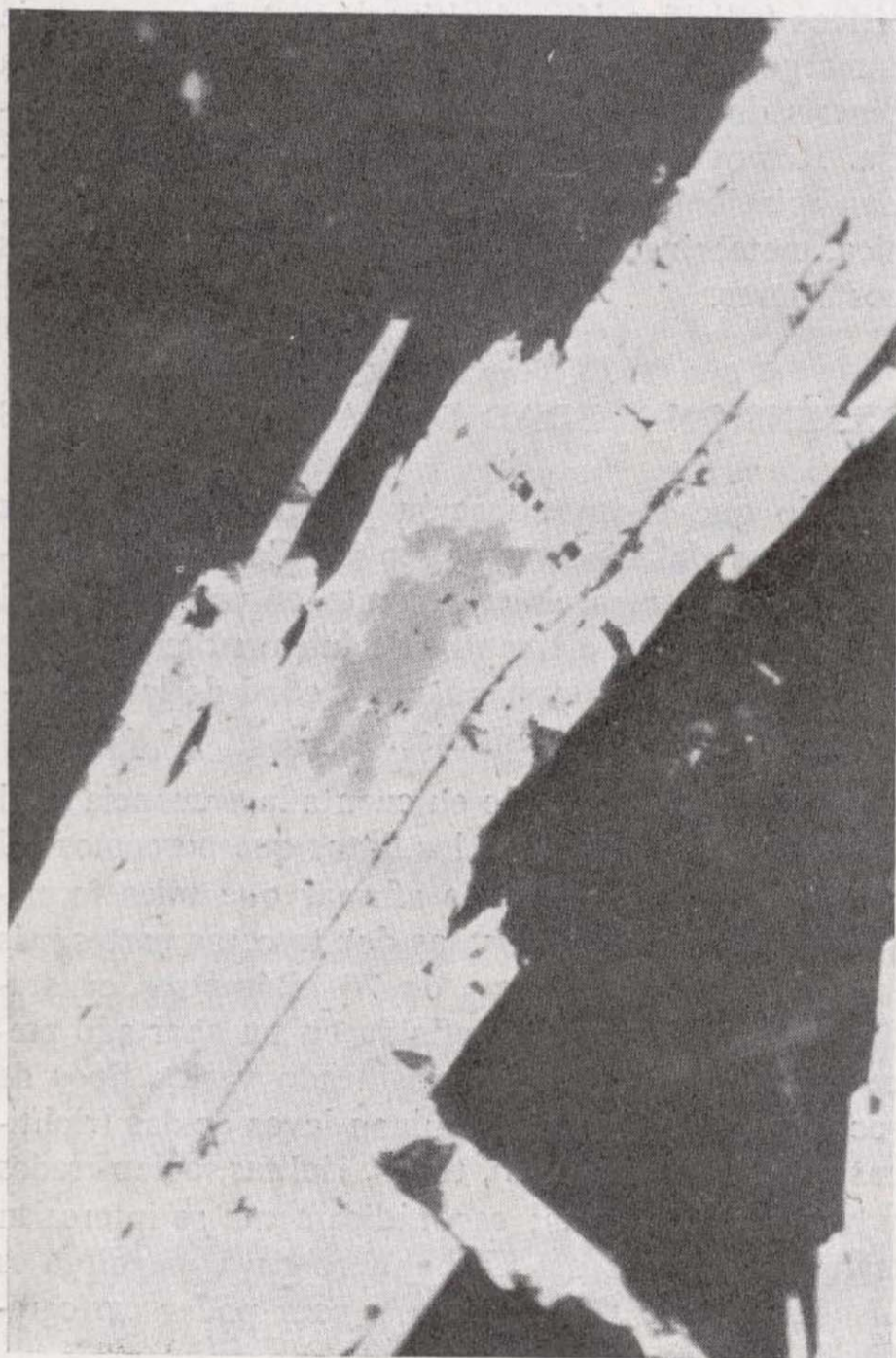
(Luz reflejada, $\times 90$, N II.)

tes. (Este reemplazamiento de hematites por magnetita fue citado por H. Stützel en la metalización de hematites de Lahn). En proporción mínima existe limonita originada a partir de hematites.

Los niveles que alternan con los lechos de hematites están formados por un fino agregado de clorita y epidota, esta última en menos proporción.

A veces se diferencian lentejones en los que la hematites está asociada, predominantemente, con cuarzo; este mineral se presenta tanto en forma microcristalina como en cristales probablemente originados por recristalización.

La potencia de este tramo es variable: en el indicio 1 oscila entre 1 m. y 1,70 m; en el indicio 2 es de 3,20 m. La mineralización es más abundante en la mitad inferior del tramo; hacia el techo disminuye la proporción de hematites y, en el indicio 1 el tramo culmina en un nivel clorítico-arcilloso con episodios muy silíceos (2).



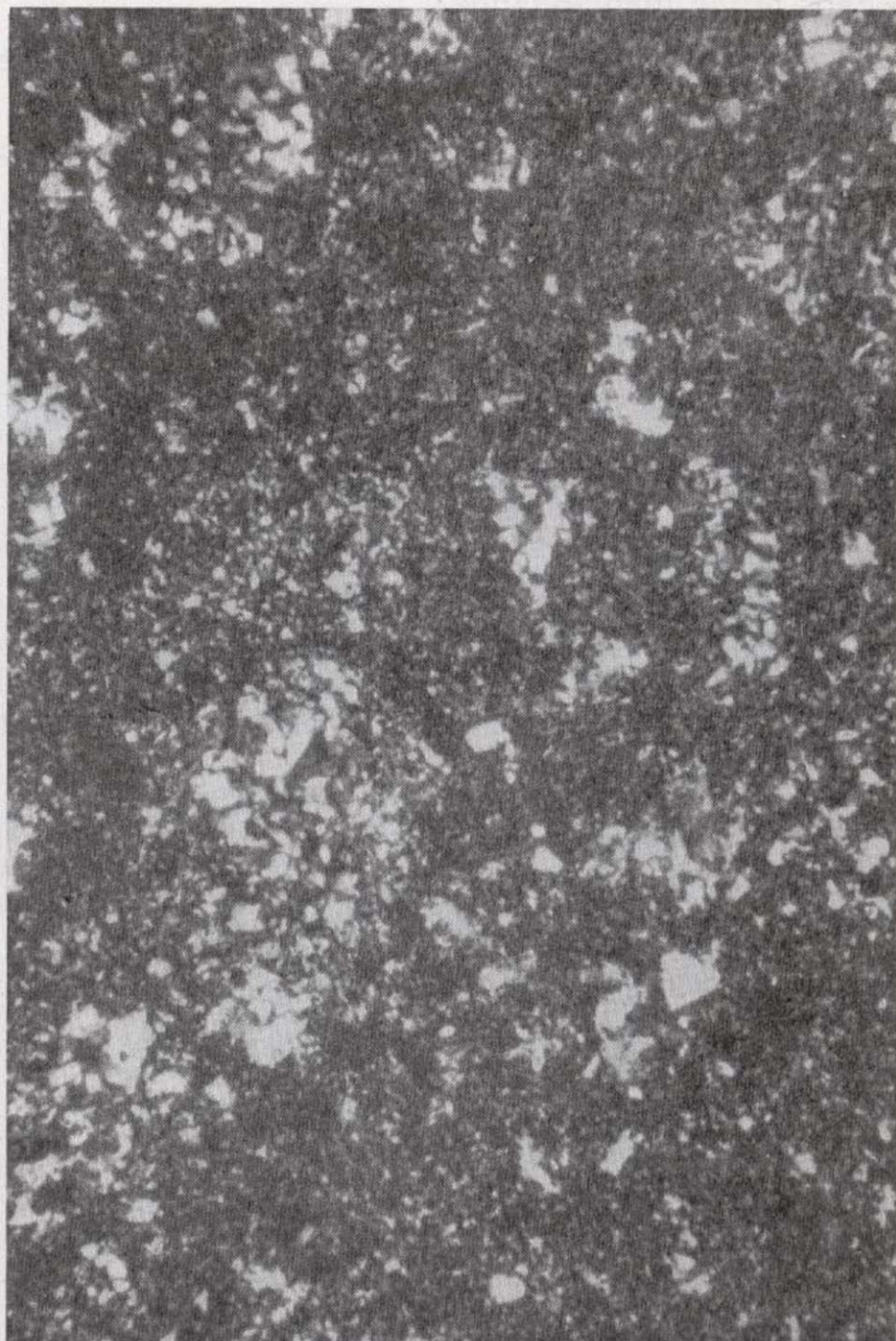
Micrografía 3

Cristal de hematites (blanco) transformándose en magnetite (gris).

(Luz reflejada, aceite, $\times 350$, N II.)

(2) Los indicios 1 y 2 se consideran pertenecientes a un mismo nivel de mineralización: se sitúan en los flancos E y W, respectivamente, de una estructura sinclinal de pequeña amplitud.

V) Tramo de 3,25 m que corresponde a episodios en gran parte volcánicos. En general son tobas cuyos granos oscilan de varios centímetros a milímetros. La matriz está constituida fundamentalmente por



Micrografía 4

Chert con recristalización incipiente ($\times 90$, N X).

chert (microfotografía 4) que debe proceder en parte de cenizas volcánicas, las cuales serían la fuente de la sílice, y en pequeña proporción por material arcilloso (clororítico-sericítico).

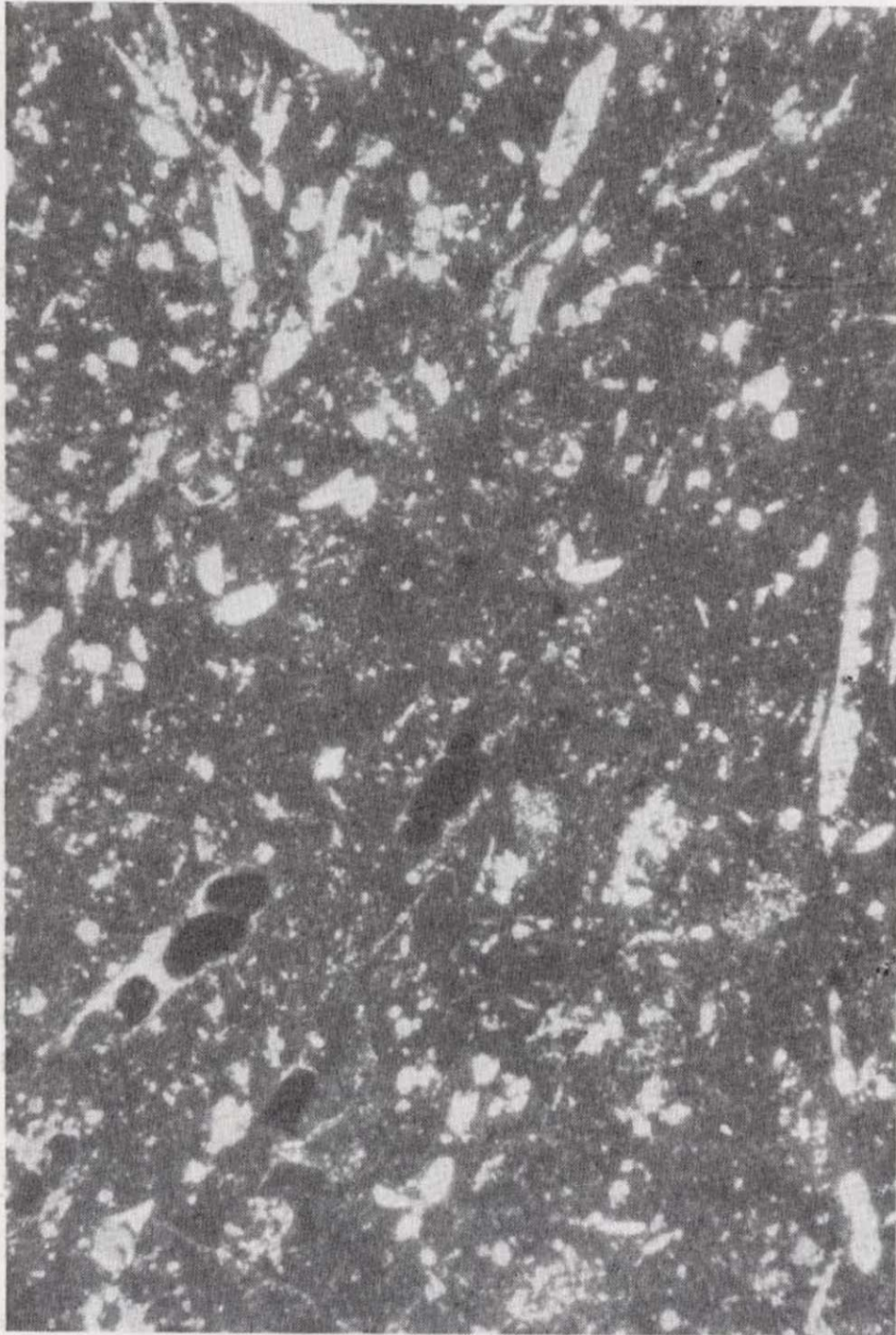
Interestratificados con estos episodios, y depositados contemporáneamente con ellos, aparecen niveles de chert con espículas de esponjas de diversos calibres (microfotografía 5), que podrían datarse como Viseense. Estos niveles silíceos muestran venas de cuarzo recristalizado.

Se han reconocido estructuras sedimentarias tales como estratificación gradada que se repite cada 4-5 cm.

MINERALOGENESIS

En un intento de interpretación genética de las mineralizaciones de hierro del sector de La Parrilla debe prestarse especial atención a algunos de los hechos antes mencionados:

- Los cuerpos mineralizados tienen forma de lentes planas alargadas.
- Metalización de hematites asociada, esencialmente, a cuarzo y clorita.



Microfotografía 5

Secciones de espículas de esponjas silíceas en chert
($\times 35$, N X).

- Bandeado fino visible, incluso, a escala microscópica.
- Asociación constante con rocas volcánicas, sobre todo tobas, en el seno de formaciones vulcano-sedimentarias que albergan, además, niveles clorítico-silíceos así como otros francamente silíceos (chert) con restos orgánicos (espículas de esponjas).

Estos caracteres coinciden, en gran medida, con los mencionados por P. ROUTHIER (1963) para los depósitos de hierro "vulcano-sedimentarios" o Lahn Dill ("exhalativo-sedimentarios" de SNEIDERHOHN, 1941): hierro y sílice serían aportados a la cuenca sedimentaria a través de exhalaciones gaseosas y soluciones acuosas inherentes al vulcanismo submarino; al cesar el episodio volcánico e iniciarse la sedimentación normal precipitarían hierro y sílice de forma coetánea o ligeramente posterior la última.

En lámina delgada se observan algunos rasgos mineralógicos y texturales que denotan la acción de procesos metasomáticos (presencia de epidota) y deutéricos (silicificación, cloritización...). Pensamos, sin embargo, que la influencia de tales procesos en la génesis de la mineralización es de escasa importancia. Removilización y otras transformaciones estarían relacionadas con procesos de diagénesis, tectónica, meteorización y, quizá, nuevas fases volcánicas posteriores.

EXTENSION Y EDAD DE LAS FORMACIONES

Dado que la investigación programada sobre los materiales del eje magmático La Coronada-Villaviciosa se encuentra, prácticamente, en una fase inicial no se dispone de elementos de juicio suficientes que permitan precisar la extensión y edad de las formaciones vulcano-sedimentarias.

No obstante, teniendo en cuenta la secuencia local descrita en La Parrilla y los datos que poseemos del resto del sector, se puede afirmar que tales formaciones ocupan, al menos, las dos terceras partes más suroccidentales del área, de 70 kilómetros cuadrados aproximadamente, definida en un apartado precedente. En ella se han clasificado varios tipos de rocas entre los que predominan lavas ácidas (riolíticas y traquiandesíticas), tobas, riolitas, aglomerados y brechas volcánicas; esporádicamente se intercalan tramos detríticos del Carbonífero cuya magnitud es insuficiente, en muchos casos, para poder cartografiarlos incluso a escala 1:10.000.

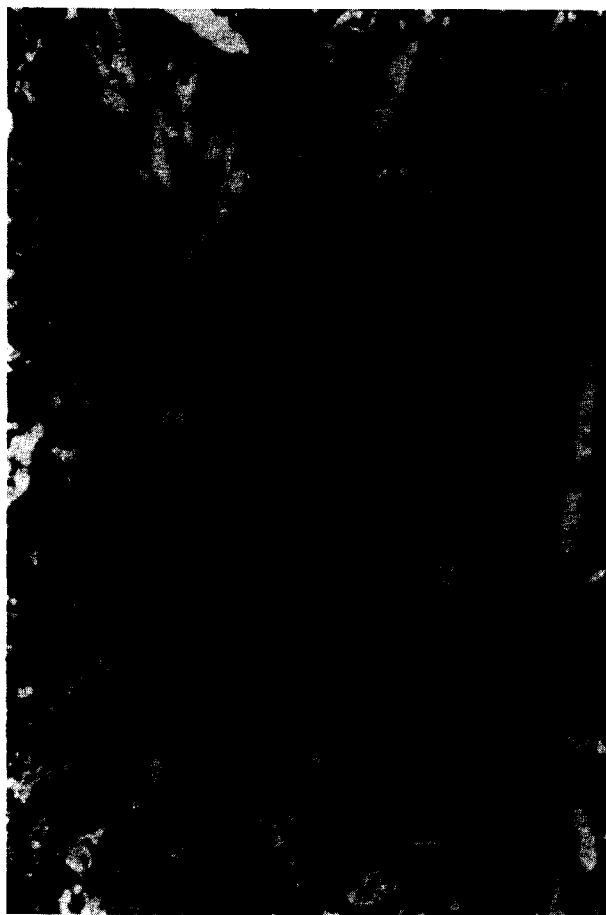
Trabajos en curso, para la elaboración del Mapa Geológico a escala 1:50.000 de la hoja 900 (La Cardenchoza) —a cargo de A. Garrote y M. Delgado-Quesada para el Plan Magna— ponen de manifiesto grandes similitudes entre el cuadrante NE de la hoja 900 y el sector de La Parrilla.

Por todo ello abrigamos fundadas sospechas de que las formaciones vulcano-sedimentarias detectadas en el área de La Parrilla estén ampliamente re-

MINERALOGENESIS

En un intento de interpretación genética de las mineralizaciones de hierro del sector de La Parrilla debe prestarse especial atención a algunos de los hechos antes mencionados:

- Los cuerpos mineralizados tienen forma de lentes planas alargadas.
- Metalización de hematites asociada, esencialmente, a cuarzo y clorita.



Microfotografía 5

Secciones de espículas de esponjas silíceas en chert (x35, N X).

- Bandeado fino visible, incluso, a escala microscópica.
- Asociación constante con rocas volcánicas, sobre todo tobas, en el seno de formaciones vulcano-sedimentarias que albergan, además, niveles clorítico-silíceos así como otros francamente silíceos (chert) con restos orgánicos (espículas de esponjas).

Estos caracteres coinciden, en gran medida, con los mencionados por P. ROUTHIER (1963) para los depósitos de hierro "vulcano-sedimentarios" o Lahn Dill ("exhalativo-sedimentarios" de SNEIDERHOHN, 1941): hierro y sílice serían aportados a la cuenca sedimentaria a través de exhalaciones gaseosas y soluciones acuosas inherentes al vulcanismo submarino; al cesar el episodio volcánico e iniciarse la sedimentación normal precipitarían hierro y sílice de forma coetánea o ligeramente posterior la última.

En lámina delgada se observan algunos rasgos mineralógicos y texturales que denotan la acción de procesos metasomáticos (presencia de epidota) y deutéricos (silicificación, cloritización...). Pensamos, sin embargo, que la influencia de tales procesos en la génesis de la mineralización es de escasa importancia. Removilización y otras transformaciones estarían relacionadas con procesos de diagénesis, tectónica, meteorización y, quizá, nuevas fases volcánicas posteriores.

EXTENSION Y EDAD DE LAS FORMACIONES

Dado que la investigación programada sobre los materiales del eje magmático La Coronada-Villaviciosa se encuentra, prácticamente, en una fase inicial no se dispone de elementos de juicio suficientes que permitan precisar la extensión y edad de las formaciones vulcano-sedimentarias.

No obstante, teniendo en cuenta la secuencia local descrita en La Parrilla y los datos que poseemos del resto del sector, se puede afirmar que tales formaciones ocupan, al menos, las dos terceras partes más suroccidentales del área, de 70 kilómetros cuadrados aproximadamente, definida en un apartado precedente. En ella se han clasificado varios tipos de rocas entre los que predominan lavas ácidas (riolíticas y traquiandesíticas), tobas, riolitas, aglomerados y brechas volcánicas; esporádicamente se intercalan tramos detríticos del Carbonífero cuya magnitud es insuficiente, en muchos casos, para poder cartografiarlos incluso a escala 1:10.000.

Trabajos en curso, para la elaboración del Mapa Geológico a escala 1:50.000 de la hoja 900 (La Cardenchoa) —a cargo de A. Garrote y M. Delgado-Quesada para el Plan Magna— ponen de manifiesto grandes similitudes entre el cuadrante NE de la hoja 900 y el sector de La Parrilla.

Por todo ello abrigamos fundadas sospechas de que las formaciones vulcano-sedimentarias detectadas en el área de La Parrilla estén ampliamente re-

presentadas en el conjunto del eje magmático La Coronada-Villaviciosa.

En cuanto concierne a la edad de las formaciones el problema se plantea paralelamente al de la datación precisa de los materiales sedimentarios en ella implicados.

En la inmediata cuenca carbonífera Peñarroya-Espiel se han diferenciado dos tramos: a) Tramo de Bélmez, con capas de carbón, de edad Viseense superior-Westfaliense BC; b) Tramo de La Pava, serie flysch de edad Tournaisiense-Viseense inferior. Al S se individualizan pequeñas cuencas entre las cuales la de Mirabuenos, al E de Villaviciosa, pertenece al Carbonífero medio —hay niveles de carbón y flora fósil—; la cuenca de Los Hatillos, en el sector NE de la hoja 900 y presumiblemente implicada en las formaciones vulcano-sedimentarias, se encuadra igualmente en el Carbonífero medio (niveles de carbón y flora fósil); en los afloramientos, más discontinuos al S y SW de Villanueva del Rey, algunos de los cuales se internan en el área de La Parrilla, se ha encontrado flora fósil (sin clasificar) en grauwacas que incluyen fragmentos de roca volcánica.

A la luz de estas consideraciones podría estimarse que las formaciones vulcano-sedimentarias se depositaron durante el Carbonífero medio (Viseense superior-Westfaliense BC). No obstante, la presencia de espículas de esponjas nos hace pensar que la edad de tales formaciones podría restringirse, probablemente, al Viseense.

CONCLUSIONES

De lo hasta aquí expuesto, y en tanto se acumulan y elaboran nuevos datos, puede concluirse:

- 1) En un sector relativamente extenso de la parte suroriental de la hoja 879 (Fuenteobejuna) afloran formaciones vulcano-sedimentarias intracarboníferas.
- 2) Asociada a estas formaciones aparece una metalización, fundamentalmente singenética, de hierro (hematites) tipo Lahn Dill.
- 3) Estas formaciones se extienden al área NE de la hoja 900 (La Cardenchoa).
- 4) Se tienen fundadas sospechas de que, en mayor o menor magnitud, este magmatismo sinsedimentario esté presente en el resto del eje magmático La Coronada-Villaviciosa hasta ahora considerado, en su totalidad, como producto de un magmatismo posthercínico.

Desde el punto de vista práctico este hallazgo su-

pone una más amplia potencialidad metalogénica de la zona y, en consecuencia, una nueva orientación de la investigación minera.

AGRADECIMIENTOS

Debemos mostrar nuestro agradecimiento a D. F. Vázquez por sus orientaciones y observaciones sobre geología regional. A. D. J. M. Fontbote y D. A. Estévez por sus apreciaciones valiosas sobre metalogenia. A. M. Delgado, A. Garrote y F. Pérez Lorente con los cuales la discusión de problemas en las respectivas áreas de trabajo ha sido provechosa. A J. L. Saavedra por sus determinaciones micropaleontológicas.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO-QUESADA, M.: *Esquema geológico de la hoja 878. Azuaga (Badajoz)*. "Bol. Geol. Min.", t. LXXXII, pp. 277-286 (1971).
- DELGADO-QUESADA, M.; LIÑÁN, E.; PASCUAL, E., y PÉREZ-LORENTE, F.: *Criterios para la diferenciación de domínios en Sierra Morena Central*. "Studia Geológica", XII, pp. 75-90 (1977).
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Mapa Geológico de España a escala 1.200.000*. Hojas 69 (Pozoblanco) y 76 (Córdoba).
- *Memorio del Proyecto de Investigación Azuaga-Fuenteobejuna*. (Inédito) (1971).
- *Memoria del Proyecto de Investigación Alanís-Cerro Muriano*. (Inédito) (1975).
- *Memoria del Proyecto de Investigación Adamuz-La Puebla de Los Infantes*. (Inédito) (1977).
- KRÄUTER, H. G.: *Hydrothermal-sedimentary iron ores related to submarine volcanic rises the Teliuc-Ghelar type as a carbonatic equivalent of the Lahn-Dill type. Time and strata-bound ore deposits*. Ed. D. D. Klemmand, H. J. Schneider, pp. 232-253 (1977).
- LEHMANN, E.: *On the source of the iron in the Lahn ore deposits*. "Mineral. Deposita", vol. 7 núm. 3, pp. 247-270 (1972).
- PASCUAL, E. y PÉREZ-LORENTE, F.: *El Magmatismo ácido superficial al S de Villanueva del Rey-Villaviciosa de Córdoba (Sierra Morena, Córdoba)*. Cuad. Geol. Univ. Granada, núm. 6, pp. 15-30 (1975).
- PÉREZ-LORENTE, F.: *Geología de la zona de Ossa Morena al N de Córdoba. (Pozoblanco-Bélmez-Villaviciosa de Córdoba)*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. (Inédito) (1977).
- ROUTHIER, P.: *Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche*. Paris. Masson et Cie. (1963).
- STÜTZEL, H.: *Die Erze der Grube Theodor bei Aumenau und ihr Verhältnis zum Nebengestein*. Neues. Jahrb. Mineral. B67, pp. 153-195 (1933).

Recibido: marzo 1979.

Estudio hidrogeoquímico de la zona occidental de la Hoja geológica n.º 377, correspondiente a El Burgo de Osma (Soria). XV.

Por C. ALVAREZ HERRERO (*),
F. DE PEDRO HERRERA (*), C. DEL HOYO GARCIA (*) y J. SANCHEZ GARCIA (*)

RESUMEN

Con criterio geoquímico se interpretan una serie de datos analíticos de la composición de las aguas tomadas en la parte occidental de la Hoja geológica núm. 377 de El Burgo de Osma (Soria).

Se aplican técnicas modernas de análisis químico y físico-químico, 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 en su composición, en relación con las variaciones 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 obtenidas, 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.

La proporcionalidad de 1:1 entre la cantidad de calcio y bicarbonato, indica que se trata de un área donde dominan las calizas, las cuales son lixiviadas por las aguas objeto de este estudio.

SUMMARY

A series of analytical data, of the composition of water samples taken in the western part of the Sheet 377 of El Burgo de Osma (Soria), are interpreted from a geochemical view point.

We apply modern chemical and physico-chemical techniques, to the sampling representing said Sheet.

The sampling was made two different times of the year: spring and autumn, so as to be the variations found in the composition of the water as related to the climatological variations.

The results obtained have represented graphically on the terrain map. 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 such water gets to the surface.

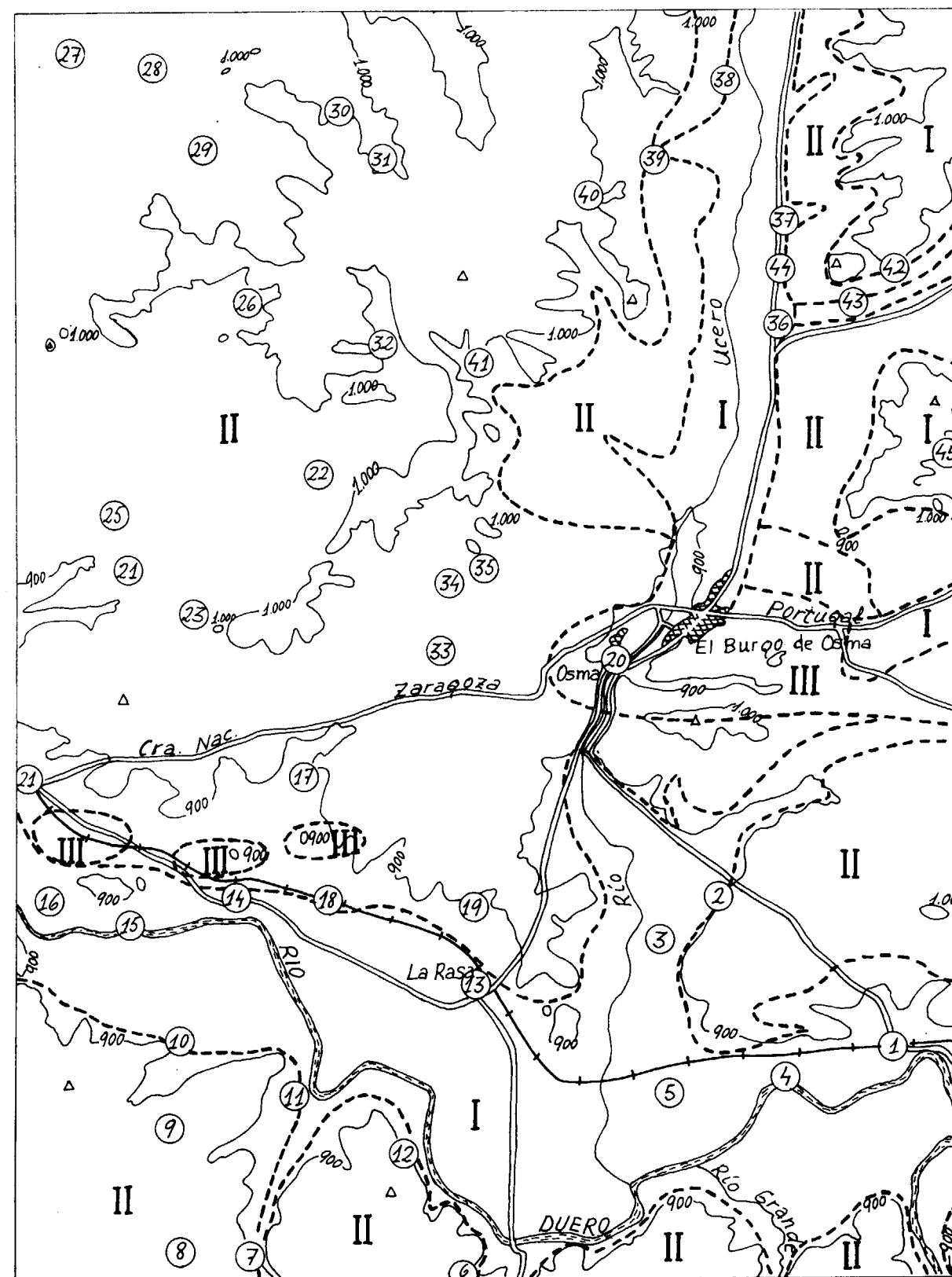
The proportion of 1:1 existing between the quantity of calcium and bicarbonate, shows that it is an area where limestone is predominant which limestone is lixiviated by the water being studied.

1. INTRODUCCION

En la presente comunicación se relacionan las concentraciones de los distintos iones de muestras de agua de procedencia subterránea, con el tipo de terrenos por el que han circulado antes de su salida a la superficie. Se han recogido muestras de todos los afloramientos de agua, así como de algunos pozos, en dos estaciones del año, después de la época

de lluvias, en primavera, y durante el período de sequía. Dada la variación que sufre el nivel freático en dichas estaciones, las aguas lixiviarán los terrenos en menor o mayor profundidad respectivamente, siendo los cambios de concentración de los elementos analizados un indicativo de los posibles niveles salinos existentes.

Se han tenido en cuenta las distintas condiciones ambientales para ambas remesas de muestras, las cuales pudieran influir en la disolución de determinados compuestos químicos, así como también, y sobre todo, el medio geológico que drenan. Con los datos que proporciona el análisis químico y la de-



0 1 2 3 Km

Figura 1

CONTACTOS
I CUATERNARIO
II TERCIARIO
III MESOZOICO

(*) Sección de Espectroanálisis e Hidroquímica del Departamento Coordinado de Química Analítica del C. S. I. C. y Facultad de Ciencias de Madrid y Junta de Energía Nuclear.

terminación de constantes físico-químicas, así como de aquellos elementos o características de interés, se procede a su interpretación geoquímica.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

1.1.1. Geografía.

La hoja topográfica 377 está limitada por los Meridianos 0° 30' 0" y 0° 50' 0" al Este de Madrid y por los paralelos 41° 30' y 41° 40' de Latitud Norte, correspondiente a la provincia de Soria. Su altitud varía escasamente entre 860 y 1.000 m, sobre el nivel del mar, lo cual da idea sobre lo levemente accidentado del terreno. El río principal es el Duero, que atraviesa la zona de E a O, siendo sus afluentes más notables el Ucero y el Grande. En cuanto a vías de comunicación cabe destacar, por la parte Sur el ferrocarril Valladolid- Ariza y por la parte centro la carretera nacional Zaragoza-Portugal, así como otras comarcales (fig. 1).

1.1.2. Geología.

Los terrenos de la zona corresponden a distintos períodos geológicos, observándose regulares extensiones de Mesozoico, piso Cretácico Superior, con un gran desarrollo de formación calizas (1). Sobre dichas calizas cretácicas, y parece ser que discordantes con ellas, aparece un manchón de conglomerados y brechas en bancos de estratigrafía irregular alternando con arcillas rojas más o menos arenosas. Correspondiente al Terciario, piso Eoceno, estos conglomerados están formados por abundantes cantos de caliza cretácica y algunos cantos rodados de cuarcita y cuarzo. El cemento intersticial que las une es arenoso calizo de color rojo intenso a pardo por lo que nunca suele perder color por mucha caliza gris que contenga. El paso de esta formación al típico Mioceno se hace de un modo continuo, pues parece existía una discordancia progresiva de estos materiales (2). El Mioceno aunque no muestra una estratificación clara, se sitúa horizontal, discordante sobre los conglomerados de la serie inferior, observándose grandes formaciones constituidas por arcillas y tierras arcillosas, a veces muy calizas y con frecuencia sueltas y de colores vivos. A N-E se observan terrenos correspondientes al Plioceno, así como también Cuaternario, piso Pleistoceno, con abundantes gravas. Visualizando a lo largo del curso del río Duero, en ambas márgenes y en extensión considerable, se distinguen arcillas,

limos, arenas pertenecientes al Holoceno, formando diversas terrazas desarrolladas en este período (3), (4) y (5).

En conjunto puede decirse que predominan las rocas sedimentarias y como más probable las de origen químico: precipitados y evaporitas, siendo preciso considerar también los hidrosilatos de los paisajes Cuaternarios (figs. 1, 3 y 5).

1.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS.

Dada la importancia de la Climatología para los estudios realizados, se recogieron datos de los últimos años en los archivos del Instituto Meteorológico Nacional de las dos estaciones habidas en la zona: El Burgo de Osma (Instalación Laboral) y La Rosa (6). Las precipitaciones, tal como corresponde a un clima seco, varían en verano de 75 a 100 mm, siendo la precipitación total anual de unos 500 mm (fig. 2). El clima es continental, propio

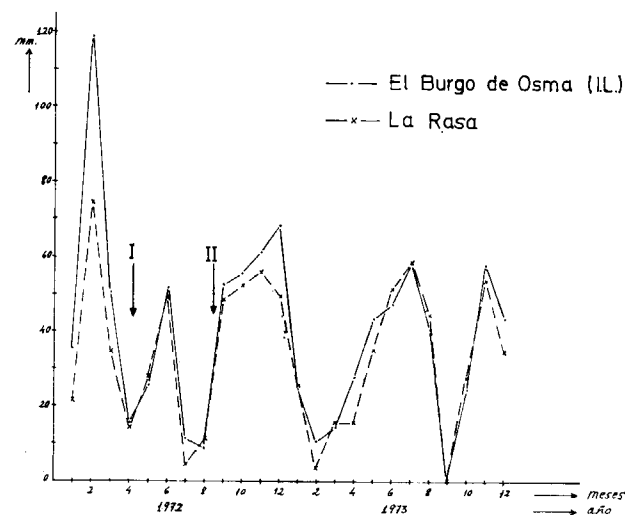


Figura 2

de montaña, donde la media de las temperaturas mínimas oscilan entre 0° y 6° C y las máximas entre 30° y 35° C (figs. 3 y 7).

1.3. RECOGIDA DE MUESTRAS.

Las muestras de agua se han recogido en dos épocas diferentes del año, después de la época de lluvias, en primavera de 1972 (Serie I) y a continuación del verano, en el período de sequía del mismo año (serie II), de modo que las diferencias en el contenido salino sean exponente de las variaciones sufridas por el nivel freático de una estación

TABLA I

| Núm. muestra | Situación | X | Y | Z |
|--------------|--|---------|---------|-------|
| 1 | Pozo en la vía, Caserío El Enebral | 654.550 | 769.950 | 880 |
| 2 | Manantial al E. de La Olmeda | 652.050 | 772.175 | 900 |
| 3 | Fuente de La Olmeda | 651.175 | 771.675 | 880 |
| 4 | Manantial al SE de La Olmeda | 653.050 | 769.475 | 870 |
| 5 | Manantial al S de La Olmeda | 651.350 | 769.300 | 875 |
| 6 | Manantial al O de Navapalos | 648.350 | 766.600 | 900 |
| 7 | Fuente de Inés | 645.200 | 766.875 | 900 |
| 8 | Manantial de Peñacid, al O de Inés | 644.200 | 766.975 | 940 |
| 9 | Manantial de Moratilla, al S de Olmillos | 644.000 | 768.775 | 930 |
| 10 | Fuente de Olmillos | 644.200 | 770.050 | 880 |
| 11 | Manantial de San Hipólito, al E de Olmillos | 645.850 | 769.275 | 880 |
| 12 | Manantial al SE de Olmillos | 647.740 | 768.400 | 900 |
| 13 | Fuente del canal, en la Rasa | 648.425 | 770.850 | 870 |
| 14 | Manantial en Pedraja de San Esteban | 644.950 | 772.175 | 860 |
| 15 | Manantial al O de Pedraja de San Esteban | 643.375 | 771.775 | 860 |
| 16 | Manantial al O de Pedraja de San Esteban | 642.175 | 772.100 | 860 |
| 17 | Fuente de Alcubilla del Marqués | 645.925 | 773.950 | 890 |
| 18 | Pozo al S de Alcubilla, en la vía | 646.300 | 772.100 | 970 |
| 19 | Manantial al N de La Rasa | 648.475 | 772.000 | 890 |
| 20 | Fuente antigua de Osma | 650.500 | 775.650 | 980 |
| 21 | Pozo al S de Quintanilla de Tres Barrios | 641.850 | 773.875 | 880 |
| 22 | Fuente de Quintanilla de Tres Barrios | 644.325 | 776.950 | 920 |
| 23 | Manantial de los Bueyes, en Quintanilla de Tres Barrios | 643.300 | 776.350 | 950 |
| 24 | Manantial de Valdelaguena, en Quintanilla de Tres Barrios | 646.150 | 778.375 | 960 |
| 25 | Manantial al N de Quintanilla de Tres Barrios | 643.175 | 777.775 | 920 |
| 26 | Fuente Gala, en Quintanilla de Tres Barrios | 645.100 | 780.800 | 980 |
| 27 | Manantial al O de Berzosa | 642.450 | 784.400 | 920 |
| 28 | Fuente de Berzosa | 643.600 | 784.250 | 940 |
| 29 | Manantial al S de Berzosa | 644.400 | 783.050 | 960 |
| 30 | Fuente de Baldegrulla | 646.425 | 783.675 | 980 |
| 31 | Fuente El Quemao, de Valdegrulla | 647.050 | 782.950 | 1.000 |
| 32 | Fuente al S de Valdegrulla | 647.100 | 780.250 | 980 |
| 33 | Fuente al O de Osma | 647.950 | 775.775 | 940 |
| 34 | Manantial al NO de Osma | 648.050 | 776.675 | 960 |
| 35 | Manantial al NO de Osma | 648.525 | 776.975 | 970 |
| 36 | Fuente de Barcebalejo | 652.900 | 780.500 | 920 |
| 37 | Fuente de Valdelubiel | 653.000 | 782.075 | 930 |
| 38 | Fuente de Sotos del Burgo | 652.200 | 784.100 | 920 |
| 39 | Manantial al SO de Sotos del Burgo | 651.100 | 782.900 | 940 |
| 40 | Manantial al SO de Sotos del Burgo | 650.125 | 782.400 | 1.000 |
| 41 | Manantial al NO de El Burgo de Osma | 648.550 | 779.950 | 980 |
| 42 | Manantial al SO de Barcebal | 654.625 | 781.375 | 990 |
| 43 | Manantial al E de Barcebalejo | 654.025 | 780.850 | 940 |
| 44 | Sondeo al N de Barcebalejo | 652.925 | 781.325 | 930 |
| 45 | Manantial al N de Valdenarros | 655.325 | 778.675 | 1.000 |

a otra (7) y (8). Se han utilizado frascos de 200 ml de polietileno y se han tenido en cuenta los posibles cambios de concentración que pudieran haber sufrido desde la toma y almacenaje en obscuridad

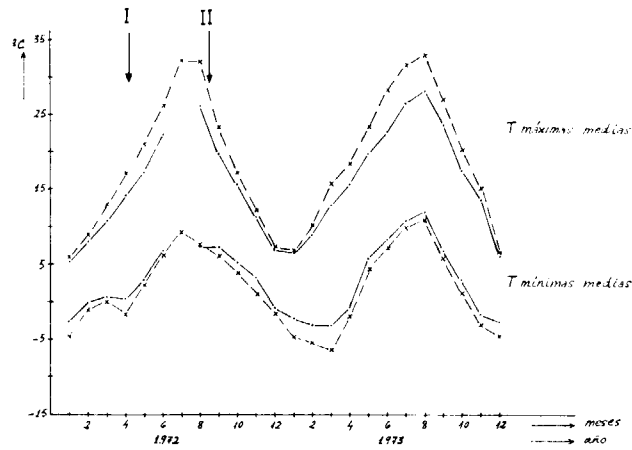


Figura 3

de las muestras, hasta su posterior análisis. En la Tabla I se citan los lugares de recogida así como las coordenadas métricas de Lambert para cada una de ellas.

1.4. ANÁLISIS QUÍMICO.

1.4.1. Técnicas empleadas.

Además de las constantes físico-químicas, pH y conductividad, se han determinado mediante técnicas de análisis usuales, los cationes sodio, potasio, calcio y magnesio, los aniones cloruro, sulfato, bicarbonato y nitrato, así como la dureza, sílice, amoníaco, materia en suspensión, residuo seco y materia orgánica (9) y (10).

— Las medidas de pH se efectuaron con un pH-METER tipo pHM 28 y la conductividad con un conductímetro modelo PHILIPS PR 9.500.

— Los elementos alcalinos se determinaron por Fotometría de Llama, utilizando un Fotómetro LANGE mod. 2. Calcio y dureza se valoran por Complejometría, y el mangnesio por diferencia de ambos.

— Los cloruros se analizan según el método de Mohr, y los sulfatos y nitratos por Colorimetría, utilizando el Espectrofotómetro Spectronic 20. Para la determinación de los bicarbonatos se siguió un método alcalinimérico (11).

— En el análisis de la sílice y del amoníaco se utilizó un método de comparación visual, la materia

en suspensión y el residuo seco se determinan por diferencia de pesada, previa calcinación y evaporación a sequedad respectivamente, y la materia orgánica por oxidación con permanganato en medio ácido (12).

1.4.2. Resultados analíticos.

Los valores de pH oscilan de 7,30 a 8,27, siendo más alcalinas las aguas correspondientes a la serie I. Un gran número de muestras dan valores de conductividad entre 200 y 300 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$, a excepción de algunas de ellas que debido a su procedencia presentan conductividades superiores o inferiores, de acuerdo a su contenido salino. En las Tablas II, III, IV y V se detallan los resultados, expresados en mg/l, para los cationes y aniones antes mencionados y para la dureza en g. h. f.

2. INTERPRETACION

Se expone a continuación un estudio desde el punto de vista geoquímico de todas las medidas y análisis efectuados en las muestras, relacionándolos con respecto al tipo de terreno que lixivian las aguas antes de su salida al exterior (13), (14) y (15).

Mediante una distribución lognormal de frecuencias acumuladas partiendo de las concentraciones expresadas en mg/l, se obtiene información acerca de la media para cada elemento, así como para ver aquellas muestras que por separarse de la misma son anómalas. Se representan los intervalos de concentración en abscisas y los tantos por cientos de las frecuencias acumuladas para el origen de cada uno de dichos intervalos en ordenadas, para la serie I, serie II y para la relación I/II.

De la observación de la pendiente de la recta aproximada para la relación I/II, se puede deducir si las muestras son homogéneas o no para las dos estaciones del año.

Respecto a los valores de pH las muestran de agua son todas alcalinas, como corresponde a aquellas que lixivian terrenos calcáreos y no sufren apenas variación al pasar de primavera a otoño, si bien son algo menos alcalinas en la serie II. La conductividad, índice del nivel salino, presenta valores superiores en la Serie II, lo que quiere decir que al descender el nivel freático en la época seca, han pasado a lixiviar niveles salinos más profundos. No obstante a una serie de

TABLA II

| Núm. muestra | Na ⁺ (mg/l) | | | K ⁺ (mg/l) | | |
|--------------|------------------------|-------|------|-----------------------|-------|-------|
| | I | II | I/II | I | II | I/II |
| 1 | 15,20 | 13,60 | 1,12 | 1,00 | 1,60 | 0,62 |
| 2 | 1,20 | 1,30 | 0,92 | 0,80 | 0,70 | 1,10 |
| 3 | 14,00 | 14,20 | 0,98 | 0,80 | 1,20 | 0,66 |
| 4 | 15,00 | 21,00 | 0,71 | 0,90 | 1,20 | 0,75 |
| 5 | 16,10 | | | 0,40 | | |
| 6 | 10,20 | 10,40 | 0,98 | 0,70 | 2,50 | 0,28 |
| 7 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 0,60 | 0,80 | 0,75 |
| 8 | 8,20 | 8,10 | 1,01 | 0,70 | 1,50 | 0,46 |
| 9 | 9,20 | 3,40 | 2,70 | 1,50 | 1,40 | 1,07 |
| 10 | 3,80 | 4,70 | 0,80 | 1,60 | 1,50 | 1,06 |
| 11 | 5,90 | 5,70 | 1,03 | 0,60 | 0,60 | 1,00 |
| 12 | 10,60 | | | 1,60 | | |
| 13 | 14,50 | 13,60 | 1,06 | 5,60 | 1,70 | 3,29 |
| 14 | 3,20 | | | 0,80 | | |
| 15 | 5,20 | 4,90 | 1,06 | 1,80 | 5,50 | 0,32 |
| 16 | 7,00 | 7,40 | 0,94 | 1,90 | 2,30 | 0,82 |
| 17 | 7,60 | 7,20 | 1,05 | 2,90 | 1,20 | 2,41 |
| 18 | 65,00 | 40,00 | 1,40 | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| 19 | 7,30 | 9,20 | 0,79 | 0,20 | 3,40 | 0,05 |
| 20 | 11,70 | 11,10 | 1,05 | 11,80 | 10,00 | 1,18 |
| 21 | 20,00 | 21,00 | 0,95 | 2,80 | 1,50 | 1,86 |
| 22 | 7,00 | 7,70 | 0,90 | 1,40 | 1,00 | 1,40 |
| 23 | 5,70 | 6,40 | 0,89 | 0,80 | 1,80 | 0,44 |
| 24 | 3,60 | | | 0,90 | | |
| 25 | 2,20 | 3,10 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 1,00 |
| 26 | 6,20 | 6,70 | 0,92 | 0,60 | 0,70 | 0,85 |
| 27 | 2,10 | 3,40 | 0,67 | 0,40 | 1,70 | 0,23 |
| 28 | 3,60 | 4,30 | 0,83 | 2,00 | 0,80 | 2,50 |
| 29 | 1,80 | 2,80 | 0,64 | 1,60 | 3,00 | 0,53 |
| 30 | 4,90 | 5,30 | 0,93 | 2,70 | 0,30 | 9,00 |
| 31 | 4,50 | 4,90 | 0,92 | 0,40 | 0,80 | 0,50 |
| 32 | 7,00 | 6,40 | 1,09 | 0,40 | 1,00 | 0,40 |
| 33 | 4,40 | 4,20 | 1,05 | 0,60 | 1,00 | 0,60 |
| 34 | 2,80 | 3,10 | 0,90 | 0,60 | 0,60 | 1,00 |
| 35 | 2,00 | 2,60 | 0,77 | 0,80 | 13,50 | 0,06 |
| 36 | 9,00 | 6,00 | 1,50 | 22,00 | 0,60 | 36,67 |
| 37 | 5,40 | 4,60 | 1,17 | 0,90 | 1,30 | 0,69 |
| 38 | 3,50 | 2,20 | 1,59 | 4,10 | 0,80 | 5,13 |
| 39 | 1,10 | 1,60 | 0,69 | 0,80 | 1,00 | 0,80 |
| 40 | 5,50 | 4,80 | 1,15 | 1,10 | 2,00 | 0,55 |
| 41 | 5,60 | 4,70 | 1,19 | 2,20 | 9,60 | 0,23 |
| 42 | 4,00 | 4,20 | 0,95 | 0,60 | 0,50 | 1,20 |
| 43 | 5,00 | 5,70 | 0,88 | 1,30 | 1,50 | 0,87 |
| 44 | 1,30 | | | 2,30 | | |
| 45 | 2,00 | | | 1,30 | | |

TABLA III

Dureza en g. h. f.

| Núm. muestra | Dureza en g. h. f. | |
|--------------|--------------------|------|
| | I | II |
| 1 | 12,4 | 14,2 |
| 2 | 8,4 | 10,7 |
| 3 | 10,9 | 14,4 |
| 4 | 12,4 | 15,3 |
| 5 | 21,5 | |
| 6 | 12,4 | 15,3 |
| 7 | 9,1 | 10,1 |
| 8 | 10,9 | 27,6 |
| 9 | 10,5 | 12,1 |
| 10 | 8,0 | 8,8 |
| 11 | 17,8 | 10,5 |
| 12 | 16,7 | |
| 13 | 21,8 | 22,8 |
| 14 | 14,9 | |
| 15 | 10,9 | 12,8 |
| 16 | 9,5 | 12,8 |
| 17 | 10,5 | 14,3 |
| 18 | 28,0 | 27,2 |
| 19 | 12,0 | 16,3 |
| 20 | 14,2 | 21,1 |
| 21 | 17,8 | 19,7 |
| 22 | 9,5 | 15,9 |
| 23 | 11,6 | 10,7 |
| 24 | 7,6 | |
| 25 | 10,2 | 15,9 |
| 26 | 8,7 | 14,7 |
| 27 | 8,7 | 14,4 |
| 28 | 10,5 | 11,3 |
| 29 | 21,1 | 10,9 |
| 30 | 9,1 | 10,3 |
| 31 | 10,2 | 9,0 |
| 32 | 8,7 | 10,5 |
| 33 | 9,8 | 10,3 |
| 34 | 9,5 | 16,7 |
| 35 | 9,8 | 11,7 |
| 36 | 18,5 | 10,3 |
| 37 | 7,3 | 8,6 |
| 38 | 7,6 | 8,8 |
| 39 | 11,3 | 11,5 |
| 40 | 3,6 | 2,7 |
| 41 | 11,6 | 15,5 |
| 42 | 7,6 | 10,1 |
| 43 | 7,3 | 8,2 |
| 44 | 7,6 | |
| 45 | 9,1 | |

TABLA IV

| Núm. muestra | Na ⁺ (mg/l) | | | K ⁺ (mg/l) | | |
|--------------|------------------------|-------|------|-----------------------|-------|------|
| | I | II | I/II | I | II | I/II |
| 1 | 40,81 | 43,00 | 0,95 | 5,31 | 7,78 | 0,68 |
| 2 | 32,07 | 29,90 | 1,07 | 0,88 | 7,78 | 0,11 |
| 3 | 33,52 | 38,40 | 0,87 | 6,19 | 11,67 | 0,53 |
| 4 | 32,07 | 36,80 | 0,87 | 10,61 | 14,59 | 0,73 |
| 5 | 65,59 | | | 12,38 | | |
| 6 | 29,15 | 36,80 | 0,79 | 12,38 | 14,59 | 0,85 |
| 7 | 29,15 | 33,00 | 0,88 | 4,42 | 3,89 | 1,14 |
| 8 | 24,78 | 82,10 | 0,30 | 11,50 | 17,51 | 0,69 |
| 9 | 34,98 | 39,90 | 0,88 | 4,42 | 4,86 | 0,91 |
| 10 | 26,24 | 26,90 | 0,98 | 3,54 | 4,86 | 0,73 |
| 11 | 56,85 | 30,70 | 1,85 | 8,84 | 6,81 | 1,30 |
| 12 | 42,27 | | | 15,03 | | |
| 13 | 68,51 | 58,30 | 1,18 | 11,50 | 20,43 | 0,56 |
| 14 | 33,52 | | | 15,92 | | |
| 15 | 24,78 | 32,20 | 0,77 | 11,50 | 11,67 | 0,99 |
| 16 | 27,69 | 32,20 | 0,86 | 6,19 | 11,67 | 0,53 |
| 17 | 36,44 | 42,20 | 0,86 | 3,54 | 9,73 | 0,36 |
| 18 | 74,34 | 60,60 | 1,23 | 22,99 | 29,18 | 0,79 |
| 19 | 30,61 | 43,70 | 0,70 | 10,61 | 13,62 | 0,78 |
| 20 | 43,73 | 54,50 | 0,80 | 7,96 | 18,48 | 0,43 |
| 21 | 56,85 | 48,30 | 1,18 | 8,84 | 18,48 | 0,48 |
| 22 | 29,15 | 40,70 | 0,72 | 5,31 | 14,59 | 0,36 |
| 23 | 39,36 | 31,50 | 1,25 | 4,42 | 6,81 | 0,65 |
| 24 | 24,78 | | | 3,54 | | |
| 25 | 33,52 | 60,60 | 0,55 | 4,42 | 1,95 | 2,27 |
| 26 | 23,32 | 30,70 | 0,76 | 7,07 | 17,51 | 0,40 |
| 27 | 33,52 | 33,00 | 1,02 | 0,88 | 14,59 | 0,06 |
| 28 | 34,98 | 29,90 | 1,17 | 4,42 | 8,76 | 0,50 |
| 29 | 80,10 | 39,10 | 2,05 | 2,65 | 2,92 | 0,91 |
| 30 | 33,52 | 38,40 | 0,87 | 1,77 | 1,95 | 0,90 |
| 31 | 39,36 | 33,00 | 1,19 | 0,88 | 0,97 | 0,90 |
| 32 | 30,61 | 36,80 | 0,83 | 2,65 | 2,92 | 0,90 |
| 33 | 33,52 | 34,50 | 0,97 | 3,54 | 3,89 | 0,91 |
| 34 | 33,52 | 60,60 | 0,55 | 2,65 | 3,89 | 0,68 |
| 35 | 37,90 | 42,20 | 0,90 | 0,88 | 2,92 | 0,30 |
| 36 | 65,59 | 33,80 | 1,94 | 5,31 | 4,86 | 1,09 |
| 37 | 23,31 | 30,70 | 0,76 | 3,54 | 2,92 | 1,21 |
| 38 | 29,15 | 33,00 | 0,88 | 0,88 | 0,97 | 0,91 |
| 39 | 39,36 | 44,50 | 0,88 | 3,54 | 0,97 | 3,65 |
| 40 | 11,66 | 10,90 | 1,07 | 1,77 | 0,001 | — |
| 41 | 33,52 | 56,00 | 0,60 | 7,96 | 3,89 | 2,05 |
| 42 | 24,78 | 33,80 | 0,73 | 3,54 | 3,89 | 0,91 |
| 43 | 23,32 | 27,60 | 0,84 | 3,54 | 3,89 | 0,91 |
| 44 | 24,78 | | | 3,54 | | |
| 45 | 29,15 | | | 4,42 | | |

muestras las ocurre el fenómeno inverso, lo que induce a pensar que los niveles salinos, en este caso, están próximos a la superficie (16).

2.1. GEOQUÍMICA DE LOS CATIONES.

Del estudio de la gráfica del sodio se deduce que el valor medio de la concentración de las muestras de la zona, es de 6 mg/l en cualquier época del año. En las recogidas en primavera los valores superiores a 14 mg/l tienen una desviación superior a la típica, doblándose ésta en las muestras 18 y 21, de forma que se separan notablemente de la población general por su alto contenido en sodio. Con análoga desviación, pero hacia los contenidos más bajos, aparecen las muestras 2, 39 y 44, con 1 mg/l

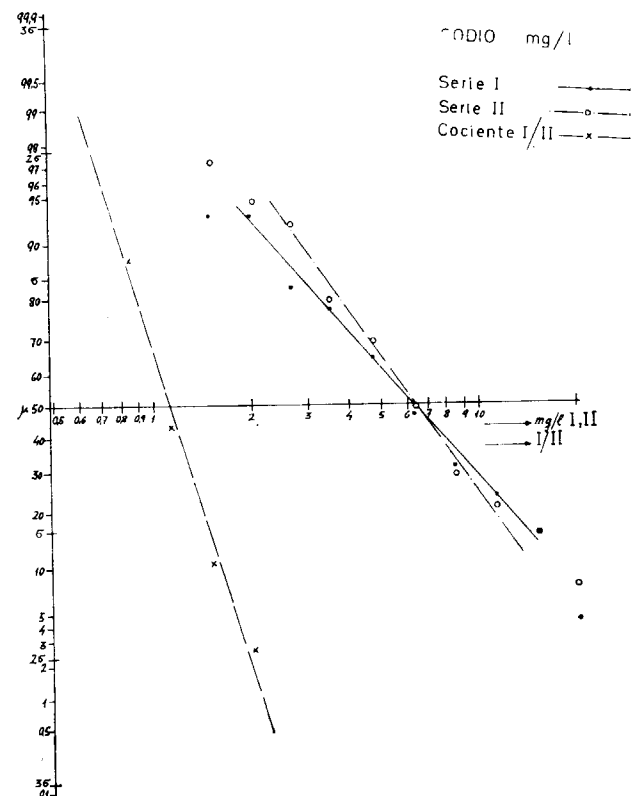


Figura 4

y que emergen de los bordes de los terrenos cuaternarios. La distribución de las recogidas después del verano es análoga, aunque con una pendiente mayor y en consecuencia con una población de fondo más agrupada. Destacan los valores extremos, que corresponden a las muestras citadas y las 1, 3, 4 y 13, las cuales pertenecen en su mayoría a pozos situados al lado del ferrocarril. En conjunto es reiterativa la concentración en ambas series, a pesar de las diferencias climáticas de cada época, siendo por tanto muy grande la pendiente de la recta I/II (fig. 4, tabla VI).

TABLA V

| Núm. muestra | Cl ⁻ (mg/l) | | | CO ₃ H ⁻ (mg/l) | | | SO ₄ ⁼ (mg/l) | | |
|--------------|------------------------|-------|------|---------------------------------------|--------|------|-------------------------------------|-------|------|
| | I | II | I/II | I | II | I/II | I | II | I/II |
| 1 | 20,53 | 25,05 | 0,82 | 94,67 | 101,77 | 0,93 | 33,30 | 29,20 | 1,14 |
| 2 | 1,72 | 3,74 | 0,46 | 94,67 | 121,89 | 0,78 | 8,00 | 8,00 | 1,00 |
| 3 | 19,27 | 25,19 | 0,76 | 75,74 | 88,94 | 0,85 | 20,50 | 17,60 | 1,16 |
| 4 | 33,03 | 39,24 | 0,84 | 85,20 | 110,06 | 0,77 | 28,40 | 23,20 | 1,22 |
| 5 | 30,74 | | | 101,77 | | | 88,70 | | |
| 6 | 30,74 | 38,39 | 0,80 | 101,77 | 123,07 | 0,83 | 12,40 | 11,00 | 1,13 |
| 7 | 4,47 | 5,72 | 0,78 | 82,84 | 89,94 | 0,92 | 9,20 | 11,80 | 0,78 |
| 8 | 11,13 | 12,99 | 0,86 | 106,51 | 176,73 | 0,60 | 10,00 | 9,80 | 1,02 |
| 9 | 12,85 | 6,63 | 1,94 | 108,87 | 131,36 | 0,83 | 8,10 | 8,50 | 0,95 |
| 10 | 7,23 | 9,46 | 0,76 | 82,84 | 92,31 | 0,90 | 9,00 | 9,20 | 0,98 |
| 11 | 15,37 | 14,47 | 1,06 | 142,01 | 101,77 | 1,40 | 26,80 | 21,00 | 1,28 |
| 12 | 17,09 | | | 179,88 | | | 7,40 | | |
| 13 | 36,25 | 35,29 | 1,03 | 61,54 | 112,42 | 0,55 | 120,40 | 88,00 | 1,37 |
| 14 | 14,68 | | | 108,87 | | | 64,20 | | |
| 15 | 8,72 | 10,09 | 0,86 | 99,41 | 117,16 | 0,85 | 20,00 | 18,50 | 1,08 |
| 16 | 10,21 | 14,04 | 0,73 | 85,20 | 120,71 | 0,71 | 17,90 | 17,00 | 1,05 |
| 17 | 17,32 | 19,90 | 0,87 | 94,67 | 125,44 | 0,75 | 11,80 | 11,00 | 1,07 |
| 18 | 78,00 | 57,87 | 1,35 | 104,14 | 140,82 | 0,74 | 97,00 | 80,60 | 1,20 |
| 19 | 10,78 | 18,63 | 0,58 | 87,57 | 138,46 | 0,63 | 24,00 | 28,00 | 0,86 |
| 20 | 21,68 | 21,74 | 1,00 | 89,94 | 176,33 | 0,51 | 30,60 | 30,20 | 1,01 |
| 21 | 39,92 | 42,91 | 0,93 | 113,61 | 118,34 | 0,96 | 58,70 | 47,20 | 1,24 |
| 22 | 11,01 | 11,01 | 1,00 | 113,61 | 117,16 | 0,97 | 14,40 | 17,40 | 0,83 |
| 23 | 7,23 | 8,33 | 0,87 | 120,71 | 117,16 | 1,03 | 9,70 | 7,80 | 1,24 |
| 24 | 5,39 | | | 82,84 | | | 10,00 | | |
| 25 | 4,24 | 6,35 | 0,67 | 94,67 | 100,59 | 0,94 | 13,90 | 11,50 | 1,21 |
| 26 | 5,62 | 6,99 | 0,80 | 82,84 | 94,67 | 0,88 | 8,00 | 7,40 | 1,08 |
| 27 | 4,82 | 7,48 | 0,64 | 97,04 | 110,06 | 0,88 | 12,00 | 10,40 | 1,15 |
| 28 | 8,37 | 9,32 | 0,90 | 120,71 | 91,12 | 1,32 | 6,90 | 5,30 | 1,30 |
| 29 | 3,21 | 6,63 | 0,48 | 229,58 | 112,42 | 2,04 | 14,40 | 7,80 | 1,85 |
| 30 | 11,13 | 12,42 | 0,90 | 80,47 | 99,41 | 0,81 | 8,00 | 8,00 | 1,00 |
| 31 | 4,36 | 7,34 | 0,59 | 111,24 | 95,86 | 1,16 | 12,80 | 7,50 | 1,71 |
| 32 | 7,11 | 9,03 | 0,79 | 101,77 | 112,42 | 0,91 | 10,10 | 7,80 | 1,29 |
| 33 | 5,51 | 7,34 | 0,75 | 104,14 | 95,86 | 1,09 | 10,10 | 9,80 | 1,03 |
| 34 | 4,70 | 6,99 | 0,67 | 111,24 | 128,99 | 0,86 | 9,20 | 6,50 | 1,42 |
| 35 | 3,90 | 4,87 | 0,80 | 104,14 | 127,81 | 0,81 | 12,30 | 8,70 | 1,41 |
| 36 | 19,84 | 14,90 | 1,33 | 175,14 | 159,76 | 1,10 | 14,20 | 8,70 | 1,63 |
| 37 | 7,80 | 9,17 | 0,85 | 80,47 | 93,49 | 0,86 | 7,30 | 9,80 | 0,74 |
| 38 | 7,34 | 5,93 | 1,24 | 87,57 | 102,96 | 0,85 | 8,00 | 6,70 | 1,19 |
| 39 | 2,06 | 4,31 | 0,48 | 123,07 | 145,56 | 0,85 | 6,00 | 4,60 | 1,30 |
| 40 | 3,67 | 5,29 | 0,69 | 40,24 | 42,70 | 0,94 | 5,70 | 7,20 | 0,79 |
| 41 | 4,24 | 8,96 | 0,47 | 108,87 | 133,72 | 0,81 | 20,00 | 19,60 | 1,02 |
| 42 | 4,36 | 6,56 | 0,66 | 85,20 | 100,59 | 0,85 | 7,00 | 6,70 | 1,04 |
| 43 | 5,62 | 8,05 | 0,70 | 87,57 | 143,19 | 0,61 | 8,00 | 5,10 | 1,57 |
| 44 | 3,44 | | | 92,31 | | | 5,80 | | |
| 45 | 2,52 | | | 106,51 | | | 7,00 | | |

TABLA VI

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,565 | | | | | | | 5 | 39 | 100,0 |
| 0,750 | | | | | | | 17 | 34 | 87,2 |
| 1,00 | 3 | 45 | 100,0 | 1 | 39 | 100,0 | 13 | 17 | 43,6 |
| 1,34 | 0 | 42 | 93,3 | 1 | 38 | 97,4 | 3 | 4 | 10,3 |
| 1,80 | 5 | 42 | 93,3 | 1 | 37 | 94,9 | 1 | 1 | 2,6 |
| 2,40 | 2 | 37 | 82,2 | 5 | 36 | 92,3 | | | |
| 3,16 | 6 | 35 | 77,8 | 4 | 31 | 79,5 | | | |
| 4,25 | 8 | 29 | 64,4 | 8 | 27 | 69,2 | | | |
| 5,65 | 7 | 21 | 46,7 | 8 | 19 | 48,7 | | | |
| 7,50 | 4 | 14 | 31,1 | 3 | 11 | 28,2 | | | |
| 10,00 | 3 | 10 | 22,2 | 2 | 8 | 20,5 | | | |
| 13,40 | 5 | 7 | 15,6 | 3 | 6 | 15,4 | | | |
| 18,00 | 1 | 2 | 4,4 | 2 | 3 | 7,7 | | | |
| 24,00 | 0 | 1 | 2,2 | 0 | 1 | 2,6 | | | |
| 3,160 | 0 | 1 | 2,2 | 1 | 1 | 2,6 | | | |
| 42,50 | 1 | 1 | 2,2 | | | | | | |

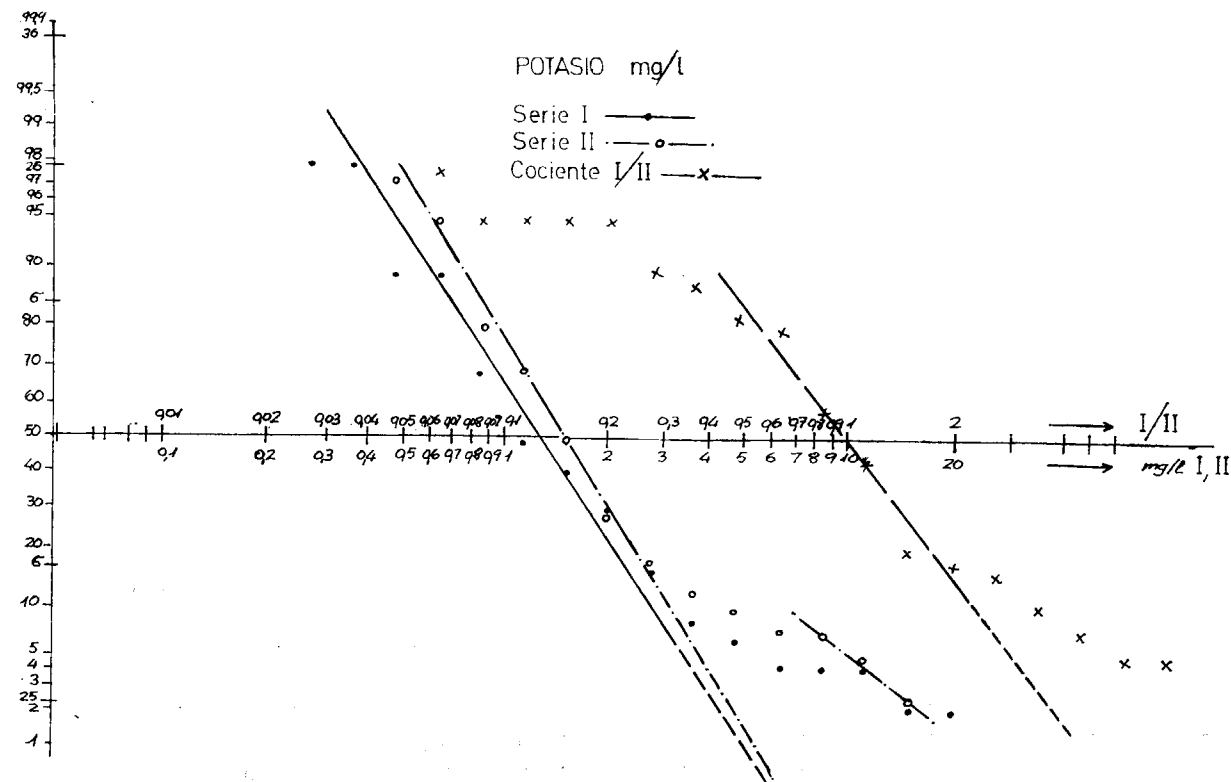


Figura 5

Respecto al estudio de la gráfica del potasio se observa que son muy variables los contenidos en este catión, aunque puedan darse un valor medio de 1,4 mg/l para el 89 por ciento de la población total de las muestras recogidas en época de lluvias (Serie II). Las muestras 20 y 36 cuyas captaciones se realizan en terrenos arenosos con minerales feldespáticos cerca del río Ucero, se desvían notablemente del resto de la población llegando a alcanzar los 10 mg/l. Casi paralela a la recta de la serie I, aparece la recta de la serie II, con una pendiente análoga y constituyendo una población del 83 por ciento

del total y con una concentración media de 1,55 mg/l, ligeramente superior a 7,50 mg/l, con un valor medio de 11,50 mg/l y quedando los números 15 y 19 como de transición entre dichas poblaciones. En cuanto a la relación I/II se observa una gran dispersión y una pequeña pendiente lo que indica falta de homogeneidad en las fuentes para ambas estaciones del año. Destaca la muestra 19, cuya concentración se ha hecho 17 veces mayor en otoño; en cambio la 13 y 38 presentan una concentración del orden de tres a cinco veces menor respectivamente (fig. 5, tabla VII).

TABLA VII

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,0425 | | | | | | | 1 | 39 | 100,0 |
| 0,0565 | | | | | | | 1 | 38 | 97,4 |
| 0,0750 | | | | | | | 0 | 37 | 94,9 |
| 0,100 | | | | | | | 0 | 37 | 94,9 |
| 0,134 | | | | | | | 2 | 37 | 94,9 |
| 0,180 | 1 | 45 | 100,0 | | | | 1 | 35 | 89,7 |
| 0,240 | 0 | 44 | 97,8 | 1 | 39 | 100,0 | 1 | 35 | 89,7 |
| 0,316 | 4 | 44 | 97,8 | 0 | 38 | 97,4 | 2 | 34 | 87,2 |
| 0,425 | 0 | 40 | 88,9 | 1 | 38 | 97,4 | 5 | 32 | 82,1 |
| 0,565 | 9 | 40 | 88,9 | 6 | 37 | 94,9 | 4 | 27 | 69,2 |
| 0,750 | 9 | 31 | 68,9 | 4 | 31 | 79,5 | 6 | 23 | 59,0 |
| 1,00 | 4 | 22 | 48,9 | 8 | 27 | 69,2 | 9 | 17 | 43,6 |
| 1,34 | 5 | 18 | 40,0 | 8 | 19 | 48,7 | 1 | 8 | 20,5 |
| 1,80 | 6 | 13 | 28,9 | 4 | 11 | 28,2 | 1 | 7 | 17,9 |
| 2,40 | 3 | 7 | 15,6 | 2 | 7 | 17,9 | 2 | 6 | 15,4 |
| 3,16 | 1 | 4 | 8,9 | 1 | 5 | 12,8 | 1 | 4 | 10,3 |
| 4,25 | 1 | 3 | 6,7 | 1 | 4 | 10,3 | 1 | 3 | 7,7 |
| 5,65 | 0 | 2 | 4,4 | 0 | 3 | 7,7 | 0 | 2 | 5,1 |
| 7,50 | 0 | 2 | 4,4 | 1 | 3 | 7,7 | 1 | 2 | 5,1 |
| 10,00 | 1 | 2 | 4,4 | 1 | 2 | 5,1 | 0 | 1 | 2,6 |
| 13,40 | 0 | 1 | 2,2 | 1 | 1 | 2,6 | 0 | 1 | 2,6 |
| 18,00 | 1 | 1 | 2,2 | | | | 0 | 1 | 2,6 |
| 24,00 | | | | | | | 0 | 1 | 2,6 |
| 31,60 | | | | | | | 1 | 1 | 2,6 |

Por observación de la gráfica del calcio se deduce que las aguas recogidas en primavera tienen una media de 47 mg/l, como respuesta a una mayor solubilidad en función de la temperatura. Ambos valores son bastante altos, en concordancia con una zona de predominio calcáreo, tanto en las calizas masivas del Cretácico como en los sedimentos terciarios. Pocas son las muestras del Cretácico

como en los sedimentos terciarios. Pocas son las muestras que se separan de la población total; destacando los números 18 y 29 que llegan a duplicar el valor de fondo y la 40 que tiene solamente la tercera parte de la media de la población general. Para los cocientes de las concentraciones de la serie I y II aparece el 1 como valor más probable, lo que indica un ambiente general muy de-

finido. Se apartan las muestras 11, 29 y 36 que llegan a reducir a la mitad el contenido en calcio después del verano y la 8 que por el contrario triplica el valor medio (fig. 6, table VIII).

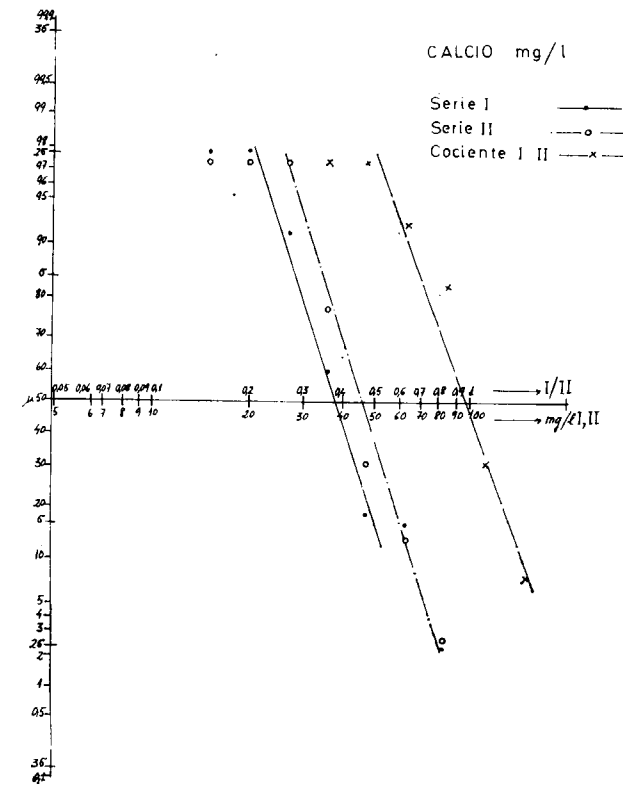


Figura 6

En lo que se refiere a la gráfica del magnesio se observan dos poblaciones, aquella cuya concentración oscila entre 2 y 10 mg/l en ambas remesas y la que, con valores superiores a los 10 mg/l, es más rica en este catión después del verano. Aún más significativa resulta la observación directa de los valores analíticos y la comparación por cociente de las series I y II. Se ve así como la número 2 puede pasar de un valor de 0,88 a 7,78 mg/l, o la 27 que llega a tomar 16 veces la cantidad de primavera, claro indicio de que han pasado a lixiviar niveles magnésicos cuando el nivel freático ha descendido en el verano. El magnesio, pues, no determina ambiente concreto, sino que lo que indica su presencia son niveles de lixiviación (fig. 7, tabla IX).

2.2. GEOQUÍMICA DE LOS ANJONES.

En la gráfica de los cloruros se destacan claramente dos poblaciones, tanto para la remesa de primavera como para la recogida después del verano. En la serie I casi la mitad de las muestras constituyen una población de concentración media de 5,5 mg/l, distinguiéndose la 2 por su menor contenido en cloruros. Un 36 por 100 forma el segundo conjunto, con un valor medio de 24 mg/l, destacándose la 18 al alcanzar los 78 mg/l. Para la serie II la distribución es análoga, también con dos poblaciones, si bien ahora las concentraciones medias respectivas son ligeramente superiores. Nuevamente la muestra 2 posee una mínima concentración en cloruros en cambio las 18 y 21 dan valores

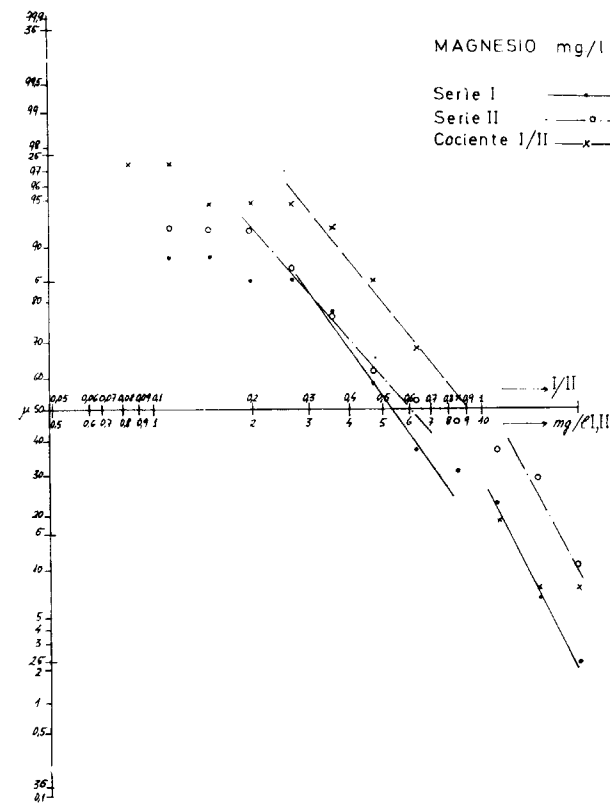


Figura 7

muy altos. En cuanto a la relación I/II, puede trazarse una recta, que a pesar de mostrar alguna dispersión en los puntos indica homogeneidad en los manantiales (fig. 8, tabla X).

En el estudio de los bicarbonatos prácticamente todas las muestras se agrupan perfectamente en una

TABLA VIII

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,240 | | | | | | | 1 | 39 | 100,0 |
| 0,316 | | | | | | | 0 | 38 | 97,4 |
| 0,425 | | | | | | | 2 | 38 | 97,4 |
| 0,565 | | | | | | | 4 | 36 | 92,3 |
| 0,750 | | | | | | | 20 | 32 | 82,1 |
| 1,00 | | | | | | | 0 | 12 | 30,8 |
| 1,34 | | | | | | | 0 | 3 | 7,7 |
| 1,80 | | | | | | | 3 | 3 | 7,7 |
| 2,40 | | | | | | | | | |
| 3,16 | | | | | | | | | |
| 4,25 | | | | | | | | | |
| 5,65 | | | | | | | | | |
| 7,50 | | | | | | | | | |
| 10,00 | 1 | 44 | 100,0 | 1 | 39 | 100,0 | | | |
| 13,40 | 0 | 44 | 97,8 | 0 | 38 | 97,4 | | | |
| 18,00 | 3 | 44 | 97,8 | 0 | 38 | 97,4 | | | |
| 24,00 | 14 | 41 | 91,1 | 8 | 38 | 97,4 | | | |
| 31,60 | 19 | 27 | 60,0 | 18 | 30 | 76,9 | | | |
| 42,50 | 1 | 8 | 17,8 | 7 | 12 | 30,8 | | | |
| 56,50 | 6 | 7 | 15,6 | 4 | 5 | 12,8 | | | |
| 75,00 | 1 | 1 | 2,2 | 1 | 1 | 2,6 | | | |
| 100,00 | | | | | | | | | |

TABLA IX
Distribución de frecuencias para el cation magnesio

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,0565 | | | | | | | 1 | 38 | 100 |
| 0,0750 | | | | | | | 0 | 37 | 97,4 |
| 0,100 | | | | | | | 1 | 37 | 97,4 |
| 0,134 | | | | | | | 0 | 36 | 94,8 |
| 0,180 | | | | | | | 0 | 36 | 94,8 |
| 0,240 | | | | | | | 1 | 36 | 94,8 |
| 0,316 | | | | | | | 3 | 35 | 92,1 |
| 0,425 | | | | | | | 6 | 32 | 84,2 |
| 0,565 | | | | | | | 6 | 26 | 68,4 |
| 0,750 | 5 | 45 | 100 | 3 | 38 | 100 | 13 | 20 | 52,6 |
| 1,00 | 0 | 40 | 88,9 | 0 | 35 | 92,1 | 4 | 7 | 18,4 |
| 1,34 | 2 | 40 | 88,9 | 0 | 35 | 92,1 | 0 | 3 | 7,9 |
| 1,80 | 3 | 38 | 84,4 | 2 | 35 | 92,1 | 2 | 3 | 7,9 |
| 2,40 | 9 | 38 | 84,4 | 4 | 33 | 86,9 | 0 | 1 | 2,6 |
| 3,16 | 3 | 35 | 77,8 | 6 | 29 | 76,3 | 1 | 1 | 2,6 |
| 4,25 | 4 | 26 | 57,8 | 3 | 23 | 60,5 | | | |
| 5,65 | 7 | 17 | 37,8 | 2 | 20 | 52,6 | | | |
| 7,50 | 2 | 14 | 31,1 | 4 | 18 | 47,4 | | | |
| 10,00 | 1 | 10 | 22,2 | 3 | 14 | 36,9 | | | |
| 13,40 | | 3 | 6,7 | 7 | 11 | 29,0 | | | |
| 18,00 | | 1 | 2,2 | 3 | 4 | 10,5 | | | |
| 24,00 | | | | 1 | 1 | 2,6 | | | |

única población para las dos estaciones del año, y la elevada media de las concentraciones, 117-20 mg/l, hace pensar en un paisaje bicarbonatado cálcico.

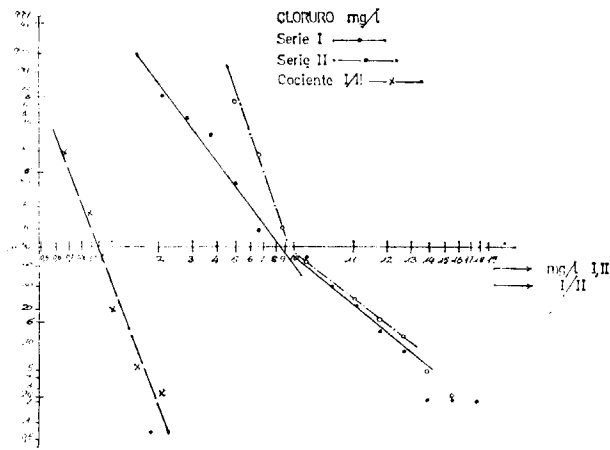


Figura 8

Apenas se destaca alguna muestra como anómala, únicamente las número 13 y 40 por sus bajos contenidos en el anión, y la 29 que extraordinariamente llega en primavera a 230 mg/l. La relación I/II es indicativa de una gran homogeneidad del conjunto de las fuentes, aunque es preciso tener en cuenta las muestras número 11, 28, 31, y sobre todo la 30, por haber disminuido notablemente su concentración después del verano (serie II), ya que por entonces se observa en general un aumento de los bicarbonatos (fig. 9, tabla XI).

Por último, en la gráfica referente a sulfatos se distingue, en la serie I, una distribución de este anión en dos poblaciones netamente diferenciadas, a bajas y altas concentraciones. La población a menores concentraciones, constituida por un 42 por 100 de las muestras aproximadamente, presenta una media de 13 mg/l y aún hay algunas con valores inferiores aunque no lleguen a considerarse como anómalas, para elevadas concentraciones, solamente un 9 por 100 constituyen población, con una media de 84 mg/l y destacándose claramente del resto las muestras 5, 13, 14, 18 y 21. Quedan como valores intermedios aquellas que se ven afectadas por ambas poblaciones, y cuyas concentraciones oscilan desde 18 a 56,50 mg/l. Para la serie II, existe una distribución análoga en dos poblaciones: un 60 por 100 constituyen un conjunto a menores concentraciones, con una media de 11,5 mg/l y el resto presenta concentraciones superiores que desde 24 mg/l

llegan a alcanzar valores de hasta 100 mg/l, como es el caso de las muestras 13, 18 y 21. La relación I/22 con una gran pendiente, indicando homogeneidad, conviene hacer notar que los valores en conjunto han disminuido un poco para la serie II, de otoño (fig. 10, tabla XII).

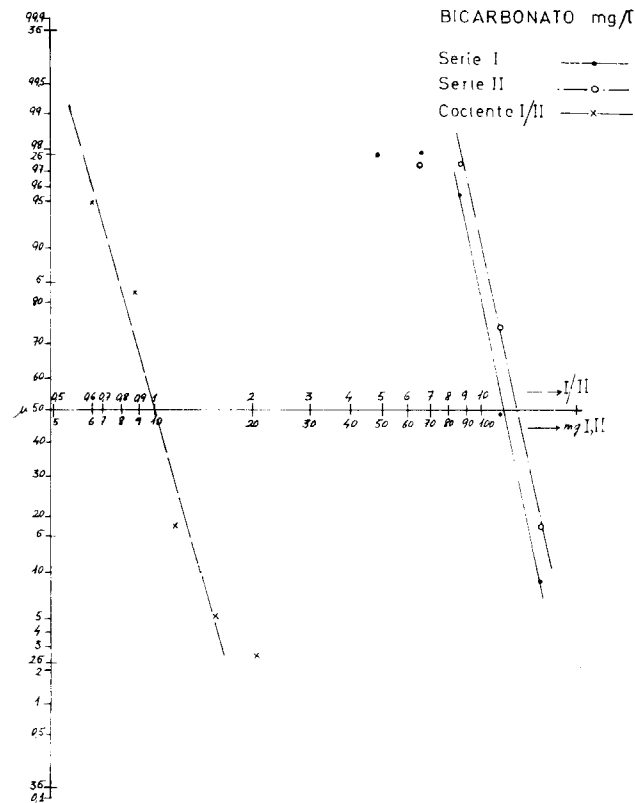


Figura 9

2.3. COMPARACIONES.

Hasta ahora se ha expuesto la geoquímica de cada ion en particular, pero dado que el terreno presenta claras formaciones calcáreas y posibles yesos del Mioceno, conviene estudiar conjuntamente los iones que forman tales compuestos. Debido a que se trata de rocas sedimentarias, donde dominan también los yacimientos salinos de origen químico se realiza la comparación cloruro-sodio, que nos indicará el nivel salino de cada muestra, así como su solubilidad de los compuestos anteriores. En todos los casos se tiene en cuenta que los iones se hallan en una composición definida y constante para cada compuesto químico, de modo que se señala convenientemente en las gráficas la recta 1:1 de dicha proporción, de tal manera que si los puntos quedan

TABLA X
Distribución de frecuencias para el anión cloruro

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,425 | | | | | | | 4 | 39 | 100 |
| 0,565 | | | | | | | 9 | 35 | 89,7 |
| 0,750 | | | | | | | 18 | 26 | 66,7 |
| 1,00 | | | | | | | 6 | 8 | 20,5 |
| 1,34 | 1 | 45 | 100, | | | | 1 | 2 | 5,1 |
| 1,80 | 1 | 44 | 97,8 | | | | 1 | 1 | 2,6 |
| 2,40 | 1 | 43 | 95,6 | | | | | | |
| 3,16 | 6 | 42 | 93,3 | 1 | 39 | 100 | | | |
| 4,25 | 9 | 36 | 80,0 | 3 | 38 | 97,4 | | | |
| 5,65 | 4 | 27 | 60,0 | 11 | 35 | 89,7 | | | |
| 7,50 | 3 | 23 | 51,1 | 7 | 24 | 61,5 | | | |
| 10,00 | 6 | 20 | 44,4 | 4 | 17 | 43,6 | | | |
| 13,40 | 4 | 14 | 31,1 | 3 | 13 | 33,3 | | | |
| 18,00 | 4 | 10 | 22,2 | 3 | 10 | 25,6 | | | |
| 24,00 | 2 | 6 | 13,3 | 2 | 7 | 17,9 | | | |
| 31,60 | 3 | 4 | 8,9 | 3 | 5 | 12,8 | | | |
| 42,50 | 0 | 1 | 2,2 | 1 | 2 | 5,1 | | | |
| 56,50 | 0 | 1 | 2,2 | 1 | 1 | 2,6 | | | |
| 75,00 | 1 | 1 | 2,2 | | | | | | |
| 100,00 | | | | | | | | | |

TABLA XI
Distribución de frecuencias para el anión bicarbonato

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|
| | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % | f(x) | Σ f(x) | F % |
| 0,425 | | | | | | | 2 | 39 | 100 |
| 0,565 | | | | | | | 5 | 37 | 94,9 |
| 0,750 | | | | | | | 25 | 32 | 82,1 |
| 1,00 | | | | | | | 5 | 7 | 17,9 |
| 1,34 | | | | | | | 1 | 2 | 5,1 |
| 1,80 | | | | | | | 1 | 1 | 2,6 |
| 2,40 | | | | | | | | | |
| 3,16 | | | | | | | | | |
| 4,25 | | | | | | | | | |
| 5,65 | | | | | | | | | |
| 7,50 | | | | | | | | | |
| 10,00 | | | | | | | | | |
| 13,40 | | | | | | | | | |
| 18,00 | | | | | | | | | |
| 24,00 | | | | | | | | | |
| 31,60 | 1 | 45 | 100 | | | | | | |
| 42,50 | 0 | 44 | 97,8 | 1 | 39 | 100 | | | |
| 56,50 | 1 | 44 | 97,8 | 0 | 38 | 97,4 | | | |
| 75,00 | 21 | 43 | 95,6 | 9 | 38 | 97,4 | | | |
| 100,00 | 18 | 22 | 48,9 | 22 | 29 | 74,4 | | | |
| 134,00 | 3 | 4 | 8,9 | 7 | 7 | 17,9 | | | |
| 180,00 | 1 | 1 | 2,2 | | | | | | |
| 240,00 | | | | | | | | | |

sobre ella o próximos a la misma será indicativo de que dicho compuesto existe en la muestra correspondiente. Dadas las tablas en μ eq/l tanto de ca-

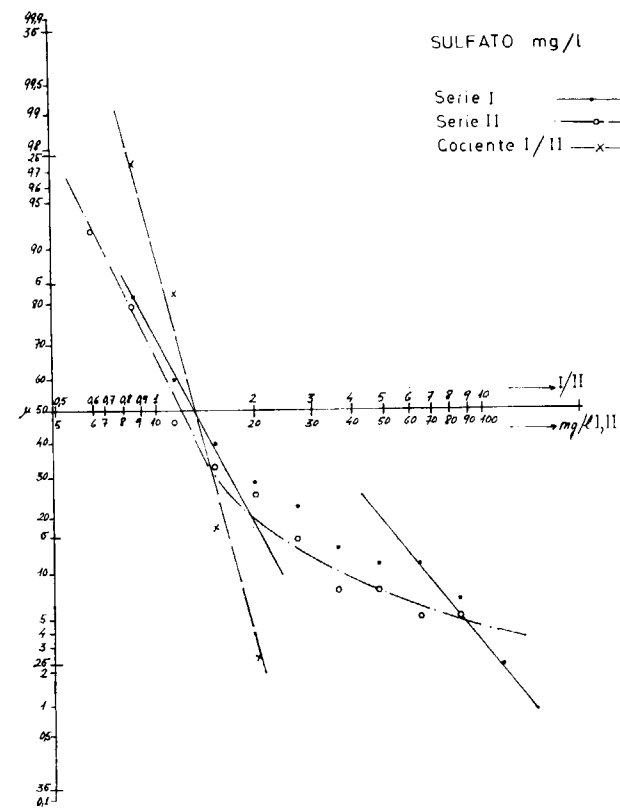


Figura 10

tionones como de aniones, se consideran los meq/l y se procede a tales representaciones (tablas XIII, XIV y XV).

2.3.1. Bicarbonato - calcio.

Se representa el catión calcio frente al anión bicarbonato para la serie I y en general el conjunto de todas las muestras se agrupan en las proximidades de la recta 1:1 que indica existencia de este compuesto. Para la serie II, la población sufre un desplazamiento hacia mayores concentraciones, lo que quiere decir que las calizas se han disuelto en mayor proporción en la época de seca del verano, cuando el nivel freático es más profundo. Cabe destacar las muestras 20, 21, 38 y sobre todo la 13 y 18 que, encontrándose lejanas a la recta 1:1 en primavera, sufren un desplazamiento hacia ella en el período de seca, como si pasaran a lixiviar terrenos calcáreos más profundos. Igualmente di-

suelven niveles de calcio bajos las número 34 y 41, aunque siguiendo la línea de las calizas. En cambio, en los lugares donde se sitúan la 11 y 29, es en la época de lluvias cuando se presentan concentraciones elevadas de calcio, que luego disminuyen notablemente en verano. Son excepciones también la 36 que presenta un descenso casi vertical para el calcio y la 43, cuya concentración en bicarbonato se hace mucho mayor en la serie II, mientras que el calcio sólo aumenta ligeramente. Como caso notable la muestra 40 da una mínima concentración en ambas series (fig. 11).

2.3.2. Sulfato - calcio.

Solamente ciertas muestras de agua muy concretas se acercan a la recta 1:1 de sulfato cálcico, que son las que corresponden a las recogidas en el corte del Mioceno por la vía del ferrocarril, en el límite de la terraza superior del río Duero. Toda la nube de puntos sufre un desplazamiento hacia mayores concentraciones de calcio y menores de sulfato para la serie II, lo cual está de acuerdo con lo expuesto en la comparación bicarbonato-calcio, donde para el período seco aumentaba la concentración en dicho catión. Como se ha señalado, es preciso considerar las muestras 13, 14, 18 y 21 por acercarse a la recta de sulfatos en primavera, para luego, conforme avanza el verano, bajar proporcionalmente su contenido en ambos iones. Un grupo parece ser intermedio entre éstas, llamémoslas excepcionales, siendo la gran mayoría las que disuelven calizas como son las número 1, 3, 11, 16, 19 y 20, todas ellas próximas al ferrocarril. De igual modo como se vio en la comparación bicarbonato-calcio, las número 25, 24, 41 y 8 aumentan su contenido en calcio al pasar de la época de lluvias al otoño. Asimismo para las 11, 29 y 36 ocurre el fenómeno inverso, disminuyendo la concentración de calcio para la serie II. Por último, cabe destacar las muestras 2, 27 y 28 que presentan un menor contenido en calcio en la serie II a la vez que se observa un aumento de magnesio, lo que induce a pensar en posibles niveles de magnesio en estratos inferiores en los lugares correspondientes (fig. 12).

2.3.3. Cloruro - sodio.

En general las muestras se aproximan a la recta 1:1 de cloruro sódico, pero siempre agrupándose en la zona de bajas concentraciones de ambos iones, salvo algunas excepciones, y sufriendo aumentos

TABLA XII
Distribución de frecuencias para el anión sulfato

| Clases | I | | | II | | | I/II | | |
|--------|------|---------------|------|------|---------------|------|------|---------------|------|
| | f(x) | $\Sigma f(x)$ | F % | f(x) | $\Sigma f(x)$ | F % | f(x) | $\Sigma f(x)$ | F % |
| 0,565 | | | | | | | 1 | 39 | 100 |
| 0,750 | | | | | | | 6 | 38 | 97,4 |
| 1,00 | | | | | | | 25 | 32 | 82,1 |
| 1,34 | | | | | | | 6 | 7 | 17,9 |
| 1,80 | | | | | | | 1 | 1 | 2,6 |
| 2,40 | | | | | | | | | |
| 3,16 | | | | | | | | | |
| 4,25 | | | | 3 | 39 | 100 | | | |
| 5,65 | 8 | 45 | 100 | 5 | 36 | 92,3 | | | |
| 7,50 | 10 | 37 | 82,2 | 13 | 31 | 79,5 | | | |
| 10,00 | 9 | 27 | 60,0 | 5 | 18 | 46,2 | | | |
| 13,40 | 5 | 18 | 40,0 | 3 | 13 | 33,3 | | | |
| 18,00 | 3 | 13 | 28,9 | 4 | 10 | 25,6 | | | |
| 24,00 | 4 | 10 | 22,2 | 3 | 6 | 15,4 | | | |
| 31,60 | 1 | 6 | 13,3 | 0 | 3 | 7,7 | | | |
| 42,50 | 0 | 5 | 11,1 | 1 | 3 | 7,7 | | | |
| 56,50 | 2 | 5 | 11,1 | 0 | 2 | 5,1 | | | |
| 75,00 | 2 | 3 | 6,7 | 2 | 2 | 5,1 | | | |
| 100,00 | 1 | 1 | 2,2 | | | | | | |
| 134,00 | | | | | | | | | |
| 180,00 | | | | | | | | | |

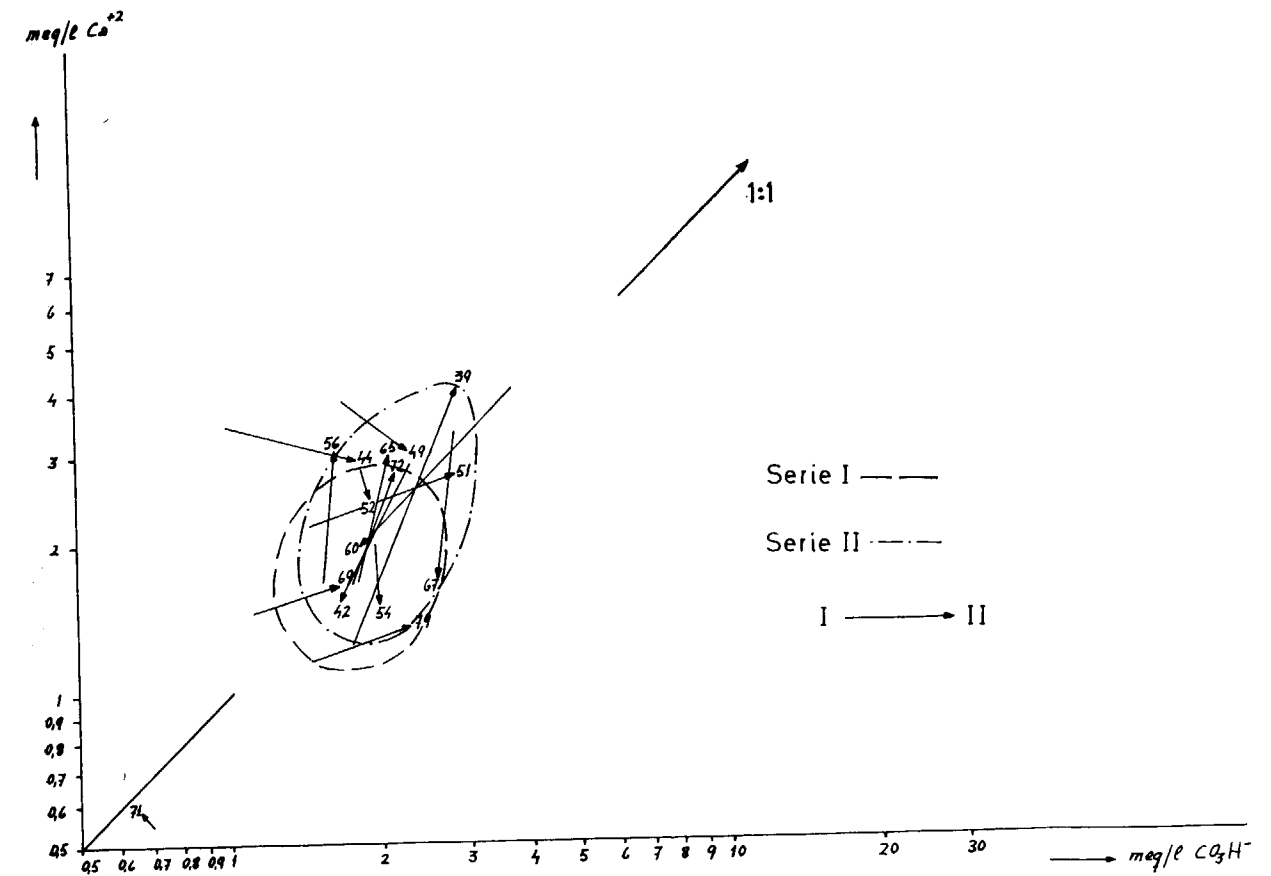


Figura 11

TABLA X.II

| Núm. muestra | $\mu e. q/l Na^+$ | | $\mu e. q/l K^+$ | | Núm. muestra | $\mu e. q/l Ca^{++}$ | | $\mu e. q/l Mg^{++}$ | |
|--------------|-------------------|---------|------------------|--------|--------------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| | I | II | I | II | | I | II | I | II |
| 1 | 660,96 | 591,38 | 25,58 | 40,92 | 1 | 2036,42 | 2145,70 | 437,04 | 640,33 |
| 2 | 52,18 | 56,53 | 20,46 | 17,90 | 2 | 1600,29 | 1492,01 | 72,43 | 640,33 |
| 3 | 608,78 | 617,47 | 20,46 | 30,69 | 3 | 1672,65 | 1916,16 | 509,47 | 960,50 |
| 4 | 652,26 | 913,16 | 23,02 | 30,69 | 4 | 1600,20 | 1836,32 | 873,26 | 1200,83 |
| 5 | 700,09 | | 10,23 | | 5 | 3277,93 | | 1018,94 | |
| 6 | 443,53 | 452,23 | 17,90 | 63,94 | 6 | 1454,59 | 1836,32 | 1018,94 | 1200,83 |
| 7 | 130,45 | 130,45 | 15,34 | 20,46 | 7 | 1454,55 | 1646,70 | 363,79 | 320,17 |
| 8 | 356,57 | 352,22 | 17,90 | 38,37 | 8 | 1236,52 | 4096,79 | 946,51 | 1441,16 |
| 9 | 400,05 | 147,85 | 38,37 | 35,81 | 9 | 1745,50 | 1991,01 | 563,79 | 400,00 |
| 10 | 165,24 | 204,37 | 40,92 | 38,37 | 10 | 1309,38 | 1342,31 | 291,36 | 400,00 |
| 11 | 256,55 | 247,86 | 15,35 | 15,35 | 11 | 2836,82 | 1531,93 | 727,58 | 560,50 |
| 12 | 460,93 | | 40,92 | | 12 | 2109,27 | | 1237,04 | |
| 13 | 630,52 | 591,38 | 143,24 | 43,48 | 13 | 3418,65 | 2909,17 | 946,51 | 1681,50 |
| 14 | 573,99 | | 20,46 | | 14 | 1672,65 | | 1310,29 | |
| 15 | 226,12 | 213,07 | 46,04 | 140,68 | 15 | 1236,52 | 1606,78 | 946,50 | 960,50 |
| 16 | 304,39 | 221,78 | 48,60 | 58,83 | 16 | 1381,73 | 1606,78 | 509,47 | 960,50 |
| 17 | 330,48 | 313,08 | 74,18 | 30,69 | 17 | 1818,36 | 2105,77 | 291,36 | 800,83 |
| 18 | 2435,10 | 1739,36 | 51,16 | 51,16 | 18 | 3709,57 | 3023,94 | 1892,19 | 2401,66 |
| 19 | 317,43 | 400,05 | 5,12 | 86,96 | 19 | 1527,44 | 2180,63 | 873,26 | 1120,99 |
| 20 | 508,76 | 482,67 | 301,82 | 255,78 | 20 | 2182,13 | 2719,55 | 655,15 | 1520,99 |
| 21 | 862,68 | 913,16 | 71,62 | 38,37 | 21 | 2836,82 | 2410,17 | 727,57 | 1520,99 |
| 22 | 304,39 | 334,83 | 35,81 | 25,58 | 22 | 1454,59 | 2030,93 | 437,04 | 1200,83 |
| 23 | 247,86 | 278,30 | 20,46 | 46,04 | 23 | 1964,06 | 1571,85 | 363,79 | 560,50 |
| 24 | 156,54 | | 23,02 | | 24 | 1236,52 | | 291,36 | |
| 25 | 95,66 | 134,80 | 17,90 | 17,90 | 25 | 1678,65 | 3023,94 | 363,79 | 160,49 |
| 26 | 269,60 | 291,34 | 15,35 | 17,90 | 26 | 1163,67 | 1531,93 | 581,90 | 1441,26 |
| 27 | 91,32 | 147,85 | 10,23 | 43,48 | 27 | 1672,65 | 1646,70 | 72,43 | 1200,83 |
| 28 | 156,54 | 186,98 | 51,16 | 20,45 | 28 | 1745,50 | 1492,01 | 363,79 | 720,99 |
| | | | | | 29 | 1996,99 | 1951,09 | 218,11 | 240,33 |
| 30 | 214,07 | 230,46 | 69,06 | 7,67 | 30 | 1672,65 | 1916,16 | 145,68 | 160,49 |
| 31 | 195,68 | 213,07 | 10,23 | 20,46 | 31 | 1964,06 | 1646,70 | 72,43 | 79,83 |
| 32 | 304,39 | 278,30 | 10,23 | 25,58 | 32 | 1527,44 | 1836,32 | 218,11 | 240,33 |
| 33 | 191,33 | 182,63 | 23,02 | 25,58 | 33 | 1672,65 | 1721,55 | 291,36 | 320,17 |
| 34 | 121,75 | 134,80 | 15,35 | 15,35 | 34 | 1672,65 | 3023,94 | 218,11 | 320,17 |
| 35 | 86,97 | 113,06 | 20,46 | 345,30 | 35 | 1891,21 | 2105,78 | 72,43 | 240,33 |
| 36 | 391,36 | 260,90 | 562,72 | 15,35 | 36 | 3272,94 | 1686,62 | 437,04 | 400,00 |
| 37 | 234,81 | 200,03 | 23,02 | 33,25 | 37 | 1163,67 | 1531,93 | 291,36 | 240,33 |
| 38 | 152,19 | 95,66 | 104,87 | 20,46 | 38 | 1454,58 | 1646,70 | 72,43 | 79,83 |
| 39 | 47,83 | 69,57 | 20,46 | 25,58 | 39 | 1964,06 | 2220,55 | 291,37 | 79,83 |
| 40 | 239,16 | 208,72 | 28,14 | 51,16 | 40 | 581,83 | 543,91 | 145,68 | 0,08 |
| 41 | 243,51 | 204,37 | 56,27 | 245,55 | 41 | 1672,65 | 2794,40 | 655,15 | 320,17 |
| 42 | 173,94 | 182,73 | 15,35 | 12,79 | 42 | 1236,52 | 1686,62 | 291,36 | 320,17 |
| 43 | 217,42 | 247,86 | 33,25 | 38,37 | 43 | 1163,77 | 1377,24 | 291,36 | 320,17 |
| 44 | 56,53 | | 58,83 | | 44 | 1236,52 | | 291,36 | |
| 45 | 86,97 | | 33,25 | | 45 | 1454,58 | | 363,79 | |

TABLA XV

| Núm. muestra | $\mu e. q/Cl$ | | $\mu e. q/l CO_3H$ | | $\mu e. q/l SO_4$ | |
|--------------|---------------|---------|--------------------|---------|-------------------|---------|
| | I | II | I | II | I | II |
| 1 | 579,01 | 706,48 | 1551,55 | 1667,91 | 693,31 | 607,94 |
| 2 | 48,51 | 105,48 | 1551,55 | 1997,65 | 166,56 | 166,56 |
| 3 | 543,47 | 710,43 | 1241,30 | 1457,64 | 426,81 | 366,43 |
| 4 | 931,54 | 1106,68 | 1396,34 | 1803,77 | 591,29 | 483,02 |
| 5 | 866,96 | | 1667,91 | | 1846,73 | |
| 6 | 866,96 | 1082,71 | 1667,91 | 2016,99 | 258,17 | 229,02 |
| 7 | 126,07 | 161,32 | 1357,66 | 1474,03 | 191,54 | 245,68 |
| 8 | 313,90 | 366,36 | 1745,59 | 2896,43 | 202,20 | 204,03 |
| 9 | 362,41 | 186,98 | 1784,27 | 2152,86 | 168,24 | 176,97 |
| 10 | 203,91 | 266,80 | 1357,66 | 1512,87 | 187,38 | 191,34 |
| 11 | 433,48 | 408,10 | 2327,40 | 1667,91 | 557,98 | 437,22 |
| 12 | 481,98 | | 2948,05 | | 154,07 | |
| 13 | 1022,36 | 995,28 | 1008,58 | 1842,45 | 2506,73 | 1832,16 |
| 14 | 414,02 | | 1784,27 | | 1336,64 | |
| 15 | 245,93 | 284,57 | 1629,23 | 1920,13 | 416,40 | 385,17 |
| 16 | 287,95 | 395,97 | 1396,34 | 1978,32 | 372,68 | 353,94 |
| 17 | 488,47 | 561,24 | 1551,55 | 2055,84 | 345,68 | 229,02 |
| 18 | 2199,83 | 1632,11 | 1708,75 | 2307,90 | 2019,54 | 1678,09 |
| 19 | 304,03 | 525,42 | 1435,18 | 2269,22 | 499,68 | 582,96 |
| 20 | 611,44 | 613,13 | 1472,39 | 2889,87 | 637,09 | 628,76 |
| 21 | 1125,86 | 1210,19 | 1861,95 | 1939,47 | 1222,13 | 982,70 |
| 22 | 310,51 | 310,51 | 1861,95 | 1920,13 | 299,81 | 362,27 |
| 23 | 203,91 | 234,93 | 1978,32 | 1920,13 | 201,95 | 162,40 |
| 24 | 152,01 | | 1357,66 | | 208,20 | |
| 25 | 119,58 | 179,09 | 1551,55 | 1648,57 | 289,40 | 239,43 |
| 26 | 158,50 | 197,14 | 1357,66 | 1551,55 | 117,01 | 154,07 |
| 27 | 135,95 | 210,96 | 1590,39 | 1803,77 | 249,84 | 216,53 |
| 28 | 236,06 | 262,85 | 1978,32 | 1493,36 | 143,66 | 110,35 |
| 29 | 90,53 | 186,98 | 3762,57 | 1842,45 | 299,81 | 162,40 |
| 30 | 313,90 | 350,28 | 1318,82 | 1629,23 | 166,56 | 166,56 |
| 31 | 122,96 | 207,01 | 1823,11 | 1571,05 | 266,50 | 156,15 |
| 32 | 200,52 | 254,67 | 1667,91 | 1842,45 | 210,28 | 162,40 |
| 33 | 155,40 | 207,01 | 1706,75 | 1571,05 | 210,28 | 204,04 |
| 34 | 132,55 | 197,14 | 1823,11 | 2114,02 | 191,54 | 135,33 |
| 35 | 109,99 | 137,35 | 1706,75 | 2094,68 | 256,09 | 181,13 |
| 36 | 559,55 | 420,22 | 2870,37 | 2618,31 | 295,64 | 181,13 |
| 37 | 219,99 | 258,63 | 1318,82 | 1532,31 | 151,99 | 204,04 |
| 38 | 207,01 | 167,24 | 1135,18 | 1687,41 | 166,56 | 139,94 |
| 39 | 58,10 | 121,55 | 2016,99 | 2385,58 | 124,92 | 95,77 |
| 40 | 103,51 | 149,19 | 659,49 | 699,81 | 118,67 | 149,90 |
| 41 | 119,59 | 252,70 | 1784,27 | 2191,54 | 416,40 | 408,07 |
| 42 | 122,96 | 185,01 | 1396,34 | 1648,57 | 145,74 | 139,49 |
| 43 | 158,50 | 227,03 | 1435,18 | 2346,74 | 166,56 | 106,18 |
| 44 | 97,02 | | 1512,87 | | 120,76 | |
| 45 | 71,07 | | 1745,59 | | 145,74 | |

para la serie II, bien cloruro solamente o bien en cloruro y sodio. Interesa considerar las número 9, 18, 36 y 68 porque sus concentraciones disminuyen bastante en la época de seca, de lo que se deduce

fuentes, puesto que se desplazan paralelamente a la recta 1:1, y en cambio las número 2, 39, 44 y 45 se distinguen por contener cantidades insignificativas de sodio (fig. 13).

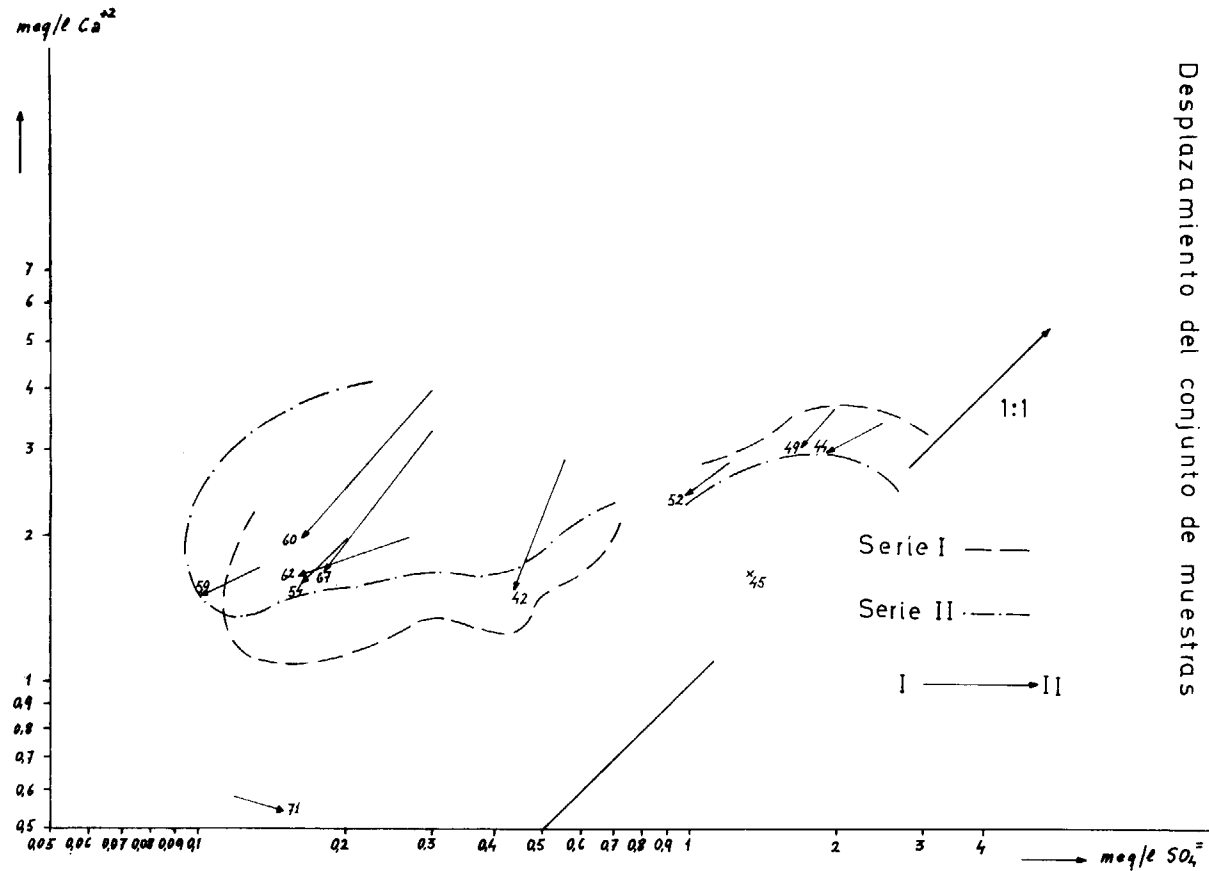


Figura 12

que el nivel salino en estos lugares está próximo a la superficie. Las de mayor contenido en cloruro sódico son, como era de esperar, las que se han venido repitiendo como las de mayor concentración en todos los iones, números 1, 3, 4, 13, 18 y 21. Las muestras 26, 31(32, 41, 42, 43 y sobre todo la 40 presentan en primavera un mayor contenido proporcional de sodio y sin embargo, para el otoño están prácticamente sobre la recta 1:1, lo que quiere decir que disuelven algún compuesto de sodio en niveles altos. Por el contrario, las 2, 6, 17, 29 y 34 pueden estar disolviendo compuestos de calcio y magnesio, pues aumenta en mayor grado la concentración de cloruros que la de sodio. Por último, las muestras 25, 27 y 35 denotan homogeneidad en sus

2.4. CORRELACIONES EN EL DIAGRAMA SALINO.

En el triángulo de los aniones (fig. 14), el mayor número de muestras se aproximan al vértice de los bicarbonatos y en conjunto todas ellas pueden considerarse comprendidas entre dos líneas, con una relación mínima de

$$\frac{\% \text{ meq SO}_4^{2-}}{\% \text{ meq Cl}^-} = \frac{15}{85}$$

y una relación máxima de

$$\frac{\% \text{ meq SO}_4^{2-}}{\% \text{ meq Cl}^-} = \frac{75}{25}$$

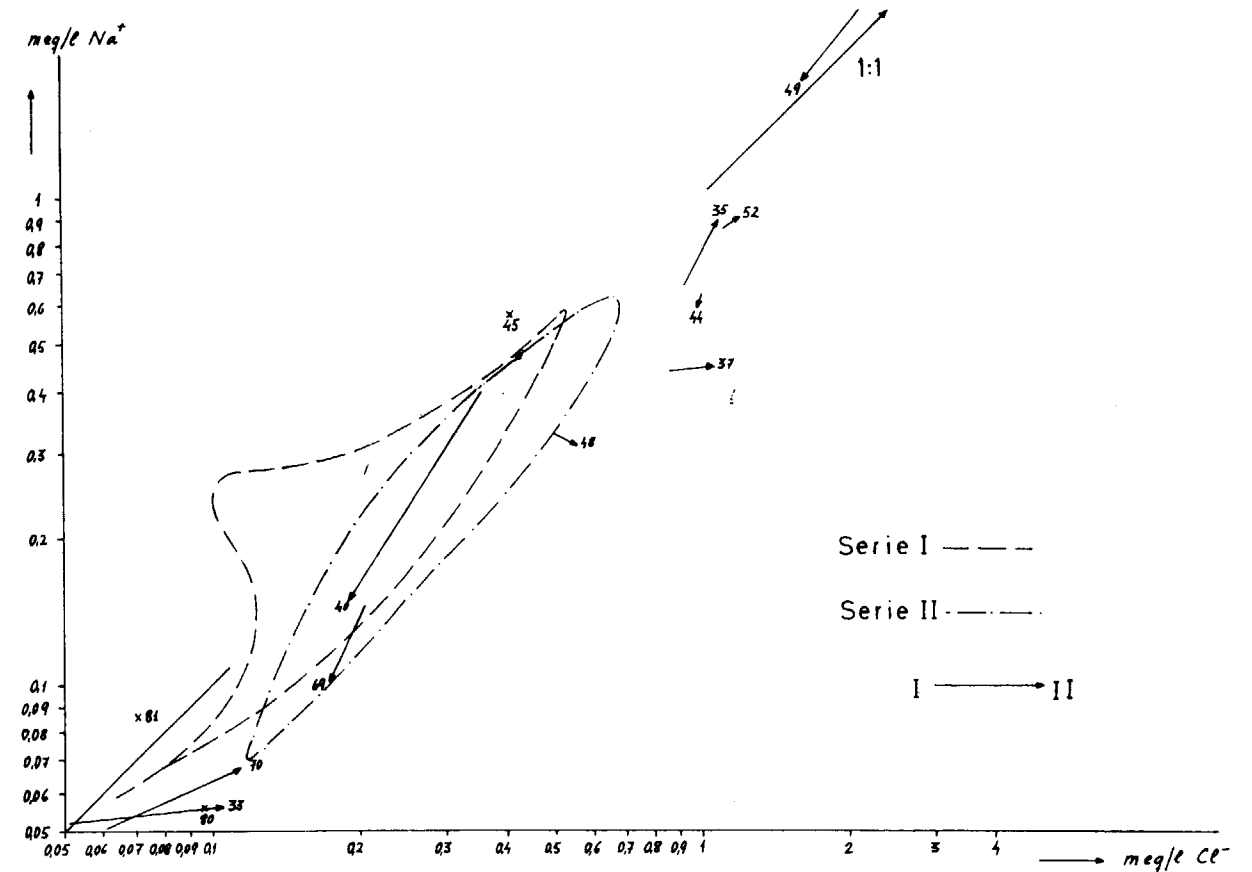


Figura 13

Se observa que los cloruros son como máximo el 35 por 100 de iones y que para el mayor número de muestras el valor más frecuente es:

$$\frac{\% \text{ meq Cl}^-}{\% \text{ meq SO}_4^{2-}} = \frac{50}{50}$$

(Relación 1:1). La dispersión de los puntos es mucho mayor para la serie I que para la serie II, donde todo el conjunto de muestras sufre un desplazamiento hacia el vértice de los bicarbonatos (17).

Cabe señalar las número 1, 11, 18 y 21 por tener las concentraciones de cloruros y sulfatos en la proporción 1:1, de forma que incluso la 18 se desplaza sobre la línea, de la serie I a la serie II, manteniendo esta proporción y acercándose al vértice de los bicarbonatos. La 20 mantiene una evolución en este sentido, hacia una mayor disolución de los bicarbonatos y la 13 se desliza paralela a la línea de cloruros con un tanto por ciento de miliequivalentes de cloruros constante.

En cationes un gran número de muestras se acerca al vértice del calcio, indicando una mayor

concentración de este ion para la serie II. El 40 por 100 es calcio, no llegando nunca a superar el

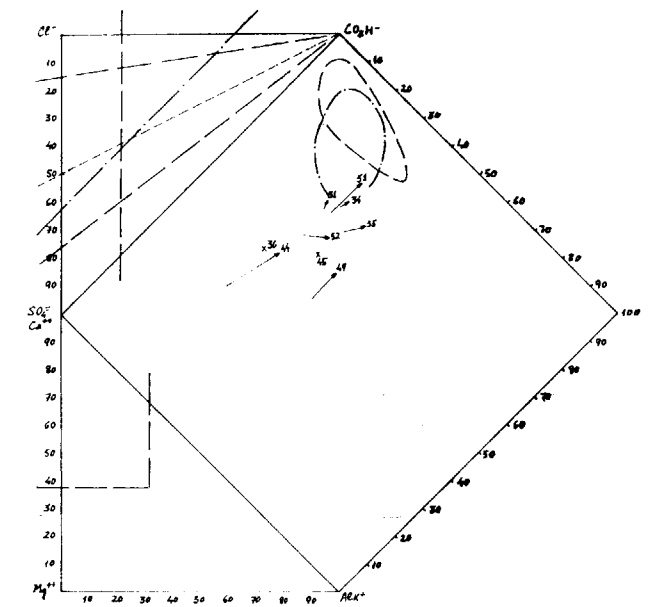


Figura 14

30 por 100 los elementos alcalinos. Sin embargo, existe un grupo, como son las número 2, 4, 11, 21, 23, 27, 29 y 35, para las cuales disminuye su contenido en calcio conforme avanza el verano, lo que podría explicarse por una menor solubilización de las calizas a causa de la también menor solubilidad del bióxido de carbono por efecto de la elevación de la temperatura.

Las muestras 1, 3, 18 y 20 y de distinto modo las 13 y 26 se desplazan hacia valores superiores de la concentración de magnesio para la serie II, disminuyendo la de calcio y la de los elementos alcalinos y coincidiendo a su vez con un aumento de bicarbonatos. Vuelve a repetirse como una constante, el que las muestras situadas en las cercanías del ferrocarril, sobre todo las correspondientes a pozos, aparezcan como las de mayor contenido salino. La 40 se distingue claramente del resto, aunque dentro del mismo área, por mostrar un contenido apreciable de metales alcalinos.

3. CONCLUSIONES

De todo lo que precede se deduce que:

Se trata de aguas algo alcalinas, como corresponden a las que lixivian carbonatos.

Se aprecia una ligera acidificación después del verano, que puede deberse a la oxidación de sulfuros o materia orgánica, por la mayor aireación de los terrenos.

Son aguas de un gran contenido en bicarbonato y calcio y al comparar ambos iones, se observa que se acercan a la recta de proporción 1:1, que indica lixiviación de terrenos calcáreos.

Se observan unos posibles niveles de sulfato en la zona de corte del Mioceno por la vía del ferrocarril, de las muestras de aguas recogidas en pozos destinados a su servicio, en las cuales se observa un elevado contenido salino.

La pequeña población de muestras con concentraciones de sulfatos mayores, en realidad se ve enmascarada en el conjunto que lixivian calizas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Instituto Geológico y Minero de España: Mapa geológico de España. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja núm. 31. Soria, 1.ª edición. Madrid (1971).

- (2) SOLÉ SABARÉS, L.: *Geografía de España y Portugal*, vol. I. (1972).
- (3) HOYOS GUERRERO, M. A.; LEGUEY JIMÉNEZ, S., y RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, J.: *Estudio mineralógico de las terrazas del río Duero en la provincia de Soria*. Anal. de Edaf. y Agrof., t. XXII, núm. 1-2. Madrid (1973).
- (4) HOYOS GUERRERO, M. A.; LEGUEY JIMÉNEZ, S., y RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, J.: *Las terrazas del río Duero desde Gormaz hasta Peñafiel*. Anal. de Edaf. y Agrob., t. XXXIII, núm. 11-12. Madrid (1974).
- (5) HOYO GUERRERO, M. A.; LEGUEY JIMÉNEZ, S., y RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, J.: *Mineralogía de las terrazas del río Duero desde Gormaz hasta Peñafiel*. Anal. de Edaf. y Aprob., t. XXXIII, núm. 3-4. Madrid (1974).
- (6) Servicio Meteorológico Nacional: *Boletín Anual de la Cuenca del Duero*. Madrid (1972-1973-1974).
- (7) PITA CARPENTU, A.: *Clima y vegetación arbórea*. Servicio Meteorológico Nacional. Public. Serie A (Memorias), núm. 48 (1968).
- (8) STANLEY, N.; DAVIS y WIEST, ROGER, J. M.: *Hidrología*. Edit. Ariel (1971).
- (9) RODIER, J.: *L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Eaux naturelles, Eaux sées*. Dunod. París, 2.ª edición (1960).
- (10) APHA, AWWA, WPCF: *Métodos standard para el examen de aguas y aguas de desecho*. Ed. Interamericana, S. A., 11.ª ed. (1963).
- (11) VOGEL, ARTHUR, I.: *Química Analítica Cuantitativa*, vol. I. Volumetría y gravimetría. Ed. Kapelusz (1943).
- (12) VIAYNA, E.: *Cálculo rápido del factor permanganato por complexometría en la determinación del oxígeno consumido por la materia orgánica del agua*. Rev. Agua, julio-agosto (1973).
- (13) PEDRO HERRERA, F. DE ALVAREZ HERRERO, C.; VELÁZQUEZ SÁNCHEZ, N., y MARTÍN SANZ, C.: *Contribución al estudio geoquímico de las aguas del río Duero*. Rev. de Geofísica, núm. 1. Madrid (1972).
- (14) SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. y CATALÁN LAFUENTE, J. G.: *Relaciones entre litografía del acuífero y composición química del agua*. Rev. Agua, noviembre-diciembre (1970).
- (15) BUSTOS ARAGÓN, A.: *El análisis del agua y su interpretación geoquímica*. Rev. Agua, marzo-abril (1967).
- (16) GOMIS, C.; CATALÁN, J., y MORÁ, J.: *Conductividad específica de las aguas naturales*. Rev. Agua, marzo-abril (1967).
- (17) TOMKEIEFF, S. I.: *Geochemistry in the U.R.R.S. Physics and Chemistry of the earth*, vol. I. Londres (1965).

Recibido: enero 1978.

Utilización del Geotermómetro Na-K-Ca en la prospección preliminar de áreas geotérmicas

Por C. PANICHI (*) y E. R. BADIOLA (**).

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación del geotermómetro Na-K-Ca a las manifestaciones termales del territorio Italiano, efectuándose un análisis crítico del método mediante el estudio en detalle de las zonas de "Campi Flegrei" y de "Abano", planteándose los condicionamientos requeridos en la aplicación de esta tecnología.

ABSTRACT

This paper shows the results obtained by the application of Na-K-Ca geothermometer to thermal manifestations in Italy. A critical analysis of the method using the geochemical data of the "Campi Flegrei" and "Abano" areas is included, regarding the conditions required during the application of these techniques.

INTRODUCCION

El primer objetivo en la explotación de un sistema geotérmico es obtener en el menor tiempo posible una valoración del campo para la producción de energía geotérmica. Entre los factores que se precisan conocer para la realización de esta primera fase de valoración, la temperatura de "base" del reservorio es sin lugar a dudas el de mayor importancia, seguido en orden de importancia por las dimensiones del reservorio, permeabilidad eficaz del mismo, efectos de "self-sealing", posibilidad de utilización de subproductos, etcétera.

La experiencia obtenida en la explotación geotérmica de sistemas hidrotermales convectivos, indica que la mayor parte de estos sistemas contienen agua en fase líquida, como fluido dominante, que controla la presión en las fracturas y poros del reservorio geotérmico (hot water systems); solamente en casos particulares, como Larderello

(Italia), The Geysers (California) y Matsukawa (Japón), el vapor constituye la fase continua en el reservorio que controla la presión, con una fase líquida limitada a los poros de la roca y a la superficie de las fracturas (vapour dominated systems).

En el primer caso, los sondeos profundos producen normalmente una mezcla de agua en fase líquida y una fracción de vapor que varía del 10 al 30 por 100, que es originado en el interior del pozo por la disminución de presión como consecuencia del movimiento ascensional del fluido; mientras que en los sistemas de fase vapor dominante, la producción es de vapor a partir del momento en el cual el aporte térmico es suficientemente elevado para evaporar más agua que la que puede ser proporcionada por la recarga. En igualdad de condiciones de los diferentes factores (temperatura, dimensiones del reservorio, permeabilidad, etc.), los sistemas de vapor dominante son de mayor rendimiento que los de agua en fase líquida, debido a que en el primer caso toda la producción de vapor se utiliza directamente en la generación de energía eléctrica, mientras que los segundos producen una determinada cantidad de agua de la que

(*) Instituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche, C. N. R. Pisa, Italia.

(**) Departamento de Petrología y Geoquímica Instituto "Lucas Mallada", C. S. I. C. Madrid, España

solamente el 10-30 por 100 es utilizable en la producción de electricidad. La utilización del remanente (90-70 por 100 del volumen total) constituye uno de los temas actuales de investigación de recursos geotérmicos en consonancia con el desarrollo de nuevas técnicas de aprovechamiento de recursos termales de menor entalpía.

SISTEMAS HIDROTERMALES

La temperatura de los sistemas de agua caliente varía desde valores próximos al ambiental, hasta cerca de 360°C, observados en los sistemas de Salton Sea (California) y de Cerro Prieto (México); desde el punto de vista práctico es conveniente dividir los sistemas de agua en tres grupos principales en función de las diferentes temperaturas de base:

1. Sistemas con temperaturas superiores a 150°C, que pueden tomarse en consideración para la producción de energía eléctrica.
2. Sistemas con temperaturas comprendidas entre los 90-150°C, que pueden utilizarse para procesos de calefacción ambiental, desalinización de agua salobre, plantas frigoríficas, etc.
3. Sistemas con temperaturas inferiores a 90°C, que pueden utilizarse localmente y solamente en circunstancias muy favorables.

Desde el punto de vista exploratorio, la problemática se traduce fundamentalmente en establecer las circunstancias por las que un sistema hidrotermal presenta en superficie las temperaturas observadas en las manifestaciones naturales (manantiales termales, fumarolas, etc.) y el establecer si la temperatura anómala es el resultado de una circulación profunda en regiones de gradiente geotérmico normal o la surgencia puede haber alcanzado temperaturas más elevadas que las observadas y haya sufrido un enfriamiento durante su circulación hacia la superficie.

Bajo este aspecto, la investigación geoquímica ha dirigido su atención al problema de valoración de la temperatura subsuperficial tanto de los sistemas de agua caliente como de vapor. En los sistemas de vapor se ha utilizado hasta el momento la composición isotópica de los componentes gaseosos de los fluidos geotérmicos, debido a que el vapor es extremadamente pobre en los elementos químicos que se utilizan en la valoración de la temperatura

en los sistemas de agua caliente, técnica que es ampliamente utilizada desde el punto de vista exploratorio en la prospección de zonas extensas. En este trabajo se presentan y discuten las ventajas y limitaciones de una prospección preliminar efectuada mediante la aplicación del geotermómetro Na-K-Ca a partir de datos analíticos preexistentes de las manifestaciones termominerales de Italia.

GEOTERMOMETRO Na-K-Ca

La concentración de Na y K en las aguas termales, está estrechamente relacionada a la presencia de rocas silicatadas en el reservorio donde tiene lugar la circulación, atribuyéndose la concentración de solutos a las reacciones de intercambio agua-roca almacenadas dependientes de la temperatura de reacción. Las observaciones experimentales de la relativa facilidad del agua para alcanzar el equilibrio con rocas silicatadas, ha inducido a ELLIS y MAHON (1967) a considerar la relación Na/K en las aguas naturales como índice de la temperatura profunda de equilibrio, relación que ha sido aplicada por la mayor parte de los geoquímicos que trabajan en campos geotérmicos (ELLIS, 1970; MERCADO, 1970; TONANI, 1970), con resultados satisfactorios.

Recientemente FOURNIER y TRUESDELL (1973) han demostrado que la reacción de la plagioclasa cálcica con el agua puede ser competitiva con la de los feldespatos sódicos y potásicos, por lo que solamente la relación Na/K puede no ser suficientemente representativa para establecer las condiciones de un sistema natural, habiendo desarrollado una relación empírica entre el Na-K-Ca y la temperatura de equilibrio mediante la expresión:

$$\log \frac{Na}{K} + \beta \log \sqrt{\frac{Ca}{Na}} = -2.24 + \frac{1647}{T} \quad [1]$$

en la que las concentraciones iónicas son expresadas en moles por litro, la temperatura en grados Kelvin y la constante β adquiere el valor de 0,33 en el caso de que el agua haya alcanzado el equilibrio a temperaturas superiores a 100°C o de 1,33 cuando el equilibrio se haya alcanzado a temperaturas inferiores a los 100°C.

Una importante limitación de la metodología puede deberse a la presencia en solución de proporciones elevadas de CO₂ (PACES, 1974), componente que

regula los equilibrios entre carbonatos y bicarbonatos que determinan variaciones del contenido del ion calcio, originando procesos de desalinización o de precipitaciones sucesivas en el equilibrio alcanzado con los silicatos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones de aplicabilidad de este geoter-

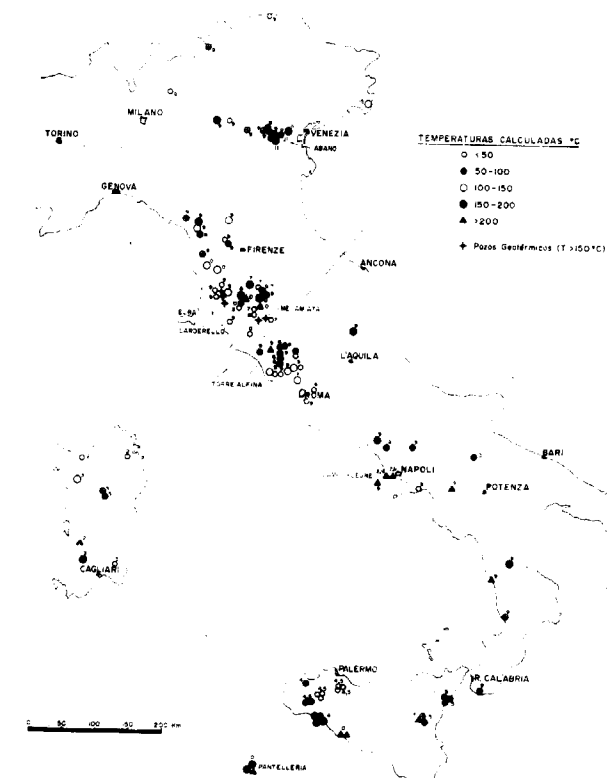


Figura 1

Distribución geográfica de los valores de temperatura calculados a partir del geotermómetro Na-K-Ca. La numeración corresponde a las referencias bibliográficas: 1) Informe inédito del C.N.R.—IIRG; 2) BALDI, et al. (1973); 3) BALDI, et al. (1975); 4) BIONDUCCI y RATTU (1960); 5) DALL'AGLIO (1970); 6) DALL'AGLIO y TEDESCO (1968 a); 7) DALL'AGLIO y TEDESCO (1968 b); 8) FANCELLI y NUTI (1974); 9) FANCELLI y NUTI (1975); 10) FANELLI (1972); 11) PANICHI, et al. (1969); 12) PANICHI, et al. (1976); 13) PUXEDDU (1951).

mómetro es más generalizado que el fundado en las relaciones Na/K y el que utiliza la concentración de la sílice disuelta. El grado de imprecisión en la valoración de la temperatura puede ser tabulado alrededor de 20°C tanto para las bajas como altas temperaturas.

APLICACION DEL GEOTERMOMETRO Na-K-Ca A LAS MANIFESTACIONES TERMALES DE ITALIA

A partir de datos químicos de la bibliografía o referidos en informes del Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche, se ha efectuado la valoración de la temperatura de equilibrio de 104 manifestaciones termales correspondientes a diferentes localidades, mediante la aplicación de la fórmula [1] utilizándose valores de $\beta=0,33$ cuando el $\log \sqrt{Ca/Na} > 1$ o de $\beta=1,33$ cuando $\log \sqrt{Ca/Na} < 1$ y la temperatura calculada es menor de 100°C. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 1, con cinco intervalos diferentes de temperatura desde los valores inferiores a 50°C hasta los superiores a 200°C; estos resultados adquieren evidentemente un carácter preliminar debido a que los datos disponibles (fig. 2) constituyen aproximadamente la mitad de las manifestaciones con temperaturas superiores a 20°C, sin embargo, los resultados obtenidos son de gran interés y de la distribución de los valores calculados (fig. 1) se des-

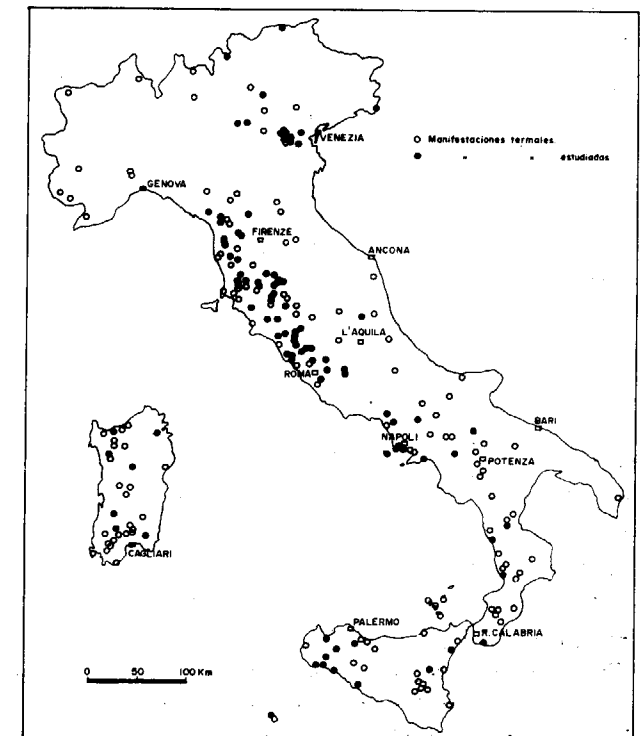


Figura 2

Localización de las manifestaciones termales italianas con T > 20°C y relación de las manifestaciones estudiadas.

prende que numerosas zonas son susceptibles de estudios de detalle dirigidos a establecer una valoración de su potencial geotérmico.

De las manifestaciones estudiadas el 60 por 100 presentan como resultado temperaturas inferiores a 100° C de las cuales aproximadamente la mitad son coincidentes con las temperaturas observadas en superficie, y el resto derivarían de sistemas con temperaturas entre 30-50° C superiores a la observada; el 40 por 100 restante de las manifestaciones estudiadas presentan temperaturas calculadas comprendidas entre 100 y 270° C de las cuales el 8 por 100 con valores entre 100-150° C, el 22 por 100 entre 150-200° C y el 10 por 100 con temperaturas superiores a 200° C.

Estos resultados obtenidos son altamente significativos y se circunscriben a zonas de la Toscana y el Lazio (donde la prospección geotérmica desarrollada por el ENEL y por el CNR han definido los sistemas geotérmicos de Larderello, Monte Amiata, Torre Alfina y Cesano) y algunas áreas de la Campania, Sicilia y Sardegna, zonas que requieren estudios detallados tanto geoquímicos como geológico-estructurales y geofísicos.

Bajo el aspecto hidrogeológico del estudio de sistemas geotérmicos, las recientes investigaciones realizadas mediante la aplicación de modelos químicos, isotópicos y termodinámicos de mezclas en sistemas convectivos (FOURNIER y TRUESDELL, 1974; PANICHI et al., 1976; BALDI et al., 1975) ponen en evidencia que es totalmente necesario que estos sistemas de valoración sean sometidos a una rigurosa revisión y control preciso. En particular los fenómenos de mezcla entre aguas caliente y fría y el establecer el estado de equilibrio entre el agua y las rocas del reservorio deben ser objeto de estudios detallados. Con muestreos apropiados de fuentes y de pozos poco profundos es posible obtener indicaciones de la temperatura a niveles más profundos, siempre que el tiempo de circulación del agua mezclada sea suficientemente corto para evitar un reequilibrio a niveles más próximos a la superficie y a temperaturas inferiores.

La segunda fase de prospección geotérmica requiere el estudio en detalle de los diversos sistemas individuales puestos de manifiesto por los termómetros químicos por medio de la interpretación de levantamientos geofísicos (termométricos, magnetotélúricos, sísmicos, etc.) dirigidos a la definición de los parámetros físicos como volumen y contenido térmico de las rocas que caracterizan cada sistema.

De forma indicativa se presentan los resultados de dos estudios de detalle relativos a las zonas termales de Campi Flegrei y de Abano, que ponen en evidencia respectivamente una errónea interpretación de los valores de las temperaturas calculadas y una correcta e interesante utilización de los geotermómetros químicos en el planteamiento de un sistema termal complejo.

ZONA DE "CAMPI FLEGREI" (NAPOLIS)

Una extensa zona situada al Norte de Nápoles ha sido estudiada en detalle desde el punto de vista geológico-estructural y geofísico (CAMELI et al., 1975) y geoquímico (BALDI et al., 1975). Dentro de esta área, la zona de "Campi Flegrei" es la más indicada para una sistemática prospección geoquímica dada la presencia de numerosas manifestaciones termales con salinidad variable desde 1 g/l a 26 g/l y temperaturas comprendidas entre 20 y 88° C,

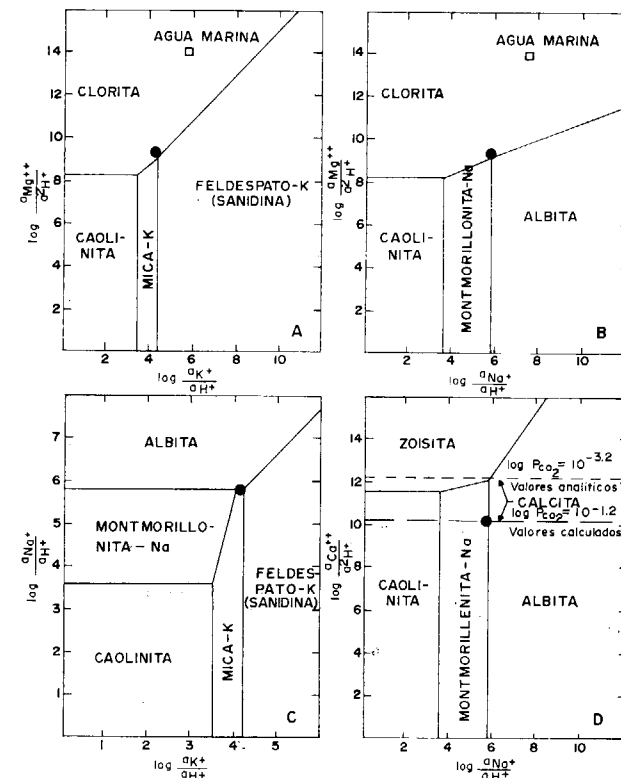


Figura 3

Diagrama de actividad referente a la fase líquida del sistema geotérmico de Campi Flegrei, según BALDI, et al. (1975). El punto proyectivo corresponde a la manifestación número 5 de la tabla I.

con fumaroles como la de Pozzuoli con temperatura en superficie próxima a los 150° C.

Los resultados obtenidos por BALDI et al. (1975) indican que las manifestaciones naturales de esta zona están conectadas a la presencia de agua de origen marino en la serie predominantemente volcánica (pliocena-cuaternaria) que conjuntamente con la serie miocena marina constituyen los 2.000-2.500 metros de la unidad litoestratigráfica local. El agua marina modifica su composición química como consecuencia de las reacciones de intercambio iónico a elevadas temperaturas con las rocas volcánicas, tendiendo a salir hacia la superficie a través de fracturas; una de las surgencias denominada "Stufe di Nerone" alcanza la superficie sin que tengan lugar procesos de mezcla con las aguas de infiltración local, presentando los valores de salinidad y temperatura (26 g/l y 88° C) más elevados de la zona, la concentración iónica de sus componentes individuales se presenta en equilibrio a 170° C con la mica potásica, feldespato potásico, montmorillonita sódica, albita, clorita y cuarzo como se observa en la figura 3. En el resto de las surgencias se ponen de manifiesto procesos de mezclas entre el agua termal profunda y la de infiltración local de menor salinidad, siendo el resultado de la mezcla de ambos

tipos con proporciones que varían desde el 10 al 80 por 100 del componente profundo. Bajo estas condiciones la aplicación de termómetros químicos basados en las concentraciones de sílice y en las relaciones de Na-K-Ca conducen a valoraciones erróneas de la temperatura profunda. En la tabla I se presentan conjuntamente los resultados obtenidos de los valores de fraccionación del agua caliente y algunas de las relaciones iónicas deducidas de los datos analíticos presentados por BALDI et al. (1975) conjuntamente con las características químicas más significativas de las surgencias frías de la zona, que pueden considerarse como representantes del agua de infiltración local.

Estos datos ponen en evidencia que solamente la muestra número 5 (Stufe di Nerone) resulta con temperaturas calculadas coincidentes con los dos geotermómetros, mientras que las manifestaciones frías presentan la mayor dispersión, con valores más elevados en lo que respecta al geotermómetro Na-K-Ca; el resto de las manifestaciones termales alcanzan valores de temperaturas intermedias entre estos extremos.

Tomando en consideración los valores relativos a la fraccionación del agua caliente contenida en cada surgencia (tabla I), y que la mayor tempera-

TABLA

Características químicas de las aguas termales de Campi Flegrei a partir de los datos analíticos de BALDI et al. (1975)

| Número muestra | TQA (1) | TQC (1) | T 1/3 (1) | log Na/K | Log \sqrt{Ca}/Na | x (caliente) (2) | | | Media |
|----------------|---------|---------|-----------|----------|--------------------|------------------|------|------|-------|
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | |
| 7 | 87 | 92 | 227 | 1,082 | 0,09 | 0,11 | 0,16 | 0,40 | 0,10 |
| 6 D | 116 | 123 | 217 | 1,30 | 0,26 | 0,17 | 0,27 | 0,12 | 0,19 |
| 12 | 151 | 163 | 299 | 0,64 | 0,01 | 0,13 | 0,30 | 0,80 | 0,17 |
| 3 B | 111 | 119 | 218 | 1,14 | 0,07 | 0,23 | 0,24 | 0,15 | 0,21 |
| 6 B | 87 | 90 | 200 | 1,28 | 0,11 | 0,29 | 0,23 | 0,20 | 0,24 |
| 6 A | 85 | 90 | 198 | 1,31 | 0,14 | 0,27 | 0,28 | 0,24 | 0,26 |
| 2 C | 134 | 143 | 185 | 1,44 | 0,27 | 0,27 | 0,41 | 0,26 | 0,31 |
| 14 | 153 | 163 | 243 | 1,09 | 0,43 | 0,45 | 0,41 | 0,25 | 0,37 |
| 3 A | 129 | 137 | 200 | 1,40 | 0,48 | 0,63 | 0,64 | 0,57 | 0,61 |
| 1 | 146 | 159 | 199 | 1,40 | 0,44 | 0,46 | 0,66 | 0,51 | 0,54 |
| 4 | 148 | 158 | 160 | 1,76 | 0,59 | 0,74 | 0,86 | 0,78 | 0,79 |
| 5 | 161 | 171 | 167 | 1,70 | 0,60 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 47 | 84 | 91 | 344 | 0,034 | 1,40 | | | | |
| 51 | 77 | 86 | 323 | 0,226 | 0,90 | | | | |
| 6 C | 91 | 97 | 221 | 0,920 | 0,53 | | | | |
| 48 | 112 | 115 | 366 | 0,105 | 0,70 | | | | |

(1) La temperatura se ha valorado sobre la concentración de la sílice considerada en equilibrio con el cuarzo, (TQA) enfriamiento adiabático, (TQC) enfriamiento por conducción, y sobre las relaciones molares de Na/K y Ca con valores de la constante $\beta=1/3$ (T 1/3).

(2) Las diferentes fracciones de agua caliente profunda (x caliente), se han calculado a partir de los diagramas $\delta D/^{18}O$ (1), $Cl/\delta^{34}S$ (3) y de los valores de T, SiO_2 y Cl (2) de las diferentes manifestaciones.

tura valorada corresponde a la manifestación que representa el 100 por 100 del componente profundo es aproximadamente de 170° C, se plantea que el resto de las temperaturas calculadas para las otras surgencias es puramente casual, y que derivan del hecho de que las concentraciones relativas de potasio y magnesio respecto al sodio aumentan progresivamente como consecuencia del enriquecimiento relativo de estos elementos en el agua que circula por las rocas volcánicas vítreas superficiales, este aumento relativo de concentraciones de potasio y calcio en confrontación con el Na tiende a simular temperaturas profundas tanto más elevadas cuanto mayor es la fracción del agua fría local.

ZONA TERMAL EUGANEO-BERICA

En contraposición al caso precedente, en la zona termal de Colli Euganei y Berici, situada a unos 50 kilómetros al Oeste de Venecia, se presenta una clara concordancia entre las conclusiones deducidas mediante análisis químicos e isotópicos y las valoraciones realizadas mediante el geotermómetro Na-K-Ca.

El sistema hidrotermal de toda el área (PANICHI et al., 1975) comprende tanto la zona termal sometida a explotación de agua caliente de Abano, Montegrotto y Battaglia, como las manifestaciones termales (T > 20° C) del área circundante y en especial la zona situada al Oeste-Noroeste hasta Barbarano-Vicentino, donde se ponen de manifiesto la existencia de dos aguas de circulación profunda con características químicas diferentes (figuras 4 y 5). Estas manifestaciones aún teniendo prácticamente composiciones isotópicas similares, indicativo de su procedencia de áreas de recarga con altimetrías similares, afectan a dos reservorios diferentes que pueden individualizarse respectivamente en la potente serie carbonática subyacente a los materiales volcánicos cuaternarios, y en la parte más baja de la serie calcárea con el techo del basamento metamórfico.

El primer acuífero está condicionado a una circulación relativamente poco profunda de agua procedente de áreas de recarga prealpina-alpina con enriquecimiento relativo de iones sulfato respecto a iones cloruro y bicarbonático, dando lugar a un sistema hidrotermal poco importante en las zonas de

Colli Berici. El segundo reservorio da lugar a una circulación de agua más profunda, que pudiendo tener origen de recarga similar al anterior se enriquece de iones cloruro respecto a los iones sulfato y bicarbonato, como consecuencia de las diferencias litológicas de los terrenos atravesados, emergiendo en la zona de Colli Euganei, dando lugar a las manifestaciones termales de Abano, Montegrotto y Battaglia, y una serie de surgencias localizadas al Sur y Suroeste de esta última localidad.

Las aguas de tipo sulfático originan toda una serie de manifestaciones (Berici y Euganei, grupo A), que son el resultado de mezclas en diferentes proporciones con el agua de circulación local, como se observa en las figuras 4 y 5. Un proceso similar tiene lugar con las aguas de tipo clorurado (Euganei, grupo B) pero que anteriormente a su mezcla con las aguas locales bicarbonatadas, entran en contacto en profundidad con aguas de tipo sulfático dando como resultado final una familia de aguas con características químicas e isotópicas intermedias.

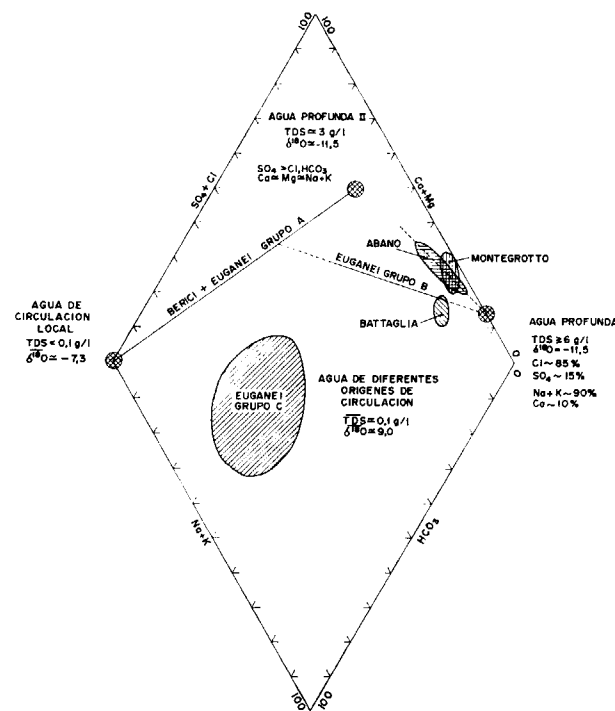


Figura 4

Diagrama de Piper conjunto de las manifestaciones y pozos termales de la zona Eugani-Berici, y características químicas e isotópicas de los diversos tipos de agua no afectados por procesos de mezcla. Las líneas rectas representan los fenómenos de mezcla.

El agua extraída de los pozos de explotación de las zonas termales presentan características químicas e isotópicas que excluyen la presencia de fenómenos de mezcla importantes con aguas superficiales, aún cuando las fuertes variaciones de salinidad observadas en la zona de Abano pudieran sugerir una interpretación de este tipo.

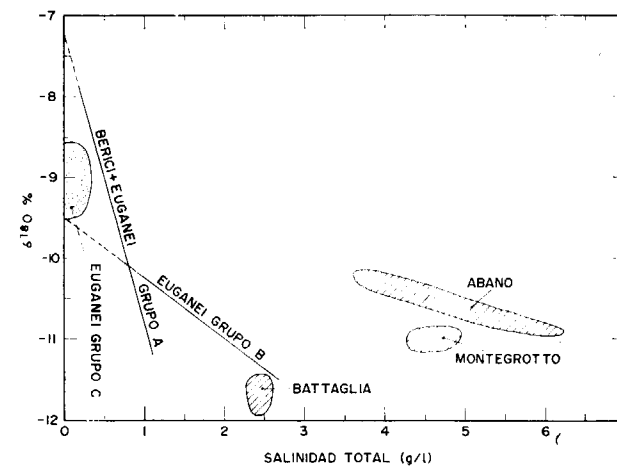


Figura 5

Relaciones entre ¹⁸O y salinidad total de las manifestaciones y pozos termales del área Euganeo-Berica.

Otro grupo de manifestaciones termales, individualizado en los diagramas como Euganei, grupo C, está presente en la zona, aún cuando su interés desde el punto de vista geotérmico es escaso, y es el resultado de una circulación muy superficial y limitada a la cobertura de materiales volcánicos cuaternarios que se extienden en toda el área.

En este complejo sistema hidrológico e hidrotermal, la aplicación del geotermómetro refleja con exactitud la situación real puesta en evidencia por el estudio geoquímico; desde el punto de vista térmico las dos circulaciones profundas resultan totalmente diferentes, las de tipo sulfático se caracteriza por valores máximos de temperatura del orden de 80° C, mientras que las de tipo clorurado presentan valores comprendidos entre 120-180° C, cuya diversidad de magnitudes está plenamente justificada por la diferencia de profundidad alcanzada por los dos tipos de agua en su circulación profunda.

La distribución espacial de los valores de temperaturas calculadas de todas las surgencias termales

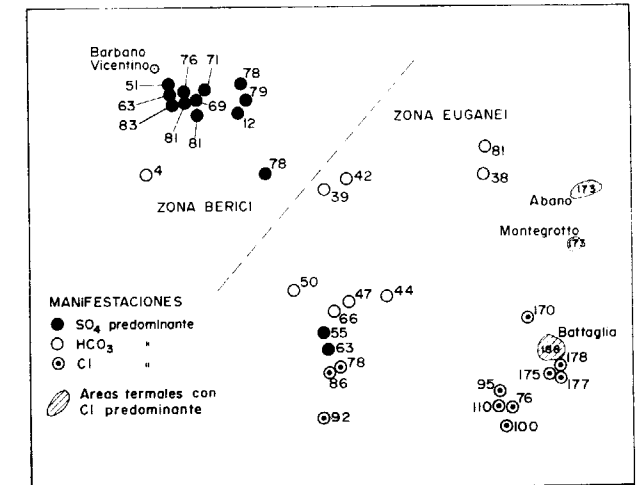


Figura 6

Distribución de las temperaturas calculadas con el geotermómetro Na-K-Ca en la región Colli Euganei y Berici. Los números subrayados representan los valores medios de las zonas termales.

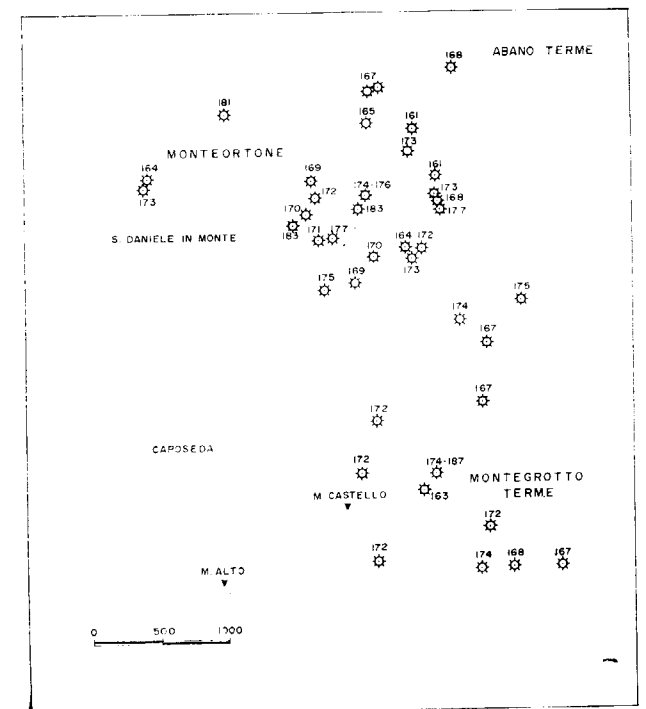


Figura 7

Distribución de temperaturas calculadas a partir del geotermómetro Na-K-Ca para la zona termal de Abano T. y Montegrotto T.

de la zona y los valores medios de los pozos termales (fig. 6) pone en evidencia que en los casos de mezcla entre los diferentes tipos de aguas, los valores de temperatura calculada varían entre los valores característicos de los dos componentes que originan la mezcla, este hecho se hace patente en las surgencias cloruradas que presentan valores semejantes a los de las aguas sulfáticas con las que entran en contacto en profundidad, por el contrario cuando los fenómenos de mezcla no existen o son de pequeña cuantía, las temperaturas calculadas son extremadamente homogéneas, como se observa en la figura 7 donde se presenta en detalle la zona de Abano y Montegrotto.

CONCLUSIONES

La utilización del geotermómetro Na-K-Ca en la fase preliminar de exploración geotérmica, se pone en evidencia como un método válido en la prospección a escala regional, aun cuando las temperaturas valoradas requieran siempre una verificación rigurosa, siendo necesario un conocimiento detallado de las características hidrológicas de cada cuenca. El significado y utilidad de los valores calculados están estrictamente condicionados a los siguientes factores: 1) Determinación química de los componentes mayores en solución, con el máximo grado de precisión sobre muestras de aguas termales y frías de la misma zona. 2) Realización de análisis isotópicos (^{18}O , D, T, ^{14}C) de los diferentes tipos de aguas para poner en evidencia eventuales fenómenos de mezclas. 3) Control de la existencia de equilibrio químico agua-roca silicatada mediante los diagramas de actividad iónica a la temperatura obtenida de los datos analíticos del Na-K-Ca. 4) Control de las condiciones de saturación respecto al sulfato y carbonato cálcico de la solución a la temperatura superficial y profunda. 5) Valoración de los valores de pH y P_{CO_2} en profundidad en las condiciones del último equilibrio alcanzado.

Los resultados obtenidos en este trabajo mediante la aplicación del geotermómetro químico dirigido a la delimitación de áreas geotérmicas extensas y al estudio de sistemas hidrotermales individuales, ponen de manifiesto que esta tecnología puede aportar resultados satisfactorios siempre que se cumplan las premisas establecidas y exista un control riguroso de las características hidrogeológicas del sistema en estudio.

BIBLIOGRAFIA

- BALDI, P.; FERRARA, G. C.; MASSELLI, L. y PIERETTI, G.: *Hydrogeochemistry of the Region between Monte Amiata and Rome*. "Geothermics", 2, 124-141 (1973).
- BALDI, P.; FERRARA, G. C., y PANICHI, C.: *Geothermal research in western Campania (Southern Italy): Chemical and isotopic studies of thermal fluids in the Campi Flegrei*. Proc. of 2nd U. N. "Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources". San Francisco, 19-20, May (1975) (in press).
- BIONDUCCI, P., y RATTU, A.: *Acque minerali della Sardegna*. "Nota 1.^a R. C. Semin. Fac. Sci Univ. Cagliari", suppl., 30, 40 pp. (1960).
- CAMELI, G. M.; PUXEDDU, M.; RENDINA, M.; ROSSI, A.; SQUARCI, P., y TAFFI, L.: *Geothermal research in western Campania (Southern Italy): Geological and geophysical results*. Proc. of 2nd U. N. "Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources". San Francisco, 19-29 May (1975) (in press).
- DALL'AGLIO, M.: *Geochemistry of stream and Ground waters from Western Sicily. The changes in spring water chemism after the 1968 Earthquake*. "Convegno Intern. sulle Acque sotterranee". Palermo, 6-8 Dicembre (1970).
- DALL'AGLIO, M., y TEDESCO, C.: *Studio geochimico ed idrogeologico delle sorgenti della Sicilia*. "Rev. Miner. Siciliana", 112-114, 171-210 (1968 a).
- DALL'AGLIO, M., y TEDESCO, C.: *Rilievo Idrogeochimico dell'area dei Monti Cimini*. "RT/GEO" (68) 9 (1968 b).
- ELLIS, A. J. y MAHON, W. A. J.: *Natural hydrothermal systems and experimental hot water/rock interactions*. "Geochim. Cosmoch. Acta", 28, 519 pp. (1967).
- ELLIS, A. J.: *Quantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems*. "Geothermics", Spec. Iss, 2, v. 2, pt. 1, 516-528 (1970).
- FANCELLI, R., y NUTI, S.: *Locating interesting geothermal areas in the Tuscany region by geochemical and isotopic methods*. "Geothermics", v. 3, n. 4, 146-152 (1974).
- FANCELLI, R., y NUTI, S.: *Studio sulle acque termali e minerali delle parte orientale delle provincie di Siena*. "Boll. Soc. Geol.", (1975).
- FANELLI, M.: *Acque calde Italiane. Inst. Intern. per le Ricerche Geotermiche*. Pisa (1972).
- FOURNIER, R. O., y TRUESDELL, A. H.: *Geochemical indicators of subsurface temperature. Part. 2. Estimation of temperature and fraction of hot water mixed with cold water*. "Jour. Research, U. S. Geol. Survey", 2, 263-270 (1974).
- MERCADO, S.: *High activity hydrothermal zones detected by Na/K, Cerro Prieto, México*. "Geothermics". Spec. Iss., 2, 1367-1376 (1970).
- PACES, T.: *A systematic deviation from Na-K-Ca geothermometer below 75° C and above 10⁻⁴ atm P_{CO₂}*. "Geochim. Cosmoch. Acta", 39, 541-544 (1974).
- PANICHI, C.; BARBIER, S., y TONGIORGI, E.: *Le acque termali di Pantelleria*. "V.º Congr. Inter. Ass. Ital. Tecnice idrotermale". Agnano Terme, 75-79 (1969).
- PANICHI, C.; FERRARA, G. C., y GONFIANTINI, R.: *Isotopic temperatures from CO₂-CH₄ and CO₂-H₂O systems in the Larderello geothermal field*. Proc. of IAEA Panel in "The application of nuclear techniques to geothermal studies". Pisa, 8-12 Sept. (1975) (en prensa).
- PANICHI, C.; TONGIORGI, E.; BALDI, P.; FERRARA, G. C.; GHEZZI, G., y MARCHETTI, P. P.: *Contributo allo studio del sistema idrotermale euganeo-berico* (1976) (en prensa).
- PUXEDDU, E.: *Le acque minerali della Sardegna* (Opera postuma a Cura di Anna Rattu). "R. C. Semin. Fac. Sci. Univ. Cagliari", 19, 15-107 (1951).
- TONANI, F.: *Geochemical methods of exploration for geothermal energy*. "Geothermics". Spec. Iss., 2, 492-515 (1970).

Recibido: diciembre 1976.

Sobre la presencia de paragonita y pirofilita en las filitas del Complejo Nevado-Filábride en la Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España).

Por M. T. GOMEZ-PUGNAIRE (*), F. P. SASSI (**) y D. VISONA (**)

RESUMEN

En el área de la Sierra de Baza, la paragonita y la pirofilita se encuentran coexistentes casi exclusivamente en un nivel de metapelitas que constituyen la parte más alta de la unidad tectónica más profunda de las que afloran en este área. La presencia de estos minerales está exclusivamente determinada por la composición global de las rocas, como demuestran los altos contenidos en Al_2O_3 .

El metamorfismo de estas rocas es de tipo Barroviano, facies de los esquistos verdes, y puede ser referido al segundo acontecimiento metamórfico alpino reconocido en el Complejo Nevado-Filábride.

La presencia de pirofilita y/o paragonita constituye un inconveniente para el análisis geobarométrico basado sobre el b_0 , inconveniente tanto más grave cuanto mayor es la presión del metamorfismo.

ABSTRACT

In the Sierra de Baza area pyrophyllite and/or paragonite occur mainly within a metapelitic layer, making up the uppermost part of the lowest tectonic unit. The appearance of these minerals is exclusively controlled by the rock bulk composition, as it is demonstrated by the relatively high Al contents.

The metamorphism of these rocks—Barrovian type, greenschist facies—is referable to the second alpine metamorphic event recognized in the Nevado-Filábride Complex.

The occurrence of pyrophyllite and/or paragonite hinders the geobarometric analysis based on the b_0 values, particularly when the metamorphic pressure is high.

1. INTRODUCCION

En el curso de las investigaciones encaminadas a caracterizar desde el punto de vista geobarométrico los terrenos metamórficos de la cobertera post-Pérmica del Complejo Nevado-Filábride (GOMEZ-PUGNAIRE et al., 1976), hemos detectado en algunas rocas de la Sierra de Baza la presencia de pirofilita y/o paragonita. Estos dos minerales no habían sido identificados anteriormente en estas rocas. Como ellos dificultan el análisis geobarométrico por una parte, y por otra tienen determinadas implicaciones petrológicas, hemos considerado útil profundizar las indagaciones según los siguientes puntos específicos:

(*) Departamento de Geotectónica de la Universidad de Granada. Departamento de Investigaciones Geológicas de Granada (C.S.G.C.).

(**) "Istituto di Mineralogia e Petrologia". Universidad de Padova (Italia).

1) Precisar, en la Sierra de Baza, la distribución de estos minerales en las rocas más jóvenes de la cobertera post-pérmica.

2) Aclarar el significado petrológico de la presencia de estos minerales en estas rocas.

3) Verificar hasta qué punto la presencia de estos minerales estorba el análisis geobarométrico basado en el b_0 de las micas incoloras potásicas (SASSI, 1972; SASSI y SCOLARI, 1974; GUIDOTTI y SASSI, 1976).

2. ENCUADRE GEOLOGICO

Las filitas en las cuales se han encontrado pirofilita y/o paragonita constituyen un nivel discontinuo en la parte más alta de la unidad tectónica más profunda de las que afloran en el área de

Charches (Sierra de Baza). Esta unidad puede corresponder a la "Unidad de la Caldera" definida por PUGA (1971) y probablemente a la "Unidad de Nevado-Lubrín" descrita por NIJHUIS (1964).

En el área tomada en consideración, este nivel

tiene una potencia que no supera los cinco metros y, en muchos puntos, está asociado a los denominados "mármoles conglomeráticos" (DÍAZ DE FEDERICO y PUGA, 1974). El muro está constituido por una serie unánimemente considerada de edad permo-

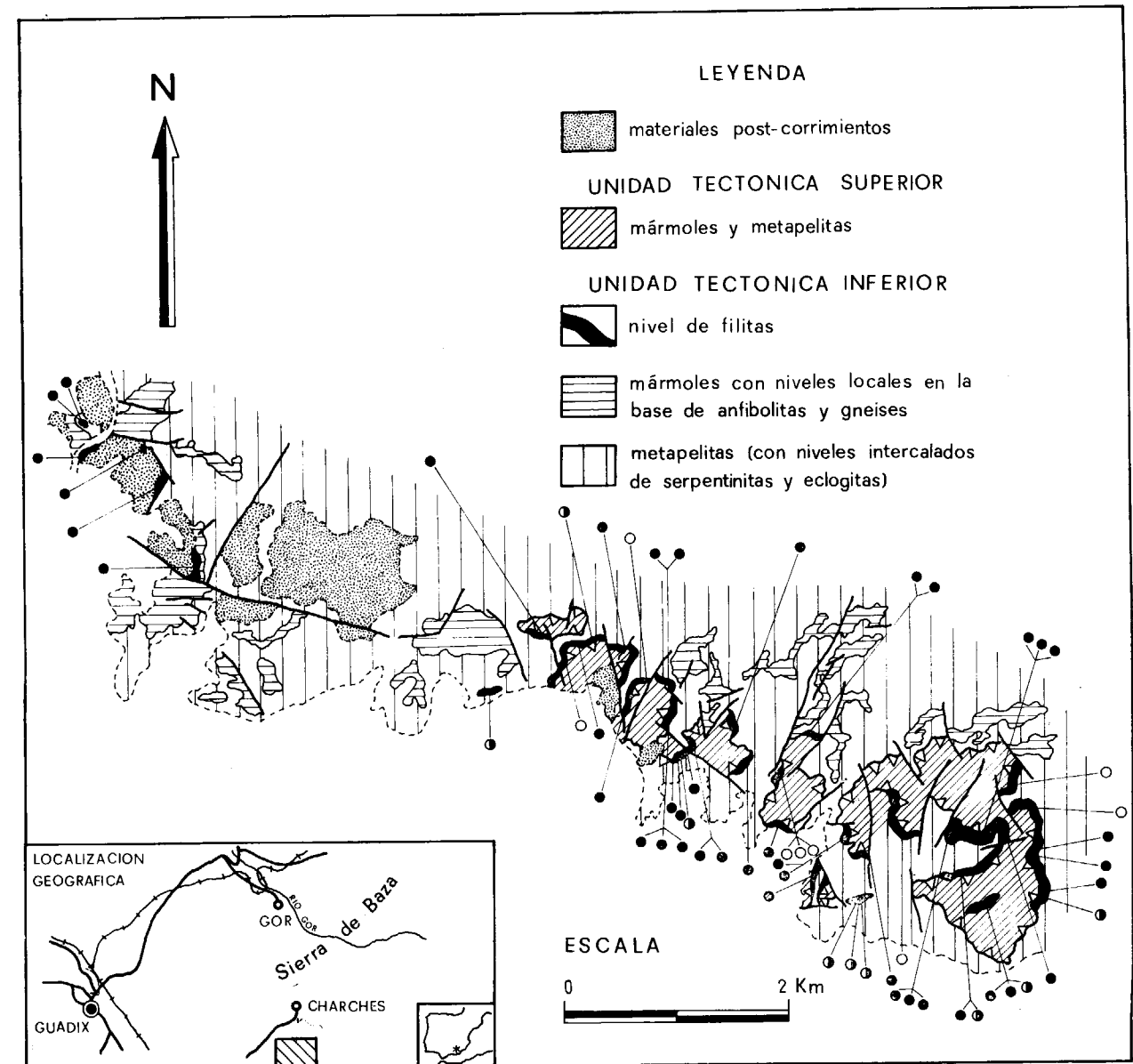


Figura 1

Esquema geológico del área al S de Charches, con la localización de las muestras estudiadas y la naturaleza de los filosilicatos incoloros:

- muestras con moscovita + paragonita + pirofilita (71,2 %).
- muestras con moscovita sola (13,6 %).
- ◐ muestras con moscovita + paragonita (15,2 %).

triásica (ver entre otros NIJHUIS, 1964 y PUGA, 1971), que comprende mármoles, micasquistos, anfíbolitas, eclogitas, serpentinitas y gneises bandeados, cuyos contactos son presumiblemente primarios, al menos localmente, y que tienen esquistosidad sustancialmente concordante. El término más alto de la secuencia estratigráfica de esta unidad tectónica es asimismo el techo del nivel estudiado; está representado por probables orto-anfíbolitas, que aparecen sólo localmente con un espesor máximo de 30 cm. Esta unidad aflora en el núcleo de un antiforme, que es la estructura más visible en la región. En los márgenes de esta estructura, sobre todo al S del pueblo de Charches, aflora la unidad tectónica superior que puede ser correlacionada con la "Unidad de las Sabinas" definida por PUGA (1971).

Rocas semejantes, y versosímilmente correlacionables con las que son objeto de este trabajo, afloran fuera de la Sierra de Baza. Ellas forman parte de una formación que ha sido globalmente interpretada como tuftica por PUGA (1971) y PUGA y DÍAZ DE FEDERICO (1977), o bien han sido mencionadas con el término puramente descriptivo, pero suficientemente caracterizante, de "micasquistos de grano fino" por GÓMEZ-PUGNAIRE (1976).

3. DISTRIBUCION DE LA PIROFILITA Y DE LA PARAGONITA

La distribución de la pirofilita y de la paragonita ha sido estudiada en 59 muestras provenientes principalmente de la parte meridional del área. La localización de las muestras y la naturaleza de los filosilicatos incoloros en ellas presentes están indicados en la figura 1.

La identificación de estos filosilicatos ha sido hecha mediante difracción de Rayos X sobre polvo, utilizando las reflexiones basales.

Como se ve en la figura 1, la paragonita y la moscovita coexisten en la casi totalidad de las muestras (86 por 100, aproximadamente), mientras que en un 71 por 100 de ellas a estos dos filosilicatos se añade además la pirofilita.

La figura 1 muestra además que, en el ámbito del área tomada en consideración, no existe ninguna localización estratigráfica o estructural preferencial de las muestras con pirofilita, paragonita y moscovita coexistentes.

El cuadro global que se deduce de los datos obtenidos indica que la paragonita y pirofilita son minerales comunes en estas rocas, y su coexistencia es casi exclusiva de este nivel.

4. CONSIDERACIONES PETROLOGICAS

El significado de la presencia de moscovita+paragonita y de moscovita+paragonita+pirofilita en estas rocas está estudiado tanto desde el punto de vista de la estabilidad de las relativas paragénesis como de la composición global del sistema.

4a) Por lo que se refiere al primer aspecto del problema, no se puede decir que entre las rocas que contienen dos o tres filosilicatos incoloros y aquellas con sólo moscovita existan diferencias en el grado metamórfico. De hecho, en el ámbito del mismo nivel, nada indica una significativa variación en sentido vertical u horizontal del grado metamórfico, como por otra parte era de esperar debido el exiguo espesor de las filitas y al hecho de que la local ausencia de pirofilita y/o paragonita no coincide con la aparición de algunos de los polimorfos del Al_2SiO_5 .

4b) Con el fin de verificar la relación entre la composición del sistema y la aparición de pirofilita y/o paragonita, han sido efectuados los análisis químicos de nueve muestras. De ellas, la mayor parte contienen moscovita+paragonita+pirofilita, mientras que sólo en algunas la pirofilita y/o paragonita no han sido identificadas con el método difractométrico utilizado. Los resultados analíticos se muestran en la tabla 1.

Los puntos representativos de las rocas analizadas han sido proyectados en el diagrama AKNa de THOMPSON (1957, 1961), relativo a la compatibilidad entre minerales de los esquistos pelíticos en la facies de los esquistos verdes (fig. 2). Dichos puntos se sitúan por encima de la línea de unión

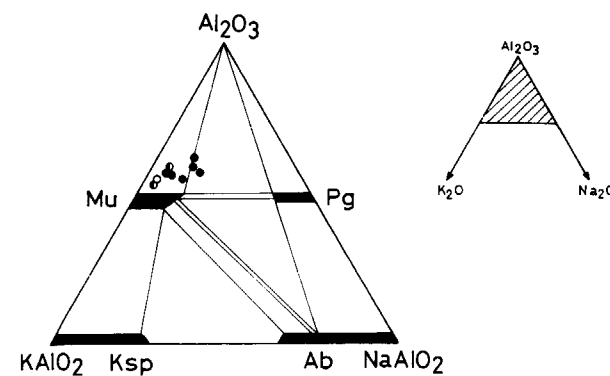


Figura 2

Posición de los puntos representativos de las muestras analizadas en el diagrama AKNa. Los símbolos significan lo mismo que en la figura 1.

TABLA 1

Análisis químicos de algunas muestras de filitas.

| | CH-73 | CH-87 | U-4 | CH-48 | N-2 | CH-28 | CH-80 | T-1 | CH-37 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 65,68 | 64,30 | 66,25 | 62,48 | 56,83 | 47,62 | 53,54 | 53,64 | 56,13 |
| TiO ₂ | 0,95 | 0,87 | 1,02 | 0,99 | 1,03 | 1,33 | 0,93 | 0,95 | 0,98 |
| Al ₂ O ₃ | 16,20 | 16,98 | 18,65 | 18,86 | 20,77 | 26,48 | 22,87 | 23,52 | 21,64 |
| Fe ₂ O ₃ | 4,78 | 2,98 | 2,10 | 5,27 | 6,01 | 7,53 | 7,05 | 6,45 | 5,12 |
| FeO | 1,34 | 2,60 | 1,46 | 1,52 | 1,68 | 1,72 | 1,59 | 1,77 | 2,51 |
| MnO | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| MgO | 2,19 | 3,31 | 0,61 | 1,38 | 2,56 | 2,44 | 3,07 | 1,84 | 2,81 |
| CaO | 0,27 | 0,22 | 0,12 | 0,13 | 0,46 | 0,29 | 0,26 | 0,30 | 0,23 |
| Na ₂ O | 0,41 | 0,56 | 0,43 | 0,71 | 1,89 | 1,99 | 1,61 | 1,55 | 0,83 |
| K ₂ O | 4,24 | 3,86 | 5,26 | 4,62 | 3,76 | 5,04 | 4,19 | 5,14 | 5,08 |
| P ₂ O ₅ | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,12 | 0,18 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,15 |
| H ₂ O ⁺ | 3,32 | 3,71 | 3,21 | 3,41 | 4,53 | 4,58 | 4,29 | 4,09 | 4,04 |
| TOTAL | 99,54 | 99,52 | 99,24 | 99,50 | 99,76 | 99,24 | 99,61 | 99,43 | 99,54 |
| al | 45,5 | 44,3 | 58,9 | 50,1 | 45,8 | 49,0 | 46,1 | 49,5 | 46,9 |
| fm | 38,3 | 41,4 | 20,1 | 32,9 | 36,5 | 33,8 | 38,4 | 32,4 | 37,3 |
| c | 1,4 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 1,8 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,9 |
| alc | 14,8 | 13,3 | 20,3 | 16,4 | 15,9 | 16,2 | 14,5 | 17,0 | 14,9 |

moscovita-paragonita, es decir, hacia el vertice A. Esto explica la presencia de pirofilita y/o paragonita y demuestra inequívocamente que ésta es debida a la composición química global de las rocas.

Las excepciones respecto a este comportamiento, excepciones debidas principalmente a la falta de pirofilita en tres muestras, pueden ser explicadas del modo siguiente:

a) En algunas muestras, a pesar de que se sitúan en el campo a tres fases moscovita-paragonita-pirofilita del sistema $Al_2O_3-K_2O-Na_2O-SiO_2-H_2O$, no existe pirofilita. Esta falta puede ser sólo aparente, por encontrarse este mineral en cantidad inferior al límite de detección de las condiciones analíticas con las que se ha operado.

b) Por otra parte, en algunos casos, pueden existir diferencias ligeras entre la composición global de las muestras objeto de los análisis químicos, con respecto a las estudiadas por difracción de Rayos X. Basta una variación pequeña para que se pase de uno a otro lado de la línea de unión moscovita-paragonita.

Estas dos explicaciones no son alternativas, y ambas implican composiciones químicas globales próximas a la línea de unión moscovita-paragonita, es decir, composición química global rica, pero no demasiado, en Al_2O_3 . La posición de los puntos singulares en el triángulo AKNa sostiene la plausibilidad de ambas interpretaciones.

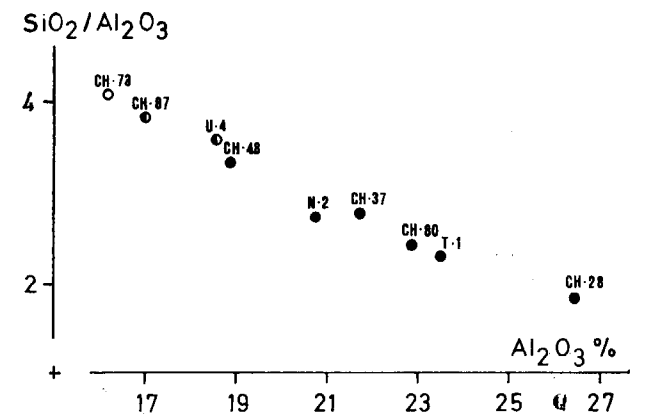
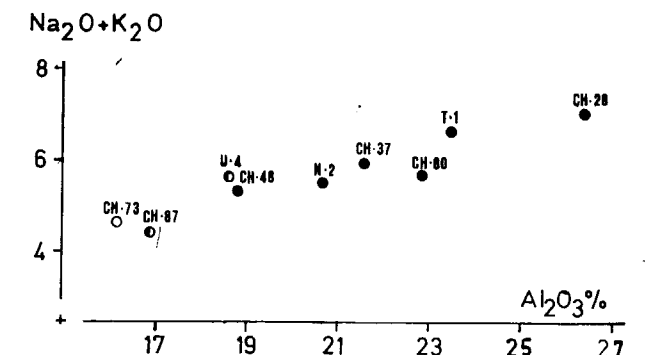


Figura 3

Relación entre algunos contenidos químicos y la naturaleza de los filosilicatos incoloros presentes. Los símbolos son los mismos de la figura 1.

La estrecha relación entre la aparición de pirofilita y/o paragonita y la variación de determinados componentes químicos de las rocas, es evidente también en la figura 3, al tiempo que aumentan álcalis y alúmina y disminuye la relación SiO₂/Al₂O₃, aparece primero la paragonita sola (muestras CH.87 y U.4) y después también la pirofilita.

Concluimos, por todo lo anteriormente expuesto, que las consideraciones petrológicas hechas en el punto 4a, y las petroquímicas hechas en el punto 4b, demuestran que la presencia de pirofilita y/o paragonita en nuestras rocas está enteramente controlada por las variables de tipo composicional. En este punto, el problema no es ya el de comprender la causa de la aparición de estos filosilicatos, sino el de aclarar el significado de estos contenidos relativamente altos en alúmina; en otras palabras, de deducir la naturaleza pre-metamórfica de estas rocas.

Con tal fin, sus composiciones químicas han sido comparadas con las de rocas de diferente naturaleza, como se muestra en la tabla 2 y en la figura 4, lo que permite las siguientes deducciones:

- no se trata de rocas ígneas puras.
- Sus composiciones entran perfectamente en el campo de las rocas sedimentarias, y en particular en las de composición arcillosa.

TABLA 2

Comparación entre los contenidos químicos medios de sedimentos arcillosos de diversos tipos (datos tomados de Wedepohl, 1969) y los de las filitas analizadas en este trabajo.

| | Shales geosincl. (227) | Shales plas. (6.800) | Pelagic. clays | Filitas (9) |
|---------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------|-------------|
| SiO ₂ | 58,9 | 50,7 | 54,9 | 58,5 |
| TiO ₂ | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 1,00 |
| Al ₂ O ₃ | 16,7 | 15,1 | 16,6 | 20,7 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,8 | 4,4 | — | 5,2 |
| FeO | 3,7 | 2,1 | 7,7 | 1,7 |
| MnO | 0,09 | 0,08 | 2,0 | 0,02 |
| MgO | 2,6 | 3,3 | 3,4 | 2,2 |
| CaO | 2,2 | 7,2 | 0,72 | 0,25 |
| Na ₂ O | 1,6 | 0,8 | 1,3 | 1,1 |
| K ₂ O | 3,6 | 3,5 | 2,7 | 4,6 |
| P ₂ O ₅ | 0,16 | 0,10 | 0,72 | 0,15 |
| H ₂ O ⁺ | 5,0 | 5,0 | 9,2 | 3,5 |

— En el intento de reconocer por los minerales presentes un aporte volcánico, se debe excluir una relación genética con vulcanitas básicas. Los únicos

minerales encuadrables en un contexto vulcanogénico podrían ser el rutilo, la turmalina y la mena metálica; aunque su presencia no es suficiente como para admitir una naturaleza tufítica para estas rocas.

La conclusión más probable es que las filitas Nevado-Filábrides de la Sierra de Baza son fundamentalmente de origen sedimentario.

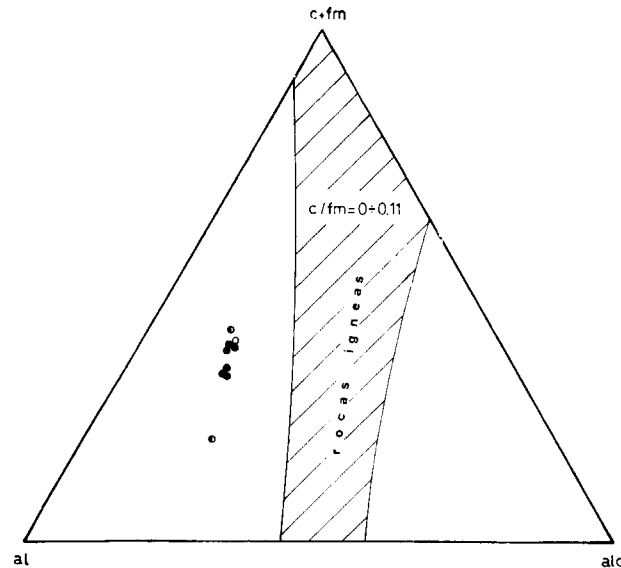


Figura 4

Las rocas analizadas caen en el campo de las rocas sedimentarias en el tetraedro al-alc-c+fm. Los símbolos son los mismos de la figura 1.

5. CONSIDERACIONES SOBRE EL ANALISIS GEOBAROMETRICO EN PRESENCIA DE PIROFILITA Y/O PARAGONITA

Veintiocho muestras con pirofilita y/o paragonita han sido analizadas por difracción de Rayos X para la medida del período lateral b₀ de la moscovita (tabla 3). La figura 5 muestra la comparación entre los valores analíticos obtenidos con los de rocas sin paragonita ni pirofilita, pertenecientes a los esquistos pelíticos del mismo grado metamórfico, atribuidos al Permo-Trías de la misma región (GÓMEZ-PUGNAIRE et al., 1977).

Resulta evidente que la coexistencia de la moscovita con estos dos minerales impone una disminución del contenido en celadonita a la misma moscovita, a igualdad de otras condiciones. Este

TABLA 3

Valores del b₀ de las moscovitas coexistentes con pirofilita y/o paragonita (n=número de muestras; x=valor medio; s=desviación standard).

| | | | |
|-----------------|-------|----------------|-------|
| CH. 28' | 9,001 | C. 177A | 8,994 |
| CH. 37 | 9,004 | C. 182 | 8,987 |
| CH. 40A | 8,996 | C. 185 | 8,995 |
| CH. 48 | 9,007 | C. 185A | 8,992 |
| CH. 64'' | 8,994 | C. 186 | 8,988 |
| CH. 73 | 9,004 | C. 187 | 8,987 |
| CH. 80 | 8,996 | C. 188 | 8,994 |
| CH. 94R | 9,005 | C. 191 | 8,995 |
| C. 79 | 9,000 | C. 192 | 9,001 |
| C. 119A | 8,997 | C. 203 | 8,991 |
| C. 124 | 8,995 | C. 204 | 8,994 |
| C. 146 | 9,005 | C. 208 | 8,995 |
| C. 160B | 9,000 | C. 209 | 8,999 |
| C. 160C | 8,997 | C. 212 | 8,987 |

n=28 x=8.996 s=0,006

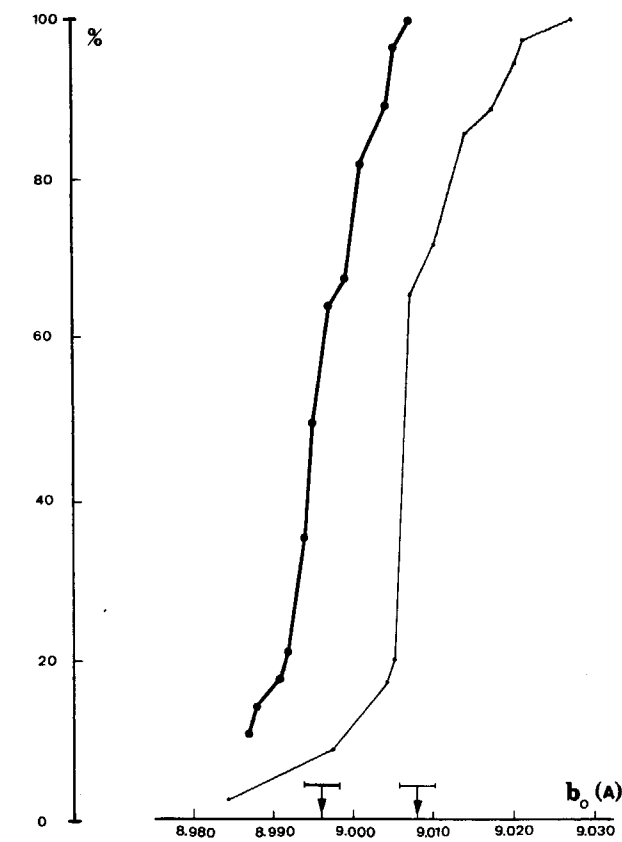


Figura 5

Los b₀ de las moscovitas coexistentes con la pirofilita y/o paragonita (curva de frecuencia en trazo grueso) resultan significativamente más bajos que los de moscovitas no coexistentes con otros filosilicatos incoloros en rocas del mismo grado metamórfico y de la misma región (curva de frecuencia en trazo fino; datos tomados de Gómez-Pugnaire, et al., 1976; grupo 1A). Las flechas apuntando a las abscisas indican los respectivos valores medios; los trazos horizontales indican el intervalo de confianza (1,96s/√n).

resultado estaba teóricamente previsto por SASSI (1972), SASSI y SCOLARI (1974) y GUIDOTTI y SASSI (1976), y ha sido confirmado también con los datos de micas incoloras naturales obtenidos en otras regiones (BOSSIÈRE et al., in prep.).

Se concluye, por tanto, que la presencia de pirofilita y/o paragonita, representa un grave inconveniente para el análisis geobarométrico basado en el b₀ de las micas incoloras potásicas, inconveniente que, obviamente, es tanto más serio cuanto mayor es la presión del metamorfismo que ha efectuado a las rocas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al profesor J. M. Fontboté, a la doctora E. Puga y al profesor R. Torres-Roldán por la lectura crítica del manuscrito. Agradecemos igualmente la cesión de algunas muestras y la colaboración prestada en el campo del profesor J. Torres-Ruiz. Este trabajo ha sido posible gracias a la contribución financiera del CNR italiano (CT 77.0140.05).

BIBLIOGRAFIA

- BOSSIÈRE, G.; MENEGAZZO-VITTORI, L. y SASSI, F. B.: *Contribution à la connaissance des métamorphismes anteherciniens dans le massif de Grande Kabylie (Algérie)* (en prep.).
- DÍAZ DE FEDERICO, A., y PUGA, E.: *Nuevas observaciones sobre la formación de mármoles conglomeráticos de la zona Bética (Cordilleras Béticas, España)*. "Tecniterrae", 1, 17-24 (1974).
- GÓMEZ-PUGNAIRE, M. T.; PUGA, E., y SASSI, F. P.: *New data on the alpine metamorphic history in the Nevado-Filábride Complex in the Sierra de Baza area (Betic Cordilleres, Spain)*. "Miner. Petrogr. Acta.", v. 21, 1-13 (1977).
- GÓMEZ-PUGNAIRE, M. T.: *El Conjunto Nevado-Filábride en el sector de La Calahorra (SE de Guadix)*. "Cuadernos de Geología" (1976) (en prensa).
- GUIDOTTI, C. V., y SASSI, F. P.: *Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists*. "N. Jb. Miner. Abh.", 127, 92-142 (1976).

- MARTÍN-RAMOS, D.: *Las micas de las Cordilleras Béticas. Zonas Internas*. Tesis. Univ. de Granada, 300 (1977).
- NIJHUIS, H. J.: *Plurifacil alpine metamorphism in the southeastern Sierra de los Filabres, South of Lubrín. SE Spain*, Tesis Univ. Amsterdam, 151 (1964).
- PUGA, E.: *Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada Occidental (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis Univ. Granada, 667 (1971).
- PUGA, E., y DÍAZ DE FEDERICO, A.: *Metaforfismo polifásico y deformaciones alpinas en el Complejo de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)*. "Implicaciones geodinámicas. Cuad. Geol." 7 (1977) (en prensa).
- SASSI, F. P.: *The petrologic and geologic significance of the b_0 value of potassic white micas in low-grade metamorphic rocks. An application to the Eastern Alps*. "Tschermaks Min. Petr. Mitt", 18, 105-113 (1972).
- SASSI, F. P., y SCOLARI, A.: *The b_0 value of the potassic white micas as a barometric indicator in low-grade metamorphism of pelitic schists*. "Contr. Miner. Petr.", 45, 143-152 (1974).
- SASSI, F. P.; KRÄUTNER, H. G., y ZIRPOLI, G.: *Recognition of the pressure character in greenschist facies metamorphism*. "Schweiz. Min. Petrogr. Mitt.", 56, 427-434 (1976).
- THOMPSON, J. B. JR.: *The graphical analysis of mineral assemblages in pelitic schists*. "Amer. Min.", 42, 842-858 (1957).
- THOMPSON, J. B. JR.: *Mineral facies in pelitic schists*. In: G. A. SOKOLOV (ed.), *Physico-chemical problems in the formation of rocks and mineral deposits*. "Akad. Nauk. SSSR.", 315-325 (1961).
- WEDEFOHL, K. H.: *Handbook of Geochemistry*. "Springer", 442 (1969).

Recibido: Enero 1978.

El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico Español (Sistema Central-Toledo)

Por A. APARICIO YAGÜE (*) y E. GALAN HUERTOS (**)

RESUMEN

Las características mineralógicas y químicas de las series de bajo grado metamórfico de las zonas centrales del Macizo Hespérico Español son expuestas en relación con su posición estratigráfica (Ordovícico-Cámbrico Inferior). Los resultados encontrados en la composición del par clorita-moscovita y del quimismo global de cada serie permite establecer ciertas diferencias. Teniendo en cuenta estos datos se puede establecer una evolución diferente, a la hasta ahora conocida, para el metamorfismo de este sector central.

ABSTRACT

The mineralogical and chemical features in the low grade metamorphic series (Ordovician, Lower Cambrian) at the Central area of the Spanish Hesperian Massif are studied as well as their metamorphic-stratigraphic relations. The variation in the chlorite-muscovite composition and chemical composition allow weakly to discern between both series.

The chemism of each series and the different types of chlorites and micas lead to stablish some differences into them which interpretation give us a new metamorphic evolution in this area.

INTRODUCCION

Las características metamórficas generales del sector central del Macizo Hespérico han sido ampliamente analizadas por FUSTER et. al. (1974) y LÓPEZ RUIZ et. al. (1975). Sin embargo, la dificultad del estudio de las paragénesis de bajo grado metamórfico limitó las conclusiones de estos trabajos a los niveles metamórficos de grado medio y alto.

Las zonas de metamorfismo de bajo grado en las áreas centrales de la Península (Sistema Central y Plataforma Toledada) corresponden a dos series estratigráficas bien definidas. Una de ellas, la superior, incluye principalmente pizarras del Ordovícico Inferior y la inferior está constituida por meta-cuarzitas y pizarras con una edad Cámbrica.

La distribución esquemática de estas dos series de bajo grado metamórfico está representada en la figu-

ra 1. La Serie Superior ocupa el sector oriental del Sistema Central (Sierra de Ayllón) y una extensa franja de dirección E-O en la Plataforma Toledana. En ambos casos esta serie ocupa las zonas centrales de dos estructuras sinclinales (SCHAFER, 1969; APARICIO, 1971).

Los afloramientos de la serie inferior (Cámbrico Inferior) se encuentran más repartidos y aislados vieniendo a ocupar pequeños macizos y núcleos, siempre por debajo de las facies cuarcíticas típicas del Skidawiense. En Toledo, aparecen situados en los flancos de una extensa estructura anticlinal (APARICIO 1971) ampliamente destruida por intrusiones graníticas. Característico de esta serie inferior es su clara relación con las facies plutónicas existentes en las zonas centrales del Macizo Hespérico. En esta misma serie, los materiales fundamentales son piza-

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica, C. S. I. C. Madrid.

(**) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Badajoz.

TABLA I

Paragénesis metamórficas de las muestras analizadas

| Muestra | Cuarzo | Clorita | Moscovita | Biotita | Albita | Feldspato potásicos | Opacos |
|---------|--------|---------|-----------|---------|--------|---------------------|--------|
| 1 | 20 | 28 | 41 | — | 8 | — | 1 |
| 2 | 38 | 10 | 41 | — | 8 | — | 1 |
| 3 | 33 | 10 | 44 | — | 11 | — | 1 |
| 5 | 24 | 21 | 45 | 1 | 7 | — | 2 |
| 6 | 20 | 25 | 45 | — | 10 | Ind. | 1 |
| 7 | 40 | 25 | 33 | — | 2 | — | — |
| 8 | 48 | 13 | 38 | — | 2 | Ind. | 1 |
| 9 | 39 | 15 | 35 | — | 10 | — | 1 |
| 10 | 33 | 22 | 35 | — | 7 | — | 2 |
| 11 | 37 | 20 | 28 | Ind. | 13 | — | 2 |
| 12 | 38 | 20 | 29 | — | 10 | — | 3 |
| 13 | 30 | 5 | 59 | — | 6 | — | 1 |
| 14 | 20 | 5 | 64 | — | 10 | — | 1 |
| 15 | 30 | 31 | 33 | — | 5 | — | 1 |
| 16 | 33 | 24 | 38 | — | 5 | Ind. | 1 |
| 17 | 34 | 20 | 35 | — | 10 | — | 1 |
| 18 | 55 | Ind. | 35 | 2 | 7 | 1 | 1 |
| 19 | 45 | Ind. | 44 | 1 | 10 | — | 1 |
| 20 | 28 | 25 | 35 | — | 11 | — | — |

TABLA II

Fórmulas cristaloquímicas de las cloritas asociadas a las paragénesis

| Muestra | Si | Al ^{IV} | Al ^{VIII} | Fe | Mg | |
|---------|------|------------------|--------------------|------|------|---------------|
| 1 | 3,00 | 1,00 | 0,97 | — | 5,07 | Clinocloro |
| 3 | 3,00 | 1,00 | 0,97 | 0,72 | 4,31 | Clinocloro |
| 5 | 2,50 | 1,50 | 1,40 | 0,35 | 4,25 | Corundofilita |
| 6 | 2,15 | 1,85 | 1,75 | 0,42 | 3,83 | Corundofilita |
| 7 | 2,02 | 1,98 | 1,92 | — | 4,08 | Corundofilita |
| 8 | 2,15 | 1,85 | 1,75 | — | 4,25 | Corundofilita |
| 9 | 3,00 | 1,00 | 0,97 | 0,25 | 4,78 | Clinocloro |
| 10 | 2,15 | 1,85 | 1,75 | — | 4,25 | Corundofilita |
| 11 | 2,15 | 1,85 | 1,75 | 0,35 | 3,90 | Corundofilita |
| 12 | 2,50 | 1,50 | 1,40 | — | 4,60 | Corundofilita |
| 13 | 3,26 | 0,74 | 0,56 | 0,55 | 4,89 | Pennina |
| 14 | 3,43 | 0,57 | 0,41 | — | 5,59 | Pennina |
| 15 | 2,48 | 1,52 | 1,43 | 0,50 | 4,07 | Corundofilita |
| 16 | 2,15 | 1,85 | 1,75 | 0,95 | 2,70 | Corundofilita |
| 17 | 2,63 | 1,37 | 1,25 | 1,20 | 4,55 | Ripidolita |
| 18 | — | — | — | — | — | — |
| 19 | — | — | — | — | — | — |
| 20 | 3,00 | 1,00 | 0,97 | 0,15 | 4,88 | Clinocloro |

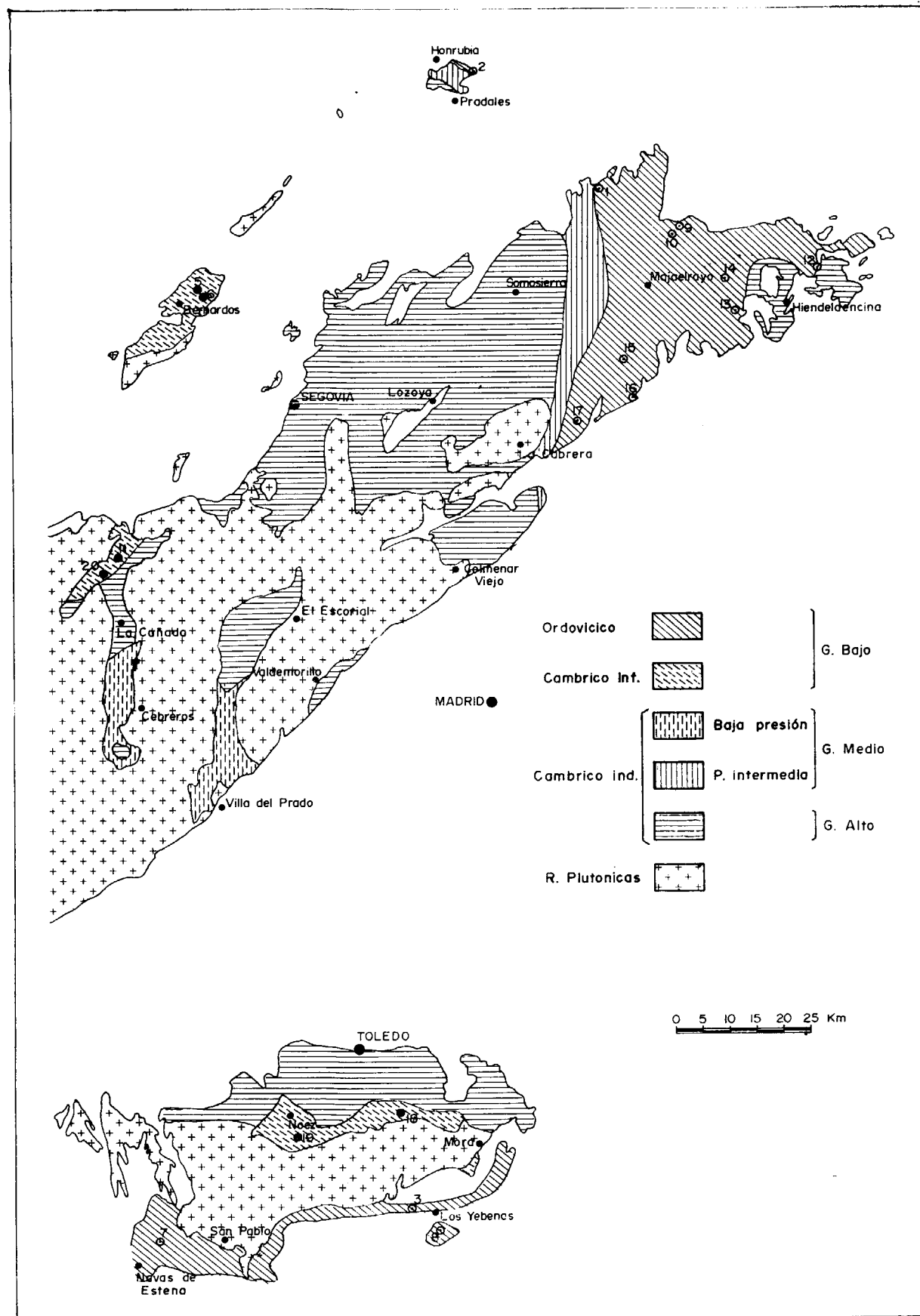


Figura 1

Mapa esquemático con la distribución de las áreas metamórficas y localización de las muestras analizadas del sector central del Macizo Hespérico Español.

rras de color verde con intercalaciones frecuentes de rocas carbonatadas de escasa potencia. La serie superior está caracterizada por pizarras ampelíticas ricas en materia orgánica, en las que hay pequeñas intercalaciones de rocas de tipo cuarcítico-arenisco. Para el estudio del metamorfismo del Cámbrico Inferior se han seleccionado tres áreas (fig. 1) que corresponden, al núcleo de Bernardos (provincia de Segovia), macizo de Ojos Albos (provincia de Avila) y los afloramientos de la zona de Toledo. En la serie perteneciente al Ordovícico Inferior se han tomado muestras del sector oriental del Sistema Central, del pequeño afloramiento de Honrubia (provincia de Segovia), y de los extensos afloramientos existentes en la provincia de Toledo.

El estudio del quimismo y mineralogía de estas rocas se basa fundamentalmente en las determinaciones de los elementos mayores y menores y en el empleo de la difracción de Rayos X para establecer las paragénesis, y el análisis semicuantitativo (*), habiendo sido completado este estudio con el uso de técnicas microscópicas para un número más amplio de muestras. En total se han recogido y estudiado unas 150 muestras de las que se han seleccionado 19 para el análisis químico y mineralógico por difracción de Rayos X. De ellas, 13 corresponden a rocas pelíticas de la serie superior (números 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 y 17) y seis a la serie inferior (número 5, 6, 11, 18, 19, 20).

MINERALOGIA Y QUIMISMO

Las características paragenéticas de ambas series están reflejadas en la tabla I. La asociación Cuarzo + Moscovita + Clorita + Albita es la asociación típica en la serie superior, si bien alguna muestra (10) contiene indicios de pirofilita (<1 %). El feldespato potásico presente en alguna muestra es de procedencia detrítica.

Estos resultados indican que la única diferencia mineralógica importante entre ambas series estriba en la ausencia o presencia de biotita.

Teniendo en cuenta la escasa variabilidad paragenética entre las dos series epizonales, el estudio mineralógico se centró en aquellos minerales comunes a ambas series (Clorita, Moscovita) que pudieran reflejar diferencias en cuanto a su composición de acuerdo con la intensidad metamórfica, que aumen-

(* Para el análisis semicuantitativo por Rayos X se han seguido los resultados obtenidos por SCHULTZ (1964), POZZUOLI *et. al.* (1972) y GALÁN y MARTÍN VIVALDI (1973).

taría, dada su posición estratigráfica, al pasar del Ordovícico al Cámbrico Inferior tal como aparece ya reflejado por la presencia de biotita en las zonas bajas.

Las composiciones encontradas varían desde el término corundofilita, que es el más frecuente, hasta diabantita, junto con clinocloro y pennina-ripidolita, de acuerdo con la clasificación establecida por HEY (1954).

En la tabla II están recogidas las fórmulas cristaloquímicas y terminología para las diferentes muestras analizadas tomando como base la fórmula $(Si_{4-x} Al_x) O_{10} (OH)_2 (Mg_{6-x-y} Fe_y Al_x)$. La composición ha sido establecida a partir del análisis difractométrico mediante los métodos propuestos por BRINDLEY (1961) y PETRUK (1964) y teniendo en cuenta las observaciones de BAYLEY (1972). En general las cloritas de las dos series, no presentan grandes diferencias siendo escasamente significativo un ligero aumento en el contenido medio en Fe para los términos cloríticos de la serie del Cámbrico Inferior y por tanto algo más magnésicas para las series del Llandeilo.

A pesar de ello, y dentro de cada serie no es posible obtener una relación clara de aumento o disminución del par Fe-Mg según un orden creciente en la posición estratigráfica de las muestras analizadas.

El mismo fenómeno de falta de distribución lógica según el gradiente metamórfico se encuentra para los términos moscovíticos en donde los índices de cristalinidad de KUBLER (1966) (tabla III) determinado para ambas series epizonales son poco sig-

TABLA III

Índice de cristalinidad y grado de paragonitización de las moscovitas

| Muestra | Na/Na+K | Índice cristalinidad |
|---------|---------|----------------------|
| 2 | 0,29 | 1,9 |
| 5 | 0,10 | 1,8 |
| 6 | 0,29 | 1,6 |
| 7 | 0,10 | 3,0 |
| 8 | 0,31 | 1,9 |
| 9 | 0,10 | 2,0 |
| 11 | 0,20 | 1,8 |
| 12 | 0,22 | 2,6 |
| 15 | 0,30 | 1,8 |
| 16 | 0,11 | 2,5 |
| 17 | 0,22 | 2,0 |
| 20 | 0,29 | 1,2 |

nificativos presentando siempre valores inferiores a 3,5 que son los valores indicativos correspondientes a la entrada de la epizona según KUBLER (1968). Los valores más altos, se presentan relativamente más abundantes en la serie superior, como corresponde lógicamente a su posición estratigráfico-metamórfico más elevada que la serie del Cámbrico Inferior.

Esta característica y la relación Al/Fe+Mg en posiciones octaédricas de los minerales micáceos, queda reflejada en el diagrama de ESQUEVIN (1969) (fig. 2), en donde se observa que las tendencias de los minerales micáceos de las series epizonales son términos fengíticos y moscovíticos.

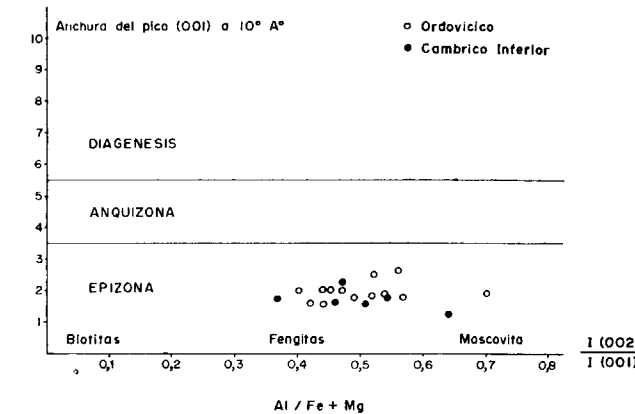


Figura 2

Diagrama de Esquevin (1969) con las relaciones: índices de cristalinidad, Al/Fe+Mg, para los minerales micáceos de las series estudiadas.

La determinación del grado de paragonitización de la moscovita, se ha realizado según el método descrito por EVANS y GUIDOTTI (1966), usando el espaciado de la reflexión (005) de la moscovita. En la tabla III se recogen también los valores encontrados de la relación Na/Na+K en las muestras analizadas, con un grado de paragonitización relativamente bajo para ambas series pero bastante uniforme no presentando variaciones importantes con el aumento de la intensidad metamórfica en el paso de la serie superior a la inferior.

Las características geoquímicas y composición de estas series están representadas en la tabla IV y figura 3 en donde se relacionan los diferentes óxidos analizados. En general no existen diferencias acusadas entre una y otra serie pero resultan significativas los mayores contenidos en SiO₂ y aun aumento algo más débil en MgO y CaO para la serie inferior cámbrica, en tanto que la existencia del

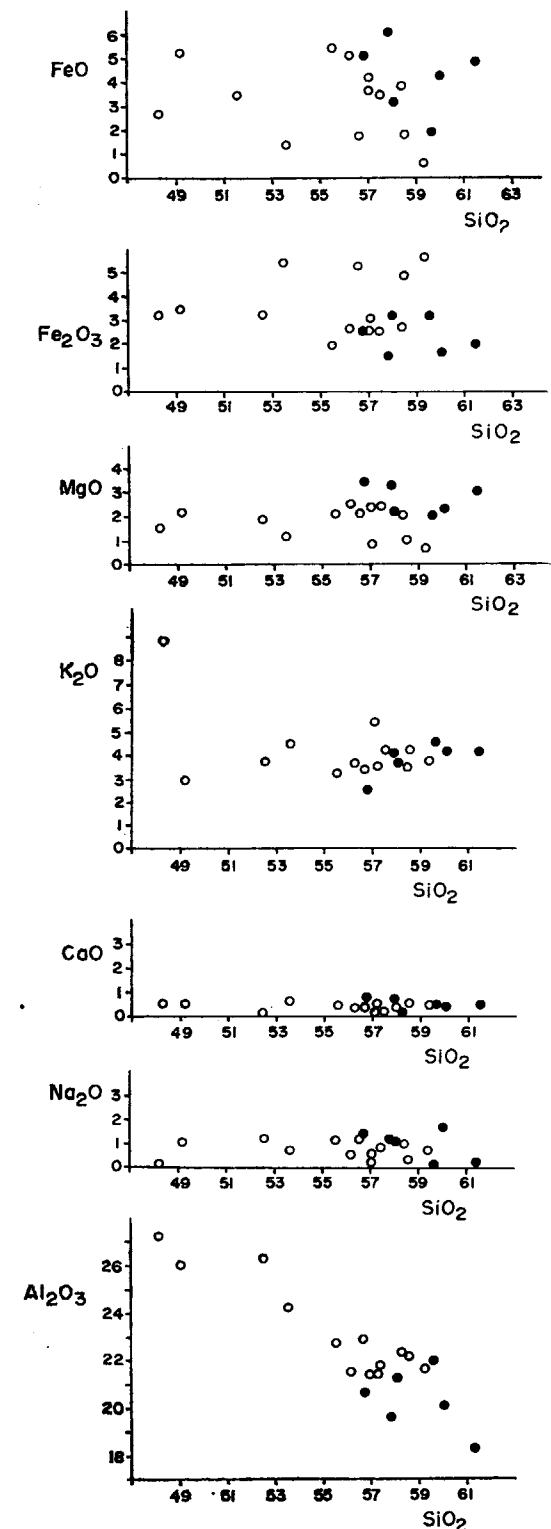


Figura 3

Diagramas binarios SiO₂-óxidos para las dos series analizadas

TABLA IV

Análisis químicos (elementos mayores, menores) de las muestras seleccionadas.

| Muestra | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 52,50 | 59,30 | 53,50 | 61,40 | 57,80 | 49,10 | 58,50 | 58,30 | 57,40 | 60,00 | 55,50 | 56,60 | 48,20 | 57,00 | 56,20 | 57,00 | 58,00 | 59,60 | 56,70 |
| Al ₂ O ₃ | 26,25 | 21,67 | 24,22 | 18,35 | 19,63 | 26,00 | 22,18 | 22,18 | 21,70 | 20,07 | 22,72 | 22,84 | 27,26 | 21,45 | 21,58 | 21,45 | 21,28 | 21,98 | 20,68 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,26 | 5,61 | 5,46 | 2,05 | 1,47 | 3,42 | 4,95 | 2,65 | 2,49 | 1,72 | 1,82 | 5,22 | 3,24 | 2,57 | 2,55 | 3,02 | 3,23 | 3,26 | 2,61 |
| FeO | 3,52 | 0,64 | 1,36 | 4,92 | 6,13 | 5,23 | 1,91 | 3,80 | 3,45 | 4,34 | 5,41 | 1,63 | 2,68 | 4,16 | 5,28 | 3,73 | 3,19 | 1,95 | 5,06 |
| MnO | 0,08 | 0,08 | 0,03 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,07 | 0,04 | 0,18 |
| MgO | 1,81 | 0,71 | 1,11 | 3,02 | 3,39 | 2,22 | 1,01 | 2,12 | 2,42 | 2,32 | 2,12 | 2,02 | 1,51 | 2,42 | 2,52 | 0,91 | 2,28 | 2,14 | 3,45 |
| CaO | 0,14 | 0,42 | 0,56 | 0,42 | 0,70 | 0,56 | 0,56 | 0,42 | 0,14 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,28 | 0,28 | 1,12 | 0,56 | 0,70 |
| Na ₂ O | 1,27 | 0,67 | 0,70 | 0,13 | 1,11 | 1,05 | 0,30 | 1,00 | 0,97 | 1,62 | 1,13 | 1,19 | 0,16 | 0,54 | 0,54 | 0,16 | 1,10 | 0,16 | 1,40 |
| K ₂ O | 3,77 | 3,71 | 4,41 | 4,02 | 4,07 | 2,96 | 4,14 | 3,44 | 4,12 | 4,05 | 3,20 | 3,30 | 8,62 | 3,42 | 3,56 | 5,35 | 3,64 | 4,44 | 2,46 |
| TiO ₂ | 1,34 | 1,23 | 1,17 | 0,98 | 0,99 | 1,34 | 1,12 | 1,00 | 1,11 | 0,91 | 1,03 | 1,13 | 1,34 | 0,99 | 0,99 | 1,11 | 0,71 | 0,72 | 0,88 |
| P ₂ O ₅ | 0,09 | 0,10 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,11 | 0,17 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,14 |
| C | 0,33 | 0,25 | 0,74 | — | — | 0,08 | — | — | 0,44 | — | 0,55 | — | 0,90 | 0,80 | 0,44 | 0,90 | — | — | — |
| H ₂ O | 5,58 | 5,47 | 6,34 | 4,08 | 4,22 | 7,51 | 5,21 | 4,95 | 5,29 | 4,17 | 5,26 | 5,39 | 4,84 | 5,56 | 5,40 | 5,46 | 5,21 | 4,61 | 5,32 |
| TOTAL | 99,94 | 99,86 | 99,73 | 99,61 | 99,69 | 99,72 | 100,05 | 99,95 | 99,68 | 99,85 | 99,40 | 99,91 | 99,41 | 99,48 | 99,53 | 99,52 | 99,97 | 99,62 | 99,58 |

Analista: M. Vallejo

TABLA V

Coefficientes de correlación entre los elementos mayores-elementos menores

| | Ba | Ce | Cr | Cu | Ga | La | Ni | Pb | Sr | Th | V | Zn | Zr | Cs | Co |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | -0,56 | -0,11 | -0,90 | -0,09 | -0,86 | -0,61 | -0,22 | 0,66 | -0,41 | -0,16 | -0,91 | -0,67 | -0,05 | -0,22 | -0,40 |
| Al ₂ O ₃ | 0,58 | 0,20 | 0,88 | 0,10 | 0,88 | 0,64 | 0,15 | -0,59 | 0,42 | 0,18 | 0,89 | 0,56 | 0,05 | 0,26 | 0,33 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,49 | 0,43 | 0,23 | 0,41 | 0,25 | 0,36 | 0,08 | — | 0,25 | 0,01 | 0,25 | -0,03 | 0,32 | 0,12 | -0,01 |
| FeO | — | -0,21 | 0,42 | -0,09 | 0,21 | 0,04 | 0,29 | -0,43 | 0,12 | 0,09 | 0,42 | 0,65 | -0,16 | -0,18 | 0,42 |
| MnO | 0,28 | -0,23 | 0,10 | 0,50 | -0,03 | 0,26 | 0,46 | -0,18 | -0,03 | -0,36 | 0,10 | 0,25 | -0,02 | -0,08 | 0,60 |
| MgO | 0,04 | -0,44 | 0,20 | -0,06 | 0,18 | 0,11 | 0,50 | -0,59 | -0,11 | 0,11 | 0,20 | 0,68 | 0,17 | -0,00 | 0,54 |
| CaO | -0,10 | -0,00 | -0,29 | -0,09 | -0,33 | -0,18 | 0,39 | 0,20 | -0,46 | -0,38 | -0,40 | -0,17 | -0,14 | 0,39 | 0,15 |
| Na ₂ O | 0,07 | 0,16 | 0,33 | 0,07 | 0,39 | 0,58 | 0,29 | -0,29 | 0,43 | 0,11 | 0,33 | 0,41 | 0,04 | 0,12 | 0,25 |
| K ₂ O | 0,69 | -0,10 | 0,34 | -0,22 | 0,53 | 0,09 | -0,28 | -0,45 | -0,01 | -0,06 | 0,35 | -0,00 | -0,06 | 0,38 | 0,05 |
| TiO ₂ | 0,54 | 0,25 | 0,73 | 0,38 | 0,65 | 0,66 | -0,05 | -0,41 | 0,58 | 0,07 | 0,80 | 0,40 | 0,04 | -0,12 | 0,27 |
| P ₂ O ₅ | 0,30 | -0,31 | 0,45 | -0,14 | 0,55 | 0,01 | 0,27 | -0,53 | -0,08 | 0,05 | 0,43 | 0,59 | 0,16 | 0,11 | 0,25 |
| H ₂ O | 0,27 | 0,39 | 0,88 | 0,20 | 0,69 | 0,64 | 0,33 | -0,32 | 0,51 | 0,25 | 0,88 | 0,65 | 0,07 | 0,08 | 0,23 |
| C | 0,23 | 0,26 | 0,40 | -0,21 | 0,37 | 0,12 | -0,49 | -0,21 | 0,27 | 0,09 | 0,47 | 0,14 | -0,23 | 0,08 | -0,19 |
| Ba | 1,00 | 0,03 | 0,23 | 0,27 | 0,52 | 0,40 | -0,15 | -0,60 | -0,00 | — | 0,29 | 0,08 | 0,39 | 0,39 | 0,31 |
| Ce | — | 1,00 | 0,24 | -0,12 | 0,18 | 0,61 | -0,12 | 0,43 | 0,40 | -0,00 | 0,25 | -0,17 | -0,01 | 0,27 | -0,42 |
| Cr | — | — | 1,00 | 0,01 | 0,80 | 0,58 | 0,22 | -0,40 | 0,60 | 0,24 | 0,98 | 0,63 | -0,16 | 0,17 | 0,29 |
| Cu | — | — | — | 1,00 | -0,16 | 0,16 | 0,04 | -0,09 | 0,20 | -0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,23 | -0,30 | 0,53 |
| Ga | — | — | — | — | 1,00 | 0,57 | 0,06 | -0,56 | 0,41 | 0,45 | 0,80 | 0,52 | 0,05 | 0,35 | 0,19 |
| La | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,19 | -0,21 | 0,47 | -0,03 | 0,59 | 0,33 | 0,08 | 0,20 | 0,26 |
| Ni | — | — | — | — | — | — | 1,00 | -0,04 | -0,08 | -0,13 | 0,12 | 0,56 | 0,12 | 0,01 | 0,35 |
| Pb | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | -0,01 | -0,15 | -0,44 | -0,60 | -0,19 | -0,10 | -0,61 |
| Sr | — | — | — | — | — | — | — | — | -0,21 | 0,02 | 0,25 | -0,17 | -0,01 | 0,27 | -0,42 |
| Th | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,29 | 0,64 | 0,31 | -0,13 | -0,11 | 0,07 |
| V | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,28 | 0,26 | 0,10 | -0,01 | -0,10 |
| Zn | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,63 | -0,10 | 0,12 | 0,27 |
| Y | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | -0,02 | 0,14 | 0,64 | 0,06 |
| Zr | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,10 | -0,17 | 0,54 |
| Cs | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | 0,07 | -0,00 |
| Co | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,00 | -0,10 |

elemento carbono es característico de la serie superior Ordovícica (fig. 4).

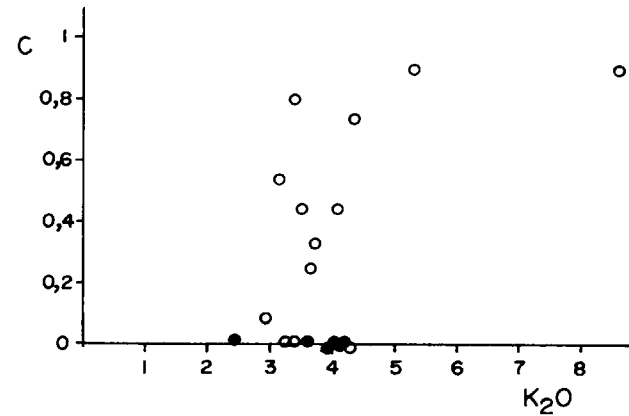


Figura 4

Relación K₂O-C, indicando la exclusividad de este elemento (carbono) en la serie ordovícica.

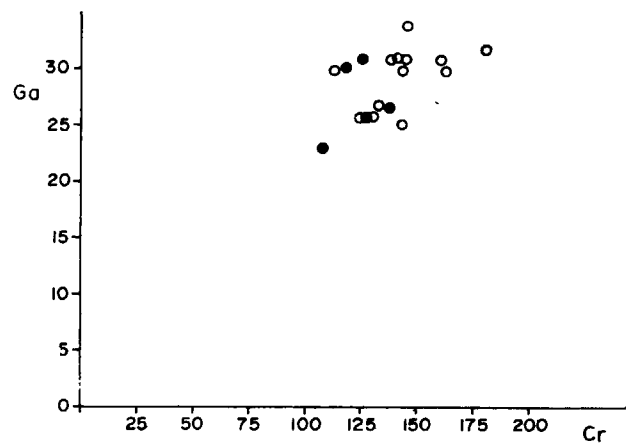
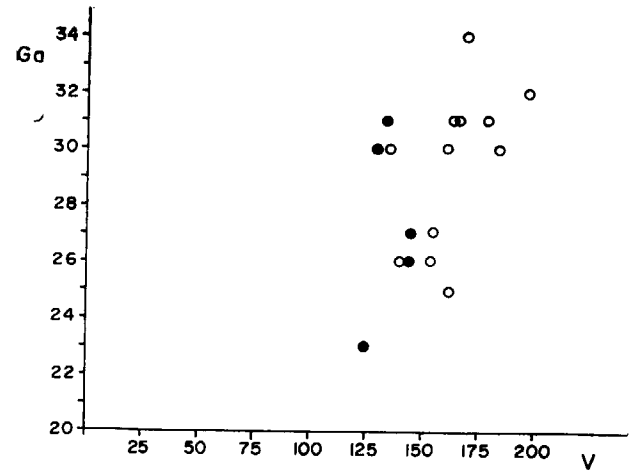


Figura 5

Relaciones Ga-Cr-V, observándose un mayor contenido medio de Cr-V en la serie ordovícica.

Para los elementos menores, sólo se presentan en cantidades relativamente más abundantes el Cr y V en los niveles Ordovícicos (fig. 5). Las relaciones entre elementos mayores y elementos menores se han expresado mediante coeficientes de correlación en la tabla V estando los más significativos representados en la figura 6. Al₂O₃, TiO₂, K₂O y FeO presentan las mayores correlaciones con (Cr, Ga), Cr, Ba y Zn, respectivamente.

Los datos proporcionados por APARICIO y BELLIDO (1976) establecen variaciones en el contenido en Si, Na, Ca, K, Pb, Rb con el gradiente metamórfico. En nuestro caso las concentraciones fijadas para las series de bajo grado son concordantes con las determinadas por los anteriores autores, pero dada la escasa representatividad de las series epizonales, no es posible establecer las mismas características de variación tan sólo en estos niveles.

METAMORFISMO

Las asociaciones mineralógicas encontradas son poco significativas en cuanto a intentar fijar las condiciones del metamorfismo de estas series de bajo grado. Los datos establecidos anteriormente determinan siempre condiciones de epizona para las dos series estudiadas. El par estable moscovita+clorita, en ambos casos, indicaría que nos encontramos por encima de los 200° que es el límite térmico de la transformación Illita+Clorita a Moscovita+Clorita (DUNOYER DE SEGONZAC, 1970, FREY, 1970). La posibilidad de encontrarnos en un límite superior de estabilidad de la pirofilita, dada su escasa representación, nos indicaría condiciones próximas a 430° y 4 Kb (WINKLER, 1974).

Las condiciones del paso esquistos verdes-anfibolitas que constituye el máximo de las condiciones metamórficas existentes en la serie ordovícica, dentro de un sector oriental del Sistema Central, ha sido determinado en 450±50° y 4 Kb (LÓPEZ RUIZ et. al., 1975).

Dentro de las series epizonales del Cámbrico Inferior, las condiciones fijadas por APARICIO (1971) para la zona de Toledo indican temperaturas de 440° con presiones comprendidas entre 3 y 4 Kb.

Estas características físicas, en conjunto, presentan valores térmicos y béricos próximos en ambas series.

La paragénesis cuarzo+clorita+moscovita+albita es siempre característica de la subfacies infe-

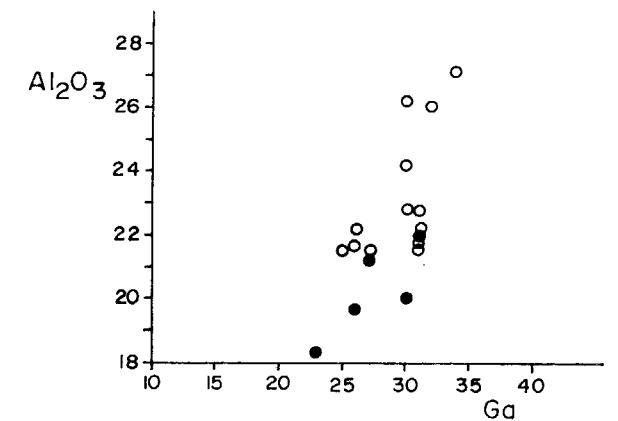
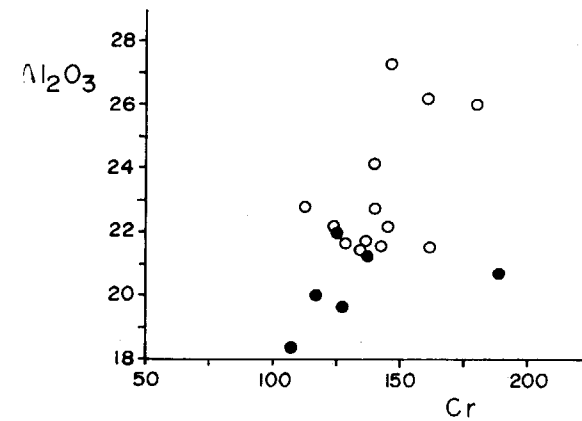
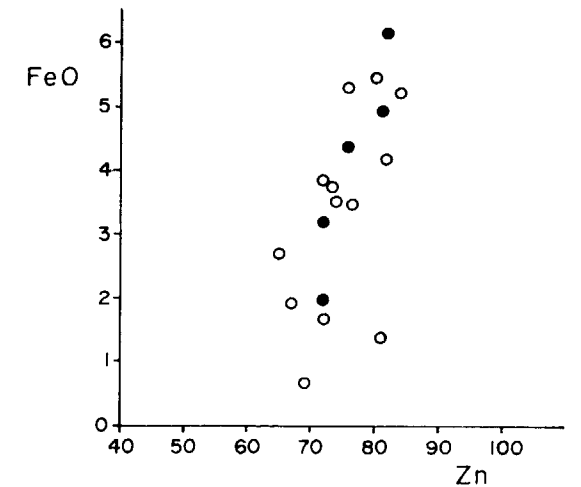
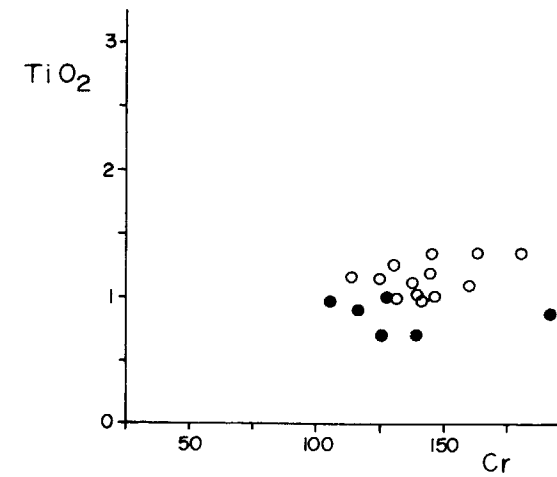
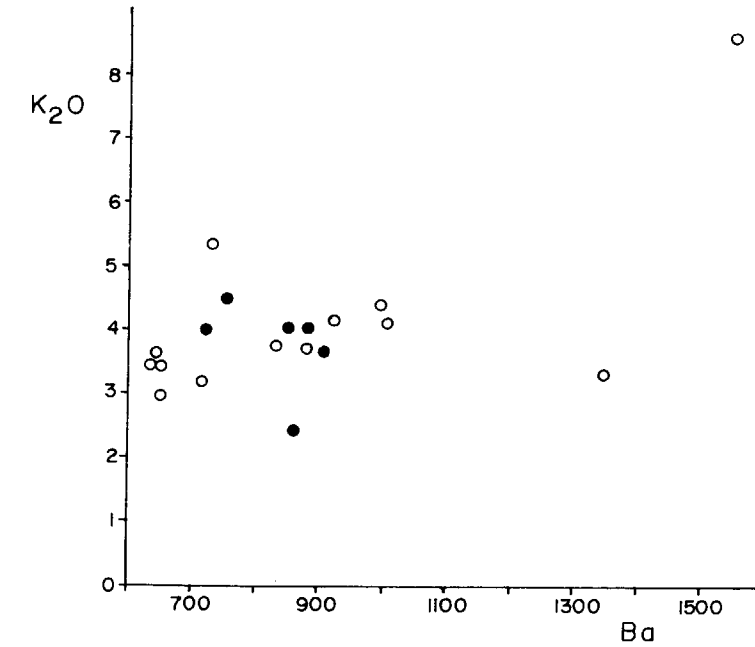


Figura 6

Relaciones elementos mayores-elementos menores en las dos series epizonales

rior de esquistos verdes y determinativa de metamorfismos de presiones intermedias (WINKLER, 1967). En términos de mayor intensidad metamórfica se encuentra las paragénesis típica de la serie inferior cámbrica con cuarzo + moscovita + clorita + biotita que aparece, tanto en el Sistema Central como en Toledo, caracterizando las facies más bajas de metamorfismo de baja presión (FUSTER y MORA, 1970; APARICIO, 1971; FUSTER et. al., 1974; LÓPEZ RUIZ et. al., 1975).

Considerados en conjunto estos tipos metamórficos, adscritos a niveles estratigráficos definidos, y su relación con los metamorfismos meso y catazonales para estas mismas zonas descritos por los anteriores autores, es posible obtener un cuadro-síntesis (fig. 7) de la posición metamórfico-estratigrá-

intermedias para contiuuar en algún sector, como en Toledo, con un Cámbrico Inferior, también epizonal, pero del tipo de bajas presiones, un comienzo de mesozona, interrumpido por fractura y una catazona también de baja presión. Para el Sector Oriental del Sistema Central la continuidad del Ordovícico Inferior de presión intermedia se realiza a través de una mesozona de las mismas características y esta última ya transita a una catazona, que ya en este caso es típica de metamorfismos de bajas presiones.

DISCUSION

La evaluación y características generales del metamorfismo de las áreas centrales fueron estudiadas

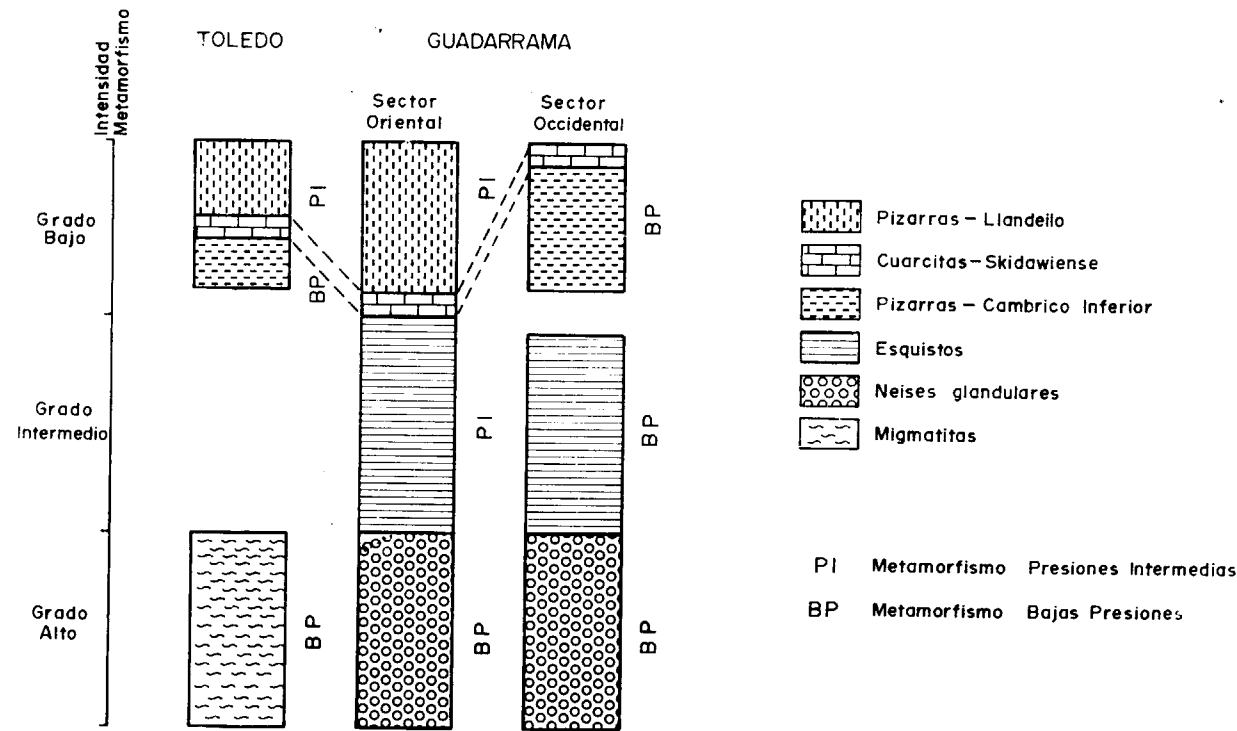


Figura 7

Cuadro esquemático de la variación metamórfica en las series analizadas

fica de los dos tipos metamórficos analizados. De él se deduce que las series estratigráficas más superiores que corresponden al Ordovícico Inferior están siempre influidas por metamorfismos de presiones recientemente por FUSTER et. al. (1974) y LÓPEZ

RUIZ et. al. (1975). En síntesis vienen a establecer la existencia de un único proceso metamórfico Hercínico con dos etapas fundamentales, la primera de ellas con una secuencia clorita-cloritoide-estaurolita-distena-sillimanita característica de presión inter-

media y gradientes geotérmicos bajos y una segunda con desarrollo de clorita-biotita-sillimanita-feldspato potásico-cordierita indicativa de baja presión y gradiente geotérmico alto. Ambas etapas se relacionan con dos fases deformativas principales sincrónicas.

La complejidad del cuadro evolutivo metamórfico anteriormente expuesto (fig. 7), al ser incluidas las facies epizonales, permite aventurar nuevas hipótesis sobre esta evolución del metamorfismo en las áreas centrales del Macizo Hespérico.

La dificultad que entrañaría el pretender enlazar esta alternancia y dualidad metamórfica en el espacio y en el tiempo y en abierta relación con las series estratigráficas, al esquema propuesto anteriormente de la sucesión de una etapa de presión intermedia por una etapa de baja presión, nos lleva a considerar como hipótesis de trabajo, la existencia de una única etapa metamórfica, durante la cual se generan dos diferentes tipos de metamorfismo (intermedia y baja presión), y cuya distribución espacial se muestra irregular.

Las consideraciones de una etapa metamórfica única, llevaría emparejada su asociación a una fase deformativa principal sincrónica con ella y que en conjunto afectarían a las series del Paleozoico Inferior existentes en este área del Hercínico Español.

No obstante, la sencillez de este esquema no impide la existencia de puntos de estudio cuya resolución todavía es compleja, como puede ser el cambio en profundidad del límite epizona-mesozona que en algún punto se sitúa en el paso Ordovícico-Cámbrico y en otros puntos se sitúa, al menos, dentro del Cámbrico Inferior; el hecho de que tanto en las zonas de Toledo como en el Sistema Central sean frecuentes los desenganches tectónicos que ponen directamente en contacto la epizona con la catazona, lo que produce la oclusión casi total de la mesozona y con ella sus posibilidades de estudio; etcétera y de esta forma una serie sucesiva de problemas, cuya resolución permitirá, probablemente, el cambio de los modelos metamórficos-tectónicos de estas áreas antiguas que constituyen el Macizo Hespérico.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. J. L. Brandle y F. Bellido por su colaboración en la obtención de los datos estadísticos y a J. López Ruiz y L. García Cacho por la crítica de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.: *Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo*. "Estudios Geol.", 27: 361-414 (1971).
- APARICIO, A. y BELLIDO, F.: *Geochemical features of the metamorphism in the Sistema Central (Spain)*. "Chemical Geology", 17: 281-293 (1976).
- BAYLEY, S. W.: *Determination of Chlorite compositions by K-Ray spacings and intensities*. "Clays and Clay Minerals", 20: 381-388 (1972).
- BRINDLEY, G. W.: *Chlorite minerals. En: X-Ray identification and crystal structures of clay minerals (G. Brown Ed.)*. Cap. 6: 242-296. "Miner. Soc.", London (1961).
- DYNOYER DE SEGONZAC, G.: *The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: A review*. "Sedimentology", 15: 281-346 (1970).
- ESQUEVIN, J.: *Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité*. "Bull. Centre Rech. Pau S. N. P. A.", 3: 147-154 (1969).
- EVANS, B. W. y GUIDOTTI, C. V.: *The sillimanite-potash feldspar isograd in western Maine U. S. A.* "Beitr. Mineral. Petrogr.", 12: 25-62 (1966).
- FREY, M.: *The step from diagenesis to metamorphism in pelitic rocks during Alpine orogenesis*. "Sedimentology", 15, 261-279 (1970).
- FUSTER, J. M. y MORA, A.: *El carácter del metamorfismo en el macizo de La Cañana (Sistema Central Español)*. "Estudios Geol.", 26: 317-321 (1970).
- FUSTER, J. M., APARICIO, A., CASQUET, C., GARCÍA CACHO, L., MORA, A. y PEINADO, M.: *Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español*. "Bol. Geol. Min.", 85: 595-600 (1974).
- GALÁN, E. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: *Caolines españoles. Geología, Mineralogía y Génesis. Parte I*. "Bol. Soc. Esp. Ceram. y Vidr.", 12: 79-98 (1973).
- HEY, H. H.: *A new review of the chlorites*. "Mineral. Magaz.", 30: 277-293 (1954).
- KUBLER, B.: *La cristallinité de l'illite et les zones tout a fait superieures du metamorphisme*. "Etages Tectoniques, Colloque de Neuchatel", 105-122 (1966).
- KUBLER, B.: *Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinité de l'illite*. "Bull. Centre. Rech Pau", 2: 385-397 (1968).

- LÓPEZ RUIZ, J., APARICIO, A. y GARCÍA CACHO, L.: *El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)*. "Mem. Inst. Geol. Min. España", 87, 127 páginas (1975).
- PETRUK, W.: *Determination of the heavy atom content in chlorite by means of the X-Ray diffractometer*. "Amer Mineral", 49: 61-71 (1964).
- POZZUOLI, A., MATTIAS, P. y GALÁN, E.: *Mineralogia di sedimenti abruzzesi*. "Period di Mineral.", 41: 611-655 (1972).
- SCHAFFER, G.: *Geologie und Petrographie in östlichen kas-*
- tilischen hauptsscheidegebirge (Sierra de Guadarrama Spain)*. "Munster Forsch Geol. Paläont.", 10: 207 pp. (1969).
- SCHULTZ, L.: *Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-Ray data and chemical data for the Pierre Shale*. "Geol. Survey Prof. Paper", 391-C; 31 pp. (1964).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks*. "Springer Verlag", Berlín, 237 pp. (1967).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 3.ª edic. "Springer Verlag", Berlín, 273 pp. (1974).

Recibido: Enero 1977.

INFORMACION

La infraestructura geológica y la planificación territorial (*)

"Dedicadas principalmente las ciencias naturales al conocimiento del Globo que habitamos y de los diferentes objetos que encierra, no poseerá el hombre todos los elementos de su bienestar, mientras no lleve ese conocimiento al mayor grado de perfección posible, sobre todo en aquella parte del suelo en que Dios le ha hecho nacer y ha circunscrito su existencia."

De esta manera comenzaba la exposición de motivos del Real Decreto de 12 de julio de 1849, por el que se constituía la COMISION DE LA CARTA GEOLOGICA DE MADRID Y GENERAL DEL REINO, precursora del actual Instituto Geológico y Minero de España, organización geológica más antigua de la Nación. Y proseguía:

"De esta suerte, el minero conoce los puntos donde existen criaderos útiles y sus límites, evitando así indagaciones inútiles; el ingeniero encargado de las obras públicas sabe de antemano la naturaleza, cohesión y dureza del suelo que aquéllas han de atravesar y los parajes donde se encuentran los materiales de construcción; el agricultor ve indicados los terrenos que le conviene labrar, los recursos que tiene para su abono y los mantiales que puede fecundizarlos; las artes hallan cerca todos los materiales que necesitan las industrias más útiles; y, por último, en los países que escasean de aguas, pueden abrirse pozos artesanos con probabilidad de buen éxito, dirigiéndose en esta difícil operación por las indicaciones de la ciencia, en vez de hacerlo a la ventura, malgastando acaso la fortuna pública y privada."

La minería, las obras públicas, la agricultura, las artes y la industria, y el agua para la vida, son todos ellos vastos campos en los que se preconizaba el conocimiento geológico como fundamento general para dar respuesta a las necesidades humanas.

Pero estas necesidades han ido en aumento, cuantitativa y cualitativamente. El crecimiento demográfico—España contaba en 1850 con 12 millones de habitantes y en la actualidad ha desbordado los 36 millones—, el progreso de los pueblos y el creciente anhelo de una mejor cali-

dad de vida, han dado lugar a unas exigencias de materias primas, progresivamente mayores, que se ven cubiertas ya con dificultad en frecuentes regiones del Globo, y han originado al mismo tiempo, unas concentraciones de la actividad humana que, modificando el equilibrio ecológico, están dando lugar a un conjunto de problemas que dificultan la propia vida, en las cotas de calidad que pretende alcanzar.

En este contexto, las ciencias geológicas, consideradas en su sentido más amplio, se han ido organizando de cara al servicio que pueden prestar, en dos grandes ámbitos que guardan una estrecha relación entre sí: la exploración e investigación de recursos geológicos y mineros, y su aplicación a la ordenación o planificación del territorio y a la política ambiental.

Para hacer frente a las exigencias planteadas, la tecnología geológica ha mostrado importantes avances, comportando un paulatino grado de especialización de los cuadros humanos en las distintas ramas de la geología—gradualmente más diversificadas y relacionadas con otras ciencias—, y el desarrollo de técnicas y equipos que en cada momento han ido adquiriendo una precisión y una complejidad mayores.

Es esta una cuestión que está siendo ampliamente considerada por expertos de todo el mundo y que esperamos que en este Congreso constituya uno de los principales temas de debate y estudio. Por ello, no me voy a referir en esta primera charla sino a algunos aspectos concernientes a la infraestructura geológica que ha de servir de base para una mejor utilización del suelo y subsuelo.

La necesidad de disponer de una infraestructura geológica básica de calidad, a nivel general de un país o región, que sea capaz de definir y reflejar las características esenciales de su suelo y subsuelo, constituye un hecho admitido hoy por todos, en tanto que sirve de infraestructura y soporte principal para actividades y estudios aplicados, a temas específicos, comprendidos en los sectores minero, de obras públicas y agrícolas, entre otros.

Las investigaciones de yacimientos minerales y de aguas subterráneas, la caracterización de los suelos, como alteraciones que sondee las rocas infrayacentes, los estudios generales de mecánica de rocas y de suelos, los relativos a la implantación de obras civiles e industriales, requie-

(*) Conferencia pronunciada por el Ilmo. Sr. D. ADRIANO GARCIA-LOYGORRI, Director del Instituto Geológico y Minero de España, en la inauguración del III CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA DEL INGENIERO, celebrado en el Palacio de Congreso y Exposiciones de Madrid, el 4 de septiembre de 1978. Incluida en Las Memorias, volumen 10 de dicho Congreso.

ren todos ellos los trabajos específicos conducentes al conocimiento en detalle de los lugares seleccionados, que difícilmente se llega a alcanzar sin una comprensión general de la caracterización y disposición geológica del entorno en que se hallan situados.

El carácter *general* de la concepción de la cartografía geológica básica, así como el esmero y la riqueza de la información contenida han de ser su principal característica, precisamente por su propia naturaleza básica y su aplicabilidad a aspectos muy diversos relacionados con la Tierra. Su escala debe ser, igualmente amplia, y su extensión, desarrollada a todo el ámbito nacional.

Desde hace más de un siglo, se ha venido elaborando en España de manera oficial, los mapas geológicos nacionales a diferentes escalas, habiéndose optado por la de 1:50.000 para la cartografía básica. No obstante, a comienzos de la actual década, con el lanzamiento del Plan Nacional de la Minería y del Programa Nacional de Investigación Minera, el Instituto Geológico y Minero de España ha acometido la tarea de reelaborar esta cartografía geológica, en el denominado plan MAGNA, con unos medios humanos, técnicos y económicos más importantes y adecuados para disponer en un plazo de dieciséis años de toda la cobertura del País.

Iniciada con la confección de una síntesis geológica a escala de 1:200.000 de la Nación, en la actualidad se han realizado los mapas a 1:50.000, en su nueva concepción, de más de la tercera parte del suelo español.

Similares consideraciones a las que aconsejaron en su día la puesta en marcha del citado plan, hacen recomendable acometer de manera sistemática la labor de la cartografía geológica de la plataforma continental española, de la que con otras motivaciones y objetivos más específicos y concretos, como es la prospección de hidrocarburos, ya se han desarrollado importantes trabajos. La investigación de estos recursos energéticos y de otros yacimientos minerales, de acumulaciones de depósitos de arenas y gravas, los estudios aplicados a ingeniería civil y a la ordenación del litoral necesitan esta información básica, en la misma medida que es requerida la de tierra firme.

De todos es conocido el problema de las materias primas minerales y las dificultades que para su abastecimiento sufre el mundo actual. Las circunstancias imperantes de los países, la irregular distribución con que la Naturaleza ha dispuesto muchos de los recursos, la situación creada por oscilaciones de precios, la constitución de carteles, y, en general, la profunda transformación política del mercado de minerales, han roto desde hace relativamente unos pocos años los planteamientos anteriores y las perspectivas de su comercio, introduciendo de modo perentorio en las naciones, la necesidad de potenciar al máximo el desarrollo de sus posibilidades propias.

Este proceso, que seguramente habrá de resultar irreversible obliga a incorporar renovados esfuerzos para la lo-

calización de nuevos recursos con que satisfacer las demandas, y para la puesta a punto de tecnologías idóneas para su aprovechamiento, considerando que los yacimientos que se deberán beneficiar en el futuro presentarán condiciones progresivamente más difíciles y que los grandes volúmenes de las producciones exigidas en muchas ocasiones, requerirán soluciones a problemas antes ignorados, que el hombre no se había visto obligado a afrontar.

La investigación geológico-minera se debe dirigir en estos momentos, tanto a la puesta en valor de depósitos minerales de existencia conocida, que por razones de tipo técnico o económico no hayan podido ser beneficiados anteriormente—cuestión que reviste especial importancia en los países de mayor tradición minera, como es el caso español—, como a la búsqueda y localización de otros inéditos, con nuevas tecnologías, que antes hubieran pasado desapercibidos a las generaciones que nos precedieron.

Las perspectivas para la utilización de los primeros que, se encuentran condicionadas por sus propias peculiaridades y por factores que le son ajenos pero que pueden cambiar con el transcurso del tiempo, han de fundamentarse en todo momento en un conocimiento perfectamente actualizado de unas y otros.

Por ello, dentro de la infraestructura geológica de un país, la elaboración y mantenimiento al día de inventarios por sustancias de los yacimientos conocidos, incluyendo los de las rocas industriales y materiales de construcción, que comprendan la clasificación por categorías de las "reservas" contenidas, así como de los "recursos" totales—reconocidos o hipotéticos—, con el previsible grado de economicidad de su explotación en el estado técnico actual, y la catalogación de los parámetros que la condicionan constituye una base sólida conveniente para establecer su verdadero potencial y ordenar en cada caso las oportunas acciones de investigación, de naturaleza geológica unas, de índole tecnológica las demás, y desarrollar, cuando fuere necesario, los planteamientos económicos, sociales y legales correspondientes.

En España se ha iniciado recientemente, con esta nueva óptica, la preparación de este tipo de inventarios, habiéndose desarrollado el relativo a los yacimientos de carbón, por la importancia que para el país supone como fuente de recursos energéticos.

Los inventarios del potencial minero de un país, han de comprender también los referentes a los indicios minerales existentes y a las concentraciones anómalas detectadas directa o indirectamente, en el estado de conocimiento que en cada momento se dispone, con sus características, distribución y relaciones con el marco geológico en que se encuadran, por cuanto que constituyen también fuentes de recursos en potencia, que no se deben olvidar.

La confección de mapas metalogénicos previsores de mineralizaciones integran por último el documento básico en que, figurando la interpretación de las relaciones de

los indicios conocidos en el contexto geológico en que se enmarcan, determinen los metalotectos que permitan establecer las guías para la búsqueda de nuevos indicios de posible valor industrial.

A partir de 1972 se ha venido elaborando en España el Mapa Metalogénico general a escala de 1:200.000, que se halla concluido en su totalidad, estando prevista la iniciación de su revisión y la ampliación de la información contenida, para el próximo año 1979. Su realización se ha desarrollado a partir de una intensa recopilación de indicios minerales, reflejados en mapas a escala de 1:50.000, contando como apoyo una síntesis de los conocimientos geológicos del país a escala de 1:200.000, elaborada previamente.

Por sustancias, y a escala de 1:1.500.000 han sido confeccionados unos mapas previsores de mineralizaciones, que incluyen los yacimientos de aluminio, azufre, bismuto, plomo-cinc, cobre, estaño, fluorita, fosfatos, hierro, hulla, manganeso, mercurio, níquel, oro, potasa y sal común, titanio y wolframio, con su tipología y encuadre metalogénico mundial.

Paralelamente, dentro del dominio de las rocas industriales ha sido también acometido un inventario nacional, asimismo finalizado, reflejándose en mapas, también a escala de 1:200.000, la delimitación y cartografía de las formas litológicas seleccionadas, sus características, análisis y ensayos, identificación, evaluación y explotabilidad de los yacimientos, datos y observaciones sobre las explotaciones.

Las investigaciones sectoriales de estos materiales y los estudios especiales sobre temas básicos con ellos relacionados, integran con los anteriores la infraestructura esencial en este dominio.

Como es bien sabido, uno de los factores de mayor trascendencia en relación con las actividades humanas, sea a escala local, rural industrial, urbana o regional, es el de la disponibilidad de agua que determina los límites del crecimiento de esas actividades, y a ello me voy a referir brevemente en lo que a las de origen subterráneo se refiere.

Los acuíferos, que constituyen unos verdaderos embalses subterráneos, han de desarrollar diversas funciones: suministro inmediato, almacenamiento, regulación y transporte. Durante muchos años, el hombre solamente se ha beneficiado de la primera de ellas, que con ser muy importante, no se debe considerar la principal.

Las ventajas que esos acuíferos presentan, de su gran extensión y la capacidad de almacenamiento y de regulación, han de ser explotadas al máximo en una planificación hídrica de una región, para adaptar de modo satisfactorio los recursos a las necesidades del hombre, que se producen en un lugar y en un momento precisos, y que exigen unas calidades determinadas.

En relación con el parámetro *tiempo* (regulación), las posibilidades de estos sistemas subterráneos son considerables, dada la magnitud de sus volúmenes de almacenamiento y el flujo anual que por ellos circula. Las estimaciones españolas cifran esta escorrentía subterránea en unos 20.000 Hm³/año, que representan el 19 por 100 de la escorrentía total del país. El gobierno de las salidas o pérdidas mediante una explotación controlada, de forma que los niveles piezométricos se mantengan por debajo de la cota de las salidas naturales, habrá de lograr la eliminación de esas pérdidas, y, en consecuencia, un mayor aprovechamiento de los recursos.

A este aspecto hay que añadir el hecho de que con ellos se coadyuva a la regulación parcial de los ríos, pues no se puede olvidar que éstos drenan una buena parte de la escorrentía subterránea.

Una segunda posibilidad de regulación de los recursos útiles de agua, es la que se deriva de saturar el acuífero mediante recarga de los caudales superficiales excedentarios y su posterior aprovechamiento por bombeo.

Un caso muy representativo de los beneficios que puede reportar este tipo de regulación, se tiene en España en la cuenca del río Segura que baña una de las regiones agrícolas más ricas del país.

Las aportaciones medias de este río en el curso medio de su recorrido son del orden de los 793 hm³/año, de los que 564 están regulados por embalses de superficie, que prácticamente no son ampliables en la actualidad, restando 229 hm³/año con los que no se puede contar para el consumo.

Los estudios hidrogeológicos llevados a cabo han puesto de manifiesto la existencia de dos embalses subterráneos con más de 1.000 hm³ de reservas, que permiten regular de 90 a 120 hm³ más en una operación factible, de coste muy prudencial.

En cuanto al parámetro lugar (transporte) la gran extensión de los acuíferos, que en todo el mundo ocupan un 25 por 100 de su parte habilitada, permite hacer frente a necesidades alejadas muchas veces de los cauces superficiales y que, de utilizar estas aguas, obligaría a transportes muy largos y costosos.

Por último en cuanto a su calidad, las aguas subterráneas reúnen unas condiciones más constantes que las de superficie y están generalmente más protegidas contra la contaminación provocada por el hombre. Es por ello que su uso deberá dirigirse preferentemente para el consumo humano.

Estas consideraciones muestran que el inventario de las reservas hídricas subterráneas y de sus recursos disponibles, se ofrece como un punto de partida para la planificación del uso del agua con una concepción racional, diferente a la utilizada en épocas anteriores, que contemple en su conjunto a la totalidad del agua, sea superficial o subterránea, y lleve a una gestión óptima de su utilización, eligiendo en cada caso las opciones más convenientes para su aprovechamiento.

Ejemplos ilustrativos de esta política pueden ser los que se refieren a dos grandes proyectos hidráulicos en España.

Los estudios emprendidos en la región del Sudeste han puesto de manifiesto que la situación de sobreexplotación de los acuíferos en algunas zonas de las provincias de Murcia, Alicante y Almería, es francamente grave, particularmente para unas áreas de regadío, con una superficie total de unas 95.000 has, que tienen una existencia limitada en un tiempo más o menos corto.

De aquéllas 55.000 has, que se hallan ubicadas en el ámbito de influencia del trasvase de las aguas del río Tajo al Segura, producen una sobreexplotación de 205 Hm³/año, encontrándose además infradotadas en unos 110 Hm³/año, debido en buena parte al sistema de riego utilizado. Ello constituye un elemento de juicio que resulta necesario tomar en consideración para analizar la alternativa de crear nuevos regadíos en estas zonas o de garantizar, prioritariamente, la vida de los ya existentes, que están dotados de una infraestructura y de una larga experiencia, merced al aprovechamiento de los 327 Hm³/año que constituyen el caudal asignado para estas zonas procedentes del trasvase mencionado.

El segundo caso se refiere a la región valenciana y tiene signo contrario. En las provincias de Castellón, Valencia y Norte de Alicante, que se sitúan dentro de la cuenca del Júcar existen acuíferos costeros por los que circulan 1.800 Hm³/año, constituyendo un potencial de agua subterránea muy valioso para hacer frente a las demandas crecientes en una zona en pleno desarrollo.

Las posibilidades, pues de los acuíferos en la región son alentadores y dignos de ser tenidos en cuenta para la planificación hidráulica de cara al desarrollo futuro de la zona.

En España se dispone de documentos generales publicados a escala de 1:1.000.000, que han sido punto de arranque para la investigación hidrogeológica de la nación, todo lo cual ha de considerarse conocimiento infraestructural para la política de ordenación territorial. Son aquéllos, el mapa de lluvia útil, el balance hídrico global, el mapa hidrogeológico nacional, elaborado a escala de 1:500.000 y publicado a escala mitad, y el mapa de síntesis de los sistemas acuíferos.

En la década actual los estudios hidrogeológicos se han intensificado particularmente en España, habiéndose cubierto más del 70 por 100 del suelo nacional —cuencas del Guadalquivir, Guadiana, Sur, Júcar, Segura, Pirineo Oriental, Islas Baleares—, y estando en curso de realización los de las cuencas del Duero, Ebro y Tajo.

Se juzga que los resultados obtenidos son importantes y permiten, a partir de ellos, una planificación adecuada de los recursos de las cuencas estudiadas, así como proponer soluciones a problemas planteados y mejorar su aprovechamiento para usos urbanos, industriales y agrícolas.

Esta investigación básica está siendo complementada por programas de estudios para la gestión y conservación de acuíferos, que incluyen, como temas también infraestructurales, el inventario de puntos de agua y la red piezométrica nacional que permite conocer mensual y permanentemente la evolución de los niveles; la red de vigilancia de la calidad de las aguas para su diagnóstico y tratamiento; los estudios de las fuentes de contaminación existentes, urbanos e industriales; la confección de mapas de orientación al vertido de residuos que indican los diferentes grados de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos; la fijación de perímetros de protección para las captaciones destinadas a abastecimientos urbanos, cubriendo además muchos aspectos de aplicación más detallada o casos concretos.

Los mapas geológicos generales constituyen documentos que, aunque necesarios, resultan muchas veces insuficientes para ser utilizados eficazmente en el dominio de la geología aplicada, con el detalle y cualificación que ésta requiere. En particular, adolecen, porque no entra dentro de su finalidad de falta de información y detalle sobre fenómenos morfodinámicos, —deslizamientos, formaciones recientes y actuales,— alteraciones de las rocas, —escombros, terraplenes—, y sobre la caracterización de los terrenos desde el punto de vista hidrológico y de su comportamiento a cargas y asentamientos.

Los estudios geológicos generales interesan a profundidades mayores que las requeridas por el especialista en geotecnia, cuya atención se centra en una capa muy superficial de la corteza terrestre.

Los mapas geotécnicos están obligados a dar una representación generalizada de todos los componentes del marco geológico que son especialmente significativos para los proyectos de ordenación, de construcción civil, urbana o industrial, y deben incluir la especificación de las características geotécnicas necesarias para el cálculo de estructuras. Su objetivo inmediato ha de ser la determinación de las propiedades geomecánicas de cada unidad de clasificación y sus límites superficiales. La concepción y representación de esta cartografía, —y esto es sumamente importante—, han de ser concisas y claras, de forma que puedan ser fácilmente interpretadas por quienes deben utilizarlas.

La cuestión de las escalas es otro aspecto a considerar. La expresión de las características litológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y geotécnicas, que en general constituyen los cuatro tipos de factores fundamentales a tener en cuenta, ha de acomodarse a detalle e importancia relativa, a los objetivos que el mapa pretende.

Como en otros casos anteriores, no se debe intentar que un mapa geotécnico general de un área, sea suficiente para proyectos, por ejemplo, de cimentación de una estructura, dando toda clase de detalles. Debe ser una herramienta de trabajo útil para definir la conveniencia

o no de plantear un tipo de construcción u otro, en diferentes emplazamientos, en función de las características del suelo sobre el que va a ser asentado.

También ha de ser útil a la hora de definir, el uso que del suelo se vaya a realizar, aunque éste no sea de construcción como por ejemplo el comportamiento de los suelos ante su utilización, como puede ser el vertido de residuos urbanos, agrícolas o industriales.

Con los criterios antes definidos se han realizado en España, mapas geotécnicos a escala de 1:200.000, para la totalidad del territorio nacional, así como otros de detalle utilizables en la ordenación urbana, turística, agrícola e industrial e incluso en proyectos de estructuras.

Quizás es de interés resaltar, la importancia que está adquiriendo en los últimos años, la utilización de las estructuras geológicas como almacén de productos energéticos y de residuos sólidos, líquidos y gaseosos de tipo tóxico o molestos.

Uno de los principales progresos planteados al desarrollo humano, es el energético y, dentro de éste, es el almacenamiento de combustibles, que por medios artificiales no se puede afectar más que de forma muy restringida y costosa. El vertido de residuos tóxicos y peligrosos, entre los que se encuentran los nucleares, exigen soluciones seguras en breve plazo. Es el ámbito geotécnico uno de los más importantes a la hora de valorar la posibilidad de utilización de estos grandes depósitos que la Naturaleza pone a nuestra disposición, en provecho de una adecuada ordenación.

Como al comienzo de esta charla he señalado, la organización racional del espacio habitable requiere de un adecuado conocimiento de las posibilidades del suelo y del subsuelo para el aprovisionamiento de materias primas minerales, así como la determinación de sus características, en relación con su aptitud —en seguridad y calidad—, para su utilización más provechosa, sea agrícola, industrial o urbana. A ello, sin embargo, se ha añadido desde hace relativamente poco tiempo, la exigencia de evitar el deterioro del medio ambiente y de controlar la modificación del equilibrio ecológico, erosionado por la creciente industrialización y el desarrollo de grandes aglomeraciones.

Al término ecología de Haeckel —estudio de las interacciones entre el medio natural y la vida—, Margat en 1971 ha añadido el de "ecología", como el estudio de las interacciones entre las actividades humanas y el medio geológico (suelo y subsuelo).

En efecto, la actividad del hombre está originando importantes alteraciones del entorno en que se ubica, modificando sus condiciones primitivas y produciendo nuevas situaciones que no siempre resultan favorables para la comunidad.

Este planteamiento está siendo llevado en muchos sectores, sin embargo, a términos que pueden resultar excesivos. Hasta hace poco tiempo se pensaba que la Naturaleza albergaba fuentes inagotables de materias primas, —recursos energéticos, minerales, agua, víveres, etc.—. Las circunstancias actuales han puesto de manifiesto que tales materias son hoy en día limitadas, especialmente a la luz de los costes de todo tipo que su aprovechamiento lleva consigo.

La seguridad del aprovisionamiento ha de requerir, por ello, que aún habiéndose de considerar la protección del medio ambiente como un factor de evidente obligación, esta cuestión no se deba llevar a extremos tales que las necesidades básicas del hombre se vean amenazadas por problemas ecológicos exagerados.

Los estudios sobre ordenación del medio físico han de tomar en consideración, tanto los condicionamientos geológicos naturales como los creados por el hombre, y evaluar posteriormente la importancia del impacto que una nueva actividad puede tener sobre el sistema anterior, a fin de tomar las necesarias precauciones, para evitar o al menos minimizar sus consecuencias negativas.

Los condicionamientos que han de ser tenidos en cuenta y analizados con detalle en toda planificación territorial, responden generalmente a distintos factores del entorno geológico, de los que la existencia de recursos minerales, la naturaleza del suelo y de las rocas, las formas del relieve, las modificaciones topográficas y las posibles inestabilidades y, finalmente, la existencia y calidad del agua, son las más importantes.

Las alteraciones que son debidas a la actividad del hombre pueden ser de índole muy diversa y afectar positiva o negativamente a cualquiera de las condiciones anteriores; riesgos de hundimientos debidos a la minería u otras obras subterráneas, inestabilidades del terreno ocasionadas por la apertura de grandes desmontes, modificaciones de los regímenes fluviales por la construcción de presas, contaminaciones diversas del medio a causa de la creciente producción de desechos y residuos, etc.

El estudio del posible impacto sobre el entorno, —definido como la diferencia entre el estado a que éste ha de llegar una vez modificado por el hombre y el que hubiera alcanzado en su proceso evolutivo natural—, comienza también a ser objeto de consideración en la planificación industrial y urbana. Se entra así en la llamada por Lutttig "geología prospectiva" que trasplanta los conocimientos de la evolución geológica del pasado a la previsión de la que en el futuro se ha de desarrollar, comparando los efectos originales con los que la nueva actividad puede dar lugar.

En estos estudios el papel que han de jugar las Ciencias Geológicas resulta de capital relevancia.

En la valoración de los riesgos del suelo, los peligros sísmicos y volcánicos, y los deslizamientos; en los inventarios de riquezas naturales, los de los recursos mineros,

hidrogeológicos y geológico-culturales; en los impactos sobre el suelo y subsuelo, los que modifican su estabilidad, su aptitud para los cultivos, los procesos de erosión, la permeabilidad, la humedad; en los impactos hidrogeológicos, los efectos sobre la calidad y cantidad de las aguas subterráneas; en las alteraciones climáticas, los efectos de la contaminación física y química, las variaciones sobre la intensidad de los vientos y brumas; en los impactos sobre la flora y la fauna los efectos sobre las características del medio que condicionan la evolución de los ecosistemas; en los impactos sobre el equilibrio socio-económico, las migraciones humanas, potencialidad turísticas, agrícola o industrial, calidad paisajística, variaciones difícilmente reversibles de cultivos y aprovechamiento de tierras, etc., son todas ellas cuestiones en las que los geólogos deben aportar sus conocimientos a fin de contribuir a la significación de las soluciones más adecuadas.

La participación de los profesionales de la geología, como elementos necesarios en los equipos multidisciplinarios que han de entender en la planificación territorial, debe concebirse de dos maneras relacionadas y complementarias entre sí.

Por un lado, han de poner a disposición del planificador la información geológica básica a la que antes he hecho referencia y, por otro, deben intervenir en los propios proyectos desde el momento mismo de su concepción, a fin de profundizar en la jerarquización y estudio de los condicionamientos y problemas específicos que se lleguen a plantear y de recomendar medidas para su solución.

En el primero de los campos citados, se debe señalar que la diversa cartografía—geológica, hidrogeológica, de suelos, litológica, geotécnica, etc.—, ha de ser interpretada y traducida en términos de poder ser utilizada directamente por el planificador, reservando en su contenido solamente aquellos datos y aspectos debidamente catalogados que le han de ser necesarios. De no ser así, la notoria complejidad que les es inherente,—consecuencia de la deseada riqueza de información y de la, muchas

veces, obligada complicación de la representación—, pueden hacer muy dificultosa su interpretación y, en todo caso, no favorecer su óptimo aprovechamiento.

La conjunción de los distintos mapas y documentos geológicos básicos interpretados, orientarán al planificador sobre los condicionamientos que rigen o han de regir una ordenación, y sobre las consecuencias que se pueden derivar de la misma, analizando y jerarquizando los problemas de impacto que han de ser objeto de estudio posterior.

En este dominio, los Servicios Geológicos Nacionales deben jugar un importante papel, toda vez que por su propia función, poseen la infraestructura documental y los cuadros humanos que la han hecho posible, pudiendo responder así a los numerosos planteamientos relativos al entorno geológico, particularmente en el nivel de los estudios previos y de carácter regional, sirviendo, en todo caso, de apoyo directo a la Administración en los planes y programas de largo alcance.

Por su parte, el geólogo que desarrolle sus actividades en estos campos ha de mostrar en todo momento un espíritu abierto hacia otras disciplinas que inciden igualmente en la planificación, y poseer desde el principio una visión clara de los objetivos y necesidades específicos de los usuarios de sus trabajos, huyendo de un perfeccionismo académico y de actuaciones más científicas que prácticas. En éste un aspecto de la formación geológica de los profesionales que resulta necesario acentuar de cara al futuro si se quiere,—constituyendo un deseo que creo que todos compartimos—, de poner al servicio de los demás las importantes, y todavía no bien aprovechadas, posibilidades que abren las Ciencias Geológicas para nuestro bienestar.

Consigamos entre todos que cada vez resulten más cortas las distancias que separan a aquéllos que tienen la respuesta al problema y a los que poseen en su mano la capacidad de decisión, en apoyo de una política que ha de ser común y beneficiosa para toda la colectividad humana.

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

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA (*)

VI. AMERICA Y FILIPINAS

VI-1. AMERICA

Al llegar Colón (1492-octubre-12) a la hermosa isla americana (Guanahani o San Salvador), apreció el conocimiento del oro por los nativos, por utilizarlo como adorno y también induce la carencia de hierro entre los utensilios de sus aborígenes. Observó en un habitante de la Isla de Cuba (Colba), un pedazo de plata labrada colgado de la nariz. Llega (1492-diciembre-6) a Haití (Bohío o Babeque), donde el Rey isleño Guacanagari le informa de la existencia de las minas de oro de Cibao, en los territorios del Rey Guarionex, donde se encontraban pepitas del tamaño de granos de trigo y le manifiestan que en Jamaica (Yamaye) las había mayores que habas.

En la Isla de Haití, en todas las Guayanas y en Venezuela, se conocía el Guanin, aleación de oro, plata y cobre.

La explotación del oro contenido en aluviones, la realizaban con técnicas primitivas y en general no sabían fundirlo.

Con ocasión del cuarto viaje de Colón (1502), tocaron en México y se dedujo el conocimiento por los aborígenes del oro, plata, estaño, bronce y plomo y posteriormente apreciaron ser los más adelantados del continente en minería. Aunque desconocían el hierro como metal, con sus menas hematita y pirita confeccionaban objetos y la primera la empleaban con frecuencia para preparar espejos. Conocían dos tipos de cobre, el blando o comer-

cial utilizado en vasos, lebrillos, etc. y el duro (bronce) o aleación con estaño, destinado a la confección de hachas, cinceles, hazadas, etc. En Colombia lo martillaban en frío para endurecerlo. De los ríos extraían el oro y la casiterita. Mejores beneficiadores del oro, ya conocían su fusión y la preparación de aleaciones. También fundían el cobre, la plata, el estaño, el plomo y sus minerales.

En varios sitios del continente se practicaba la mollienda de minerales y su torrefacción. En Perú, Bolivia, Ecuador y Chile entre otros, se fundía la plata en los hornos denominados guairas, obteniéndose un primer producto de fusión, considerado como comercial, el cual era refinado con posterioridad.

En Colombia, en la Región de Choco y en Ecuador, en la de las Esmeraldas, se conocía el platino, utilizado por los aborígenes en la elaboración de una aleación con el oro argentífero, información que ponemos en duda por las dificultades de fusión del platino con las técnicas primitivas.

La única concentración de menas practicada era el lavado, empleado con las auríferas, el platino y la casiterita.

Por simple razonamiento se llega a la conclusión del desconocimiento o no utilización de metales de uso común en Europa en aquella época, como es el caso del hierro por su carencia en las azagayas usadas en Guanahani.

Imponente fue la labor de los mineros en el Nuevo Mundo, con sus actividades lograron salvar distancias enormes y los obstáculos imponentes ofrecidos por la geografía, e hizo posible la concentración de la población, promocionando una vida humana, con niveles en aquella época, análogos a los de Europa, con la penetración de la cultura a las regiones del país con mayores dificultades de acceso.

(*) 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 (1777-1977)".

Por el P. Las Casas, conocemos con certeza la llegada a la Isla Española de expertos en minería con el segundo viaje del descubridor del Nuevo Mundo (1493) y las peticiones (1494) a los Reyes, del envío de lavadores de oro y mineros de Almadén. Hasta el cuarto viaje (1502) no se puede asegurar, la iniciación de los trabajos mineros en Tierra Firme, los cuales, según información histórica, tuvieron lugar en territorios del Golfo de México, conocido por Nueva España.

En los primeros pasos colombinos, fue primordial el interés en vitalizar la minería americana, en los dos aspectos, laboreo y beneficio, fundamental en muchas comarcas americanas, donde se fundaron centros de enseñanza, con el objetivo de formar buenos científicos y técnicos, capaces del descubrimiento de criaderos y dar a sus menas el tratamiento más acertado, en lugar de importar sus minerales en la metrópoli o venderlos a otros países europeos. En nuestros archivos General de Indias e Histórico Nacional se conserva amplia información de todos los metales obtenidos en el beneficio, así como de los mineros y beneficiadores comisionados desde la metrópoli y de los materiales remitidos, con el fin de facilitar la explotación y beneficio de sus menas. Quienes somos aficionados a estas investigaciones históricas, y vemos los datos tan interesantes que se conservan después de cinco siglos, repetimos la frase de Gerberto (935 a 940-1003), quien fue Papa con el nombre de Silvestre II (999-1003) "mi pasión son los códices, los busco derramando dinero a manos llenas y molestando a mis amigos".

Fue preocupación de los monarcas españoles el fomento de las enseñanzas superiores en tierras de América, magnífica labor iniciada por las órdenes religiosas a los pocos años del descubrimiento. Destacó la promoción de centros culturales, tanto por su antigüedad como por la calidad, instituciones consideradas como un timbre de gloria de las hazañas españolas. Se considera como la primera universidad la de Santo Tomás de Aquino, en la Isla Española (Santo Domingo) existente en 1537, y fundada legalmente en 1538. Entre los primeros actos de Pizarro al fundar la Ciudad de Lima (1535-enero-18) figura el haber señalado sitio para la Universidad de San Carlos dotada (1551-mayo-12) por Carlos I (1516-1556), en su nombre firma la R. C. D.^a Juana (1479-1555), inicia las clases en 1553, recibiendo posteriormente (1574-diciembre-27) la denominación de Santo Tomás. La de México capital del Virreinato de La Nueva España, fue autorizada (1934-junio-8) por el General de los Dominicos Fray Feynier con la denominación de Estudio General, hecha efectiva su dotación (1551-septiembre-21) por el Príncipe Heredero (1527-1598). D. Felipe con la denominación de Insigne, Real y Pontificia Universidad de México. Siguió la creación con la de San Francisco Javier (1624) en la capital de los Charcas (Bolivia), la de Ciudad de Córdoba (Argentina 1613), de la Compañía de Jesús, con la coalición de grado de Bachiller, Licencia-

do, Doctor y Maestro inaugurada posteriormente (1614-febrero).

El espíritu de aprender en las ciencias mineras, se inicia en América con el siglo XVI, consecuencia de los importantes descubrimientos de minerales y las valiosas y amenas descripciones de geografía física del Nuevo Continente. En una época en que las obras sobre las ciencias de la tierra se limitaban a su aspecto descriptivo, los españoles le dieron un carácter cartográfico, como lo fue el "Mapa de la región aurífera del Perú", de Diego de Mendoza (1574), cuando todavía ningún país pensaba salir de sus fronteras, para estudiar la naturaleza, prefiriendo la piratería y apropiación de las naves que en su navegación normal transportaban los metales beneficiados por los hispanos. Los primeros intentos de enseñanza de lo que se denominaban "mineralogía" o "metálica", se pretendió darles estado oficial en América antes que en España, principalmente en su orientación hacia el beneficio; era más interesante conocer bien los minerales para decidir su mejor tratamiento, que la manera de presentarse y explotarlos con seguridad. Aquellos intrépidos mineros eran capaces de extraer cuantos minerales les pedían los establecimientos de beneficio.

En el relato de las vicisitudes de la enseñanza, las consideramos agrupadas por su ubicación, incluyendo en este comentario las carentes de cita geográfica.

De interés, por corresponder a la época de iniciación en Europa de estas enseñanzas, es el manuscrito de Pedro de Silva (1752) conservado en la Biblioteca del Palacio Real de Madrid, titulado "Que en las capitales de América se establezca una Academia del Arte de Azoguería, por lo mucho que importa a la Corona y a los vasallos el que los azogueros sean inteligentes en su Facultad, mediante la especulativa que ha sido maior la cantidad que se ha perdido por falta de inteligencia, que la que se ha sacado de plata por el beneficio ordinario del Azogue".

El Arte de Azoguería, tomó importancia en América desde que Bartolomé de Medina (1555) inventa y aplica en Pachuca (México) su "procedimiento del patio" para el beneficio de los metales mediante el azogue. Sucesivos perfeccionamientos fueron reduciendo la demanda de azogue a España, así como el descubrimiento (1566) de las minas de este metal en Huamanga y en Huancaavelica (Perú), de tan capital importancia para la explotación de las minas de plata.

La preocupación dominante de Silva, es el logro de un buen beneficio de los minerales, destaca en su escrito las minas abandonadas por no conocer a fondo sus minerales y el arte de tratarlos. Trata de los repetidos experimentos y diferente comportamiento durante la amalgamación por las diversas menas, faceta conocida pero no destacada con anterioridad. Relacionado con los diversas variantes del tratamiento, escribe acertadamente, "advirtiéndole la dificultad de creer que unos sirven para otros".

Referente a la titulación dice "Conviene que examinados por el Director de la dicha Academia en lo especulativo y práctico, se les diese título para ejercitar en los minerales de su País, advirtiéndole que esta providencia no pase a ser grangería de los Rectores de las Academias y que sin el referido título, ninguno se atreva a tomar a su cargo ninguna hacienda de beneficio, de paso se escusarán las Ruinas que tanto perjuicio han ocasionado al Rey y a sus vasallos". Por el espíritu de su escrito y por el párrafo transcrito, se desprende la idea de crear una o más de estas academias en cada uno de los Virreinos, por la observación de ser diferentes los tratamientos óptimos para las diversas menas. Por ello la validez del Título sólo se programaba sirviese dentro del País de su expedición.

Después de la lectura de este capítulo, podremos decir que, durante los siglos XVII-XVIII-XIX debieron las Ciencias Naturales considerables adelantos a muchos españoles y añadir las frases de Menéndez y Pelayo (1894): "Nuestro grande, nuestro indisputable mérito, estuvo en la parte esencialmente práctica, en la industria metalúrgica, principalmente en la de la plata, en los progresos incesantes del laboreo de las minas americanas, en la memorable invención, sobre todo, del procedimiento de amalgamación por medio del azogue. Si en otras partes se corría tras de la quimera de la transmutación, aquí, con exceso quizá, tras de riqueza positiva y tangible, aunque por la cuantía pareciese fabulosa. Nuestros autores más célebres en este orden no son alquimistas ni teósofos, sino ensayadores y joyeros, maestros en aleaciones como Juan de Arfe Vilafañe, o beneficiadores e inventores mineros como Alvaro Alonso Barba".

Junto con esta iniciativas, consideramos fundamental consignar la creación de las primeras cátedras de matemáticas, disciplina indispensable para la formación de los mineros. Las primeras americanas fueron, la de Bogotá (1762) por José Celestino Mutis y Bossio (1732-1808) y la de Caracas (1798) por Francisco de Andújar (1760-1827).

Las noticias sobre las riquezas mineras del Nuevo Mundo, despertaron el interés de muchos españoles, por cruzar el Atlántico, hacia el descubrimiento de fuentes de riquezas no renovables. Fue necesario iniciar la legislación minera, precursora de las actuales, incluyendo como fundamental su aspecto laboral, apreciado en las Leyes de Burgos (1512) y en su actualización de Valladolid (1513), donde ya se excluye a las mujeres de los trabajos subterráneos. Con el transcurso de los años, se regulan las relaciones con los indios, los ingresos fiscales, el perfeccionamiento de las técnicas mineras, se autoriza (Granada 1526-noviembre-7) el paso a las minas de las indias a los extranjeros súbditos del Emperador Carlos V (1516-1556), quien con sus hazañas, había completado la geografía de América y de los grandes océanos. Con esta aportación esperaba modernizar la minería india, aunque la verdadera transferencia de tecnología moderna tiene lugar durante el reinado de Felipe II (1556-1598), debido a sus Reales Ordenanzas, seguidas de la designa-

ción del primer Administrador General de las Minas (1595), cargo recaído en Carlos Xedler, consecuencia del concierto con los Fúgger (1563). En toda la legislación complementaria, se aprecia una marcha firme hacia un desarrollo técnico elevado, con la aparición de problemas análogos a los modernos, como son: la contaminación, el consumo excesivo de madera, el consumo de materiales para el tratamiento de las menas, las reestructuraciones sociales, organización de poblados mineros, orientaciones económicas, distinción entre empresarios y asalariados, intervención estatal, y lo que es fundamental la formación cultural y técnica del minero, culminando con la creación de cátedras y seminarios.

VI-2-a. PERU

La enseñanza de la minería en Perú debe comenzar por derecho propio, con la mención de uno de los mayores y mejores investigadores mundiales en el campo de la metalurgia, autor de una obra reimpresa varias veces y en diversos idiomas en nuestro siglo. Nos referimos a Alvaro Alonso Barba y Toscano, natural de la villa de Lepe (1596-noviembre-15), hijo póstumo de Alvaro y Teresa, su legítima mujer, quien después de abrazar la carrera eclesiástica pasó a Perú (¿1588?), avicinado sus primeros años en Lipes, de allí a Tarabuco (1590), con frecuentes visitas a la extensa provincia de Las Charcas, pasó a Tiaguanaco (1615) en la provincia de Pacages, donde ejerció durante dos años su ministerio sacerdotal, es trasladado a Yorota (1617), otra vez en la provincia de Los Lipes, donde realiza activos ensayos metalúrgicos en San Cristóbal hasta que Juan de Lizarazu lo traslada (1624) al curato de San Bernardo de Potosí (*), encargándole sacase un libro sobre el beneficio de los metales, dado sus deseos de ilustrar a los mineros, actividad brillante reconocida por todos sus contemporáneos.

Según Juan de Lizarazu (1637-marzo-1) las observaciones de Barba sobre "estraños y nuevos modos de beneficiar los minerales, causan estupor a los más famosos beneficiadores de esta Ribera de Potosí".

Su afición a la docencia, la encontramos manifestada en sus palabras (1637-febrero 15), "Presidido en esta Provincia de las Charcas de Potosí, de las mayores riquezas de ambos mundos...dejando puestos de más comodidades y provecho, residiese yo en este Potosí, como en plaza de armas, o universidad la más famosa del mundo, donde más se necesita la conferencia de materias semejantes".

Como datos de la inflación ininterrumpida desde la creación de la moneda, aportamos el del prólogo de la edición del Arte de los Metales de 1770, donde se pretende justificar el nuevo coste de esta obra "por el excesivo precio con que la carestía lo fue subiendo".

(*) Actualmente es un departamento de Bolivia (1825).

Según dice Barba "entablóse en Potosí el beneficio del Azogue el año de 1574", o sea, antes de su llegada al Reino del Perú.

Muchos son sus comentarios sobre las riquezas del Reino: "Yo lo oí muchas veces en la Provincia de los Lipes, que en la de Atacama, su vecina, havia finisimos diamantes, y que por un poco de Coca, que no valia dos reales, havia dado una india vieja un puñado de ellos brutos, que valieron en España muchos ducados." "El más celebrado y rico del mundo Cerro de Potosí."

"La abundancia de minerales de Plata que hay en la Jurisdicción de la Real Audiencia de las Charcas es tan grande que, sin que huviera otros en el mundo, eran bastantes a llenarlo todo de riquezas. En medio de ellos está el nunca dignamente encarecido y admirado Cerro de Potosí, de cuyos tesoros han participado pródigamente todas las Naciones del Orbe" ... "entre sus minas están las de Poco, famoso mineral de los Ingas, y el primero de que los españoles sacaron Plata."

"Tiene la Provincia de los Charcas ,demas del Rico Cerro de Potosí, que basta solo a aternizar su nombre."

"El año 1590, residiendo yo en Tarabuco, pueblo de la Provincia de los Charcas, ocho leguas de la Ciudad de la Plata, su Cabeza, queriendo experimentar cociamiento... exercitelo con mas comodidad, desde el año mil seiscientos quince, siendo cura de Tiaguanaco de la Provincia de Pacages, y con mas abundancia y provecho de el de diez y siete en la de los Lipes."

"Se me concedió provisión por la Real Audiencia de la Plata, para que nadie sin licencia mia usase este modo de beneficio de metales y sin interés ninguno lo he permitido a todos."

El Perú fue un Reino que siempre interesó a los científicos españoles ,además de las expediciones clásicas científicas para estudio de la flora, fauna y minerales fue también objeto de la promoción de otras puramente científicas, como la astronómica mandada a Lima por Felipe V, quienes indican en una carta (1737-febrero-7) no podían hacer las observaciones programadas a causa de la niebla, y anunciaban su retorno cuando estuviesen realizadas.

Una preocupación de los monarcas españoles fue la de evitar en sus Reinos y Señoríos daños y engaños entre quienes venden y compran, para lo cual era necesario una igualdad de pesos y medidas en todos los pueblos y el establecimiento del orden que se había de observar en su uso. Las disposiciones en este dominio se inician por D. Alfonso en Segovia (1347) y en Alcalá (1348), ampliadas en la Real Pragmática dada en El Escorial por Felipe II (1568-junio-24).

Con el transcurso del tiempo esta preocupación se extiende a la necesidad de igualdad de unidades para las medidas cartográficas, o sea, la adopción de una toesa para todos los países, en un momento concordante con la competencia establecida entre los dos grupos de opi-

niones relacionados con la forma de la tierra, la newtoniana (1642-1727) y la casiniana (1625-1712). La decisión fue medir un grado de meridiano terrestre, en dos puntos de máxima diferencia de latitud, en Perú (1735-1739) y en Laponia (1736-1737), con lo cual quedó aclarada la disputa.

Las mediciones del Perú, fueron realizadas por una comisión hispanofrancesa, para la cual designó Felipe V a dos marinos jóvenes, Jorge Juan Santa Cilla (1712-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1795), iniciadores (1736) de la tarea entre Quito y Guayaquil. La toesa de Perú fue la adoptada en Francia (1776) con la denominación de toesa de la academia. Un hombre de ciencia, Ulloa, descubridor de la platina, en el Partido de Chocó, fue enviado como hombre de confianza de S. M. a las minas de Huancavelica y sus vicisitudes son un indicador de las dificultades de la minería en Perú, parecidas, en líneas generales, a las de todos los reinos de América.

El problema de la minería de Huancavelica era múltiple, en lo referente a la recluta de operarios, tenía un doble aspecto; por un lado el de la mita y, por otro, ser un refugio de delincuentes hasta el punto de que al Ministro de Indias, Fray Juan, le plantearon desde La Habana (1756-febrero-5), la conveniencia de reiterarlos de aquellas minas. El otro fundamental era la rutinaria oposición a toda técnica moderna de laboreo y beneficio, así como falta total de disciplina, creando un ambiente fácil para el fraude.

Después del desastroso incendio de la mina de Almadén, decide Fernando VI (Aranjuez 1757-julio-11), nombrar a Ulloa para el Gobierno y Superintendente de Huancavelica, así se lo comunica a Juan Ignacio de Goyeneche, Ministro de Indias, y al de Marina (Buen Retiro 1757-julio-19); el R. D. de nombramiento (Buen Retiro 1757-agosto-14) figura como Capitán de Navío y Teniente de la Compañía de Guardiasmarinas, autorizando por R. C. de la misma fecha al Virrey de Perú para darle posesión. Al paso de nuestro marino por Cádiz (1757-julio-27) solicita del Ministro Frey Julián de Arriaga, se le conceda el mismo sueldo disfrutado por sus predecesores en el nuevo cargo, Sola y Leiva.

Posesionado de la Superintendencia prepara inmediatamente el programa de actuación, basado principalmente en que la saca de azogue sea de cuenta de la Real Hacienda; es remitido al Ministro Arriaga (Huancavelica 1758-noviembre-15), recibe contestación a vuelta de correo, con la indicación de no estar en el ánimo del Rey la saca de azogues por cuenta de la Real Hacienda.

Superadas las necesidades de azogue de Perú, remite a Nueva España 2.000 quintales de azogue, lo cual comunica (1759-septiembre-15) al Ministro Arriaga, justificándose de no haber podido enviar mayor cantidad por la epidemia de los mineros y la baja ley de mineral. Le responden felicitándole (Madrid 1760-septiembre-20) y anunciándole que a Nueva España, en lo sucesivo, le remitirán azogue desde Alemania.

Pronto se presentan dificultades (1761); considera Ulloa están las minas de Huancavelica en estado ruinoso, por la explotación abusiva a la que estuvieron sometidas, carentes también de preparación, por aquellos mineros cuyo único interés era lograr un máximo de producción, para incrementar sus beneficios. Los funcionarios del Reino también empiezan a plantear dificultades e indisciplinas; primero son el Contador, Juan Sierra, y el cura, Juan de Aguirre, de quienes se queja (1761-julio-3) al Virrey Superunda, antiguo amigo suyo; después lo son los Ministros de la Real Audiencia lo que pone directamente (1761-septiembre-30) en conocimiento de Carlos III.

Las enemistades ante la rectitud e intentos de implantar técnicas más racionales, aumentan por parte de todos los que debían ser sus colaboradores, orientando a su ánimo a dirigirse (1762-mayo-14) a Arriaga solicitando ser relevado del cargo, donde trabajó mucho para cortar abusos y fraudes y proveer de azogues y sólo ha conseguido múltiples persecuciones. La mina se agota, la explotación se hace cada día con más riesgo, insiste nuevamente (1762-junio-28) cerca de Arriaga sobre su ruego anterior, la mina está en decadencia, los mineros desanimados, llegó un momento en el que sólo es rentable trabajar en murallones, cielos, estribos, suelos, pero esta explotación no la puede consentir por estar prohibida. Continúa Ulloa con su idea fija, pide por tercera vez (1762-diciembre-18) a Arriaga se designe sucesor para retirarse a España.

Pretende hacer una nueva petición de cese y, al mismo tiempo, dar cuenta de las actuaciones y producciones alcanzadas durante su quinquenio de superintendencia (1758-noviembre-4 a 1763-febrero-10), primero remitida a Arriaga (1763-abril-20) y después a Carlos III, reiterando la petición de cese en el destino y concesión de licencia de retorno a España.

Los ataques de Ulloa llegan a promoverse por el propio Virrey Amat, quien comunica al Ministro Arriaga el resultado de las Actas levantadas contra el gobernador de Huancavelica, como causante de la ruina de la mina, al haber permitido la sustitución de los estribos de mineral por otros de cal y piedra, donde se acumulan múltiples pruebas de los mineros contra su gobernador.

Llegó la designación de nuevo gobernador, recaída en Carlos Berenguer, con carácter interino, quien se niega a hacerse cargo de la mina por el estado ruinoso pero en cumplimiento de órdenes superiores se efectúa (1764-septiembre-19) el traspaso, aportando Berenguer nueva documentación contra Ulloa, quien sigue echando leña al fuego; toma, en el lecho de muerte, declaración al minero Fernando Segura (1764-octubre-1) y la remite a S. M. A los pocos días pone Berenguer una comunicación a S. M. (1764-octubre-20), sobre dificultades por parte de Ulloa a entrega de documentos, dado que esperaba necesitarlos para defensa contra las acusaciones preparadas. Informa Berenguer a S. M. (1764-noviembre-24) de la situación de la mina, baja ley, labores escasas y poca

seguridad de sustentación. Entrega Ulloa a Berenguer la caja y un informe del estado de la mina, lo cual es puesto en conocimiento de S. M. (1764-diciembre-15).

Al regreso a la Península emite Ulloa (Habana 1765-febrero-5) al Ministro Arrillaga un testimonio de entrega de las minas y posteriormente (1765-febrero-12) un detenido informe sobre el asunto.

Remite el Virrey de Perú (1765-marzo-3) Manuel de Amat a Arrillaga, testimonio de cartas y autos, enviados por Ulloa desde Panamá. Estos documentos, según el Virrey, suponen un conjunto de calumnias contra el Gremio de Mineros, vecinos de Huancavelica, Oficiales Reales, Gobernador interino, Fiscal, etc., lo que indica una manifiesta mala fe en la conducta de Ulloa, merecedor de un castigo.

Los enemigos de Ulloa no cesan, el Virrey de Perú, Amat, insiste (1766-febrero-12) cerca de Carlos III, sobre el lamentable estado en que Ulloa entregó la mina al final de su gobierno y se aprecian las intenciones de que sea encausado. Todo llega a su fin, por R. C. de Fernando VI (1768-mayo-3) se notifica la designación de un juez residente, para todas las causas en tramitación contra Ulloa, de la cual se acusó el oportuno recibo (1769-julio-13).

Esta evolución de la situación de Ulloa es análoga a las de otros hombres de ciencia, con actividades mineras, principalmente docentes, en el Perú.

El Catedrático de Prima de Matemáticas y Cosmógrafo Mayor de las Indias, D. Cosme Bueno, con la participación activa de los militares Manuel Martínez de la Rúa, Pedro Ruiz y Diego Machado, mantienen un coloquio en su Universidad de San Marcos, con asistencia de las personalidades más destacadas: Virrey, Audiencia y Tribunal. En la introducción destaca la influencia de las Matemáticas en la guerra y en la política y añade "servirán para una mejor explotación de las riquezas mineras, de las que depende la opulencia de este Reino" ... "debido a su escaso desarrollo, están olvidadas muchas minas ricas, o perdidas, por falta de pericia en sus labores y ninguna industria que dirija sus desagües" ... "Con las luces que darán las Matemáticas, llegarán a trabajarse como las de Sajonia y Bohemia".

Al final del coloquio parte de los asistentes se acercan al Virrey Amat, le manifiestan en los corrillos debe ponerse en marcha la idea de fomentar la enseñanza de la matemática, para bien de Perú y de España. Conforme el Virrey con sus amigos, comunica a la superioridad (1768-junio-21) la necesidad de promover en Perú la enseñanza de la matemática; llega la respuesta, por R. O. (Madrid 1769-marzo-4), le comunica el Ministro de Indias al Virrey se ocupe de la mencionada promoción.

En Perú tienen noticias de dos realidades: ser los mejores mineros y metalúrgicos de la época los húngaros y los sajones; haber contratado mineros alemanes para salvar las minas de Almadén después del desastroso incendio. En estas noticias fundamentan su petición, la cual llega a la

Corona, siempre dispuesta al fomento de la minería y beneficio, y accede a contratar ingenieros extranjeros. La primera petición que tomó estado oficial fue la del Licenciado Pedro Jiménez Morales (1773-enero) quien solicitaba se llevasen a Perú peritos en el arte de fundir metales procedentes de Hungría o de Sajonia, para enseñar a los azogueros los grandes beneficios del método. Despacha este expediente el Virrey Amat (1773-febrero-6) pidiendo maestros húngaros, peritos en la fabricación de hornos para el beneficio de los metales de plata por fundición. Petición análoga es la de D. Pedro Jiménez Morales (1773). Esta petición fue reiterada (1776-septiembre-20) por el Virrey Manuel de Grior, documento donde destaca las ventajas de extraer metales por fundición y la necesidad de traer dos expertos de Alemania.

Las explotaciones mineras empiezan a presentar síntomas de intranquilidad, principalmente las de Huancavelica, hasta el punto de dirigirse el Gobernador Juan Fernández de Palazuelos (1776-septiembre-3) al Ministro Gálvez sobre la necesidad de establecer en estas minas un ejército para atajar los alborotos continuos. Como a toda innovación que representase incremento de gasto era necesario acompañar la propuesta de obtención de estos recursos, sugería la imposición de un derecho de entrada sobre el aguardiente consumido por los indios. Este consumo era elevado y en continuo incremento hasta el punto de proponer el Visitador Areche al Ministro Gálvez un aumento del precio con un impuesto de cuatro pesos por botija, recargo aprobado por R. O. (S. Ildefonso 1781-agosto-1).

Sigue preocupando la necesidad de establecer enseñanza de la minería, la cual podría simultanearse con otras misiones importantes para los beneficiadores proponiendo el Gobernador de Huancavelica, Juan Fernández de Palazuelos (1776-septiembre-3), al Ministro Gálvez, el establecimiento de un laboratorio químico-metalúrgico, con el fin primordial de la instrucción. Esta petición la reiteró (1776-noviembre-15), pues al parecer se había extraviado.

El último cuarto del siglo XVIII, correspondiente a la iniciación en Europa de la enseñanza organizada de la minería, promueve en Perú múltiples deseos de actualidad, manifestados con propuestas para el establecimiento de las mismas en Lima, Potosí, Cuzco, etc., los casos específicos los recogemos en sus respectivos subcapítulos. Los de Lima como capital del Reino, figuran entre los generales del Perú. Estas enseñanzas quedaron establecidas (1785) indirectamente al extender Carlos III al Perú la ordenanza minera de México.

Se entrega (Cádiz 1786-octubre-13), un proyecto de José de Lagos al Marqués de Seone, en defensa de los intereses mineros de Perú, destacando entre los temas tratados, la creación de un Banco de Minería y un Colegio de Metalurgia en Lima; su articulado es sumamente interesante, como puede apreciarse en el extracto siguiente:

Número 191. En las habilitaciones figura incluido el "Colegio de Metalurgia".

Número 192. De los 510.000 pesos para el Fomento de la Minería, se costearía la conducción y sueldo de los Físicos de Metalurgia hasta ponerlos en Buenos Aires, fábrica del Colegio de esta Ciencia, con sus oficinas, utensilios, capilla. Pero los sueldos de dichos Físicos en lo sucesivo, subsistencia de los colegiales y demás necesarios en razón del mencionado Colegio, se harán sucesivamente y demás quinquenios de cuenta de la utilidades que a favor del fondo rindan las habilitaciones.

Número 193. Las fábricas de ...casas de enseñanza...

Número 202. ...en el primer quinquenio se aplican 510.000 pesos para la fundación del Colegio Metalúrgico, sus Directores, traslación de las oficinas de apartado...

Número 203. Mucho desconsuelo causa ver en un Reino de la extensión de el Perú cuyas riquezas en las entrañas de la tierra decantan sus archivos, haya de estar sujeta su felicidad de los descubrimientos a un solo individuo que es Covet, ¿con quién consultará este hombre las dudas y embarazos que a los primeros pasos se le presenten? No tiene con quien acordar y resolver las complicaciones que de continuo se le presentaren en la variedad de beneficios que piden aquellos metales.

Número 205. Si logramos tres maestros de Metalurgia escogidos con sus ayudantes, uno por dirección de nuestros embiados, con arreglo a las instrucciones que se les dirigieron, ilustrarían con su ciencia práctica a los mineros peruanos y lograría la nación las riquezas de aquella América, y que produjese su erario los fondos para sostenerla.

Número 213. Para conseguir los metalúrgicos que se proponen, basta asegurarles por dirección al primero 4.000 pesos anuales, 3.000 a cada uno de los segundos y 1.200 a cada uno de los dos ayudantes costeándolos hasta el Puerto de Cádiz y de este a Buenos Aires por cuenta del fondo de utilidades de las avilitaciones.

Número 215. Visitado uno y otro reino, situarán el Colegio de la Capital de Lima, para instruir a la juventud que quisiera abrazar esta ciencia, bajo las ordenanzas que se acordasen y desde el mismo Colegio trabajarían continuamente en el beneficio de los metales que remitiesen los mineros para su examen, logrando por este medio la noticia del modo con que debían beneficiarlos y el desengaño en el caso de no ser útiles. Construirían máquinas hidráulicas para los desagües y a los minerales de consideración, acudiría uno a dar las disposiciones convenientes, en los casos precisos.

Número 260. De los 48 colegiales que con la dotación del fondo han de subsistir en el Colegio de Metalurgia, se hará elección de ellos en las cinco intendencias y para que unas y otras disfruten del beneficio respectivo se han regulado: a la de Lima 13 jóvenes, a Cuzco 11, a Guamanza 9, a Arequipa 8, a Trujillo 7.

Número 261. Para el ingreso será necesario justificar haber estudiado filosofía y suplir los actos de oposición,

preferencia a quienes no tengan raza de mulato, guardando proporción en el número de españoles-indios-mestizos.

Número 262. Describe el uniforme de paño azul con collarín blanco... Tendrán una asignación mensual de 15 pesos de importe de la beca.

Número 263. Da con todo detalle un presupuesto sumamente interesante.

Satisface en la lectura de estas normas, la doble orientación del centro, enseñanza e investigación, esta orientada principalmente en dos campos. El beneficio del metal, donde se aprecia la preocupación por aquellas menas iguales aparentemente, pero diferentes en su comportamiento con los diversos procesos de enriquecimiento, por ello siempre proyectaban las Academias con un laboratorio de apartes. El otro aspecto es la lucha contra el agua y la ventilación en las minas. En todos los escritos se aprecia una preocupación preponderante por este aspecto, por ello considerábase indispensable en toda Academia un Banco de avíos.

Como base de enseñanza, puede considerarse la formación de colecciones de minerales ordenada por R. O. (1788-septiembre-30) con instrucciones complementarias, sobre su formación (R. O. 1790-marzo-15) acusando recibo por el Virrey Francisco Gil de Taboada y Lemos del método a observar para su ejecución (1790-septiembre-5) al Ministro Antonio Valdés y Bazán. Con la misma fecha acusa recibo el Virrey al Ministro de la obra inglesa de "Elementos de Mineralogía" remitida para instrucción de los mineros, y también le informa de haberse mandado traducir del francés una obra análoga sobre beneficio de metales del barón de Borne. La traducción fue suspendida, según comunicación (Lima 1791-septiembre-20) del Virrey Gil al Ministro Conde de Lerena.

Es objeto de amplio comentario el establecimiento del esperado Seminario remitiendo (1790-octubre) una serie de observaciones, sobre el mismo el Virrey Gil al Ministro Lerena, destacando la importancia del establecimiento del deseado centro docente.

Todas estas actividades dieron lugar (1786-octubre-20) a un informe al Virrey Teodoro de Croix sobre la reimposición de las Ordenanzas de Minería de Nueva España, con adición de sugerencias para su adaptación más fácil al Perú y el pronto establecimiento del Seminario de minería.

Consecuencia de la continuada demanda de mineros alemanes fue el contrato programado por Elhuyar con sujetos sajones, para pasar destinados a los establecimientos de minas de S. M. en América, al que el Embajador en Austria, Marqués del Llano informa (Viena 1787-diciembre-19) de ser el Barón muy hábil y útil a la ciencia. Un minucioso escrito de Fausto de Elhuyar al Ministro Valdés (1788-febrero-3), clasifica y divide a todos los contratados para América. La división 3.ª, destinada a Perú, está constituida por el Barón de Nordenflicht, con buenos principios de las ciencias auxiliares, abraza toda la minería, es capaz de dirigir y gobernar asuntos mineros en zonas muy amplias, como el reino de Perú, destaca entre todos los con-

tratados por su instrucción, su formación, su cuna y el empleo dejado en Polonia para entrar al servicio del Rey de España, acreedor a ser Jefe de cualquier División y es designado primer director de la expedición de mineros al Reyno del Perú (R. C. 1788-abril-1). Le acompaña el metalurgo Antonio Zacarías Helms, muy experto en diversos aspectos del beneficio con algunos conocimientos de labores subterráneas, a quien por R. C. (Aranjuez 1788-abril-1), le concedió S. M. el Rey el título de director de beneficio de minerales en el Perú. El Perito facultativo Carlos Federico Mothes, especializado en labores subterráneas y cinco maestros prácticos, Juan Voguel, Juan Eckart, Carlos Fleiscvher, Juan Adler y Antonio Hahn.

Los detalles conservados en el Archivo General de Indias, sobre el desplazamiento de los 32 miembros componentes de la famosa expedición de mineros alemanes a los virreinos de América, es sorprendente por la riqueza de documentos, cuentas personales, de los familiares, de sus criados, del paso de los procedentes de Hamburgo por La Coruña (1788-febrero-17), por Madrid, el embarque en la fragata "La Infanta" (1788-abril-23) rumbo a Buenos Aires, los gastos más insignificantes de transporte de sus equipajes, alquiler de caballerías, carreteros y de mozos, abonos a los patronos de lanchas, cómo se les han de hacer los descuentos de anticipos o de abonos en Alemania o en Polonia a los familiares, etcétera.

El Ministro de Indias Bailio Frey Antonio Valdés comunica (R. O. 1778-abril-9) al Virrey del Perú, la ida de los profesores de minas extranjeros y éste acusa recepción (Lima 1788-noviembre-16) de la R. O. Ya se piensa en encomendarles trabajos; con la misma fecha de acuse de recibo de la R. O. oficia también el Virrey transmitiendo al Ministro Valdés el deseo del Superintendente de Buenos Aires para que el Barón de Nordenflicht y un geómetra subterráneo, hagan un viaje a Lima para reconocer el sacavón de la Villa de Potosí.

El Ministro de Indias, considera se debe actuar con prudencia, antes de tomar decisiones, consulta con sus asesores, tal es la R. O. (1788-mayo-2) a la que acusa recibo el Virrey (Lima 1788-diciembre-5) así como a las copias de las reflexiones de Luis Proust que le acompañaban y del informe sobre ellas del Director de Minería Fausto de Elhuyar, con la instrucción concreta de esperar la llegada del Barón de Nordenflicht, para el cumplimiento de la R. O. relativa al perfeccionamiento de las fundiciones de cobre y estaño.

La expedición llegó a Buenos Aires (1789-septiembre-18) sin conocimiento del español e inmediatamente buscan intérprete, designándose por R. O. (1790-febrero-23) a Antonio Tomás Sánchez, con una asignación de 25 pesos mensuales.

Comienzan las intrigas sobre la actuación de la expedición alemana, por parte de quienes desean continúe todo sin la introducción de disciplina administrativa y laboral y técnicas nuevas. Uno de los primeros comen-

tarios sobre la actuación de los mineralogistas alemanes es el de Juan de Oyarzábal (Santiago de Chile 1789-julio-13) en carta reservada al Virrey Teodoro de Croix. Llega la expedición a Potosí, donde se detienen para cumplir algunas de las misiones encomendadas, quedando en dicha localidad Daniel Weber con algunos colaboradores para reconocimiento del socavón e iniciar, cuando ultimen, la instrucción de los mineros, continuando el resto a Lima, según comunicación del Virrey (1789-febrero-16), la llegada de la expedición a Lima (1791-enero-20) da lugar a la indicación del Barón de ser insuficientes las asignaciones, sueldos con los que es imposible mantenerse.

Llegaron los expedicionarios alemanes, proyectaron el Laboratorio Químico-Metalúrgico y Docimástico, con el triple fin, docente, investigación e industrial, se dispuso de los créditos, pero las obras no se terminaron y hay dificultad en los pagos. El Virrey Lerena se dirige al Barón (1791-diciembre-26) para que del fondo de minería se le den las cantidades necesarias para la terminación del Laboratorio, promovido por el propio Barón y con la ansiedad por parte de algunas personas de aclarar estas actuaciones, el Director General del Gremio de Minería, Dionisio Franco, emitió un informe sobre el particular (Lima 1792-marzo-26).

Falta poco para ultimar el Laboratorio modelo proyectado, su promotor el Barón de Nordenflicht es un dechado de solicitud, celo, actividad, conocimiento económico y constancia, en lucha constante para conseguir su obra, frente a la torpeza y lentitud de los operarios del país, carestía de materiales, escasez y repugnancia en franquearle los caudales, dificultades superadas gracias a su constancia. El crédito personal del Barón le ha permitido conseguir caudales para esta empresa renovadora de la minería, no pagada por quienes debían sostenerla como obra propia. Un extranjero con un crédito y reputación conseguido con su talento, es continuamente constraído, contradecido y sofocado, en lugar de facilitar los medios para acabar la obra, sólo se le ponen dificultades, hasta el extremo de entregarlo todo al abandono, término en que quedó reducido, desde el gasto del último peso de los 20.850 en los que se calculó la obra, con denegación formal de ninguna otra cantidad. Por medio de sus amistades particulares logró 8.000 pesos para la continuación de la obra. El encarecimiento sobre lo presupuestado se debe a la actividad, genio, talento y costumbre de los individuos con quienes debe operar, circunstancias esenciales, desconocidas por el Barón, lo que hace subir el gasto a más del duplo de lo calculado.

Esta obra, considerada como una demostración pública de los conocimientos del Barón, según el Director General, aportará un importante beneficio venidero del gremio, conforme al plan de las escuelas teoricoprácticas de las ciencias y de las artes concernientes al adelantamiento de la minería, y su deseo que de este modo se aproveche la favorable ocasión de los conocimientos

del Barón y su mira en la obra, para que tenga su lugar en el plan de mejora de la minería.

Es aspiración dar a la enseñanza unos conocimientos tan esenciales como abandonados, siendo expresa voluntad de S. M. sea promovida por sus ministros. Pensaba el Barón poner máquinas útiles, con excesivo gasto, de algunos miles de pesos, manifestando en público su propósito de buscarlos y poner en conocimiento de S. M. la cuantía de los fondos suplidos y los que esperaba le proporcionasen.

El Director General en su dictamen propone el abono inmediato al Barón, sin causarle molestia alguna, de la totalidad del dinero que ha suplido y del necesario para la conclusión de la obra, hasta la total satisfacción de su promotor.

Este dictamen resultó opuesto al General del Gremio de la Minería, pero tiene en su apoyo la justicia de las severas disposiciones de S. M. sobre la prosperidad del Reino y el beneficio del propio gremio que lo resiste. A favor del programa del Barón está la R. O. (1791-febrero-18) que manda se hagan las máquinas necesarias para las experiencias, así como otra R. O. anterior (1788-abril-9) para que el Barón introduzca y enseñe los nuevos beneficios y métodos observados con suceso en Europa, sin que obsten las hablillas y rencores populares que en contra (dictamen Diputación de Guantafaya) se han esparcido. Deben hacerse las máquinas necesarias como medios indispensables para conseguir el fin propuesto, dirigidas y acabadas a entera satisfacción.

Si no llega el caso de que se opere, enseñe y hagan comunes estos conocimientos, jamás saldrá la explotación de minas en que está vinculada su riqueza y felicidad, del yugo y de la ignorancia en que ha permanecido envuelta, sin que obsten las alabanzas y especies por el amor propio, alentadas de esta misma ignorancia (respuesta Diputación de Caylloma).

Diputados y Diputaciones convienen en que la obra del laboratorio hecho en la capital, aún cuando estuviese concluida y perfecta en todas sus partes, sería una obra inútil, que lo gastado es perdido, y debe abandonarse en el estado en que se halla, para evitar mayores pérdidas, pero el Director General ni cree se puede pensar de ese modo, ni se conviene con semejantes ideas.

Quiere S. M. y ha empeñado su autoridad, para que las ciencias y artes relativas a la explotación de minas y beneficio de metales, se introduzcan, enseñen y practiquen en el Perú, sus soberanas demarcaciones se han extendido al extremo de solicitar y embiar a su costa sujetos facultativos, que pongan inmediatamente en ejecución la empresa, indicando o prescribiendo la prontitud de ella con el corto tiempo que limita la residencia de ellos (10 años) en el Reino, formándose peritos facultativos de minas y peritos beneficiadores previstos en la Real Ordenanza.

El Barón con las credenciales dadas por S. M., tiene suficientes títulos para ser creído y ayudado, mientras

repetidas, solemnes y muy comprobadas experiencias demuestren lo contrario. Debe ayudársele en su opinión, de que sin laboratorios y máquinas no hay ensayos y sin ellos y los experimentos, ni se aclaran las dudas, ni se instruyen en las operaciones, ni se propagan los conocimientos, ni se ponen en ejercicio las soberanas disposiciones de S. M. dirigidas al bien de estos mineros y felicidad del estado. Su carencia debe considerarse como un medio sin el cual, nada de los que se ha hecho podía producir la utilidad convenida. Las operaciones con máquinas reales, están justificadas, dado que los ensayos en pequeño, producen efectos superiores y diferentes, a las operaciones hechas en grande y esta opinión es tanto más general, cuanto la experiencia la fortifica diariamente, aún entre los que operan con los conocimientos del arte de los metales, propugnamos por desvanecer o aclarar ese terrible nublar de oposición, sin bastante fundamento, sufrido por una empresa interesante.

La comisión dirigida contra la obra del Barón, es de las más arduas que pueden encargarse a un hombre y si recae sobre un extranjero, es fácil conocer el aumento de las dificultades, contra el choque de la preocupación, se han movido intereses particulares y demás pasiones, es preciso se vea constantemente envuelto el poder por no ser suficiente su talento para sostener la obra y la paralización y pérdida será irreparable y sin remedio ni equivalente.

La obra emprendida está en la víspera de su conclusión. Sin la enseñanza teoricopráctica que se está proponiendo, jamás serán completas las medidas tomadas para mejora de la minería, esas cuevas perforadas al acaso, en las entrañas de la tierra, continuarán siendo el sepulcro de las vidas y entierro de fortunas. Con ese fin S. M. ha buscado en países extranjeros quienes enseñen y ejerciten a sus vasallos, con este fin mandó se construyan las máquinas y los edificios necesarios.

Existen otras dificultades por parte de los expedicionarios como es el no haber recibido todavía parte del equipaje, entregado en Viena al embajador de España, por el Barón Nordenflicht y sus compañeros, Antonio Helmes y Daniel Weber, reclamado por el Virrey Gil de Taboada (Lima 1792-marzo-5) al Ministro Lerena; en él, además de efectos personales, había libros y material docente.

Al iniciar el año 1793 surgen una serie de dificultades sobre el pago de las asignaciones de los mineros alemanes, tanto las dejadas a sus familiares residentes en Alemania, como es el caso de Antonio Hahn y Federico Grisbach, como para continuar el pago de los sueldos de los mineralogistas con cargo al fondo de la Real Hacienda, objeto de diversos escritos (Lima 1793-enero-20) del Virrey Gil de Taboada al Ministro Gardoqui.

El laboratorio no está totalmente terminado, pero el Barón desea iniciar sus actividades docentes e investigaciones, con este fin (1793-febrero-15) promueve cerca del Virrey una serie de expedientes sobre los temas si-

guientes: Ordenar que de los asientos de minas se bajen las muestras de mineral necesarias para proceder a las pruebas de amalgamación en el Laboratorio. Se nombre a José de Zearro y a Gregorio Vázquez maestros herrero y carpintero del Laboratorio indispensables para iniciar las actividades. Destino de cierto número de jóvenes al Laboratorio para enseñarles las técnicas de amalgamación de los minerales de plata, a quienes se les fijará una asignación, como ocurre con la escuela análoga de Almadén. A este punto contesta el Virrey (Lima 1793-febrero-21) negándose a conceder la gratificación a los jóvenes. Como ninguna de sus propuestas prosperó, se dirige a Diego Gardoqui (Lima 1793-febrero-26) dando cuenta de la poca ayuda recibida en su comisión y pide se le envíe a España donde terminará el tiempo de su contrato.

Las dificultades no ceden; el Barón se queja (1793-marzo-26) al Ministro Gardoqui, es reiterado el escrito (Lima 1793-abril-26), con renovación de la petición sobre la sustitución de los funcionarios del Real Tribunal de Minería por su notoria ineptitud y oposición ante cualquier innovación científica de la minería. Todas estas contrariedades, originadas principalmente por la continua oposición del Tribunal, le ocasionó al Barón una enfermedad muy grave; cuando inicia la convalecencia, se dirige (Miraflores 1793-julio-26) a Gardoqui informándole ampliamente de lo ocurrido y de haber iniciado durante su enfermedad el levantamiento de un horno, para el beneficio de metales por buitrón, en lugar de atenerse a lo proyectado.

Las múltiples gestiones son infructuosas; el laboratorio no se finaliza; decide el Barón con gran sentimiento (1793-marzo-5 y abril-5) escribir a Fausto Elhuyar informándole detalladamente de todo lo ocurrido, sobre la oposición experimentada por los ministros del Real Tribunal de Lima, a sus actividades, a las operaciones que pretende establecer en el beneficio y fomento de aquellos mineros y a la enseñanza de algunos jóvenes, que instruidos por él, puedan esparcir en aquellos dominios los conocimientos teóricos y prácticos que adquieran.

En escrito de Elhuyar (México 1793-septiembre-2) al Ministro Gardoqui, entre otras cosas dice: Es necesario contrarrestar las oposiciones que la ignorancia, la preocupación y la envidia suscitan comunmente contra toda novedad; lo es para que no desmayen los que con sana intención procuran trabajar y discurrir en beneficio del Estado. Lo es finalmente para hallar las dificultades y embarazos que puedan presentarse en la ejecución de sus ideas. La formación no puede verificarse con simples ratiocinios y demostraciones sobre el papel; es preciso iniciar y efectuar prácticamente sus operaciones, esto exige preparativos de maquinaria, utensilios, materiales y oficiales, que ocasionan gastos, y es necesario se impongan en su manejo, gobierno y principios algunos sujetos, que puedan enseñarlo a otros y así propagar los conocimientos a todas partes.

El Director General de Minería de N. E. a instancia de el Barón de Nordenflicht suplica a V. E. se digna mandar al Virrey de Lima proteja a este Indio y los demas de aquella Expedicion franqueandole los auxilios necesarios al desempeño del objeto de su union a aquellos Dominios

El Barón de Nordenflicht Director de la Expedicion de Minas del Perú se lamenta en cartas que me ha dirigido con fecha de 5 de Marzo y 5 de Abril, de la oposicion que experimenta de parte de los Ministros del R. Tribunal de Minería de Lima en la practica de las operaciones que intenta establecer a beneficio y fomento de aquellos Mineros, y en la enseñanza precisa de algunos Jóvenes que instruidos por él puedan servir en aquellas Dominios, los conocimientos teoricos y practicos que adquieren; y de la Remencia que con este motivo halla en aquel Virrey a franquearle los auxilios que al efecto necesita, como tambien en proporcionar en las Minas de Ataque de Huancavelica una o sea qualquiera una Reunion de los Indios de aquella Expedicion, para que en comun cooperen a su mejor arreglo y se

Escrito de F. Elhuyar al Ministro Gardoqui (México-1793-septiembre-2) sobre las dificultades encontradas por el Barón de Nordenflicht.

Muchas de estas disposiciones ya están tomadas en el Laboratorio Metalúrgico construido en la capital de Perú, para la instrucción de algunos jóvenes y prácticas de los experimentos y pruebas comparativas sobre beneficio. Para llegar a ello, han tenido que vencer reparos y dificultades, que en su genio eficaz le han causado algunos disgustos y le inquietan las que todavía presume tener

que superar hasta el cumplimiento de sus ideas. Es necesario dar orden por el superior gobierno y evitar la reiteración de instancias y trámites para conseguirlos y precaver confirme la presunción de que sus procedimientos se miran con oposición y desconfianza.

Se deben prevenir los riesgos, de quienes planean una cosa que no conocen, por más que su imaginación se

esfuerce en representarlas, diferentemente de trazarla bajo unas reglas seguras y constantes. Evitar que por sí mismo se forme cualquier propietario de minas sin principios ni conocimientos, como ocurre generalmente con los de ese país. Es necesario comunicar inmediatamente las órdenes oportunas al Virrey de Lima.

Estos escritos no concuerdan con el resumen hecho por el Consejo de Indias (1793-marzo-10) de los oficios del Virrey Gil de Taboada (1791-noviembre-5 y 1792-agosto-26), donde aparentemente con intenciones poco rectas, se daba cuenta de haber concluido por el costo de 35.244 pesos el Laboratorio y describe las máquinas, modelos, hornos, útiles, etc del mismo.

Comienzan también las novedades tristes del Barón; fallece uno de los miembros de su expedición, el obrero manipulante Carlos Federico Griesbach (1793-noviembre) destinado en el Reino de Chile.

El minero Pedro Miralles se había dirigido a Gardoqui exponiendo que la actuación del Barón le había ocasionado considerables daños, motivo de una R. O. (1793-abril-28) para la aclaración de los argumentos e indemnización si procediese. Con este motivo el Virrey Gil de Taboada, comunica al Ministro (1794-febrero-23) la actividad desarrollada por el mineralogista y las disposiciones adoptadas para remediar la situación de Miralles, escritos donde se trasluce un continuo incremento de la tirantez en los asuntos del Barón.

Al perito facultativo Carlos Federico Mothes, destinado para incrementar la producción de Huancavelica y enseñar el laboreo, se le retiró el incremento de sobresueldo asignado, motivo de escritos de reposición del mismo (1794-marzo-23) del Virrey al Ministro.

Las clases tienden a iniciarse con el año (1794) y desea el Barón se dicten las providencias convenientes para la buena marcha del Laboratorio Químico Metalúrgico de Lima y de la enseñanza de sus alumnos, remite testimonio de las diligencias para el nombramiento de alumnos, así como ejemplares del "Diario de Lima" y del "Mercurio de Perú", donde aparece amplia información; la sorpresa del Barón es grande al enterarse que, en lugar de alumnos, le destinan al Laboratorio (1794-marzo 10) varios auxiliares con sueldo.

Un representante en Madrid de José Manuel Davalos, se dirige a Carlos IV (1794-abril-29), dando cuenta de haber sido nombrado profesor de Química de Real Seminario de Minería de Lima y haber sido desposeído del cargo arbitrariamente. Solicita se lleve a efecto la confirmación de dicho nombramiento.

Surgen enconados expedientes remitidos por el Virrey Taboada (1794-mayo-23) al Consejo de Indias con motivo de la actuación del Laboratorio, hasta el punto de consultar el Juez Comisario, Tomás Calderón (mayo-5)

sobre la suspensión de las operaciones químicas, de orden verbal del Virrey del Perú. Comisión conferida (mayo-10) por el Real Tribunal a los diputados generales Miguel Cebrián y Manuel de Villalta para comprobar los experimentos realizados en el Real Laboratorio; testimonio de los gastos hechos en el Real Laboratorio (mayo-14) de cierto número de jóvenes alumnos, que simultáneamente actúen de auxiliares del Barón en los experimentos metalúrgicos que deben hacer en el Laboratorio, y habérsele concedido en lugar de ellos varios auxiliares. Informes del consultor Manuel Cebrián (mayo-14), director accidental del Cuerpo de Minería, sobre la construcción del Laboratorio Químico Metalúrgico y demás operaciones de la Comisión del Barón. Quintales de azogue que necesita el Barón (mayo-14) para realizar los experimentos metalúrgicos por el método de comparación. Testimonio de las provincias y actuaciones (mayo-14) respecto a los beneficios comparados realizados en el Laboratorio. Expediente (mayo-14) a los hechos ocurridos en el Laboratorio entre el diputado general comisionado y los peritos facultativos. Testimonio del diario de operaciones practicadas en el Laboratorio, con las comparaciones judiciales del beneficio de metales. Como punto final de esta intriga, citamos la carta del Barón (1794-julio-26) al Ministro Gardoqui, dándole cuenta de las dificultades presentadas por el Virrey a la actuación de los mineralogistas, de haberle mandado suspender los experimentos del Laboratorio Químico Metalúrgico y ordenar la entrega al Real Tribunal de Minería.

Otra triste noticia, referente a uno de los auxiliares de confianza, es el fallecimiento del mineralogista Juan Antonio Hahn cuyo testamento en alemán es enviado a Freiberg (Lima 1795-abril-26) por conducto de Gil de Taboada y Gardoqui. La suspensión de las actuaciones del Laboratorio, causa la extinción de la cátedra de Química ejercida por José Manuel Dávalos, quien se dirige a Carlos IV exponiendo los perjuicios sufridos y solicita una pensión mientras resuelven el expediente de restablecimiento de la cátedra.

El Director General del Cuerpo de Minería del Perú, José Robledo y Granada, desea reorganizar la minería y remite (1796-febrero-23) al Secretario de Estado y del despacho universal de Minas y Real Hacienda, un proyecto de fomento del Gremio de la Minería del Perú, con varios informes favorables y contradictorios.

El superintendente de azogues, Coronel Juan Manuel Fernández de Palazuelos, dirige (1796-mayo-31) al Secretario de Gracia y Justicia una comunicación con el relato de las incidencias ocurridas desde su toma de posesión como Superintendente hasta la fecha, Manifiesta la riqueza de América en minas de oro y plata y la necesidad que la minería tiene de maestros que enseñen debidamente los beneficios de los metales por crudo y por quema, para evitar su pérdida y la de azogue.

La noticia esperada es realidad; el Tribunal de Minería del Perú se dirige (1796-octubre-26) a Gardoqui, con acusaciones contra el Barón de Nordenflicht y su comitiva mineralógica, como causantes de las desgracias del ramo de minería en el Reino de Perú.

De algunos de los desarrollos de estas enseñanzas, existe información indirecta y episódica, como la del Profesor en Mineralogía y Metalurgia, José María Caballero, quien se dirige (Río de Janeiro 1798-diciembre-12) a Carlos IV, para comunicarle que de regreso a España, con el fin de darle a conocer los resultados de su investigación sobre la minería de Perú, fue abandonado en Río por el capitán del barco en que viajaba y solicita el envío de 6.000 pesos para poder regresar a España.

Todas estas informaciones dan lugar a una R. O. (1798-junio-12) donde dispone el Rey se habra otra investigación sobre las actividades del Barón en Perú, retenida al parecer hasta darle estado oficial (Lima 1800-septiembre-16) del Virrey Marqués de Osorno. Puede que la retención sea ocasión de otra comunicación anterior (Lima 1799-julio-31) previniendo al Director de la Real Tribunal la próxima expulsión de su cargo, si persisten los ataques al Barón y al Virrey.

En escrito de Manuel Redondo (Lima 1801-noviembre-3) regente de la Audiencia Gobernadora de Lima al Ministro de Hacienda, se le informa del fallecimiento del Maestro destinado en Chile, Juan Gottlob Kühn y del traslado a Potosí del Maestro Juan Gotthelf Vogel.

Informa por escrito el Barón de Nordenflicht (Lima 1802-agosto-26) al excelentísimo señor don Pedro Ceballos y Guerra, y entre sus párrafos figuran los siguientes: "en vista de tantos desórdenes no me atrevo a comparar el Gremio de Mineros de este Reino con el de Navieros, que notoria y abiertamente impugnan cuanto de orden de S. M. se ha procurado y procura introducir"... "tristemente sueldos hoy reducidos a 14. 518 Rs.. que percibo del fondo de Minería, cuyo Tribunal constantemente repugna satisfacerlos"... misión que "han tergiversado e inutilizado estos intrigantes"

El Barón insiste en el escrito acerca de su conferencia con el Virrey y Marqués del Socorro, sobre el establecimiento de una Academia de Minería, en lugar del Colegio previsto en la Ordenanza y cuyo costo sería casi insostenible, idea acogida favorablemente por el Virrey, con favorables disposiciones para su fundación, frustradas por su enfermedad y fallecimiento... "Solicita y espera conseguir de S. M. las facultades necesarias para que yo pueda proponer al Gobernador y emplear en dicha Academia con entera inhibición del Tribunal, aquellos individuos que considera más idóneos para la enseñanza".

Según la Ordenanza Minera en su título 18, del artículo 7.º, corresponde al Director General la dirección

y gobierno del Real Seminario y propuesta de personal para Maestros Profesores. ¿Si el Director de Minería carece de la instrucción teórica y práctica de las Ciencias, como seleccionará a los profesores?

Para el trabajo de minas y beneficio, no habrá otros desempeñadores que los formados en la Academia de Minas con anticipación y sólidos principios, sin contar ya con los actuales individuos de mi expedición, que por falta de ejercicio en aquel Reino y por achaques, apenas podrán servir para que los colegiales instruidos en la especulación, puedan adquirir algunas luces en la práctica.

Ningún encargo determinado considero de más trascendental provecho, que la fundación de dicha Academia, para sembrar y propagar la ilustración de que tanto huye el Tribunal de Minería, y por consiguiente esta Comisión, debe y sólo puede realizarse con independencia de él, y bajo los auspicios y con el acuerdo de este Supremo Gobernador durante su establecimiento subsiguiente, cuando al mismo tiempo sirva la plaza de Director un minero inteligente y capaz de sostener y llevar adelante los fines saludables de dicha creación. Es general el beneficio resultante para todos de que se provea de Peritos Facultativos para el laboreo de sus minerales. En esto fue absolutamente desobedecida la Ordenanza de Minas por el Tribunal, por lo que se hace digno, al menos temporalmente, de ser suspendido de su inspección y facultades.

El funcionamiento del Colegio Metalúrgico de Lima, aparentemente estaba normalizado, tanto con súbditos españoles como extranjeros; entre estos figuraba Simón Moriggia, natural de Milán, quien solicitó (1803-julio-16) de Carlos IV una pensión en atención de los servicios que había prestado al Colegio.

Al Barón, además de las actividades del Colegio, se le encargan misiones fuera de Lima, imposible de atenderlas sin dietas, dado lo reducido de los 7.000 pesos de sueldo anual, por ello el Virrey Marqués de Avilés, solicita (1803-enero-23) del secretario de Hacienda, el abono de las dietas.

El expediente que había promovido el Barón para ser restituido a su patria, junto con otros mineros alemanes, sigue su lentísimo trámite, se comunica por R. O. (San Lorenzo 1803-noviembre-17) al Virrey de Perú, Marqués de Avilés, informe sobre la misma y cumplimiento de la R. O. (1803-agosto-4) en que S. M. manda se la informe en adelante de la ocupación de los mineros sajones y su aprovechamiento. Los sajones continúan disminuyendo, el último fallecimiento es Juan Goliobt Eckart, obrero manipulante cuyo óbito fue comunicado (1804-marzo-8) al Ministro de Hacienda.

Los asuntos del Colegio y de la Comisión llevan una demora extraordinaria, transcurren los años y los expe-

dientes no se resuelven, reitera el Barón entre otras (1804-julio-8) a Pedro Ceballos y Guerra, la necesidad de crear un empleo que suponga una magistratura suprema y vitalicia en su persona, único medio de evitar los grandes e insuperables estorbos, que en su afán de fomentar la enseñanza e investigación ha tenido que sufrir durante los diez y siete años que lleva comisionado en América.

El expediente sobre la inutilidad de la expedición mineralógica del Barón de Nordenflicht y conveniencia de dar por terminada su gestión y se les envíe a Europa, está finalizado y remitido (1805-marzo-8) al Ministro de Hacienda, consta de 13 testimonios y la impresión es favorable a la retirada de la expedición. Las dificultades por parte del Virrey y del Tribunal de Minería continúan así lo comunica el Barón al Ministro (1807-julio-23-diciembre-8) motivo de la comunicación de Ramón de Posadas (Madrid 1808-noviembre-11) a Francisco de Saavedra. El Tribunal de Minería suspende los sueldos de tres miembros de la Comisión de mineralogista, ocurren incidentes con dichos organismo y el Barón solicita (1808-junio-8), del Ministro de Hacienda Miguel Cayetano Soler, una protección eficaz o su retirada a algún departamento de minas como Tarma, Trujillo o Potosí. Consecuencia de estas incidencias el Virrey Abascal (1809-diciembre-23), en escrito al Ministro de Hacienda, reproduce el dictamen de su antecesor de dar por concluida la misión de los mineralogistas en el Perú, por no haber hecho ningún adelantamiento durante los veinte años. El Tribunal de Minería del Perú al Rey (1810-enero-20) expresa con testimonio lo gravoso para la Real Hacienda y el poco fruto obtenido. Llegó el momento final por R. O. (Cádiz 1810-septiembre-22) se declara concluida la misión mineralógica y deja en libertad a sus miembros para regresar a su país de origen o permanecer en América. Los sajones se proponen regresar a Europa, la asignación de retiro es reducida, el Barón (1813-abril-21-agosto-20) solicita sea aumentada y en diversas fechas lo hacen otros miembros de la expedición, también solicita el Barón (1813-septiembre-27) el abono de los gastos y dietas ocasionadas en diversas comisiones oficiales y todavía no percibidos. El Perito Facultativo Carlos Federico Mothes, con un brillante historial profesional en Perú, decide volver al país donde permaneció tanto tiempo y solicita del Ministro (Cádiz 1813-octubre-19-noviembre-7), permiso para volver a Lima, dado que ya no podía retornar a Sajonia. Como final de la Comisión, es la comunicación del Virrey Marqués de la Concordia (1813-abril-14) al Secretario de Estado y de la Gobernación de Ultramar, promovida por el Tribunal de Minería, de la suspensión de las asignaciones hechas en calidad de retiro al Barón de Nordenflicht y a su comitiva.

Esta detallada exposición tiene por objeto demostrar, como una misión científica e industrial admirablemente planeada con todo detalle y garantía, con el incondicional

apoyo de S. M., en bien del Reino de Perú, no logró el éxito esperado por las intrigas e intereses creados entre los nativos o avencindados en el país.

Las actividades del Colegio finalizaron con el retorno a Europa de la expedición de los mineralogistas, como ya era esperada, se fue preparando la creación de otro organismo. Se inició (1808) con la creación de un Colegio de Medicina, pensamiento considerado útil a la humanidad, fue apoyado con la oferta de algunos particulares y cuatro corridas de toros, fuente de los primeros fondos invertidos en la construcción del establecimiento, además donó el prelado 60 pesos con la obligación del Colegio de mantener una beca para la ciudad de Cuzco. Se concluyó el edificio, se ajustan los estatutos y el plan de estudios, se inauguran inicialmente las clases de matemáticas, anatomía y medicina clínica, con esperanza de su inmediata aplicación a las otras disciplinas. El Colegio queda bajo la advocación de San Fernando, se dota la cátedra de geometría.

El protomedicato general, aprecia la urgente necesidad de establecer la Cátedra de Química y Mineralogía, cuyo estudio es fundamental, por las minas que abundan en Perú, su principal fuente de riqueza.

Oficia el Virrey a los miembros del importante ramo de la Minería, a fin de que costearan el establecimiento de dichas cátedras y de un laboratorio conforme al pensamiento de los mineros.

Como medio de subsistencia propone el Virrey dotar un rector eclesiástico, rentar becas para individuos nobles del Virreinato y los fondos de una corrida de toros, además de las ocho que tenía señaladas anualmente. El rector se sostendría con capellanías dotadas, fondos que nunca pueden estar mejor empleados que "en personas dedicadas a la instrucción pública". Con el sobranje de la contribución de los indios al hospital se sostendrían las becas para los indios y si era posible ayudaría a costear a los profesores.

Este expediente finalizado por el Virrey Abascal (1810-enero-13) pasa a Carlos Abello presidente del Colegio de Cirugía Médica (1811-junio-19), le parece bien pero arbitrando medios para reducir gravamen alguno al erario público. Al Contador General de Ultramar le parecen bien (1812-marzo-2) los arbitrios que echan mano para costear el Colegio. Se dispone (1812-septiembre-29), que, sin esperar a la reunión de las Cortes, quede aprobado interinamente el Colegio dada su utilidad.

El apoderado en Cádiz del Real Tribunal de Minería de Lima, Luis de Gargallo, solicita (1812-marzo-3) del Consejo de Regencia, se formen nuevas Ordenanzas de Minería para el Reino de Perú y el establecimiento de un Colegio de Minería, por resolución del Consejo (Cádiz 1812-mayo-7) pasó a informe de la Comisión encargada de arreglo de los tribunales, la cual informa (Cádiz 1812-octubre-23).

El Diputado a Cortes por el Reino de Perú, Juan Antonio Andueza, solicita del Consejo de Regencia (Cádiz 1812-noviembre-6) dada la necesidad en Lima de un Colegio de Mineralogía y otro de Medicina, la creación de uno donde se impartan ambas enseñanzas, con el fin de reducir gastos, el Consejo de Regencia informó rápidamente (1812-noviembre-7) y comunica a los Diputados Secretarios de las Cortes Generales (1812-noviembre-18), le notifican al encargado del despacho de la Gobernación de Ultramar, la decisión de que el Consejo de Regencia informe sobre el establecimiento de un Colegio Mineralógico en Lima y sobre los fondos para su mantenimiento.

Las enseñanzas no se establecen como era el deseo; es necesario formar mineros para el Reino de Perú y por R. O. (Madrid 1814-marzo-24) se ordena al Presidente del Tribunal de Minería envíe al Colegio Mineralógico de México seis hijos de mineros pobres, como alumnos de dotación, para el estudio de las ciencias necesarias al ejercicio de su profesión.

El documento más reciente consultado referente al Colegio de Lima es una Real C. (Madrid 1820-agosto-20), comunicando al Virrey Joaquín de la Pezuela el nombramiento de Mariano Rivera y Ustáriz director de las minas del Reino y Profesor de Mineralogía, indicio de la posible normalización de la enseñanza.

VI-2-b. LIPES

La provincia de los Lipes fue la primera de América donde se enseñó el beneficio de los minerales. Iniciada la enseñanza en el último cuarto del siglo XVI, durante el reinado de Felipe II de España y Portugal, labor justificada con los siguientes palabras, brotadas de los labios de Barba en dicha provincia: "Lo primero y fundamental de los demás es, a mi ver, que el magisterio del beneficio de metales lo trate quien lo entienda, y no sin autoridad, y licencia pública, precediendo examen para ello, pues sin esto no pueden usarse oficios, cuyos yerros son sin comparación de muy menos importancia". Establece como condiciones de buen beneficiador honra cristiana, par que andando siempre con las manos en la mesa no se le pegue nada; conocimiento de los metales, para discernir los más propios del azogue y cuales para la fundición; conozca las malezas que les acompañan y el modo de quitarselas: pues no hay nada que tantos y tan ciertos daños ocasione como un beneficiador de mala conciencia.

Describe así su llegada: "Recién descubierto el rico asiento de San Christoval de los Lipes, fui yo a aquella Provincia", y comenta: "Arrancando unas matas de tola, leño ordinaria de esta tierra, sacó con la pequeña raíz, un indio que me servía, una piedra rica de metal con plata blanca machacada, a media legua de las Minas de San Christoval de Achocalla en los Lipes".

Es curioso el relato sobre el descubrimiento del filón principal: "cayó de un arcabuzazo una liebre, hallóla el que la mató atravesada sobre un riquísimo sarellón de metal de plata; puso por nombre a esta veta descubridora Nuestra Señora de la Candelaria".

"Estaban las calles de los pueblos, quando yo fui a ser su Cura, llenas de grandez menuda, de metal muy rico, que recogí y aproveché."

Esta ciudad de los Lipes, es en importancia la tercera de este Reino, después de los de Potosí y Oruro, "por estar poco poblada de españoles aquella Provincia, sobran en ella todo género de incomodidades".

Gran satisfacción me produce este continua educación de beneficiadores, por ello continúo "alentando... los ánimos de los que se ocupan en la labor de las minas, de que tanto aumento se le sigue a la Real Hacienda de su Magestad y bien de sus Vasallos".

Enablado el beneficio por el azogue, "proveyo Dios para tan excesivo gasto del abundantísimo mineral de Guancavelica". De la mina de Guancavelica conocían los indios el cinabrio, pero desconocían el azogue, descubierta por Enrique Garcés Portugués en el año 1566, llegando a producir anualmente unos 8.000 quintales de metal.

Mientras vivió Barba, nunca abandonó las visitas frecuentes a Lipes; durante sus estancias asesoras e instruye en las labores mineras y de beneficio, donde había residido durante siete años.

Han transcurrido cerca de dos siglos desde la llegada de Barba a esta Provincia y todavía perdura su memoria. Un Corregidor de la Villa de Lipes, Juan Gregorio Piñero y Sarmiento, promueve (1776-septiembre-22) un expediente por vía reservada. "Persuadido de la gran importancia que hai en aquellos dominios del establecimiento de una Real Academia de Arte Metálica, Mineralúrgica y Phisico experimental"... "en cuyo beneficio se lograran la mejor labor de las minas, el aumento de los metales, el destierro de los errores autorizados por la ignorancia y se evitaran las abundantes pérdidas que anualmente ascienden a muchos millones, se lograran los aumentos de la Real Hacienda y la utilidad en común del Estado".

La preocupación en la creación de estos establecimientos docentes, es el incremento de gastos. "No traeria gravamen a la R. Hacienda, que sus precisos gastos y subsistencias penden de arvitrios muy suaves a beneficio común de aquel Reino, interesado en los adelantamientos que produciría esta escuela... dispensando los auxilios necesarios para llevarle atada su perfección con brevedad, solidez y a la claridad que convenga y demuestre la vitalidad que producirá esta Real Academia, sin cuya escuela, o estudio en el Arte Metálica, no se adelantara cosa alguna en el beneficio y labor de las minas del Perú, que se hallan tan atrasadas por falta de conocimiento, como desde la conquista de aquel Reino, que hace dos

siglos y medio, y se desperdicia de unos minerales la tercera parte de la plata, por falta de conocimiento y estudio de la Geometría práctica para medir las distancias, profundidad, rumbos, de la Maquinaria para los Ingenieros, y Oficinas y de la Idraulica para extraer y conducir el agua donde convenga, y a la comunicación del aire en los socabones". Refiriéndose a los alumnos dice: "se instruirá a la Juventud de Nobles y Plebeyos, animado con el premio de vasallos utiles."

En nota adjunta se indica, remitiéndose al Visitador del Perú, para que en la visita "arregle el Ramo de Minas, según consta haberse mandado hacer en Nueva España. Dese entretanto una circular al Virrey, Gobernadores y Tribunal de aquel Reino, el de Chile y Provincia de la Plata y Santa Fe, para que protejan y atiendan los mineros como primeros artifices de la riqueza y felicidad del Estado".

VI-2-c. POTOSÍ

La enorme riqueza minera de Potosí requería un Colegio Metálico donde se preparasen o formasen los técnicos, capaces de practicar de la manera más racional posible el laboreo de las minas y el beneficio de sus menas. Un vecino de Lima, D. Antonio de Olier, escribe un discurso (principios 1779) a favor del establecimiento en la Villa imperial de Potosí, de una Escuela donde los indios podrían adelantar y perfeccionarse en el beneficio de los minerales, idea aceptada por el Gobernador Jorge Escobedo y Alarcón. Pronto inauguran las enseñanzas (1779-febrero-3) bajo la presidencia del activo minero y gobernador Escobedo, y la dirección del eminente Dr. José de Suero y González, denominándose el centro "Academia y Escuela teóricopráctica de Metalurgia o Arte de beneficio de metales", la cual es creada oficialmente (R. C. 1780-enero-14).

Pretende Oliver, vecino ahora de Potosí, replantear el proyecto de Escobedo y consigue una R. O. (San Ildefonso 1785-julio-27) por conducto del Ministro Gálvez, anunciando el envío a Perú de personas verdaderamente sabias, para ocuparse en los ministerios interesados.

Corresponde el momento de cese del Intendente Juan del Pino y Manrique quien había tenido una actuación personal destacada, reconocida principalmente por los miembros del Gremio de Azogueros entidad solicitante (Potosí 1788-mayo-16) de la no remoción del cargo, mientras estén en período de establecimiento las Ordenanzas que formó para el laboreo de aquellas minas, y constitución del Real Tribunal de Minería y Colegio Mineralógico. Estos Organismos ya habían sido confirmados oficialmente (R. O. Madrid 1785-diciembre-8) y remitidas las oportunas órdenes (Buenos Aires 1786-marzo-17) por Francisco Paula y Sanz al Gobernador Intendente de Potosí.

Escrito por Olier el "Discurso físico-Químico sobre la metalurgia y la docimasia", compuesto de 66 folios lo presenta como un mérito para la designación en el puesto de Director de la Academia, remitido desde Buenos

Aires (1788-septiembre-3) al Ministro Antonio Valdés quien lo envía (Aranjuez 1790-abril-23) a Francisco Chavaneau, con el ruego de examinarlo detenidamente e informe sobre el mérito, principalmente en el aspecto mineralógico y metalúrgico y simultánea indagación de la idoneidad del pretendiente. Responde el Prof. Chavaneau (Madrid 1790-mayo-10) ser el libro "un extracto de las obras de Schluther y Cramer, autores alemanes traducidos al francés" y que no se atreve a informar sobre la idoneidad para el puesto solicitado. La petición del puesto de Director y la publicación del libro, tuvieron resolución negativa (Madrid 1791-mayo-23).

El incansable Antonio Olier, sin esperar la resolución negativa de su escrito anterior, se dirige ahora desde Valencia (1789-diciembre-18) al Ministro Fr. Antonio Valdés y manifiesta ser las provincias de Perú feraces y riquísimas en minerales, con la contrariedad de no haber allí quien entienda como se debe, el mejor método de beneficiarlos, por ello escribió un discurso físico-químico sobre la metalurgia y docimasia digno de aprecio, según su criterio.

Revela el inmenso provecho que retiraría el Estado, si se consiguiera poder industrializar esas gentes mediante una nueva y más adecuada enseñanza mineralógica, para ello determinó pasarse de Potosí a España, a fin de exponer al Ministro de Indias lo mucho que convendría el hacer venir excelentes maestros de Alemania, Suecia y Polonia, que son las regiones de la tierra en donde la mineralogía se ha ilustrado particularmente. Había llegado Olier a La Coruña a mediados del año 1782, momento en que este proyecto fue bien recibido por el Ministro Gálvez, quien trató se pusiese prontamente en ejecución, empezando a disponer se condujesen luego del Norte los mencionados maestros. Empeñado siempre el proponente en que se adelantara más y más cada día, así el Real Herario como las ventajas que deberían resultar a toda la Nación. Es su parecer, que nada sería todavía más a propósito que el establecimiento de una Academia Rel de Metalurgia en la misma Villa de Potosí, al instalar como la célebre que está floreciendo en Upsal, de donde se pudiera solicitar vinieran algunos de sus sabios socios, para ser de esta otra, los primeros fundadores. Sólo de esta manera, las ciencias y las artes, podrán llegar jamás a su perfección.

De los mineros alemanes recién despachados al Nuevo Mundo, no queda, tal vez, de aquella misión costosísima, más que la memoria; pero no sería así de un Cuerpo Académico cuyas obras y observaciones, arregladas a su Instituto, se pasan a toda posteridad, excitando al mismo tiempo la emulación, en los que ya tienen inteligencia, mediante el honor y la gloria que resulta a cada cual, por su mérito, llegar a ser individuo o socio de semejantes compañías, que casi sin más motivo suelen por sí mismas perpetuarse.

También propone fundar en la Villa de Potosí una casa laboratorio de apartado, para la cual Gálvez le tenía des-

tinado a la plaza de primer Director de Minas del Virreinato de la Plata, programa no realizado por la muerte repentina de Gálvez. (Aparece una contradicción entre Perú y la Plata.)

Insiste Antonio de Olier (1797-octubre-26) cerca de Carlos IV, con el recordatorio de haberse trasladado a Madrid, para solicitar por conducto de José de Gálvez, el establecimiento de un Colegio de Metalurgia y que lo único alcanzado fue el pase al Reino del Perú de un grupo de militares alemanes con cuya actuación no estaba de acuerdo. (Esta petición de Colegio, no parece oportuna por haber varias disposiciones oficiales anteriores donde consta su creación.)

El documento más reciente de los consultados del Archivo de Indias, referente a la enseñanza en Potosí, es la petición (1809-mayo-19) del Ingeniero de Minas Guillermo de Karwin, donde después de una amplia exposición de sus méritos, solicita un puesto de Profesor en la Academia de Minería de México o en la de Potosí, confirmación del funcionamiento de ambos centros (1809).

VI-2-d. TARMA

En el oficio del Intendente de Tarma (Tarma 1786-junio-20), Juan María de Gálvez, al Ministro de Indias, Marqués de Sonora, da cuenta de haber puesto en ejecución en dicha provincia el nuevo establecimiento de minería con arreglo a la Real Orden (1785-diciembre-8), disponiendo se le diera a la minería de Perú igual protección y auxilio que a la de Nueva España. Esta disposición lleva implícito el establecimiento de un seminario. La impresión personal es de no haber llegado a ser realidad, la fundación de dicho centro, reducida a una comunicación optimista.

VI-2-e. CUZCO

El Tribunal de Visita le entrega (Lima 1784-octubre-4) a Benito de la Mata Linares, Gobernador Intendente de Cuzco, una instrucción, en cuyo Art. 47 dice: "Para fomento del Gremio de los mineros como parte la más principal la creación de un Colegio para que en esta capital se instruyan dos jóvenes de cada Mineral, elija, embie y costee en todo lo perteneciente al laboreo de minas y beneficio de metales especialmente de fundición bajo los Maestros y Reglas que se pondrán para su enseñanza tanto en las conductas de vida cristiana y política, como en las parte que abarcara este ejercicio y recomendable profesión".

VI-3. GUATEMALA

El país americano donde primeramente se intenta dar estado oficial a la enseñanza de la minería, fue Guatemala, al menos, el documento más antiguo consultado del Archivo de Indias, corresponde a dicho país.

Fue destinado al Reino de Guatemala, con la misión de fundar la Real Casa de la Moneda el Padre José Eustaquio de León. Según su opinión, para conservación y aumento del Reino, tanto por la necesidad de materia prima para la acuñación de moneda, como incremento de los ingresos, era necesario descubrir nuevos minerales y mejorar el beneficio de los conocidos, sólo posible si, en todos los minerales, hubiese personas de aquella inteligencia requerida para saber sus beneficios por fuego y por azogue, a fin de no perder de los que tiene ley útil la mayor parte y, en los que no son de provecho, no perdiesen los interesados sus caudales. Es más lo perdido por falta de inteligencias que lo ganado, consiguiéndose un notable detrimento de la Real Hacienda y considerables pérdidas de los dueños de las minas. Desde que vine por mi particular servicio a S. Majestad y del común, pensé en poner en este Reino una Escuela de Re Metalica, donde con perfección se enseñase el modo de sacar y beneficiar por fuego y azogue los metales, dando sus títulos a quienes lo aprendieran, para constancia de su suficiencia y evitar por ese medio los fraudes y daños que introduce la maliciosa ignorancia. Cuando falta inteligencia, las pérdidas y consumición de azogue, las moras de tiempo y los excesivos gastos son intolerables.

Con el fomento de la Escuela, se incrementará la saca de la plata y con el aumento del quinto se podrá sostener, con ventajosas utilidades a la Real Hacienda, lo que sin algún gasto inicial no se puede conseguir. En esta materia ofrezco mi inteligencia, no digo sea la mayor, pero sí he sido de los más aplicados, hice examen de conciencia, escrupulizando de no manifestar lo que no he alcanzado, deseando el servicio de Dios, de su Majestad y el beneficio común, para que sobre la temeridad de mis principios, haga un ventajoso progreso al aplicarlos y se vea en ambos beneficios de fuego y azogue cuanto se ha discurrido hasta la era presente, con las recomendaciones que trae para su aprecio.

En el escrito que voy a promover (1745-abril-27), indicaré pueden concurrir a esta Escuela el Director y el ensayador mayor de esta Real Casa de Moneda D. Julián Izquierdo y D. Ignacio Beteta, no sería fácil hallar en otros tiempos hombres de la inteligencia y aplicación de los dichos. Los mineros deben lograr el acertado beneficio de los metales, el manejo de los artefactos, para conseguir mayor facilidad, brevedad y ahorro de gastos, saliendo con aprovechamiento de la Escuela. Siendo esta especie útil y peregrina por no ser hasta ahora practicada en ningún otro reino, tiene el Señor en que campear la siempre acertada Providencia.

Redactó el documento que fue dirigido al Rey por conducto del Consejo, iniciándose una serie de lentos trámites. Por la dirección de la casa de la moneda (1746-diciembre-30) se reconoció lo útil que sería en la ciudad de Guatemala hubiese una escuela para aprender el modo de beneficiar los metales. Pasa la documentación al Fiscal (1747-junio-21) quien contesta (1747-noviembre-24). El mencionado escrito de la dirección de la casa de la

moneda, es una reiteración. Al parecer se perdió el anterior, donde se queja de la desidia y poca aplicación con que suelen mirarse algunas providencias o proposiciones útiles, pues debía haberse aplicado con toda eficacia el establecimiento de la Escuela de Re Metalica, ultimando el escrito con un ruego de "caso de ser del Real agrado, mande S. M. lo que sea conveniente".

S. Majestad el Rey Felipe V, siempre patrocinador de la minería americana, recibe el expediente del Director de la Real Casa de la Moneda de la ciudad de Guate-

mala, con los informes que acompañan del Gobierno, sobre la utilidad que podría resultar de que en esa ciudad hubiese escuela en la que se enseñase el modo de beneficiar los metales, y habiéndose visto en el Consejo de las Indias, con lo que en su inteligencia, da una Real Cédula (Buen Retiro 1748-agosto-27), por conducto de su Ministro D. José Antonio Valenciano, al Fiscal, a quien le ha parecido ordenar y mandar, aviseis de la resolución que en el referido asunto se hubiese tomado, por ser así su voluntad.

*El Rey = D.º Don Carlos de León, Director de mi
R.ª Casa de Moneda de la Ciudad de Guatemala. Con Car-
ta de 30 de Diciembre del año de 1746. Remitiste Copia
de la Representacion que hiziste a este Excmo sobre la uti-
lidad que podria resultar de que en esta Ciudad hubiere
Escuela en que se enseñase el modo de beneficiar los Meta-
les. Y habiendome visto en mi Consejo de las Indias, con lo
que en su inteligencia dió mi Fiscal ha parecido ordenar,
y mandaron (como lo executo) hazer de la Resoluci-
on que en el referido asunto se hubiese tomado por este
Superior Excmo por sea asi mi voluntad. Decha en el
Buen Retiro a 27 de Agosto de 1748. Yo el Rey = Por
mandado del Rey Nro Señor = Juan Antonio Valen-
ciano = havian firmado =*

*Copia de la presentada con el
Informe que sigue =*

*Antonio Lopez Penabaz
y Valera*

Primera disposición oficial española (Buen Retiro, 1748-agosto-27) sobre establecimiento de una Escuela de Minería.

Esta primera disposición oficial española sobre establecimiento de una Escuela de Minería, no llegó a cumplimentarse, por el fallecimiento de su promotor.

Dada la importancia de las matemáticas, ciencia base, para el estudio de las aplicadas, como es la minería, informa la Real y Pontificia Universidad de San Carlos, de la Audiencia de Guatemala (1756-octubre-8) sobre la necesidad de cubrir tres cátedras entre ellas la de matemáticas, informe refrendado por el Presidente de la Audiencia (1756-octubre-8) y por el Rector de la Universidad (1756-octubre-19).

El Oficial Real Jubilado, Tesorero que fue de las Reales Casas en Guatemala, D. Pablo Juan de Macia, donde prestó dilatados servicios (desde 1738), habiéndose dedicado al beneficio y descubrimiento de minas, con grandes dificultades inicialmente, por falta de pericia, le movió a escribir un libro titulado "Doctrina mineralógica, metalurgia, maquinaria y beneficio de metales de plata y oro por azogue y fuego", remitido al Presidente de la Audiencia (1786-noviembre-15), para que se haga examinar y reconocerlo atentamente y diga el dictamen con imparcialidad y si podría usarse en el beneficio de esas minas. Petición elevada a la superioridad (1787-abril-6).

Todas estas gestiones no quedan infructuosas en el Gobierno Central, se conocen las inquietudes de Guatemala en el campo de la minería, y la conveniencia para la nación de satisfacerlas, base de la R. O. (1789-febrero-19) donde se ordena el envío de sujetos a Guatemala con el objeto de instruir a sus habitantes en las técnicas de beneficio.

Transcurrió cerca de medio siglo desde la petición de León sobre el establecimiento en Guatemala de una escuela de minería, expediente examinado por el Alcalde Mayor de Sonsonante D. Antonio López de Peñalver y Alcalá, después de recorrido el país y detenerse en las zonas mineras, piensa reiteradamente sobre las muchas vetas, hilos y mantos que manifiesta la tierra, lo cual anima a muchos a su beneficio, no resuelto por carecer de medios para ello, pero si se cobrase con rigor el quinto de oro y plata y destinasen el diezmo para fomento de los mineros, empleándose en adelantar la extracción de metales, se conseguiría el progreso de la Casa de la Moneda, y bien del público. Conocida también la R. O. reciente sobre envío de sujetos instructores a Guatemala, decide iniciar expediente a S. M. (1793-abril-2) con el fin de que mande a aquel reino dos peritos alemanes Comisarios de Minas, con el sueldo de 1.500 pesos anuales, conocedores de los metales, sus beneficios, máquinas y oficinas, enseñando a los jóvenes cuanto conviene a la mayor inteligencia, hasta ser suficiente para la dirección de minas y lograr el beneficio de metales con más abundancia y menos costo, disponiendo las reglas de su admisión con la más ajustada economía cuenta y razón.

También expone que la práctica y la industria de los minerales de esta Provincia de Sonsonate, se adelantará mucho, enviando a los mineros de Guatemala sujetos

hábil que imponiéndose en el método que se observa en el Reino de Nueva España, lo trasladen al de Guatemala o llevando los más inteligentes que se escogiesen allí.

Pasó la documentación a informe del Virrey de Nueva España, quien lo pidió al Real Tribunal de Minería, a este organismo le pareció realizable (1793-septiembre-6), pero recomendó al Presidente de Guatemala lo tratase antes de ponerlo en marcha con los mineros de aquel Reino. Se dispuso informasen todos a la mayor brevedad (1795-agosto-28), pero sorprendió la contestación del Presidente de Guatemala (1796-junio-1), de no haber recibido el expediente.

Cunde la idea de que la minería de Guatemala se agregue al Cuerpo de Minería de México, estableciéndose como una Diputación, teniendo en cuenta que además de los minerales de oro y plata hay en aquel Reino infinitos de cobre, fierro, plomo y algunos de azogue que podrían trabajarse y ser de consideración e incremento a la nación.

Une el Presidente de Guatemala una copia de la R. C. (1748-agosto-21) referente al establecimiento de escuela o colegio de minería en aquella ciudad, manifestando el actual Gobernador y Capitán General de este Reino, la conveniencia que sería el establecimiento, ofreciéndose a dirigirlo en los principios, bajo las reglas que propuso y que acompaña copia; asunto pasado al Fiscal de la Audiencia, sin tener curso, sin embargo de ser tan interesante para el Estado.

Ordena el Sr. Presidente de Guatemala a López de Peñalver prepare un tratado de elementos de minería, que habilite los principios de instrucción de la juventud y anime a todos a tan útil aplicación. Considera el autor, es necesario para perfeccionar esta obra, el amparo y protección de S. M., a quien se la dedicará, por ello pide a S. M. se digne admitirla y mandar se le franqueen de oficio las R. C. y Ordenanzas expedidas en razón de minería y sus ramos, desde la formación de las Ordenanzas de la Nueva España (1783). La obra compendiada en un pequeño volumen, comprenderá: las reglas de su gobierno, las materias con que se benefician los minerales, su fábrica por el más corto y demás correspondientes a este importante ramo, con todos los datos de fabricantes, otras ayudas y flogisticos. Los de su aplicación, conocimiento de metales, enemigos que impiden su extracción y medios de quitarlos para lograr sus beneficios, los que hay más conocidos y otros necesarios para elaborarlos, a fin de que quienes lo lean, por su metódica clásica, se alienten y apliquen a laborar y extraer los muchos tesoros que encuentran en aquel Reino. Insiste el autor a los seis meses, recordando no ha recaído resolución en el expediente. También reitera el Secretario Honorario López de Peñalver (1796-marzo-21) cerca de S. M. con otro escrito, el deseo de fomentar el Real Herario y de hacer aprovechables las inmensas riquezas que encierra el Reino de Guatemala, en la pro-

puesta que había hecho, sobre el medio de lograr el beneficio y laborio de las minas. Tampoco se cumplimentó la R. O. (1792-octubre-4) dada con ocasión del fallecimiento de José de León, Director de la Real Casa de la Moneda, sobre la resolución que tomase aquel gobierno y aviso de ella, en razón del establecimiento de la escuela de beneficio de metales. Recuerda la propuesta del Gobernador y Capitán General (1794-junio-27), sobre lo conveniente que era establecer dicha escuela, sin haberle dado curso el Fiscal. Pide a S. M. se mande al Gobernador y Fiscal, despachen con preferencia y concluyan dicho expediente, dando cuenta a S. M. a los seis meses de recibida la orden, no omitan paso y vivan cuidadosos de su fenecimiento.

Hemos cotejado las copias de ambos escritos (1786-noviembre 15 y 1796-marzo-21) dado que dice ser el segundo una reiteración del primero, las dos ideas fundamentales, creación de Escuela y formación de Guatemala a efectos mineros como una Diputación de Nueva España, y hemos encontrado considerables diferencias.

Entre las novedades figura que, lo más importante para cumplir la R. O. (1792-octubre-4) para el fomento de las minas, es el establecimiento de la Escuela o Colegio de Re Metálica, con director y oficiales que enseñen los beneficios de los infinitos fósiles que hay en este Reino, por los diversos medios y con los compuestos, ayudas y flogisticos adecuados a su naturaleza y con que lograr al menos costo el ejercido interés.

Indica los gastos de la referida Escuela en traer metales de diversas partes y de todas clases. En oficinas, librería, ingredientes y muchas vasijas de cobre, fierro, vidrio, piedra, barro y madera, propias a perfeccionar la práctica a los jóvenes.

En el proyecto de reglamento (1794-junio-27), consta que como algunos podrán ser aptos los de doce años para arriba, que sepan leer y escribir, prefiriendo los pobres a los de todas clases, para que tengan nuevo ejercicio con que subsistir y sean manos de enriquecer a los vasallos y al Real Herario, por la gruesa extracción de metales.

Consta en el reglamento, ser privativo de la Casa de la Moneda las certificaciones de las leyes de los metales, debiendo concurrir de las Provincias del Reino, para esta operación. Con el conocimiento de todo, les darán los mejores medios de su beneficio y, los más inteligentes de los jóvenes aprobados, irán con luz perfecta a las labores. La casa proporcionará a precios cómodos ingredientes, sales y otros compuestos, con beneficio del fondo de aprovechamiento. También quedará comisión para sostenimiento de la Escuela, de las vasijas de cobre, fierro y vidrio que se traigan de España. Se copiaran los libros de minería, hidráulica y demás convenientes para utilidad de los alumnos. Los discípulos aprobados serán destinados al servicio de las minas. Los sujetos entrados en la Escuela, con facultades medianas o intereses, pagarán para su sostenimiento. Si el Director toma pupilos, le

pagarán habitación y la manutención. Prepararán colecciones de todos los metales que se presenten y tengan ley, y de los que son medio minerales, formando libro donde conste el sujeto, provincia, su beneficio y la ley; así los que entraren a la enseñanza, podrán tomar conocimiento de las operaciones y de los fósiles en que tienen utilidad, corriendo a cargo del Director su colocación y del discípulo que elija, su conservación y aseo sucesivo. Este Colegio, destinado a la instrucción de la juventud y personas dedicadas a la minería, se dedicará a San José y tendrá la denominación de Real Colegio de Minería. Gracias al Colegio, la Real Casa de la Moneda estará en continuo y ventajoso ejercicio, con aumento de sus fondos y de la Real Hacienda, por el continuo aumento de los quintos, de los que una parte se dedicará a la enseñanza.

Es una realidad, que para conseguir el buen funcionamiento de este Real Colegio de Minería, así como para otros centros de enseñanza, sería conveniente disponer para su preparación de una Academia de Matemáticas, para esta instrucción el Capitán de Ingenieros Ordinario D. Josef de Sierra, presentó a S. M. (1794-diciembre-7) por si fuese de su Real Agrado, un plan de academia de esta ciencia, a la que destinaría los ratos de descanso. En ella se daría una instrucción general de las partes más esenciales que comprenden las matemáticas, realizable en un curso completo, con cuatro divisiones o clases: 1.ª Aritmética, álgebra, geometría. 2.ª Maquinaria, hidráulica, hidrotecnia, hidrostática y aeronatica. 3.ª Optica, prespectiva, arquitectura civil, arquitectura hidráulica. 4.ª Astronomía, geografía, cronología y gnomonica. De esta manera, quedarían los alumnos ilustrados de las ramas más interesantes de las matemáticas.

La enseñanza de la minería, no se consolida; un nuevo intento por parte de D. José Ignacio Palomo, Secretario de la Junta de Gobierno del Real Consulado de Guatemala, con ocasión de la apertura del año (1804-enero-5), donde trata en su discurso magistral de la situación minera de Nueva Guatemala y señala la necesidad urgente de fundar en el país una Escuela de Metalurgia y Mineralogía, encargada de auxiliar a los mineros y provisión del personal adecuado.

Expone con detalle el nuevo intento (1792) de poner en marcha la Escuela, sostenida con el producto del Indulto Cuadregesimal, que todavía no tenía aplicación. De la venida de los inteligentes de Nueva España, para difundir las nociones ignoradas de mineralogía, la fundación de un laboratorio para las operaciones químicas y la erección de un seminario donde la juventud de Guatemala se instruya en la materia, y salga de allí, a dirigir y arreglar metódica y uniformemente el laborio de minas.

Pide que las Reales Ordenanzas de 1784 para el gobierno del mineral de los Encuentros, establecidas por conducto del oidor José Ortiz de la Peña, se extienda a todo el reino, incluidas las adiciones (1792-diciembre-15) con criterio unificado para todo el país.

Su objetivo principal era exponer la necesidad de la escuela de *remetalica* y demostrar la necesidad de proveer de *fondos* a la minería, de *auxilios* a los mineros y de *brazos* a los minerales.

El Presidente de la Audiencia de Guatemala, D. José de Bustamante, se dirige (1881-agosto-18) al Virrey de Nueva España y al Secretario de Estado y Despacho Universal de Hacienda, en los términos siguientes: La principal causa del abandono e incuria del ramo de minas de este Reino, es la carencia de inteligencias, pidiéndole me envíe un profesor de mineralogía de acreditadas circunstancias. El sueldo del profesor que me destine, será el mismo que cobre con un corto aumento para el viaje y comisión en estas provincias.

En el otro escrito se dice: El Gobierno (1789-febrero-19) previno que en caso necesario, se envíen sujetos hábiles que instruyan a estos habitantes en el método de beneficio de sus minas. Otras varias R. O. mandan erigir en Cuerpo éste de Minería. Tengo el desconsuelo de no haber aquí un verdadero profesor, cuyos dictámenes científicos merezcan mi confianza, la de los mineros y la de los aficionados del ramo. Con mucho ejemplares sin duda de buena calidad de las minas, han perdido los empresarios, por mala dirección o por fiarse de empíricos, sirva proporcionarme un buen profesor de metalurgia. Deberá ser acreditado, para inspirar general confianza, sin la cual no podrían llenarse mis objetivos, que son en primer lugar destinarla a un viaje mineralógico por todo este Reino, para que se informe de las minas existentes, las abandonadas y las denunciadas últimamente; y en segundo lugar y más importante, enseñe la ciencia aquí eternamente desconocida, abriendo cátedra formal y recibiendo desde luego discípulos que le acompañen al viaje, durante el cual podrán irse instruyendo. Muy grato sería recayese la elección en el Catedrático de ese Real Seminario D. Andrés Manuel del Río y Fernández por su justa celebridad, siempre que no sea por menos de tres o cuatro años. Si el pequeño gasto representa alguna dificultad, desde luego convengo se cargue en cuenta del situado en este Reino quedando a mi cuidado su resarcimiento.

El escritor anterior, estuvo inspirado en la octava Junta Pública de la Sociedad Económica de Amantes de la Patria de Guatemala (1811-agosto-12), de la cual el Presidente de la Audiencia era el Viceprocurador, quien nada más poner los pies en este Reino, clavó su vista paternal y bienhechora en nuestras minas. Las circunstancias actuales no permitieron realizar sus bellos pensamientos, pero empeña las tareas de este cuerpo y todos los resortes del Gobierno en favor de sus útiles labores. Está persuadido que el atraso de las minas consiste, principalmente, en la falta de conocimientos científicos, no pudiendo prescindir de la necesidad que estamos de una clase de mineralogía y metalurgia, por ello se acuerda suplicar al Excmo. Sr. Presidente, infome al Gobierno de Nueva España, para que diera al Socio Consultor Del Río permiso de hacer una expedición a este Reino. Perdido

Almadén nos es necesario para proveer de azogue a los minerales de la Monarquía, poner en marcha por sus esperanzas lisongeras las minas de Cartago, Snl, Tegucigalpa, según información de nuestros archivos, recursos en reserva no apreciados en los días de la opulencia. "Necesitamos de unos ojos filosóficos, que distingan entre nuestras riquezas de cinabrio, y ésto sólo puede hacerlo el Sr. Catedrático de Mineralogía de México".

Transcurre un año. La posibilidad del desplazamiento de Del Río va por buen camino. La Sociedad Económica celebra su novena Junta Pública (1812-abril-5) en momento de pleno optimismo y se toma en la referente a minas el acuerdo de suspender todos los asuntos hasta que venga el célebre mineralogista, nuestro Socio Consultor Del Río, para que su gran saber y experiencia los dirija. Esperamos a este hombre extraordinario con ansia inexplicable, cuando el cielo quiera dárnoslo hará un viaje científico por el Reino y después establecerá la cátedra de Metalurgia y entonces conocemos a los mineros.

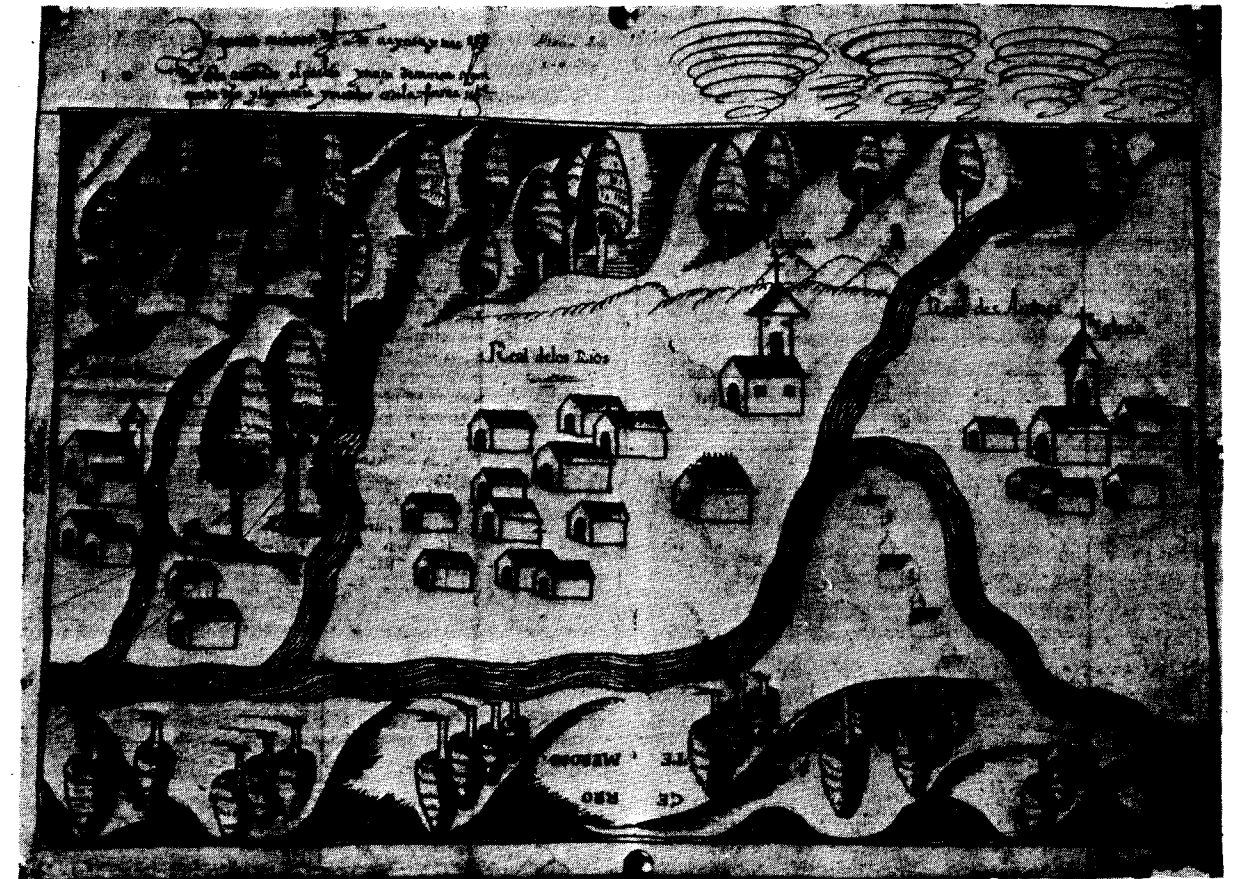
VI-4-a. NUEVA ESPAÑA

Le cupo a Nueva España, ser un virreinato con una de las universidades más antiguas del continente, consecuencia del ambiente cultural creado por los colegios y estudios superiores promovidos por las órdenes religiosas, debido a la brillante actuación de dominicos y agustinos, quienes habían llegado a México hacia 1526.

La universidad fue dotada por documento firmado en Toro por el príncipe Felipe (1551-septiembre-21), y por otra R. C. de la misma fecha, le comunica al virrey la concesión de los privilegios solicitados y ordena la inmediata inauguración, acto que se opina tuvo lugar (1553-octubre-17). Por R. C. (1562-octubre-17) amplía el Rey los privilegios concedidos. Por Pablo IV, fue acogida con satisfacción esta erección según su bula (1555), pero la que le concedió la universalidad fue la firmada por Clemente VII en Frascati (1595-octubre-7).

VI-4-b. GUANAJUATO

El "Real de Minas de Santa Fe de Guanajuato" es famoso en el mundo entero por la riqueza enorme de sus entrañas, en competencia con la audacia de los mineros que lo explotaban. Este título expedido por el Virrey Luis Velasco (1554), corresponde a una zona típicamente minera, donde la célebre "Veta Madre" se considera como la más famosa, descubierta según la leyenda, con ocasión de la comilona de unos arrieros en un paraje cercano al Cerro del Cubilete, quienes encendieron lumbré y en derredor pusieron unas piedras para contener las vasijas donde elaboraban su comida; poco después parte de las piedras se habían fundido y este producto contenía bastante metal con no despreciable ley de plata; sorprendidos por el hallazgo cavaron y encontraron pa-



Mapa minero de Nueva España (1700)

saba por allí la veta. Es famosa la Veta Madre entre las más famosas del mundo, por su potencia y extensión, más larga y potente que la de Freiberg (Alemania) y a ella debe Guanajuato su fama y prosperidad. El laboreo de estas riquísimas minas, junto con la Valenciana, hacen del notable mineral de Guanajuato una verdadera alcancía de Nueva España.

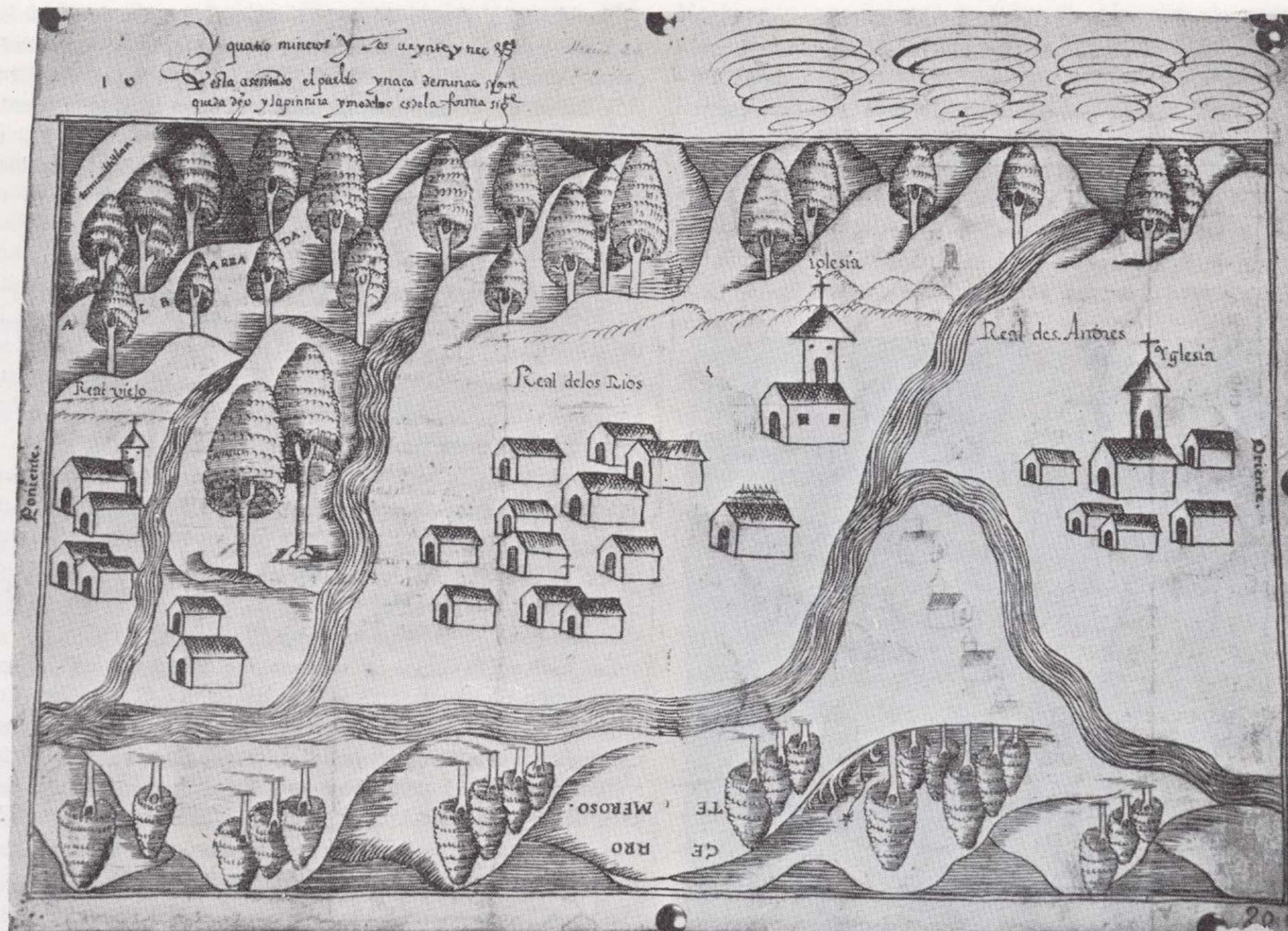
Los progresos de la minería, como lo han reconocido los Reyes en varias ocasiones, exigen un laboreo más científico; el Ayuntamiento de Guanajuato conoce estos antecedentes y Fermín Reygadas, éste actuando de promotor, logra sea solicitado del Virrey la creación de un Colegio con posibilidad legal desde 1783 y como orientación más eficaz considera se plantee el asunto como logrado y presentarlo como una propuesta para cubrir las cátedras.

La programación del Real Seminario, la están llevando con pasos firmes y acertados, es necesario hacer méritos, por parte de los oportunistas, con el fin de lograr alguna de las cátedras del Colegio. Uno de los méritos podría ser la edición de un libro; con este fin prepara Fermín Reygadas una obra titulada "El Minero Instruido" donde pretende incluir todos los conocimientos útiles para el

técnico en minería. Esta obra está dedicada a la Minería de Guanajuato y el autor lo presenta al Virrey, quien (1791-noviembre-17) lo envía a informe del Director del Real Seminario. El autor se titulaba "Perito Facultativo de Minas y metales con facultades de maestro de esta Ciencia en Nueva España", denominación no sorprendente, si fue alumno en el Colegio de San Carlos del Prof. Velázquez Cárdenas. Hizo Elhuyar (1792-marzo-9) un extenso, prolijo y concienzudo demuestre de la incompetencia del autor y pretendiente a la cátedra del Colegio.

El Director del Colegio de México recibe, pasado por el Virrey (1797-diciembre-16) el expediente a informe, sobre la propuesta hecha por el Ayuntamiento de Guanajuato para proveer en firme las plazas de Rector, Vice-Rector, Catedráticos y Maestros del Colegio de la Purísima, el cual se presenta hábilmente como subordinado al de la capital. El Director ruega el envío de más instrucciones (1798-enero-4) por ser insuficientes los datos aportados.

Prefieren en Guanajuato ir por partes, e iniciar este año en el Colegio de la Purísima las enseñanzas de Perito Minero con la clase de Matemáticas, con lo cual



Mapa minero de Nueva España (1700)

saba por allí la veta. Es famosa la Veta Madre entre las más famosas del mundo, por su potencia y extensión, más larga y potente que la de Freiberg (Alemania) y a ella debe Guanajuato su fama y prosperidad. El laboreo de estas riquísimas minas, junto con la Valenciana, hacen del notable mineral de Guanajuato una verdadera alcancía de Nueva España.

Los progresos de la minería, como lo han reconocido los Reyes en varias ocasiones, exigen un laboreo más científico; el Ayuntamiento de Guanajuato conoce estos antecedentes y Fermín Reygadas, éste actuando de promotor, logra sea solicitado del Virrey la creación de un Colegio con posibilidad legal desde 1783 y como orientación más eficaz considera se plantee el asunto como logrado y presentarlo como una propuesta para cubrir las cátedras.

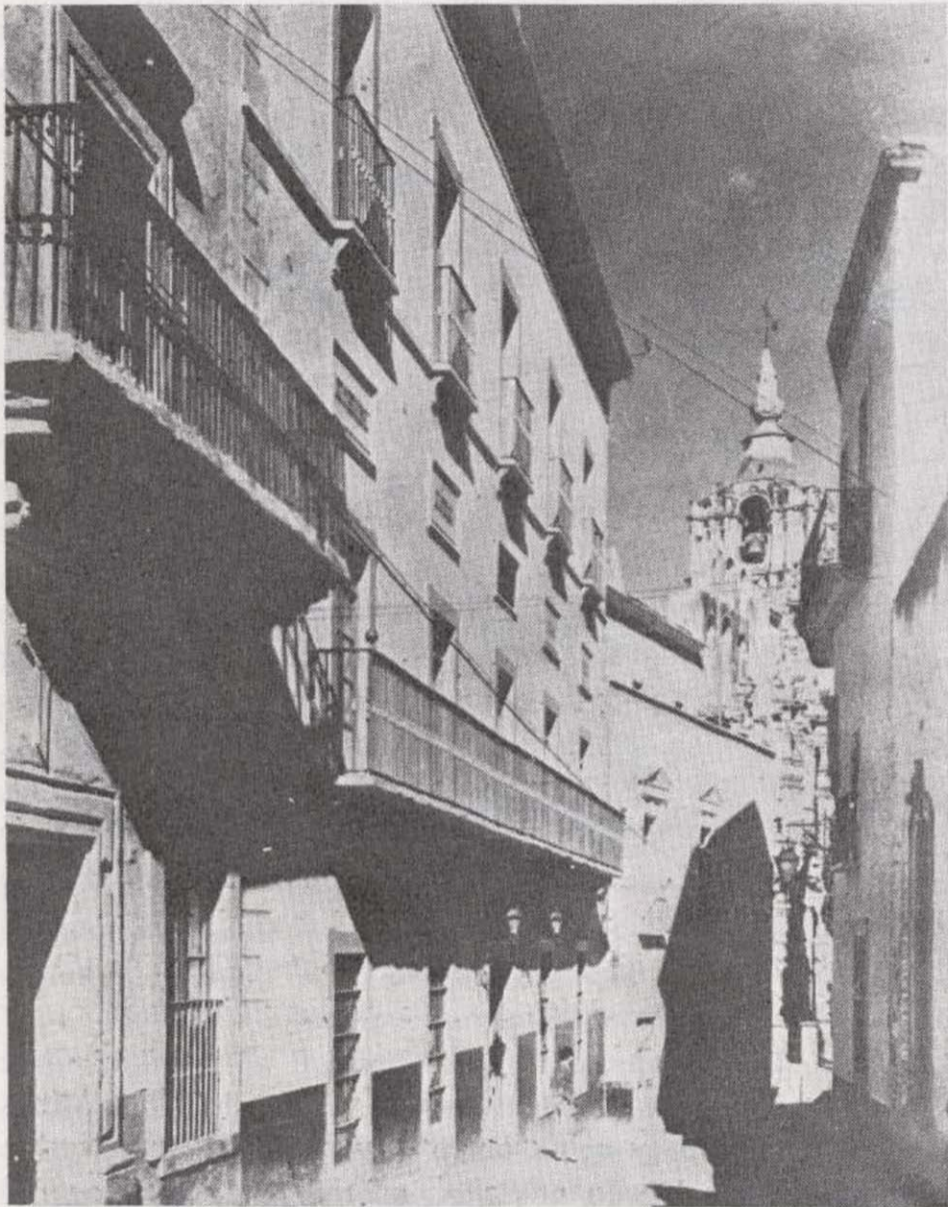
La programación del Real Seminario, la están llevando con pasos firmes y acertados, es necesario hacer méritos, por parte de los oportunistas, con el fin de lograr alguna de las cátedras del Colegio. Uno de los méritos podría ser la edición de un libro; con este fin prepara Fermín Reygadas una obra titulada "El Minero Instruido" donde pretende incluir todos los conocimientos útiles para el

técnico en minería. Esta obra está dedicada a la Minería de Guanajuato y el autor lo presenta al Virrey, quien (1791-noviembre-17) lo envía a informe del Director del Real Seminario. El autor se titulaba "Perito Facultativo de Minas y metales con facultades de maestro de esta Ciencia en Nueva España", denominación no sorprendente, si fue alumno en el Colegio de San Carlos del Prof. Velázquez Cárdenas. Hizo Elhuyar (1792-marzo-9) un extenso, prolijo y concienzudo demuestre de la incompetencia del autor y pretendiente a la cátedra del Colegio.

El Director del Colegio de México recibe, pasado por el Virrey (1797-diciembre-16) el expediente a informe, sobre la propuesta hecha por el Ayuntamiento de Guanajuato para proveer en firme las plazas de Rector, Vice-Rector, Catedráticos y Maestros del Colegio de la Purísima, el cual se presenta hábilmente como subordinado al de la capital. El Director ruega el envío de más instrucciones (1798-enero-4) por ser insuficientes los datos aportados.

Prefieren en Guanajuato ir por partes, e iniciar este año en el Colegio de la Purísima las enseñanzas de Perito Minero con la clase de Matemáticas, con lo cual

pasa (1798-febrero-23) a informe del Director el expediente enviado al Tribunal por el Gobierno, sobre provisión de la clase de Matemáticas en el Colegio de la Purísima. Estudiada la conveniencia de esta segunda escuela, de menor rango, autoriza el Virrey (1798-julio-24) al Tribunal para proponer lo conducente en lo relativo a la provisión de cátedras en el Colegio de Guanajuato así como la tramitación del oportuno aviso, para que los titulados de la Audiencia de San Carlos y los Practicantes de Minas, puedan acudir si desean colocarse.



Fachada del Colegio de la Purísima Concepción, de Guanajuato.

Convocada oposición (1798-octubre-1.º) para la provisión de la clase de Matemáticas en el Colegio de la Purísima Concepción de Guanajuato, después de cubiertos los trámites reglamentarios, queda designado José de Rojas (1799-febrero-16).

El Colegio de Guanajuato es confirmado por la Ley General de Instrucción Pública (1821-junio-29). Las cátedras establecidas por esta ley en las seis escuelas de América eran: docimástica, mineralogía, geognosia, arte de las minas.

VI-4-c. TEMASCALTEPEC

En Nueva España surge, en Temascaltepec, famoso por sus minas de plata (1555) y azogue (1743), un competidor a México en el establecimiento de enseñanza del ramo

de la minería, al considerar Fermín Reygadas la posibilidad de conseguir algún centro, si se presenta orientado como Academia de Geometría Subterránea y demás Ciencias útiles en el ramo de la Minería, por lo que presenta un escrito solicitado este centro bajo su dirección, el cual es pasado a informe del Director del Real Seminario (1792-julio-27).

VI-4-d. MEXICO

Todo trabajo histórico sobre el "Colegio de Minería" de México, se facilita notablemente en la consulta de la publicación (1890) de uno de sus alumnos más destacados, el Ingeniero Santiago Ramírez, quien siempre manifestó su amor por el Real Seminario donde se hizo hombre y formó en los campos religioso, cultural y técnico.

En el Virreinato de Nueva España era continuo el auge de la minería, apreciándose gracias al interés de unos mineros durante la época del mandato del Virrey Carlos Francisco de Croix, la necesidad de formar unas Ordenanzas nuevas, elevadas a S. M. (1771-diciembre-24) por el Virrey Antonio María de Bucareli y Ursúa.

La indicación llegó a conocimiento de Carlos III en un momento apropiado, origen de la R. C. de San Lorenzo (1773-noviembre-12), donde se ordena la preparación de unas Ordenanzas de formación de la Minería, en cuerpo formal y unido; para que, de este modo, logren los individuos la permanencia, fomento y apoyo de que carecen.

Esta Orden termina en manos de dos eminentes mineros promotores del opúsculo elevado a la Superioridad: Juan Lucas de Lassaga († 1786-febrero-7), de origen español, gran promotor por su talento, actividad, instrucción y destacados y cuantiosos bienes aportados al adelanto de la minería; Joaquín Velázquez de León (1732-junio, 1786-marzo-7), mexicano de nacimiento y descendiente directo del conquistador de Nueva España. Juan Velázquez de León.

Continuos cambios de impresiones entre Juan y Joaquín finalizan con la necesidad de lograr el empeño con que en la Austria y en la Prusia, la Saxonia y la Suecia se estudian la Mineralogía y la Metalurgia. La orientación de los actuales estudios de la Minería en América (1774) es desacertada, sus consecuencias las estamos viendo en las obras erradas en casi todos los minerales. Sus comentarios son: nuestra minería tiene gran necesidad de hombres de bien y suficientemente instruidos, tanto que se les puede fiar el manejo de lo más importante, íntimo y delicado de esta profesión.

No tenemos más remedio que programar la crianza de estos hombres y, para ello, es preciso erigir un SEMINARIO METALICO, que podría formarse con un rector, hombre sabio en las Matemáticas y en la Física Experimental, Química y Metálica, y profundamente instruido en la Minería práctica de Nueva España; de cuatro maestros, el primero enseñaría la Aritmética, la Geometría y la Trigonometría y de la Álgebra lo suficiente para su

aplicación a las referidas. El segundo la Mecánica Maquinaria, la Hidrostática e Hidráulica, la Aerometría y la Pyrotecnia. El tercero, un curso elemental de Química teórica y práctica. El cuarto, la Mineralogía y Metalurgia y el uso de azogue, propio de nuestra América. También habrá un Maestro de Dibujo y un Capellán con principal cuidado de cultivar en los niños la educación moral y la política y en las virtudes cristianas y hacer que aprovechen el tiempo, para cuyo fin vivirá en el colegio.

Dada la importancia de que los futuros graduados sean aficionados a la Minería, proponemos la creación de 25 lugares con trescientos pesos anuales cada uno, para otros tantos niños hijos de mineros pobres españoles o de indios caciques con lo que sean mantenidos en comer y vestir decentemente. La instrucción será gratuita para todos los niños.

La práctica tiene tanta importancia como la teórica, por ello deberán ponerse en las cercanías de esta Ciudad, las oficinas y máquinas necesarias y usadas en la Minería, donde los estudiantes de Metalurgia se egerciten un poco en grande en las operaciones metálicas, y los estudiantes de la Mecánica palpen con la experiencia la fábrica y el uso de las máquinas. En el tiempo de vacaciones de estudio, los llevarán sus Maestros al Real de Pachuca, o a otro Real de los cercanos a esta Ciudad, para que entren en las minas y egerzan las diversas actividades, que después han de ser de su destino. Después de que aprendieran unos y otros estudios, practicarán durante dos años el Real de Minas, a donde les destinare el Tribunal, manteniéndoles de su cuenta. Trayendo Certificado de los Diputados de su bien porte y egercicio de las operaciones, volverán de nuevo a examinarse en teórico y práctica; y hallándolos suficientes, se les librará un Título en forma y les procuraremos el destino correspondiente.

El Colegio Metálico podría dedicarse a San Eligio Obispo, y acogerse como el Real Tribunal y el Cuerpo de Minería al especial Patrocinio de Ntra. Sra. de Guadalupe de México. Los sueldos iniciales podrían ser de 5.000 pesos anuales el Director y 2.000 los profesores, pero como estamos experimentando sucesivo y exorbitante incremento de todas las cosas necesarias de la vida, se ha de tener en cuenta en la actualización de los sueldos; pues se exalta de suerte que cada diez años, suele costar veinticinco por ciento más mantener una casa de familia.

Llegan noticias de que el Rey de España, expidió en Madrid (1776-julio-1) una R. C. de erección del Importante Gremio de la Minería de Nueva España, recibida con extraordinaria satisfacción; insisten sus promotores cerca del Virrey quien convoca una junta de la Real Hacienda (1776-diciembre-20), para dar cumplimiento a la R. C., acordándose por aclamación "se ponga y reduzca a ejecución la dicha Real Cédula".

"Como ve V. M. hemos logrado nuestro propósito, recibí noticias de España donde me dicen que, el infatiga-

ble alemán que levantó la mina de Almadén después del incendio, se ofreció a dar clase de Topografía Subterránea, con carácter gratuito, y la idea de crear allí una Real Academia Metálica, pero, al parecer, en la metrópoli no se acordó decisión sobre el particular, por ello, somos nosotros los primeros erigidos legalmente en todos los reinos de España. Tenemos que ocuparnos inmediatamente con el Virrey de la pronta puesta en marcha de nuestros proyectos".

El Real Tribunal General de Minería se funda (1777-mayo-4) y declara erigido (1777-mayo-24), aprobando el Virrey en nombre del Soberano su erección (1777-julio-20), se recuerda la necesidad de redactar nuevas Ordenanzas, terminadas (1778-marzo-21) por nuestros dos des-



Casa número 11 del Hospicio de San Nicolás, de México

tacados mineros, se presentan al Real Tribunal. Tratan en el capítulo 13 "de los peritos en el laboreo de Minas y beneficio de Metales" y en el capítulo 14 "de la erección de un Seminario para la educación y cultura de la juventud destinada a las Minas y el adelantamiento de la industria en ellas".

"Como Administrador General que es V. M. (Lassaga) del Real Tribunal, debe ocuparse de la búsqueda de un local adecuado. Hay uno que me parece sería suficiente para el Tribunal y el Seminario; se trata de la casa contigua al Hospicio, en la calle del Hospicio de San Nicolás, compuesta de altos y bajos, donde sería fácil lograr autorización para usar la iglesia del Hospicio, la cocina principal, el corral y el patio. Creo debemos esta-

blecer contrato de arrendamiento con promesa de compraventa con el Prior de la Provincia de San Nicolás de Tolentino de las Islas Filipinas de quien depende". Las llaves fueron entregadas por el Presidente del Hospicio (1778-diciembre-1).

Para los fieles vasallos de Nueva España, la Real Cédula dada en Aranjuez por el Rey de España Carlos III (1787-mayo-22), será uno de los más hermosos monumentos de su feliz reinado, que pasará a la más remota posteridad, del desvelo incesante y atención continua con que el infatigable y benéfico Soberano que nos manda, donde aprueba las "Reales Ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del importante Cuerpo de la Minería de Nueva España y de su Real Tribunal General". Es una satisfacción para sus promotores la R. O. (1784-abril-10), donde amplía la enseñanza de nuestro Colegio para los jóvenes de las Islas Filipinas. Necesitamos la colaboración de España, para el envío de profesores que se incorporen al Claustro de nuestro Seminario, nosotros ya estamos achacosos, es necesaria una figura como Elhuyar y alguno de los Facultativos de la Academia de Almadén, para su puesta en marcha.

Fallece Juan de Lassaga (1786-febrero-7), primer Administrador General y Presidente del Real Tribunal. Justo al mes de este óbito también fallece Joaquín Velázquez de León (1786-marzo-7), primer Director General de Minería, con talento de primer orden, tuvo notables aportaciones al progreso en la Física Moderna, en la Historia Natural y Mineralogía, en las Ciencias Matemáticas, en la Química Universal, Metalurgia y Dosimasia, de los cuales quiso hacer participante al público por medio de una Academia de Matemáticas que puso y presidió en el Colegio Mayor de Santa María de Todos los Santos, la que después profesó en la Real Universidad, montando posteriormente un Laboratorio de Química (1768), actividades precursoras del Real Seminario Metálico. En el campo de la Astronomía destacó con las observaciones continuas y prolifas de eclipses de los satélites de Júpiter y, posteriormente, el paso de Venus por el disco del Sol.

La presencia de Elhuyar en Nueva España se hace imprescindible. Actualmente en Viena se le designa (R. O. 1786-julio-18), Director General del Cuerpo de la Minería de México y Profesor de Mineralogía, quien había de desempeñar este honroso cargo durante treinta y tres años, un mes y ocho días.

Las gestiones de Lassaga y Velázquez fueron fructuosas con la designación de otro profesor, se expide en Aranjuez una R. O. (1788-mayo-22): "Deseando el Rey el establecimiento del Colegio de Minería en esta Capital y atendiendo a la aplicación que ha manifestado D. Andrés Joseph Rodríguez, n.º del Escalafón General de Minas, en el estudio de Mineralogía y Geometría Subterránea... se transfiera a Cádiz para embarcarse en primera ocasión... en el destino que (Elhuyar) lo juzgue más benemérito", fallecido en México (1803-julio-2).

Tomada posesión de la Dirección General de Minería por Fausto de Elhuyar (1788-septiembre-13), se da otro paso fundamental para la puesta en marcha del Colegio, cuya inauguración se acuerda para primeros de 1789, y de la presidencia del Tribunal de Minería (1789-febrero-23) quien propone el capitán e Ingeniero de Minas Andrés José Rodríguez para Catedrático de Matemáticas, nombrado por el correspondiente auto (1790-marzo-5). Con su afición y dominio de la Química, proyectada Elhuyar un Laboratorio de Química destinado al Colegio, iniciándose con la construcción de unos hornillos para ensayos de minerales.

Dado que no pudo poner en actividad el Colegio durante todo el año 1790, prepara D. Fausto un plan del Colegio de Minería, bastante semejante al de sus promotores Lassaga y Velázquez. En el Centro se dará instrucción general y pública a cuantos quieran dedicarse a la carrera de la Minería. Para hacer más perceptible con la práctica y arraigar más en la memoria los principios teóricos que se les hayan dado en las lecciones, será necesario vayan con sus respectivos maestros por unas temporadas a algunos de los Reales más próximos a la Capital y que allí se ejerciten prácticamente en las materias correspondientes al estado de la instrucción de cada uno; eligiendo para este fin los dos otros meses últimos del año, para cuyo tiempo deberán acabarse los cursos del Colegio. Concluidos los cuatro años de Colegio, se repartirán los colegiales a los Reales de Minas, en donde dirigidos por los Peritos Facultativos, se ejercitarán en la práctica de los operaciones y laboreos durante dos años, al cabo de los cuales, examinados en el Tribunal, se les despacharán los Títulos correspondientes, para que en cualquier parte puedan ejercer su facultad.

Establecen la edad de admisión para los alumnos entre 15 y 20 años, con base matemática, sus actividades ininterrumpidas durarán desde las 6 de la mañana a las 9 de la noche. Dada la conveniencia de que adquieran los modales de la Sociedad, irán solos o acompañados de los Jefes del Colegio a visitar a los Ministros del Tribunal y algunas otras personas principales. Queda prevista la organización de las tres comidas, el lavado y repaso de la ropa así como en qué consiste ésta, el recreo de los colegiales, las enfermedades y accidentes, y hasta los menores detalles del reglamento de un Colegio, del profesorado en los cursos sucesivos así como las cualidades que han de tener los profesores del Colegio.

Considera D. Fausto la carencia de condiciones adecuadas del local arrendado en la calle del Hospicio de San Nicolás para alojar al Colegio, mientras podía adoptarse otra solución: la adquisición de un terreno en la calle de Santa Teresa esquina a Segunda del Indio Triste, donde está una carbonería, el alquiler de coches y unas casas arruinadas que están derribando. Tampoco quiere perder tiempo durante estas gestiones de expansión del local y proyecta una serie de hornos de ensayo para el

Colegio (1791-julio-18). Se designa Catedrático de Física a Francisco Antonio Bataller (1791-septiembre-19), que lo había sido en el Real Colegio de San Isidro de Madrid (falleció en México 1800-abril-15), y acuerda que la Academia de San Carlos (1791-octubre-26), proporcione dos profesores, uno de Arquitectura y otro de Dibujo.

Los ocho primeros alumnos, con los que debe abrirse el Colegio, quedan propuestos (1791-diciembre-13). Se inicia el Año de Gracia de 1792, en que habría de efectuarse la apertura del Real Seminario de Minería (enero-1), en la Sala Principal de la casa destinada provisionalmente para Colegio, ubicada junto a la Iglesia de San Nicolás. Transcribimos del Escribano Mariano Buenaventura del Arroyo: "Que el Real Tribunal de Minería, en observancia de lo dispuesto por S. M., en su Real Nombre y bajo las prevenciones y estatutos provisionales que acaban de referirse, y de las demás que en lo sucesivo pudieran calificarse convenientes para el mejor régimen del Colegio; erigía, fundaba y establecía en este acto el Real Seminario de Minería bajo la Real protección y con inmediata sujeción y dependencia en todas sus causas y negocios al propio Tribunal General."

Erigido, establecido y fundado el Colegio Seminario pasaron después en forma el Real Tribunal, con los empleados y sus ocho colegiales al Real Palacio para presentárselos al Virrey, disponiendo que el día siguiente (enero-2) se celebrase el divino sacrificio en el convento del Hospicio.

El día de comienzo de las clases (1792-enero-7) se inician los asientos en el "Libro de Gobierno del Real Colegio Seminario de Minería de Nueva España", donde se tomará razón de todas las incidencias dignas de consignarse en el mismo.

Como estímulo de los colegiales (1792-junio-14) se establece y reglamenta un distintivo que se da como premio a los alumnos distinguidos por su conducta y aplicación, consistente en lazos blancos para lo primero y amarillos para lo segundo; los alumnos premiados los colocarán en el ojal de la casaca, pudiendo usarlos dentro y fuera del Colegio.

El Claustro de Profesores se va completando, por R. O. (1792-octubre-28) se nombra, para la clase de Mineralogía, al madrileño Andrés Manuel del Río y Fernández (1765-1849), quien anteriormente había sido designado para la de Química.

El primer curso del Colegio fue un éxito; los ejercicios de los alumnos fueron brillantes y, por ello, se celebraron en la festividad de Nuestra Santísima Madre de Guadalupe, los primeros actos públicos sustentados por los alumnos, equivalentes a lo que posteriormente se denominarían tesis.

En la información consultada hemos encontrado una contradicción, dado que la festividad de la advocación de Nuestra Señora de Guadalupe se celebra el 12 de diciembre; la invitación para los del segundo curso decía: "Convite para los actos públicos que tendrán en el Co-

legio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por D. Francisco Antonio Bataller Catedrático de Física, el Capitán de Milicias D. Andrés Joseph Rodríguez catedrático de Matemáticas, y D. Mariano Chanin Maestro de Gramática Castellana y Lengua Francesa, a presencia del Real Tribunal General del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España. Los días 16 y 17 de diciembre a las nueve y media de la mañana y tres y media de la tarde de 1793."

Los locales son insuficientes, a las pretensiones del Director, resuelve el Rey R. O. (1792-septiembre-7) sea vendido por la Real Academia de San Carlos al Tribunal de Minería el solar que posee, llamado de Nilpantongo, situado en la calle de San Andrés de esa Ciudad, posteriormente escriturado (1793-marzo-14). En este terreno al posesionarse (1793-marzo-23) se encuentran varias casucas ocupadas por familiares pobres; una carrocería y un corral grande, una pila de agua y varios lavaderos, algunas viviendas ya desocupadas por los rumores de iniciación de la obra. Se encomienda el proyecto y la construcción del edificio destinado a Colegio (1794-julio-22) al Teniente Coronel de Ingenieros, Miguel Constanzó.

Llegado del Río a México (1794-diciembre-18) se ocupa inmediatamente de organizar la enseñanza de su disciplina, la cual divide en dos cursos, el primero la Oritognosia comenzado (1795-abril-27) y el segundo el Laborío de las Minas, a iniciar en el curso de 1796. Para facilidad de los alumnos, en la fecha de iniciación de las clases, ya tenía escrita la primera parte de su obra de Oritognosia, autorizada inmediatamente su impresión (1795-septiembre-15). Al iniciar el segundo curso presenta sus apuntes de Laborío de Minas (1796-enero-22) denominándose definitivamente su asignatura "Oritognosia, Geognosia y Arte de Minas".

Los miembros del Real Seminario (1796-febrero-11), comentan el transcurso de nueve años, desde la designación de D. Fausto como Director, con lo cual el cese es automático. Su antecesor Valázquez, en atención a sus méritos en minería, de haber sido el autor del proyecto e infatigable organizador, le concedió S. M. el privilegio prorrogar la Dirección del Real Seminario, por otra período análogo, no disfrutado a causa de su fallecimiento. El ansiado plan de Velázquez fue puesto en marcha por D. Fausto y lo vio erigido, después de cuatro años de arreglo de planes, informes, preparativos de libros, de máquinas y múltiples diligencias. Fruto del infatigable celo, junto con su prudencia, afabilidad y empeño del actual Director, son los adelantamientos hechos por los alumnos en el solo plazo de cuatro años, en la educación cristiana y política como en la instrucción de las Facultades que les enseñan relativas a la Minería. La petición a S. M., en el curso correspondiente, encaminada a la designación de Elhuyar como Director Perpetuo del Seminario, conduce a juicio de los peticionarios al honor, conservación y mayores progresos del establecimiento, promovido por el interés que todos tenían en el mejor éxito.



Nuevo edificio del Real Seminario de Minería de México

Una nueva cátedra se pone en marcha; es la de Química, con el Profesor Luis Linder (1796-octubre-20).

Fue reiterada la petición a favor de Elhuyar (1797-enero-7) a quien por R. O. (1796-noviembre-7), S. M. le había concedido el honor de Ministro de la Real Junta General de Comercio, Moneda y Minas.

Dispuesto el comienzo de las obras del Colegio (1797-enero-31) así como la elaboración del proyecto por el Arquitecto Manuel Tolsa (1797-junio-27) este fue designado Director de la obra y éstas comienzan.

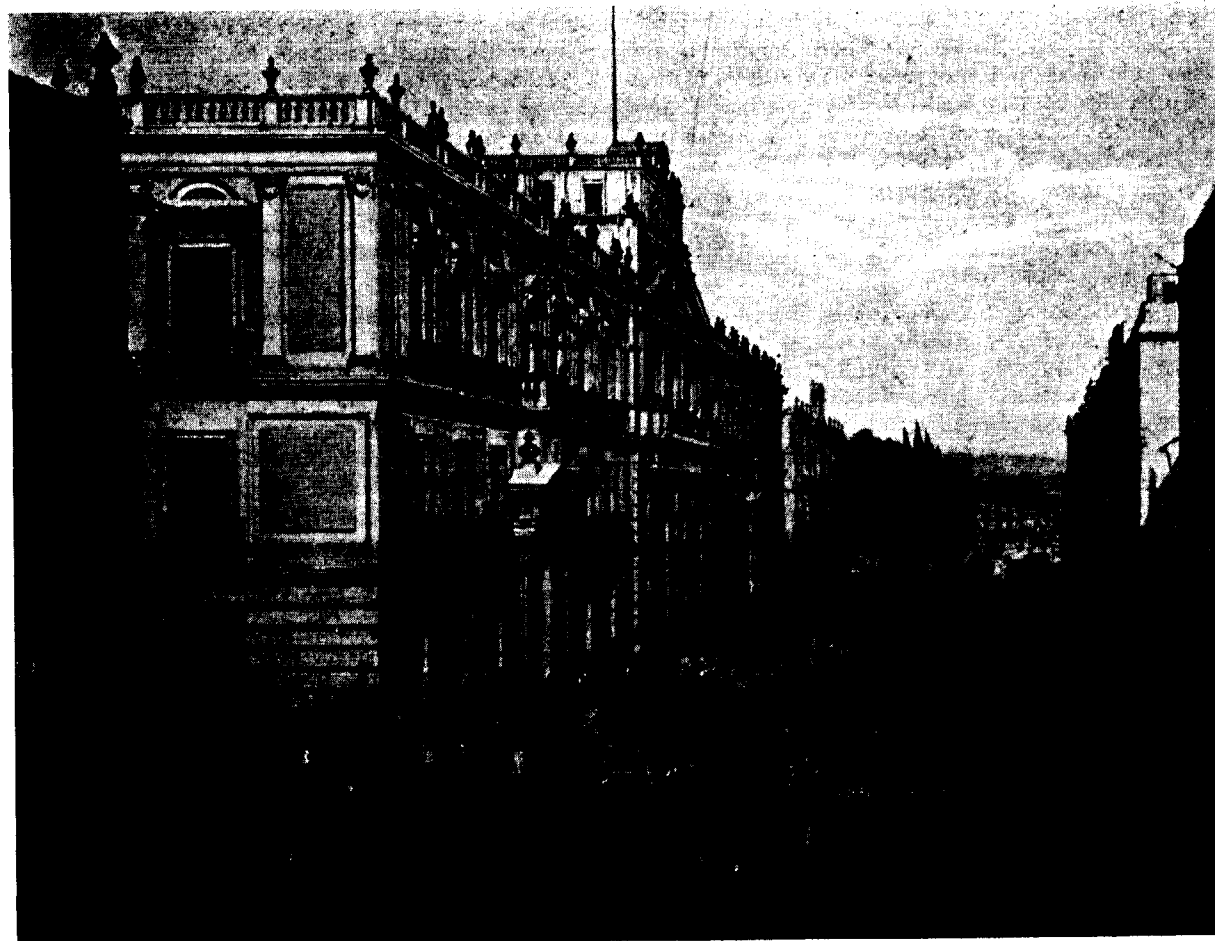
Convencida S. M. de la adquisición por parte de algunos de los conocimientos teóricos-prácticos convenientes para el más seguro y económico laboreo de los preciosos metales de oro y plata en esos Reales de Minas, en el tiempo más oportuno, los jóvenes de más aplicación y aprovechamiento, que tengan disposiciones y ninguna dificultad para pasar con el destino de Directores e Ingenieros de Minas a los Virreinos del Perú y Buenos Aires, y a las Provincias de Guatemala, Quito y Chile, dispone pasen a establecer el mejor, más seguro y eco-

nómico método en la extracción y beneficio (R. O. 1798-abril-19).

Autoriza el Tribunal se provea con cargo a los fondos del Colegio, de libros, instrumentos de minas y útiles de ensayo a los alumnos que están haciendo prácticas en Zacatecas, Guanajuato, Catorce (1798-agosto-18).

Como modelos de suma actualidad, pueden considerarse las cuatro instrucciones elaboradas por el Director del Colegio (1800-mayo-12) para las disertaciones que deben mantener los alumnos, sus temas son 1.º Descripción geognóstica. 2.º Descripción de una mina. 3.º Descripción de beneficios por azogue. 4.º Descripción de beneficio por el fuego.

El claustro y programas siguen actualizándose, se designa profesor de Física (1800-noviembre-7) a Salvador Sein. La Geometría Práctica pasa a la Segunda de Matemáticas e incrementa el plan de estudios con Cálculo Infinitesimal, de Mecánica, Electricidad, Óptica y Astronomía (1800-noviembre-24), siendo la primera asignatura de Electricidad establecida en América, y da estado oficial y fijan atribuciones (1801-enero-2) de los Ayudantes de



Nuevo edificio del Real Seminario de Minería de México

Una nueva cátedra se pone en marcha; es la de Química, con el Profesor Luis Linder (1796-octubre-20).

Fue reiterada la petición a favor de Elhuyar (1797-enero-7) a quien por R. O. (1796-noviembre-7), S. M. le había concedido el honor de Ministro de la Real Junta General de Comercio, Moneda y Minas.

Dispuesto el comienzo de las obras del Colegio (1797-enero-31) así como la elaboración del proyecto por el Arquitecto Manuel Tolsa (1797-junio-27) este fue designado Director de la obra y éstas comienzan.

Convencida S. M. de la adquisición por parte de algunos de los conocimientos teóricos-prácticos convenientes para el más seguro y económico laboreo de los preciosos metales de oro y plata en esos Reales de Minas, en el tiempo más oportuno, los jóvenes de más aplicación y aprovechamiento, que tengan disposiciones y ninguna dificultad para pasar con el destino de Directores e Ingenieros de Minas a los Virreinos del Perú y Buenos Aires, y a las Provincias de Guatemala, Quito y Chile, dispone pasen a establecer el mejor, más seguro y eco-

nómico método en la extracción y beneficio (R. O. 1798-abril-19).

Autoriza el Tribunal se provea con cargo a los fondos del Colegio, de libros, instrumentos de minas y útiles de ensayo a los alumnos que están haciendo prácticas en Zacatecas, Guanajuato, Catorce (1798-agosto-18).

Como modelos de suma actualidad, pueden considerarse las cuatro instrucciones elaboradas por el Director del Colegio (1800-mayo-12) para las disertaciones que deben mantener los alumnos, sus temas son 1.º Descripción geognóstica. 2.º Descripción de una mina. 3.º Descripción de beneficios por azogue. 4.º Descripción de beneficio por el fuego.

El claustro y programas siguen actualizándose, se designa profesor de Física (1800-noviembre-7) a Salvador Sein. La Geometría Práctica pasa a la Segunda de Matemáticas e incrementa el plan de estudios con Cálculo Infinitesimal, de Mecánica, Electricidad, Óptica y Astronomía (1800-noviembre-24), siendo la primera asignatura de Electricidad establecida en América, y da estado oficial y fijan atribuciones (1801-enero-2) de los Ayudantes de

clases. La Geometría Subterránea o Arte de medir minas, queda incorporada al Segundo Curso de Matemáticas (1804-septiembre-20). Las dotaciones anuales de las cátedras de Química y Mineralogía (1806-enero) pasaron de 2.000 a 3.000 pesos.

Esta organización dependiente de España llega a su fin (1821-octubre-22) asiste D. Fausto de Elhuyar por última vez al Tribunal. Sigue la mayoría de edad de este hermoso país con la denominación de México y su Colegio continuó funcionando hasta el 27 de diciembre de 1867, en virtud de la ley (1867-diciembre-2) fortalecedora de la "Escuela Preparatoria", por la que se extinguió su función.

El mejor colofón para este comentario sobre el Colegio de Minería de Nueva España, es la frase de su antiguo alumno Santiago Ramírez (1890), profundo conocedor de sus historia: "Habiendo sido en nuestro país la cuna de las ciencias exactas, naturales y de observación, le ha dado tantos hijos ilustres, tantos sabios distinguidos y ha influido de una manera tan inmediata como favorable en su desarrollo intelectual, en sus adelantos positivos y en su gloria, en su bienestar y en su engrandecimiento".

En justa memoria de Elhuyar recordemos la frase de Maffei (1877-julio-1) "difundió en el nuevo mundo, el amor a las Ciencias Naturales".

VI-4-d. ZACATECAS Y TASCO

Los intereses mineros de Nueva España son importantes y dispersos; es necesario crear más escuelas especiales de Minería para la formación de tanto técnico como es necesario. Las Cortes reconocen este deseo de los mexicanos y en la Ley General de Instrucción Pública (1821-junio-29) quedan legalmente creadas las escuelas de minas de Zacatecas y de Tasco.

VI-5-a. CHILE

La Ordenanza de Minería de Chile, fue una adaptación de la de Nueva España, (1783-mayo-22) oficia Jorge Escobedo (Lima 1786-noviembre-7) al Presidente Superintendente General del Reino de Chile sobre el particular, y este Ambrosio de Benavides insiste (Santiago 1786-diciembre-30) sobre la adaptación de esta Real Ordenanza de lo que se tomó razón (Santiago 1787-enero-17) en el Tribunal Mayor de Cuentas y de las Cajas Reales, al mismo tiempo acusa recibo (Santiago 1786-diciembre-3) de la comunicación anterior a Escobedo. La Ordenanza es promulgada por el Presidente de la Audiencia de Chile, Tomás Álvarez Acevedo (1787-diciembre-22). Dado el fin industrial y docente de la Real Ordenanza, se nombra Administrador General de Minas al catedrático de Matemáticas de la Universidad de San Felipe, Antonio Martínez de la Mata (Santiago 1788-enero-2) e inmediatamente se da "la instrucción que ha de observar el Administrador General del Real e importante Cuerpo de Minería de Chile, para la actuación de la visita de todos

los minerales del Reino" (Santiago 1788-enero-8). También son nombrados (Decreto Santiago 1788-abril-1) los seis consultores previstos en la Ordenanza.

El Presidente de la Audiencia, Acevedo (Santiago 1788-abril-1) da cuenta al Ministro de Indias, Antonio Valdés, de las providencias tomadas para la adaptación y del arreglo del gremio, toda la documentación se la remiten (San Ildefonso 1788-agosto-22) para su informe al Contador General de Indias, Antonio Machado, quien emite su informe (Madrid 1792-junio-18) cuando la Ordenanza lleva varios años en vigor.

Considera Elhuyar la necesidad de que parte de los mineros sajones contratados por el Rey, sean destinados a Chile, para instruir a aquellos mineros y según su propuesta (Madrid 1788-febrero-3) son destinados dos destacadas personalidades competentes en todas las ramas de la minería, Daniel Weber y Federico Sonneschmid, el Perito Facultativo Guillermo Criesbach, especialista en labores subterránea y cinco especialistas, misión dura la encomendada a estos sajones por la resistencia de los naturales del país a seguir las técnicas modernas de la minería y de la metalurgia. El primero fue considerado como el jefe e instructor principal de la expedición de Chile, por ello (Aranjuez 1788-abril-1) se le expidió el título de Director de Labores de minas y Beneficio de minerales y metales.

Entre los documentados catalogados del Archivo General de Indias, no hemos encontrado más información sobre implantación de la enseñanza de las ciencias mineras, salvo las referidas de Arica.

VI-5-b. ARICA

Creada legalmente la enseñanza de la Mineralogía en Chile, (1787), se debió establecer algún centro de esta disciplina en Arica, por figurar en los libros de la Real Caja y principalmente en el libro mayor de 1801, varias partidas correspondientes al Colegio de Minería.

VI-6. FILIPINAS

Las Islas Filipinas fueron objeto de múltiple atención por los cultivadores de las ciencias de la Naturaleza, quizás por razón de su distancia a la metrópoli, al tener que navegar por el Sur de Africa para llegar a España; las actividades mineras fueron menos diligentes que en otros territorios hispanos.

Diffícil era lograr en el siglo XVIII maestros para la creación de un Colegio de Minería y, por ello, se pensó como mejor solución, la utilización del mexicano por los filipinos. Dispone Carlos III por R. O. (1784-abril-10) que en el Colegio de Minería de México se admitan anualmente, sean asistidos y educados en todo, seis jóvenes hijos de Naturales o de Mestizos de las Islas Filipinas, que se remitirán por su gobierno, a fin de que se instruyan en la Minería, y restituidos a sus respectivas provincias de procedencia que son muy abundantes de

oro, puedan ser útiles al Estado, a sus padres y a ellos mismos.

Puede considerarse como una reiteración de la orden anterior otra (1788-noviembre-15) disponiendo puedan ingresar en el Colegio de Nueva España, en calidad de alumnos de erección, seis jóvenes filipinos. El tiempo transcurre, sin realizar estos deseos, pero es durante el reinado de Carlos IV cuando se designan los dos primeros alumnos filipinos, Ramón, hijo del Dr. Pedro de Dios Fabié, abogado de la Real Audiencia de Manila, y de D.^a Brígida de Jesús, y Carlos, hijo del Lic. D. Juan Dios Fabié y D.^a Josefa Guión, ambos españoles y cristianos viejos con la adecuada formación matemática, quienes embarcan en la nao Rey Carlos (1801-diciembre-2) con destino a la costa del Pacífico de la Nueva España.

Hasta la Ley General de Institución Pública (1821-junio-29) puede considerarse como no creada definitivamente la enseñanza de la minería en Filipinas.

La Inspección de Minas en las Islas Filipinas fue creada en 1837.

VI-6. NUEVO REINO DE GRANADA

Pocos antecedentes hemos encontrado sobre implantación de la enseñanza de la minería en el Nuevo Reino de Granada, donde debió profesarse con interés, dada la personalidad encargada de su promoción.

Establecida la adaptación de la Real Ordenanza de México, el impuso fundamental es dado por Fausto de Elhuyar, al proponer al Rey el envío de su hermano Juan José de Elhuyar, quien había estudiado la minería en los mismos centros que Fausto. La plantilla propuesta (1788-febrero-3) a base de contratados sajones, por la escasez en dicho Reino de mineros con instrucción, fueron el Perito Facultativo Manuel Dietrich, especializado en temas subterráneos y seis obreros especializados; con ellos inició Elhuyar las enseñanzas.

VI-7. CUBA

Establecida en Cuba por la Regencia del Reino (1811-agosto-11) la misma Ordenanza de la minería. La Ley General de Instrucción Pública (1857), es extendida a Cuba (R. D. 1863-junio-15) y con ella la enseñanza de la minería. Los futuros alumnos de Ingenieros de Minas, estudian en la Isla las asignaturas comunes, seguidas de unas pruebas de suficiencia, ante un Tribunal especial con amplia intervención de los Ingenieros del Distrito de La Habana, el cual les da el pase para seguir los estudios superiores en la Escuela de Minas de Madrid.

Estaban autorizados los diversos Ayuntamientos de la Isla para consignar en sus presupuestos las cantidades convenientes destinadas al sostenimiento de estos alumnos en Madrid.

VI-8. NICARAGUA

Grata fue la impresión causada en la Junta Pública de la Sociedad Económica de Guatemala (1811-agosto-12),

al conocer la generosidad del Ilmo. Sr Honorio D. Francisco Nicolás García, Obispo de Nicaragua, por su oficio (1811-agosto-8) donde descubre los deseos que le animan de fundar en su capital y a su cargo una cátedra de mineralogía y pide información y consejo sobre los métodos que deben adoptarse en su enseñanza. Después de considerar el escrito, se acuerda pedir al cielo llene de bendiciones al dominico que va a hacer la felicidad de Nicaragua y labrar su fortuna a todo el Reino.

VI-9. HONDURAS

El Ayuntamiento Constitucional de Comayagua, capital de la provincia de Honduras, en el Reino de Guatemala y a 150 leguas de la capital, dirige escrito a S. M. desde la Sala Capitular (1820-octubre-16) donde consta: "sus minas poderosas e inagotables de oro y plata y entre ellas la primera del mundo segun los mejores historiadores, llamada el Corpus y el Río de Guadalupe, cuyas arenas mezcladas contienen oro, a la afirmación de todas las naciones... y entre ellas las singulares de ópalo". ¿Habrà quien dude de que en Comayagua debe haber ya una Junta Provincial y una Universidad? Después de tres siglos luchando con la capital de Guatemala, donde además de escasear los auxilios más necesarios, sólo vemos providencias y trabas que todo lo obstaculizan. La erección del Colegio en la Universidad es de rigurosa necesidad, donde tienen cátedras de latinidad, filosofía y teología moral. Se deberían crear tres cátedras: la 1.^a de cánones y leyes, la 2.^a de medicina y cirugía, la 3.^a de mineralogía, por ser la provincia donde están todas las minas de este continente. La dotación de estas cátedras puede satisfacerse suprimiendo las Canongías Doctoral y Penitenciaria de esta catedral donde quedan cinco dignidades, con ello la Provincia de Comayagua será la más opulenta y rica de América.

Por la Ley General de Instrucción Pública (1828-junio-29) quedó creada la Escuela Especial de Minería de Tegucigalpa de Comayagua.

VI-10. COLOMBIA

Otro país con intereses mineros importantes fue Colombia, con manifestación del continuo deseo, en el logro de una buena formación de sus aborígenes en las ciencias que les permitiesen un mejor conocimiento geológico, descubrimiento de sus riquezas, explotación y beneficio, habiéndose recogido estas aspiraciones en la Ley General de Instrucción Pública, en su mandato de establecer una escuela especial de minería en Santa Fe de Bogotá (Madrid 1821-junio-29).

VI-11. PUERTO RICO

El interés por los estudios de la carrera de Minas, fue consecuencia de la labor activa de Cia, promovida por su destino a la recién creada Inspección de Puerto Príncipe (R. O. 1845-diciembre-30), donde realizó interesantísimos trabajos recogidos en varias publicaciones.

Noticias

REUNIONES CIENTIFICAS

I REUNION REGIONAL SOBRE LA GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL DUERO SALAMANCA, 1979

El impulso dado en los últimos años al conocimiento de la Geología en la Cuenca del Duero y del marco montañoso que la rodea, está haciendo necesario una vía de diálogo y de contrastación de datos, entre los diferentes especialistas que trabajan en la Cuenca.

Para cubrir estos objetivos los Departamentos de Estratigrafía de Salamanca y Oviedo así como la División de Geología del IGME han decidido promover una reunión de campo, organizada por el primero de ellos, para finales de junio, o principios de julio de 1979.

La duración prevista para esta Reunión es de cinco días, de los cuales los dos primeros se dedicarán a sesiones científicas y los restantes a excursiones por distintos itinerarios de la Cuenca.

La temática será libre, teniendo cabida cualquier trabajo (mineralogía, petrología, sedimentología, hidrogeología, prehistoria, etc.).

Los resúmenes de las comunicaciones deberán estar en poder de la Secretaría de organización dos meses antes. Los promotores de la reunión se comprometen a publicar las Actas de la misma.

Dirigir toda la correspondencia a: Angel Corrochano Sánchez, Secretario de la I Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias. Salamanca.

IV REUNION DEL GRUPO ESPAÑOL DE TRABAJO DEL CUATERNARIO

La IV reunión se celebrará en Banyoles (Girona) del día 22 al 30 de septiembre de 1979.

Para la IV reunión se propone un programa que, abarcando todos los aspectos del Cuaternario, intente considerar únicamente aquellos trabajos que aporten resultados concretos, útiles para el establecimiento de los principales hitos y características de la evolución cuaternaria del territorio español. Por ello, se propone dejar de lado la presentación de aquellos estudios locales que, aunque interesantes para el conocimiento detallado del territorio, no presentan datos de interés general.

Al mismo tiempo se sugiere la presentación de aquellos métodos de trabajo que por su novedad y/o utilidad general ofrezcan un notable interés.

A partir de estas consideraciones se ha establecido el programa siguiente:

Interpretación de los ambientes y procesos cuaternarios: metodología, problemática y resultados.

- Procesos actuales.
- El hombre y el Cuaternario.
- Fauna, flora y suelos cuaternarios.
- Crono y bioestratigrafía.
- Procesos e interpretaciones paleogeográficas.

A iniciativa de algunos componentes del grupo se ha creído conveniente abrir una nueva vía temática que hasta la actualidad no ha estado presente en nuestras reuniones. Se trata de los aspectos de aplicación práctica que pueden derivarse del estudio del Cuaternario, con atención preferente a la ordenación del medio natural. A tal fin se propone dedicar una sección especial de tipo coloquio en la que se den a conocer los trabajos realizados en este campo y se debatan aquellos que se consideren más interesantes.

En principio están previstas tres excursiones, las sesiones de presentación de comunicaciones y la celebración del coloquio.

La primera excursión, prerreunión, se desarrollará durante un día y medio de duración en el *Valle del Ter*. En ella se observarán las formaciones cuaternarias debidas a la morfogénesis glacial, fluvio-glacial, periglacial y fluvial de la cuenca alta del río Ter.

La segunda excursión se realizará durante la reunión en la *cuenca lacustre de Banyoles-Besalú*. Se visitarán los principales afloramientos cuaternarios de la comarca, entre los que destaca por su importancia el complejo prehistórico de Serinya.

La tercera excursión, postreunión, tiene previstos dos días de duración. Se observarán los sistemas de terrazas, glaciares y procesos de dinámica actual en una *cuenca sub-mediterránea* de la Depresión Central Catalana y algunos afloramientos más representativos del *cuaternario litoral*.

Las comunicaciones que se presentan a la IV reunión tendrán que adaptarse a la temática concreta de la misma, reservándose la Comisión organizadora el derecho a no aceptar los trabajos que no cumplan dicha condición.

Los trabajos completos deberán estar en posesión de la Comisión organizadora antes de 30 de junio de 1979 acompañados de un resumen en lengua castellana, que recoja concretamente los resultados obtenidos y que en ningún caso deberá sobrepasar las 25 líneas mecanográficas.

La Comisión organizadora no se compromete a la publicación de los trabajos presentados, aunque hará todo lo posible junto con el G.E.T.C. para obtener los créditos necesarios para poderla llevar a cabo.

Toda la correspondencia referente a la IV reunión podrá dirigirse a: Ramón Juliá Brugués, Departamento de Geomorfología y Tectónica de la Universidad de Barcelona.

UNA ESCUELA DE TECNICOS DE CENTRALES NUCLEARES

Se ha inaugurado en Essen el primer centro europeo para formación de técnicos de centrales nucleares. La instalación, construida con un coste de 40 millones DM, está sostenida por las firmas alemanas, austríacas, holandesas y suizas que explotan centrales nucleares. Punto cardinal de este centro de simulación de central nuclear son dos instalaciones de mandos, uno que corresponde al del reactor de agua a presión en Biblis, el otro al del reactor de agua en ebullición en Brunsbüttel, junto a Hamburgo. Los futuros técnicos pueden aprender así prácticamente en el centro de simulación de Essen cómo funciona normalmente un reactor. Pueden ensayar repetidas veces estados de funcionamiento difícil, detener y corregir un proceso provocado por error. Además aprenden cómo deben comportarse en caso de avería. Con este objetivo se han programado en la ordenadora más de 100 posibles perturbaciones-incluyendo "el mayor accidente previsible" (GAU). La enseñanza se imparte en grupos de 4 a 5 alumnos, número de componentes del equipo de control en el puesto de mando de una central nuclear.

CONCESION DEL PREMIO TECNITERRAE IV

El Premio Tecniterrae IV, dotado con 50.000 pesetas, ha sido adjudicado al Catedrático de Mineralogía y Cristalografía de la Universidad de Salamanca, don Antonio Arribas Moreno, y el Doctor en Ciencias Químicas, don Javier Herrero Payo, por un trabajo conjunto realizado por ambos autores.

El citado premio, discernido al cumplirse el año IV de la publicación bimestral Tecniterrae (Revista Española de Geología y Minería), fue concedido por unanimidad al trabajo *Prospección geoquímica de uranio en los suelos y vegetación de la mina Fe, 3. Ciudad Rodrigo (Salamanca)*, en el que se realiza un estudio geoquímico detallado para conocer la relación existente entre, por un lado, las anomalías radiométricas de superficie y el contenido de uranio de los suelos y la vegetación, y por otro lado la distribución real de dicho elemento.

Los autores realizaron sus estudios, base de los trabajos expuestos en el artículo, en la zona "Fe3", situada unos 10 kilómetros al N de Ciudad Rodrigo, dentro del término de Saelices el Chico, en la provincia de Salamanca.

El tema, publicado en el número 21 de "Tecniterrae", constituye por su calidad y novedad una aportación valiosa para la investigación geológico-minera.

Para el año próximo "Tecniterrae" vuelve a repetir su convocatoria, concediendo un premio de 50.000 pesetas al artículo que resulte seleccionado entre los publicados en el año V de esta revista española de Geología y Minería que comienza en noviembre del presente año.

LABORATORIOS

LASER DE HAMBURGO

Científicos del Instituto de Física Aplicada de la Universidad de Hamburgo han logrado producir cristales laser nuevos, con la particularidad de su "elevada potencia amplificadora", no superada hasta la fecha. Cuando el rayo luminoso atraviesa un trozo de cristal de una centésima de milímetro de longitud, sale de él con una potencia de hasta cien veces. Los laser son fuente de luz que emiten un rayo luminoso nítidamente concentrado según la longitud de onda y dirección.

Los nuevos laser en miniatura son especialmente adecuados para telecomunicaciones debido a que emiten luz infrarroja capaz de transmitir datos a través de finísimas fibras de vidrio, y sin apenas pérdidas, entre centrales de telecomunicación, así como también entre oficinas, aviones o barcos. En principio, estas vías luminosas serían capaces de transportar una cantidad de datos muy superior (hasta mil programas de televisión simultáneamente, por ejemplo) a las posibilidades de las actuales comunicaciones eléctricas.

INVESTIGACION ESPACIAL

DESCUBRIMIENTO DE AGUA EN OTRO MUNDO

Fuera de nuestra Vía Láctea también existe agua, en otros sistemas estelares. Este descubrimiento sensacional acaba de ser realizado con ayuda del "Radiotelescopio 100 m" en Bad Münstereifel-Effelsberg. La primera nube de vapor de agua fuera de nuestra galaxia fue hallada en la nebulosa IC 133 al borde la galaxia espiral M 33: se encuentra a unos 2,2 millones de años luz de la Tierra.

La prueba de su existencia se obtuvo gracias a una nueva instalación de recepción: con el fin de reducir lo más posible las perturbaciones en los elementos electrónicos de construcción de la antena el sistema fue refrigerado con helio hasta una temperatura de -258 grados Celsius. La sensibilidad del receptor, casi cuadruplicada con este procedimiento, junto con la gran superficie de la antena del "Radiotelescopio 100 m", han hecho posible que se haya podido demostrar por primera vez con toda evidencia la radiación lineal de una nube de vapor de agua fuera de nuestra Vía Láctea, con una longitud de onda de 1,2 centímetros.

UN MODELO NUEVO DEL UNIVERSO

Con la ayuda del único telescopio gamma situado en el espacio, a bordo del satélite europeo de investigación Cos-B, se prepara un modelo nuevo del universo, este

proyecto de alcance europeo, presentaron recientemente en una reunión del "Grupo de trabajo Física Extraterrestre" celebrada en Munich, un planisferio celeste que muestra a nuestra Vía Láctea "a la luz", de radiaciones gamma de gran poder energético. En dicho mapa, para el que ha recogido los datos correspondientes el satélite Cos-B, donde se aprecian fuentes de radiaciones de las que hasta la fecha no se conocían más que una pequeña parte a partir de otros sectores de la radiación electromagnética.

Mientras que la luz del Sol y las estrellas es emitida por gases ardientes, cuya temperatura oscila alrededor de 6.000 grados celsius, la radiación gamma, de onda extremadamente corta, tiene su origen en procesos de poder energético incomparablemente mayor.

Como la radiación gamma se propaga en línea recta, sin que influyan en ella los campos magnéticos cósmicos, y tampoco es absorbida por la materia interestelar, esta radiación, procedentes de las regiones más alejadas del universo en camino durante millones de años, llega hasta las proximidades de la Tierra. De ahí que su observación suministre no sólo referencias sobre los procesos en trance de desarrollo, sino también sobre aquellos ya desarrollados desde la explosión inicial en el universo y que se caracterizan por sus elevadísimas densidades energéticas.

La radiación gamma cósmica, no puede observarse desde la Tierra, protegida por su envoltura atmosférica contra la penetración de cualquier clase de radiación de poder energético grande procedente del universo. Sólo es posible su estudio con el complejo sistema de aparatos del Cos-B y determina su frecuencia, energía y ángulo de caída con una precisión no alcanzada hasta la fecha. La posibilidad de medir así el cuanto de gamma eléctricamente neutral se debe a que se transforma en el sistema de aparatos en un par de partículas cargado eléctricamente al chocar con una chapa de volframio.

Las observaciones de Cos-B aluden a la existencia de fuentes puntuales de radiaciones, cuatro por lo menos de las estrellas gamma descubiertas hasta la fecha por Cos-B son pulsares. Estos astros, se consideraron cadáveres de estrellas, son todavía sorprendentemente activos: cuando una estrella de masa grande ha consumido su combustible nuclear, se contrae tras la explosión gigante de una supernova y forma de estrella compacta de extraordinaria densidad y rápido movimiento de rotación, cuyo diámetro es más bien pequeño, y emite la energía que pierde al rotar, en parte bajo la forma de destellos de radiación. Estos procesos de radiación se desarrollan en un espacio muy reducido de unos pocos kilómetros cuadrados a causa del escaso tamaño de los pulsares. Los intensos campos magnéticos y eléctricos que probablemente existen en tales estrellas compactas son la causa de las elevadas densidades energéticas necesarias para la producción de cuantos gamma.

En la misma superficie activa de las estrellas de neutrones tienen al parecer lugar varios procesos de radiación de naturaleza física totalmente diferente. Crab, por ejem-

plo, el pulsar conocido más rápido, emite cada 33 milésimas de segundo dos destellos que demuestran por vez primera las mediciones de Cos-B, brillan simultáneamente en las longitudes ondas radioeléctricas, infrarrojas y de rayos gamma y X visibles. Todavía sigue siendo enigmática la naturaleza de las estrellas gamma que no se identifican como pulsares. Sólo se han estudiado más las tres cuartas partes de los datos de Cos-B.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

ENSAYO DE UN GENERADOR SOLAR

Un generador solar alemán superligero ha superado con éxito las pruebas a que ha sido sometido en los Laboratorios Comsat de los Estados Unidos de América. Este nuevo desarrollo en la tecnología de fibras de carbón, es aplicable a potencias de dos a doce kilowatios. El peso específico del generador es de unos 20 kg. por kilowatio. Los generadores solares usuales a base de aluminio pesan de cuatro a cinco veces. En este proyecto, se trató desde un principio el desarrollo de generadores solares extremadamente ligeros y de gran potencia.

ENERGIA

CENTRALES ELECTRICAS FLOTANTES PARA CAMPOS PETROLIFEROS PEQUEÑOS

La proporción de los campos de petróleo y de gas del Mar del Norte que por su pequeñez no permiten una explotación rentable se eleva al 30 por 100 de los yacimientos descubiertos hasta el momento. Constructores de centrales eléctricas y explotadores de las mismas proyectan una central flotante movable, para ser transportada, una vez que se haya agotado el campo siempre pequeño. Pero como el riesgo de funcionamiento de una central flotante es relativamente elevado y la profundidad de la parte meridional del Mar del Norte no pasa de 60 y 80 metros, parece aconsejable fijar la central en el fondo del mar. De ahí que el proyecto prevea la construcción a modo de isla. Para ello necesita un basamento flotante, que se hace descender hasta el punto deseado del fondo del mar. La central se monta totalmente en un astillero sobre una cubierta igualmente flotante. Los remolcadores arrastran la parte superior hasta el pozo de extracción, donde sin la ayuda de grúas se monta sobre los pilares fijos de la parte inferior. A continuación se eleva a una altura de 25 metros sobre el agua y ya está en condiciones de funcionar.

Si no se dispone de otro combustible, que de un sub-

producto, como el gas natural, se prevé la instalación de una central de turbinas de gas. Su rendimiento no es muy alto, pero los gastos de construcción son muy bajos, dada su estructura compacta. También puede quemarse petróleo y el rendimiento desempeña un importante papel a causa del precio elevado del combustible, y habrá que utilizar una central combinada de turbinas de gas a vapor.

Para el transporte de la energía hasta la costa, a distancias que oscilarán entre 100 y 300 kilómetros, han previsto un sistema de alta tensión de corriente continua, por medio de cable submarino con una eficiencia para los 300 kilómetros del 95 por 100.

MINERALURGIA

NUEVO DETERIORO EN EL CONSUMO INTERIOR DESDE MAYO

En ese mes la explotación superó a las ventas interiores. El número 7 de la revista de información siderúrgica "UNESID", correspondiente a agosto-septiembre, publica un "Informe sobre la situación siderúrgica", del que por su interés destacaremos los siguientes puntos:

Caída en el segundo trimestre.—En la prolongada crisis siderúrgica, el primer trimestre de 1978 supuso una ligera recuperación respecto a la depresión del mismo en el segundo semestre de 1977. Sin embargo en el segundo trimestre de 1978, fundamentalmente a partir de mayo, comienza un nuevo deterioro en el consumo interior, incluso por bajo de los mínimos registrados en el segundo semestre de 1977 y un 35 por 100 inferior a los mejores trimestres de 1974. A causa del peso del sector como índice de la industria en general y de la formación bruta de capital fijo en particular, estos datos suponen un motivo de gran preocupación sobre la marcha de la economía nacional. Refuerzan la sospecha del fuerte descenso de actividad que está sufriendo el país en los últimos meses.

Consumo de acero.—En el trienio 1975-77 la industria española consumidora de acero ha dejado de consumir 5,4 millones de toneladas con respecto a lo que habría consumido caso de mantenerse la cifra de consumo de 1974 que se concretó en 11,8 millones de toneladas de acero. Los cálculos estimativos para 1978 prevén un descenso de más del 6 por 100 respecto a 1977 y del 20 por 100 respecto a 1974.

Producción.—Ha evolucionado con el mismo signo que el consumo aunque se ha mostrado más sostenida que éste. Ha tenido que ajustarse en cierto modo a la baja a partir de 1975. Este ajuste ha supuesto, en el trienio 1975-77, una menor producción en torno a 1,5 millones de toneladas de acero, hecho tanto más grave cuanto que las capacidades de producción continuaron aumentando como consecuencia de decisiones de inversión adoptadas anteriormente. La estimación de la producción de acero para el presente año está alrededor de los 11 millones de toneladas.

Relación producción-consumo.—En el primer semestre de 1978 la producción ha excedido al consumo en 1,2 millones de toneladas. Tanto la evolución de la producción de acero en el último trienio como la del primer semestre del presente año, en relación con el consumo, han sido posibles gracias a la exportación, que ha constituido y sigue constituyendo—de forma creciente a medida que se deprime el consumo interior—el factor de ajuste que permite que la producción supere al consumo interior. De no haber sido por los saldos exportadores, la producción habría tenido que descender hasta llegar a grados de utilización industrial insostenibles.

Comercio exterior.—El comercio exterior se ha convertido así en protagonista principal del ajuste cuantitativo en la crisis. En 1978 su peso permite no sólo evitar descensos importantes de producción de acero sino también hacer posible la salida de unos excesivos niveles de "stocks", según productos, en poder de las fábricas. Ha habido algún mes, como mayo concretamente, en que la exportación ha superado a las ventas interiores.

Desequilibrio precio-coste.—Los aumentos de precio de los factores de coste en 1977 oscilaron entre el 25 por 100 y 40 por 100 según los casos. A lo largo del presente año los incrementos estimados en los precios de los factores y elementos de coste oscilan entre un 5 por 100 y un 25 por 100. Ha habido una inflación de coste, a la que se ha respondido de una forma insuficiente y tardía en el ajuste de los precios. Ello, unido al efecto adicional de la mayor repercusión de los costes fijos por descenso del grado de utilización de las instalaciones y efectivos, ha producido una caída generalizada de la rentabilidad en el sector a lo largo de 1975, la aparición de pérdidas en 1976 y un fuerte incremento de las mismas en 1977.

Medidas en el extranjero.—Entre tanto, en otros países, el sector siderúrgico es objeto de gran atención y de medidas de ayuda en tiempo oportuno, a corto y a medio plazo. A corto plazo se aportan fuentes de financiación para suplir las dificultades de tesorería y se aumentan los precios de los productos siderúrgicos con obligatoriedad de cumplimiento de precios mínimos, tal como ocurre en la CECA. Las medidas a medio o largo plazo se suelen encajar ya dentro de una política siderúrgica para los años ochenta, con adaptación de capacidades, cuantitativa y cualitativamente, a los mercados internos y externos previsibles. Las adaptaciones, reestructuraciones y modernizaciones, sobre la base de unos objetivos generales, se suelen acompañar de un programa financiero en el marco de una economía de mercado, con las ayudas de tipo público que se estimen necesarias en la cuantía y por el tiempo requerido para solucionar las consecuencias de la crisis y para adecuar al sector a las circunstancias que vayan a predominar en la próxima década.

En Estados Unidos, el Plan Solomon para la siderurgia apunta a una reducción de la fiscalidad a las empresas, flexibilización de regulaciones para inversiones siderúrgicas y eventual ayuda financiera.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

| "B. O. E." NUMERO | PAGINA | FECHA | MINISTERIO | A S U N T O |
|----------------------|--------|----------|------------|---|
| 98 | 9638 | 25-IV-78 | I. y E. | RESOLUCION caducando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Sevilla. |
| 99 | 9832 | 26-IV-78 | I. y E. | RESOLUCION otorgando y titulación de concesión de explotación, Delegación Provincial de Castellón. |
| 99 | 9836 | 26-IV-78 | I. y E. | RESOLUCION otorgando y titulando concesiones de explotación, Delegación Provincial de Salamanca. |
| 99 | 9836 | 26-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 Segovia. |
| 99 | 9836 | 26-IV-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Sevilla. |
| 99 | 9836 | 26-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 Zamora. |
| 117 | 11632 | 17-V-78 | I. y E. | RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de explotación minera que se citan. |
| 118 | 11719 | 18-V-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 Salamanca. |
| 118 | 11717 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de explotación minera que se citan. |
| 118 | 11718 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Córdoba. |
| 118 | 11718 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara. |
| 118 | 11718 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo. |
| 118 | 11719 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Pontevedra. |
| 118 | 11719 | 18-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de la solicitud del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Tarragona. |

| "B. O. E." NUMERO | PAGINA | FECHA | MINISTERIO | A S U N T O |
|----------------------|--------|----------|------------|---|
| 122 | 12062 | 23-V-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 Guadalajara. |
| 122 | 12963 | 23-V-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Sevilla. |
| 122 | 12062 | 23-V-78 | I. y E. | RESOLUCIONES por las que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba. |
| 122 | 12063 | 23-V-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 Santander. |
| 134 | 13067 | 6-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de La Coruña. |
| 145 | 14429 | 19-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan. |
| 145 | 14429 | 19-VI-78 | I. y E. | Corrección de erratas de la RESOLUCION de la Delegación Provincial de Lugo por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan. |
| 146 | 14527 | 20-VI-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 Barcelona. |
| 146 | 14527 | 20-VI-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 Burgos. |
| 146 | 14527 | 20-VI-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 Córdoba. |
| 146 | 14528 | 20-VI-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. |
| 146 | 14528 | 20-VI-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 Santander. |
| 146 | 14528 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia. |
| 146 | 14526 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan. |
| 146 | 14527 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita. |
| 146 | 14527 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita. Delegación Provincial de Ciudad Real. |

| "B. O. E." NUMERO | PAGINA | FECHA | MINISTERIO | A S U N T O |
|----------------------|--------|-----------|------------|--|
| 146 | 14527 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita. Delegación Provincial de Guadalajara. |
| 146 | 14527 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de la solicitud del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara. |
| 146 | 14527 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de León. |
| 146 | 14527 | 20-VI-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 Lugo. |
| 146 | 14528 | 20-VI-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. |
| 146 | 14528 | 20-VI-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 Santander. |
| 146 | 14528 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia. |
| 146 | 14528 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de la solicitud del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Tarragona. |
| 146 | 14529 | 20-VI-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Zamora. |
| 147 | 14761 | 21-VI-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 hace público el otorgamiento de los permisos de explotación minera que se citan. |
| 164 | 16499 | 11-VII-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real. |
| 164 | 16499 | 11-VII-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 Córdoba. |
| 164 | 16500 | 11-VII-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Huelva. |
| 164 | 16500 | 11-VII-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 Huelva. |

| "B. O. E." NUMERO | PAGINA | FECHA | MINISTERIO | A S U N T O |
|----------------------|--------|-----------|------------|--|
| 164 | 16500 | 11-VII-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. |
| 164 | 16500 | 11-VII-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de León. |
| 164 | 16500 | 11-VII-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 Lérida. |
| 164 | 16499 | 11-VII-78 | I. y E. | RESOLUCIONES por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan. |
| 164 | 16499 | 11-VII-78 | I. y E. | RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Cáceres. |
| 164 | 16499 | 11-VII-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 Córdoba. |
| 165 | 16583 | 12-VII-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 Oviedo. |
| 167 | 16742 | 14-VII-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 Sevilla. |
| PERSONAL | | | | |
| 154 | 15504 | 29-VI-78 | I. y E. | Ceses.—Real Decreto por el que se dispone el cese de don Carlos Fernández Oliver como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en Avila. |
| 154 | 15504 | 29-VI-78 | I. y E. | REAL DECRETO por el que se dispone el cese como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en León de don Daniel Vanaclocha Monzón. |
| 154 | 15504 | 29-VI-78 | I. y E. | REAL DECRETO por el que se dispone el cese como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en Albacete de don Emilio Trigueros Molina. |
| 154 | 15505 | 29-VI-78 | I. y E. | ORDEN por la que se dispone el cese en el cargo de Subdirector general de Promoción Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa de don José Luis Ortega Cenarro. |
| 154 | 15504 | 29-VI-78 | I. y E. | Nombramientos.—Real Decreto por el que se dispone el nombramiento de don José Luis Ortega Cenarro como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en Avila. |
| 154 | 15504 | 29-VI-78 | I. y E. | REAL DECRETO por el que se dispone el nombramiento como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en León de don Miguel Casanueva Vielda. |

| "B. O. E." NUMERO | PAGINA | FECHA | MINISTERIO | A S U N T O |
|----------------------|--------|-----------|------------|--|
| 154 | 15505 | 29-VI-78 | I. y E. | REAL DECRETO por el que se dispone el nombramiento como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en Albacete de don Anselmo Pérez Aracil. |
| 154 | 15505 | 29-VI-78 | I. y E. | REAL DECRETO por el que se dispone el nombramiento de don Lorenzo Cuesta Capillas como Delegado provincial del Ministerio de Industria y Energía en Alava. |
| 154 | 15505 | 29-VI-78 | I. y E. | ORDEN por la que se nombra Subdirector general de Promoción Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa a don Ramón Rocher y Vaca. |
| HIDROCARBUROS | | | | |
| 117 | 11630 | 17-V-78 | I. y E. | ORDEN por la que se aprueba el contrato de cesión por el que "Shell" y "Campsa" ceden al Monopolio sendas participaciones de un 6 por 100 y un 3 por 100, respectivamente, en los permisos "Mar Cantábrico E, I. J. Q, L, M". |
| 117 | 11631 | 17-V-78 | I. y E. | ORDEN por la que se aprueban los contratos de cesión por los que "Cnwl Oil (España), B. V.", cede a "Cnwl Oil (España), S. A.", su titularidad en 10 permisos de investigación de hidrocarburos. |
| 117 | 11631 | 17-V-78 | I. y E. | ORDEN por la que se aprueban los contratos de cesión entre las Sociedades "Medosa", "Canso", "Unión Texas" y "Ert" en el permiso "Delta-J". |
| 146 | 14513 | 20-VI-78 | I. y E. | ORDEN por la que se acepta la renuncia al permiso de investigación de hidrocarburos "Montanazo-B". |
| 155 | 15619 | 30-VI-78 | I. y E. | ORDEN por la que se declara extinguido el permiso de investigación de hidrocarburos "Global I", por renuncia de su titular. |
| 155 | 15619 | 30-VI-78 | I. y E. | ORDEN por la que se aprueba el contrato de cesión de un 50 por 100 de participación de la "Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleo, S. A.", a "Phillips Petroleum Company Spain", en los permisos de investigación de hidrocarburos "Gabriel A, B, C, D, E y F" e "Ibiza Marino A, B y C". |
| 157 | 15813 | 3-VII-78 | I. y E. | REAL DECRETO de otorgamiento de seis permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A. |
| VARIOS | | | | |
| 154 | 15544 | 29-VI-78 | OP. y U. | RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a "Hijos de Teodoro Prat, S. A.", de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Llobregat en término municipal de Puigreig (Barcelona), con destino a usos industriales. |
| 170 | 17002 | 18-VII-78 | OP. y U. | RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a doña Victoria Gómez Prado e hijos de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del río Seco, en término municipal de Nerja (Málaga), con destino a riegos. |

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

V. M. KREITER: *Investigación y Prospección Geológica*. Editorial Paraninfo. 420 páginas, 100 figuras, 31 tablas. Madrid. ISBN-84-283-0937-X. Depósito legal: Z-62-78.

El libro que comentamos es una traducción al español de Emilio Romero Ros, supervisada por Ernesto Orellana, Profesor de Prospección Geofísica de la Facultad de Ciencias de Madrid, de la obra original de la Editorial Vaap, de Moscú (URSS) del mismo título.

Se trata de un compendio y puesta al día de los manuales del mismo autor editados en 1940 y 1961, bajo los mismos títulos y que han servido de base para la presente obra, así como la larga experiencia adquirida en el Instituto de Prospección Geológica a lo largo de estos últimos años.

Se han utilizado numerosos trabajos de geólogos, tanto soviéticos como de otros países, así como informes y memorias de la Conferencia de las Naciones Unidas, sobre la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos a las necesidades de los países en vías de desarrollo. La presente edición se adapta al programa de estudios que se desarrollan en las Escuelas Superiores Soviéticas.

La obra se divide en dos partes. La primera de ellas se dedica a la investigación minera y la segunda a la prospección, tratándose los siguientes capítulos.

Primera Parte

Capítulo I. *Tipos industriales de yacimientos de minerales útiles.*

1. Nociones sobre la investigación y los principios de determinación de los tipos industriales de yacimientos de minerales útiles. 2. Metales féreos y sus aleaciones. 3. Metales no féreos. 4. Metales preciosos. 5. Elementos radioactivos. 6. Elementos ligeros y elementos de las tierras raras. 7. Elementos difusos. 8. Materias primas para la metalurgia. 9. Materias primas para la industria química. 10. Otras materias primas industriales. 11. Materiales de construcción. 12. Caustobiolitos o combustibles minerales.

Capítulo II. *Controles y guías geológicas de la investigación.*

1. Controles geológicos de la investigación. Controles climáticos, estratigráficos, facio-litológicos, estructurales, magmatogénicos, geoquímicos, geomorfológicos y geofísicos.

cos. 2. Situaciones geológicas favorables a la investigación. 3. Índices de investigación geológica. Aureolas primarias de dispersión. Aureolas secundarias de dispersión. Documentación minera, arqueológica e histórica.

Capítulo III. *Métodos de investigación.*

1. Clasificación de los métodos de investigación minera. 2. Trabajos de superficie geólogo-mineralógicos. 3. Métodos geoquímicos. 4. Métodos aéreos. 5. Condiciones para la aplicación racional de los métodos de investigación. 6. Investigación y cartografía geológica.

Capítulo IV. *Investigación de prospección (Prospección superficial).*

1. Ejecución a gran escala y medios para hacerlo. Otros medios de investigación minera. 2. Las estructuras de las zonas mineras y de los yacimientos metalíferos. Estructuras de las zonas mineras, de los yacimientos y de los yacimientos exógenos. Algunos problemas que conciernen a la observación práctica de las estructuras. 3. Investigación de los yacimientos ciegos. 4. Evaluación de los afloramientos de yacimientos de minerales útiles. 5. Morfología de los afloramientos. 6. Puesta en descubierto de las rocas de base, afloramientos de minerales y metalometría detallada. 7. Documentación relativa a la evaluación de los afloramientos.

Segunda Parte

(Reconocimiento y evaluación de yacimientos)

Capítulo I. *Generalidades sobre la prospección de los yacimientos de minerales útiles.*

1. Tareas generales de la prospección. 2. Nociones generales sobre la variabilidad de las propiedades de los yacimientos. Fórmulas matemáticas de la variabilidad de las propiedades de los yacimientos. Caracteres morfológicos de las mineralizaciones y su variabilidad. Calidad del mineral útil y su variabilidad. 3. Principios de prospección. 4. Procedimientos de prospección. 5. Fases de la prospección. 6. Delimitación del yacimiento. 7. Malla de prospección. 8. Análisis de la densidad de la malla en las labores de prospección. 9. Clasificación de las reservas de minerales útiles y su importancia en la prospección de los yacimientos. 10. Condiciones generales de la prospección de yacimientos de diferentes especies. 11. Grado de prospección del yacimiento.

Capítulo II. *Medios técnicos y sistemas de prospección.*

1. Principales tipos de medios técnicos de prospección. Prospección por sondeos. Trabajos geofísicos. 2. Sistemas

GEOFISICA

A. A. LOGACHEV y V. P. ZAJAROV: *Exploración magnética*. Ed. Reverte 1978.

Se trata de un libro de texto para formación de especialistas en métodos geofísicos de prospección y exploración de yacimientos.

Formalmente la obra contiene 345 páginas con 162 figuras, 6 tablas y más de 135 expresiones matemáticas referenciadas; dividido en cinco capítulos.

- I. El campo magnético de la tierra (22 pág.).
- II. El magnetismo de las rocas (42 pág.).
- III. Trabajos de campo en la exploración magnética (56 pág.).
- IV. El campo magnético de los cuerpos magnetizados y su utilización en la exploración magnética (110 páginas) y
- V. Aplicación de la exploración magnética (115 pág.).

El estudio de los magnetómetros no está desarrollado por considerarlo competencia de otra especialidad del plan de estudios al que está orientado el texto, así como aspectos de la geofísica que no sean directamente empleados en prospección.

La mayor novedad de la obra será quizás el tratamiento dado a los capítulos 2 y 5 sobre todo este último, donde la aplicación se refiere a cartografía geológica a pequeña y gran escala, prospección petrolera e investigación de yacimientos de hierro, cobre, bauxitas, níquel, wolframio, molibdeno, polimetálicos, estaño, oro y diamantes.—J. L. PLATA.

CARTOGRAFIA

GILBERT BOILLOT y JEAN-PIERRE LEFORT, con la colaboración de PATRICK MUSELLEC, JEAN-PIERRE GERARD et al.: *La Plataforma Continental del Golfo de Vizcaya*. Mapa Geológico del Margen Continental. Escala 1:1.000.000. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans (Francia). 1976, un mapa E. 1:1.000.000, memoria bilingüe en Francés y Español, 24+24 págs. Precio 80 francos franceses más gastos de envío.

El mapa geológico del margen continental del Golfo de Vizcaya a escala 1:1.000.000 ha sido coeditado por el B. R. G. M. y el C. N. E. X. O. de Francia. El mapa queda comprendido entre los paralelos 43° a 48° N y los meri-

de prospección. Agrupamiento de los sistemas de prospección. Perforación. Grupo de sistemas mineros, Grupo de sistema combinados de perforación minera. Factores que determinan la elección del sistema. Análisis técnico-económico de los sistemas de prospección. Posibilidad de aplicación de diversos sistemas de prospección de los yacimientos de los principales tipos geológico-mineralógicos. 3. Prospección de petróleo y de gas. Generalidades. 4. Observaciones hidrogeológicas y de ingeniería geológica en la prospección de los yacimientos de minerales útiles. 5. Documentación de las labores de prospección.

Capítulo III. *Muestreo de los yacimientos.*

1. Generalidades. 2. Muestreo en las labores de prospección. 3. Extracción de muestras en los sondeos de prospección. 4. Factores que determinan la elección del modo de extraer las muestras. 5. Espaciamento de los puntos de toma de muestras. 6. Determinación de la calidad de las materias primas sin extracción de muestras. 7. Toma de muestras en los placeres.

Capítulo IV. *Tratamiento y ensayo de las muestras. Control del muestreo.*

1. Principios básicos del tratamiento de las muestras. 2. Técnica del tratamiento de las muestras. 3. Ensayos con las muestras. 4. Prospección de placeres. Tratamiento y ensayos tecnológicos de las muestras. 5. Comprobación del muestreo. Errores de la toma de muestras. Control de la extracción y tratamiento de las muestras. Control del tratamiento de las muestras. Comprobación de los análisis químicos.

Capítulo V. *Valoración de las reservas de minerales útiles.*

1. Nociones generales. 2. Determinación de los datos básicos necesarios para la estimación de las reservas. 3. Determinación de los índices medios por sectores. 4. Procedimientos de valoración de las reservas. 5. La precisión en la estimación de las reservas.

Capítulo VI. *Problemas de la valoración de los yacimientos minerales útiles.*

1. Valoración de los yacimientos en las diversas fases de la prospección. 2. Condiciones.

Capítulo VII. *Servicio Geológico de las empresas mineras.*

1. Problemas principales de la geología minera. 2. Prospección de explotación. 3. Particularidades de la documentación geológica del muestreo y otros ensayos en la fase de prospección de explotación. 4. Evaluación del yacimiento en explotación.—L. A.

dianos 1° a 6° W representándose la geología de los terrenos emergidos y los del margen continental, hasta la cota batimétrica de 1.000 metros, entre la Bahía d'Audierne en Bretaña y Cabo Peñas en Asturias. Para el establecimiento de este mapa los autores se han basado en el análisis de 23.700 kilómetros de perfiles continuos de sísmica de reflexión, complementados con la toma de 1.300 muestras de afloramientos de rocas del fondo marino.

En la cartografía, realizada con gran riqueza cromática, se representan con el mismo color las formaciones equivalentes, independientemente de que sean emergidas o sumergidas, aunque para estas últimas se emplean tramas. Esta representación tiene la gran ventaja de poner de relieve la continuidad de tierra a mar de las estructuras y formaciones geológicas. Sin embargo, debido a que la costa no es realmente un contacto geológico, es necesaria una observación local muy detenida para deducir la situación del límite entre el dominio terrestre y marítimo. Al objeto de destacar la constitución del margen continental no se ha representado la cobertura sedimentaria del Cuaternario, aunque los autores señalan que puede ser localmente potente.

El mapa geológico de la plataforma continental del Golfo de Vizcaya diferencia dos dominios morfológicos y estructurales separados a la altura del profundo cañón submarino de Capbreton. Al Norte se localiza la extensa plataforma "celtaquitaine" donde afloran formaciones del Mesozoico y Cenozoico con estructura monoclinall ligeramente buzante hacia el SW. Estos materiales están en discordancia sobre el zócalo herciniano del Macizo Armoricano y se encuentran ligeramente afectados por una red de fracturas con alineación NW-SE. En su conjunto forman parte de un margen continental que ha evolucionado como tipo estable o atlántico desde su creación.

La plataforma continental del país Vasco de Asturias, por el contrario, estrecha y muy compleja. Las formaciones geológicas y estructura revelan que esta plataforma pertenece al sistema pirenaico, habiendo sufrido una evolución en la que se diferencian tres etapas. Hasta el Senonense se comporta como un margen de tipo estable. Durante el Cretácico superior y el Eoceno inferior se ve afectada por una intensa deformación, después de una breve base de subducción de los fondos oceánicos bajo la Península Ibérica. Finalmente se desarrolla una etapa de movimientos verticales y de cizalladura que originan las estructuras que se observan actualmente.

El mapa geológico demuestra además que estos dos grandes conjuntos estructurales se prolongan hacia el Este en el continente. El equivalente lateral de la plataforma al Norte del Capbreton se encuentra en la cuenca de Aquitania, mientras que los Pirineos septentrionales y el país vasco-cantábrico se prolongan en la plataforma continental al Sur de Capbreton.

La memoria explicativa del mapa es resumida pero suficientemente informativa. Se divide en dos partes dedicadas a la plataforma celtoaquitánica y a la plataforma vasco-cantábrica. En cada parte se trata la geomorfología, estratigrafía y tectónica del sector considerado. Además hay un capítulo de conclusiones en el que se expone una síntesis y evolución histórica de la plataforma. La memoria explicativa está redactada en francés y español. Su consulta debe ser útil tanto al geólogo regional como al geólogo marino.

Este mapa geológico tiene finalmente el gran mérito de sentar el precedente y poder servir de modelo para la elaboración de una cartografía de los fondos marinos en el margen continental español. A. MALDONADO, I. J. A. BARCELONA.

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

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.

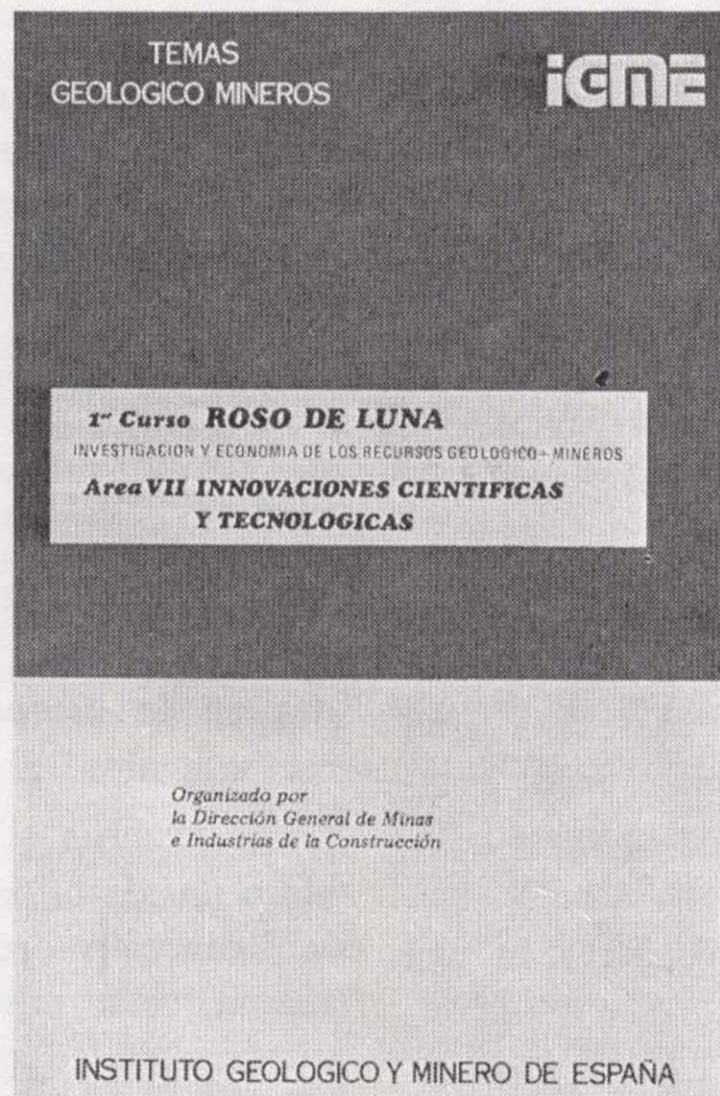
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros .

Area IV. Desarrollo Minero y Minera-lúrgico.

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)

Colección Temas Geológico - Mineros

Depósitos Minerales de España

Como segundo número de la Colección Temas Geológicos - Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

Una breve descripción de la geología de España, proporciona el marco general en que se distribuye sus depósitos minerales. Estos son descritos según regiones o distritos mineros, cuando se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común. Cuando esto no es posible, se les agrupa, por lo general, siguiendo un criterio genético.

Una sucinta exposición geológica-metalogénica precede, generalmente, a las características generales de cada uno de los depósitos minerales tales como: morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc., Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral, respecto al resto de los de la misma sustancia.

A continuación extractamos su contenido:

1. INTRODUCCION.

2. LA GEOLOGIA.—**Dominio Hercínico:** El Macizo Hespérico. **Dominios de plataforma y cordilleras de tipo intermedio:** Las Depresiones Terciarias de la Meseta, La Cordillera Ibérica, La Cuenca del Ebro, Las Cadenas Costeras Catalanas. **Dominio Alpino:** La Cordillera Bética, La Cordillera Pirenaica, La Cordillera Vasco Cantábrica. **Sistemas de fosas.**

3. DEPOSITOS MINERALES. **Cobre:** Distrito de Santiago de Compostela: Yacimientos tipo Arinteiro y tipo Fornás. **Oro. Plomo-Cinc:** Distritos de Cartagena, de Linares-La Carolina-Santa Elena, distrito de Santander: Reocín, Aliva. Distrito de Huelva-Sevilla: Minas de Aznalcóllar, de Sotiel, de Río Tinto, de San Telmo, de Lomero-Poyato, María Luisa y Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva) Distrito de Lugo. **Plata. Estaño-**

Volframio: Minas de Penouta (Orense), de Laza (Orense), de San Finx (La Coruña), de Santa Comba (La Coruña), de Monteneme (La Coruña), Casualidad-Calabor (Zamora), Depósito de Barruecopardo (Salamanca), Mina de Golpejas o mina Bellita (Sa-

lamanca), Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca), Depósito de tipo aluvial. Mina «El Cubito» (Salamanca), Mina El Trasquilón (Cáceres), Depósito de tipo aluvial. Mina «Santa María» (Cáceres), Mina «La Parrilla» (Badajoz), Depósitos de Sn. de la Sierra de Cartagena.

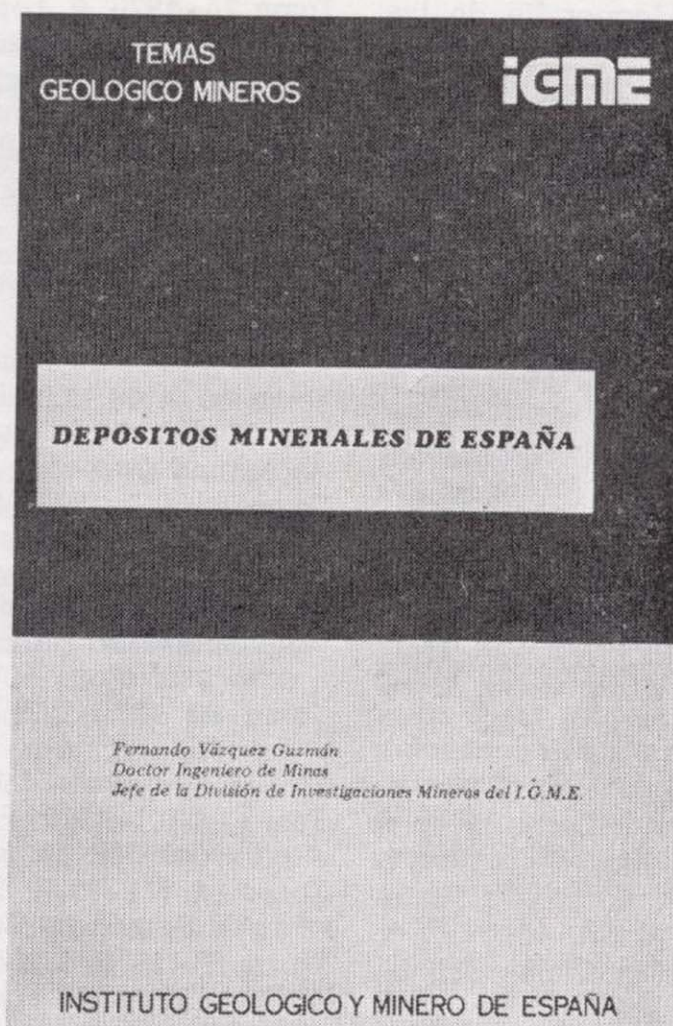
Bismuto: Distrito de Córdoba. **Mercurio. Antimonio:** Distrito de Albuquerque-Herrera del Duque. **Uranio:** Depósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y de Don Benito (La Serena, Badajoz).

Hierro: Distrito Norte: Areas de Ortuella-Somorrostro (Vizcaya), Area SE de Bilbao (Vizcaya), Area de Sopuerta (Vizcaya), Area de Hoyo-Covarón y Dícido (Vizcaya-Santander). Distrito Noroeste: Yacimientos de coto Wagner y Vivaldi. Distrito Centro-Levante: Minas de la Compañía Minera de Sierra Menera, S. A. Distrito Sudoeste (Huelva-Badajoz-Sevilla): Minas de Cala, Mina de Teuler, Mina de San Guillermo-Colmenar-Santa Justa, Mina Monchi, Mina del Cerro del Hierro. Distrito Sudeste: Mi-

nas del Marquesado y de Alquife. **Titanio. Aluminio. Piritas:** Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Minas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Suria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina Guilermín, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Esproncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugui (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

4. AGRADECIMIENTOS.

5. BIBLIOGRAFIA.



SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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, 500 ptas.; extraordinario (*), 1.000 ptas.

- Tomo 26 - 1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 36 - 1929. **F. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39 - 1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40 - 1933. **J. García Sñériz**. 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 Sñériz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56 - 1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60 - 1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61 - 1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62 - 1961. **Febrel Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64 - 1963. **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 Pyrenées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71 - 1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72 - 1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73 - 1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74 - 1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75 - 1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 77 - 1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (*) - 1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (*) - 1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de 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.
- Tomo 92 - 1978. **Andrés Pérez Estaún**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93 - 1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixivación de minerales pobres.

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 I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 400 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Colbullos-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 I. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Melrama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Fase previa para la Investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca ((Málaga).
- Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato fluor.
- 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. Asbesto, 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: 400 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.

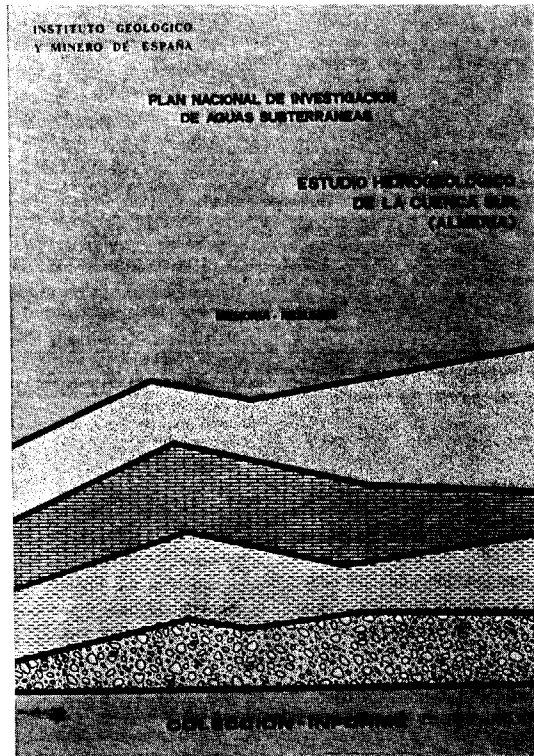
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campañas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA - RESUMEN.

- | | |
|--------------|--------------------------------|
| INFORME I | Marco geográfico y económico. |
| INFORME II | Climatología e hidrología. |
| INFORME III | Demanda. |
| INFORME IV | Planes hidráulicos. |
| INFORME V | Campo de Dalías. |
| INFORME VI | Cuenca del Andarax. |
| INFORME VII | Cuencas del Almanzora y Antas. |
| INFORME VIII | Cuenca del Aguas. |
| INFORME IX | Cuenca del Adra. |
| INFORME X | Campo de Níjar. |



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

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: 500 ptas.

- | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Carliño | 143. Navascués. | 607. Tarancón. | 906. Ubeda. |
| 2. Cillero. | 154. Lalín. | 614. Manzanera. | 907. Villacarrillo. |
| 3. San Ciprián. | 155. Chantada. | 612. Ademuz. | 908. Santiago de la Espada |
| 6. San Salvador de Serantes. | 159. Bembibre. | 613. Camarena de la Sierra. | 910. Caravaca. |
| 7. Cedelra. | 169. Casalarreina. | 615. Alcora. | 911. Cehegín. |
| 8. Vivero. | 175. Singües. | 616. Villafamés. | 912. Mula. |
| 9. Foz. | 187. Orense. | 617. Faro de Oropesa. | 913. Orihuela. |
| 12. Busto. | 188. Nogueira de Ramuín. | 631. Ocaña. | 919. Almadén de la Plata. |
| 13. Avilés. | 204. Logroño. | 632. Horcajo de Santiago. | 920. Constantina. |
| 14. Gijón. | 205. Lodoso. | 635. Fuentes. | 921. Navas de la Concepción. |
| 15. Lastres. | 207. Sos del Rey Católico. | 636. Villar del Humo. | 922. Santa María de Trassierra. |
| 21. La Coruña. | 225. Ribadavia | 637. Landeta. | 923. Córdoba. |
| 22. Puente deume. | 226. Allariz. | 638. Alpuente. | 924. Bujalance. |
| 23. Puentes de García Rodríguez. | 236. Astudillo. | 639. Jérica. | 930. Puebla de Don Fadrique. |
| 24. Mondoñedo. | 237. Castrogeriz. | 640. Segorbe. | 931. Zarcilla de Ramos. |
| 27. Tineo. | 239. Pradolugo. | 641. Castellón de la Plana. | 932. Coy. |
| 28. Grado. | 240. Ezcaray. | 642. Islas Columbretas. Con la 641. | 933. Alcantarilla. |
| 29. Oviedo. | 243. Calahorra. | 659. Lillo. | 934. Murcia. |
| 30. Villaviciosa. | 244. Alfaro. | 663. Valera de Abajo. | 935. Torrevieja. |
| 33. Comillas. | 245. Sádaba. | 664. Enguidanos. | 939. Castillo de los Guardas. |
| 34. Torrelavega. | 263. Celanova. | 665. Mira. | 940. Castilblanco de los Arroyos. |
| 35. Santander. | 264. Ginzo de Limia. | 666. Chelva. | 941. Ventas Quemadas. |
| 36. Castro Urdiales. | 274. Torquemada. | 667. Villar del Arzobispo. | 942. Palma del Río. |
| 37. Algorta. | 275. Santa María del Campo. | 668. Sagunto. | 943. Posadas. |
| 38. Bermeo. | 277. Salas de los Infantes. | 669. Moncofar. | 944. Espejo. |
| 39. Lekeitío. | 278. Canales de la Sierra. | 690. Santa María del Campo Rus. | 952. Vélez Blanco. |
| 40. Jaizquíbel | 282. Tudela. | 691. Motilla del Palancar. | 953. Lorca. |
| 41. Irún. | 300/301. Lovlos. | 693. Utiel. | 954. Totana. |
| 47. Villalba. | 302. Baltar. | 694. Chulilla. | 955. Fuente Alamo de Murcia. |
| 49. San Martín de Osca. | 320. Tarazona de Aragón. | 696. Burjasot. | 956. San Javier. |
| 51. Belmonte de Miranda. | 321. Tauste. | 719. Venta del Moro. | 961. Aznalcollar. |
| 52. Proaza. | 329. Pons. | 720. Requena. | 962. Alcalá del Río. |
| 53. Mieres. | 330. Cardona. | 722. Valencia. | 963. Lora del Río. |
| 57. Cabezón de la Sal. | 331. Pulgredig. | 740. Villarrobledo. | 964. La Campana |
| 59. Villacarniedo. | 336. Portela d'Home. | 741. Minaya. | 965. Ecija. |
| 60. Valmaseda. | 351. Olvega. | 761. Llanos del Caudillo. | 975. Puerto Lumbreras. |
| 61. Bilbao. | 362. Calaf. | 763. Sotuelamos. | 976. Mazarrón. |
| 62. Durango. | 363. Manresa. | 767. Carcelén. | 977. Cartagena. |
| 63. Elbar. | 364. La Garriga. | 788. El Bonillo. | 978. Llano del Beal. |
| 64. San Sebastián. | 391. Igualada. | 789. Lezuza. | 983. Sanlúcar la Mayor. |
| 65. Vera de Bidasoa. | 392. Sabadell. | 794. Canals. | 984. Sevilla. |
| 66. Maya del Baztán. | 393. Mataró. | 796. Gandía. | 986. Fuentes de Andalucía. |
| 72. Lugo. | 417. Espluga de Francolí. | 814. Villanueva de la Fuente. | 987. El Rubio. |
| 73. Castroverde. | 419. Vilafranca del Panadés. | 820. Onteniente. | 997. Aguilas. |
| 78. Pola de Lena. | 420. Hospitalet de Llobregat. | 821. Alcoy. | 997 bis. Cope. |
| 83. Reinosa. | 446. Valls. | 823. Jávea. | 999. Huelva. |
| 84. Espinosa de los Monteros. | 447. Villanueva y Geltrú. | 826. Chelva. | 1.000. Moguer. |
| 85. Villasana de Mena. | 448. Prat de Llobregat. | 827. Alconchel. | 1.001. Almonte. |
| 86. Landaco. | 473. Tarragona. | 828. Barcarrota. | 1.002. Dos Hermanas. |
| 87. Elorrio. | 492. Segura de los Baños. | 831. Zalamea de la Serena. | 1.003. Utrera. |
| 88. Vergara. | 493. Oliete. | 832. Montebrun de la Serena. | 1.004. Marchena. |
| 90. Sumbilla. | 494. Calanda. | 842. Lieter. | 1.013. Macael. |
| 91. Valcarlos | 495. Castellseras. | 846. Castalla. | 1.014. Vera. |
| 91 bis. Mendizar. | 510. Marchamalo. | 851. Rabito. | 1.015. Garrucha. |
| 95. El Pino. | 520. Peñarroya de Trastavins. | 852. Villanueva del Fresno. | 1.016. Los Caños. Con la 999. |
| 96. Arzún. | 545. Morella. | 853. Burguillos del Cerro. | 1.017. El Abalarlo. |
| 97. Guntín. | 546. Uldecona. | 856. Maguilla. | 1.018. El Rocío. |
| 98. Baralla. | 547. Alcanar. | 871. Elda. | 1.019. Los Palacios y Villafranca. |
| 108. Las Rozas. | 570. Albocácer. | 872. Alicante. | 1.030. Tabernas. |
| 112. Vitoria. | 571. Vinaroz. | 884. La Carolina. | 1.031. Sorbas. |
| 113. Salvatierra. | 571 bis. Con la 571. | 885. Santisteban del Puerto. | 1.032. Mojácar. |
| 115. Gulina. | 582. Getafe. | 986. Fuentes de Andalucía. | 1.033. Palacio de Doñana. |
| 117. Ochagavía. | 583. Arganda. | 890. Calasparra. | 1.034. Lebrija. |
| 138. Puebla de Arganzuela. | 584. Mondéjar. | 891. Cieza. | 1.052. Alora. |
| 139. Bulate. | 593. Cuevas de Vinromá. | 893. Elche. | 1.066. Coin. |
| 141. Pamplona. | 594. Alcalá de Chisvert. | 894. Cabo de Santa Pola. | 1.072. Estepona. |
| 142. Aoiz. | 606. Chinchón. | 903. Montoro. | |

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 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. Bibadesella. | 588. Zafrilla. | 845. Yecla. |
| 54. Ríoseco. | 591. Mora de Rubielos. | 848. Altea. |
| 67. Mugla. | 605. Aranjuez. | 854. Zafra. |
| 77. Plaza Teverga. | 610. Cuenca. | 857. Valsequillo. |
| 79. Puebla de Lillo | 611. Cañete. | 858. El Viso. |
| 128. Riello. | 628. Torrijos. | 859. Pozoblanco. |
| 129. La Robla. | 643. La Calobra. | 864. Venta de los Santos. |
| 160. Benavides. | 644. Pollensa. | 865. Siles. |
| 162. Gradefes. | 645. Formenter. | 869. Jumilla. |
| 163. Villamizar. | 650. Cañaveral. | 876. Fuente de Cantos. |
| 168. Briviesca. | 653. Valdeverdeja. | 877. Llerena. |
| 206. Uncastrillo. | 670. Sóller. | 886. Beas de Segura. |
| 210. Yebra de Basa. | 671. Inca. | 899. Guadalcanal. |
| 211. Boltaña. | 672. Artá. | 917. Aracena. |
| 217. Pulgarcidá. | 678. Casar de Cáceres. | 918. Santa Olalla del Cala. |
| 241. Angulano. | 688. Quintanar de la Orden. | 937. El Cerro de Andévalo. |
| 252. Tresp. | 695. Liria. | 938. Nerva. |
| 260. Oya. | 698. Palma de Mallorca. | 946. Martos. |
| 284. Ejea de los Caballeros. | 699. Porreras. | 959. Calañas. |
| 289. Benabarre. | 700. Manacor. | 960. Valverde del Camino. |
| 297. Estarrit. | 702. San Vicente de Alcántara. | 967. Baena. |
| 298. La Guardia. | 703. Arroyo de la Luz. | 985. Carmona. |
| 313. Antigüedad. | 705. Trujillo. | 991. Iznalloz. |
| 322. Remolinos. | 723. Cala Figuera. | 1.008. Montefrío. |
| 323. Zuera. | 724. Luchmayo. | 1.009. Granada. |
| 324. Grañón. | 725. Felanix. | 1.025. Loja. |
| 325. Peralta de Alcofea. | 727. Alburquerque. | 1.046. Carboneras. |
| 327. Os de Balaguer. | 731. Zorita. | 1.059. El Cabo de Gata. |
| 346. Aranda de Duero. | 738. Villarta de San Juan. | 1.060. El Pozo de los Frailes. |
| 347. Peñaranda de Duero. | 743. Madrigueras. | 1.061. Cádiz. |
| 354. Alagón. | 744. Casas Ibáñez. | 1.079/80. Alegranza. |
| 355. Lecifena. | 745. Jalance. | 1.081. Montaña Clara. |
| 356. Lena. | 746. Liombay. | 1.082. Graciosa. |
| 369. Corenes. | 750. Gallina. | 1.083. Tegulise. |
| 374. Peñafiel. | 751. Villar del Rey. | 1.084. Harla. |
| 421. Barcelona. | 754. Madrigalejo. | 1.087. Punta Pechiguera. |
| 427. Medina del Campo. | 762. Tomelloso. | 1.088. Arrecife. |
| 434. Barahona. | 764. Munera. | 1.089. El Charco. |
| 435. Arcos de Jalón. | 765. La Gineta. | 1.092. Cotillo. |
| 486. Jadraque. | 770. Alcira. | 1.093. Lobos. |
| 488. Ablanque. | 772. San Miguel. | 1.096. Tegueste. |
| 500. Villar del Ciervo. | 773. San Juan Bautista. | 1.097. Punta de Anaga. |
| 501. La Fuente de San Esteban. | 776. Montijo. | 1.098. La Oliva. |
| 502. Matilla de los Caños del Río. | 779. Villanueva de la Serena. | 1.099. Puerto de Lajas. |
| 503. Las Veguillas. | 795. Játiva. | 1.102. Punta de Teno. |
| 525. Ciudad Rodrigo. | 798. Ibiza. | 1.103. Icod de los Vinos. |
| 526. Serradilla del Arroyo. | 799. Santa Eulalia. | 1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés. |
| 527. Sequeros. | 805. Castuera. | 1.106/07. Puerto de las Cabras. |
| 532. Las Navas del Marqués. | 812. Valdepeñas. | 1.109. Los Carrizales. |
| 536. Guadafajara. | 815. Robledo. | 1.110. Guía de Isora. |
| 537. Auñón. | 818. Montealegre. | 1.111. Güimar. |
| 541. Santa Eulalia. | 819. Caudete. | 1.114. La Pared. |
| 550. Fuente Guinaldo. | 822. Benisa. | 1.115. Tuineje. |
| 560. Alcalá de Henares. | 824/849. San Francisco Javier. | 1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas. |
| 561. Pastrana. | 825/850. Nuestra Señora del Pilar. | 1.119. Lomo de Arico. |
| 564. Fuertescusa. | 838. Santa Cruz de Mudela. | 1.122. Jandía. |
| 573. Gata. | 840. Bienservida. | |
| | 844. Ontur. | |

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: 600 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000.) Agotados los números 10, 38 y 45.

Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar 450 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

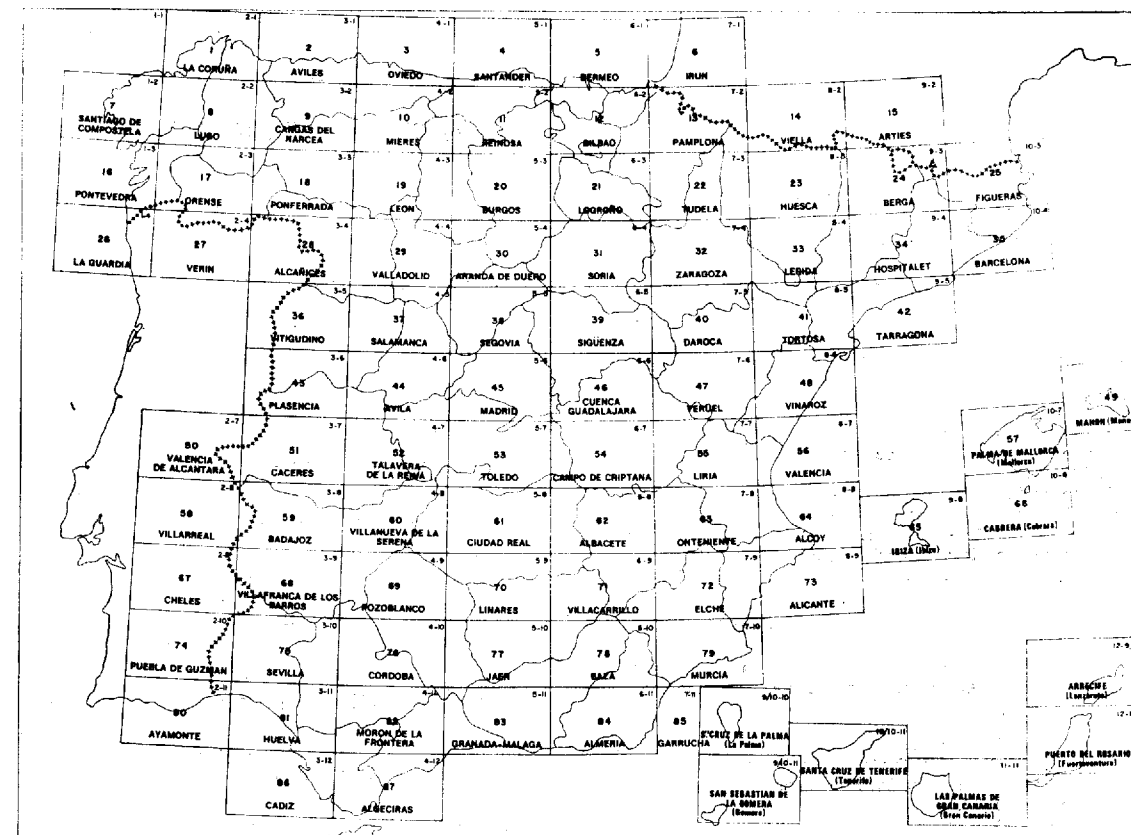
Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 450 ptas. Hoja y Memoria.

De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 450 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)

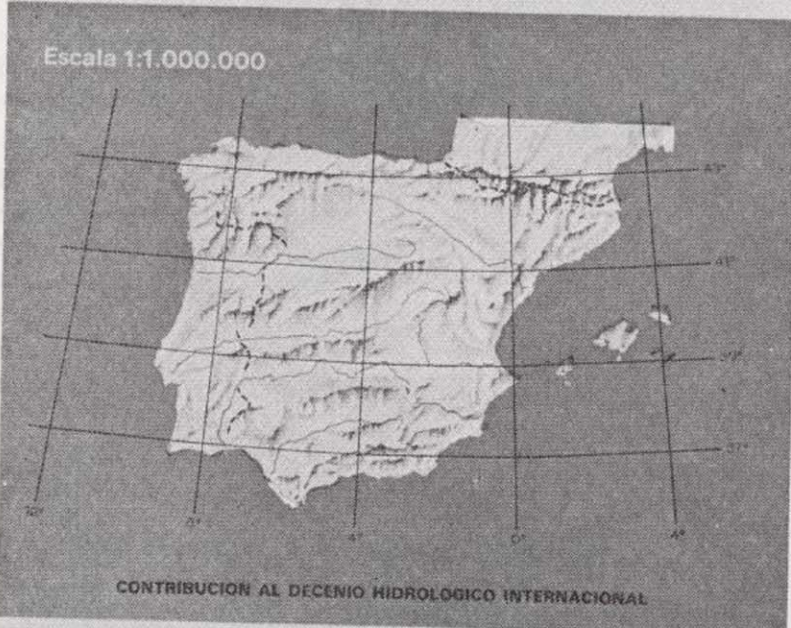
SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

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

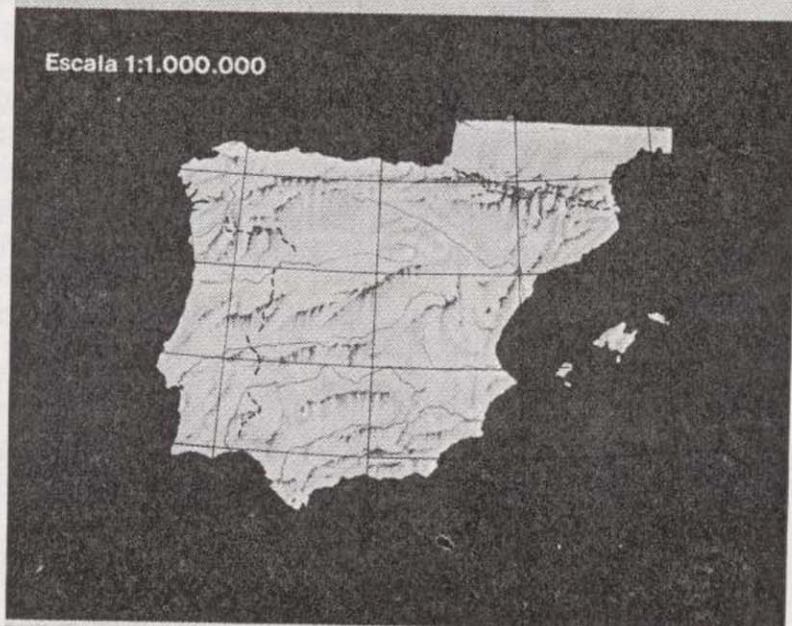


CONTRIBUCION AL MAPA TECTONICO DE EUROPA

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO de la Península Ibérica, Baleares y Canarias

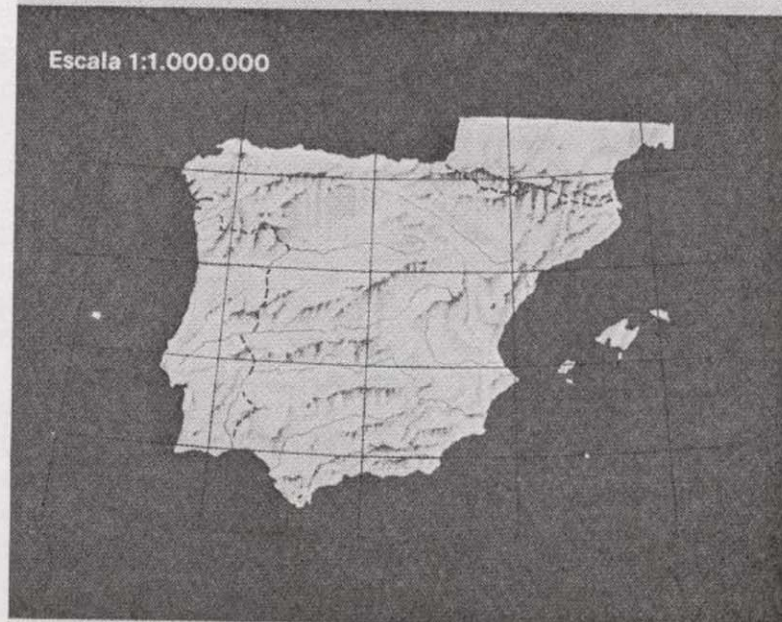
Escala 1:1.000.000



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



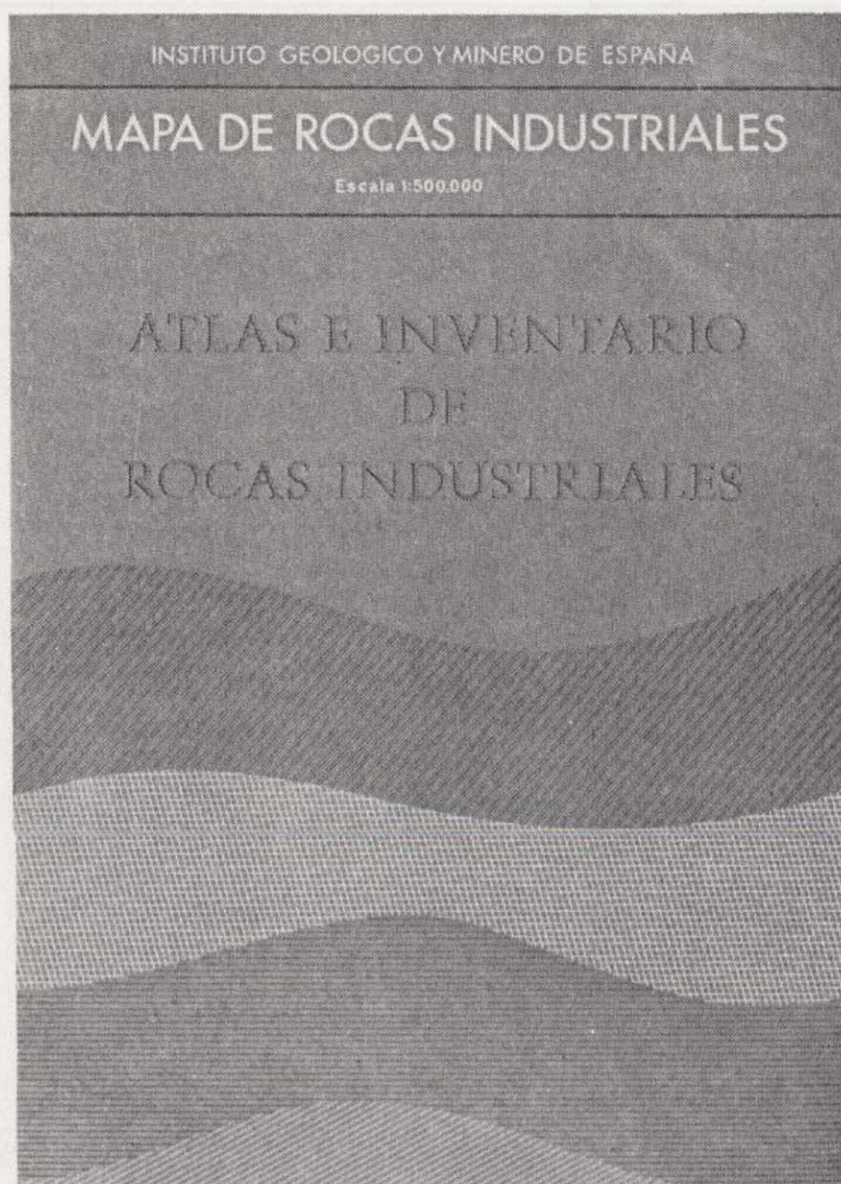
SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

IGME



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

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Precio: 300 ptas.

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.

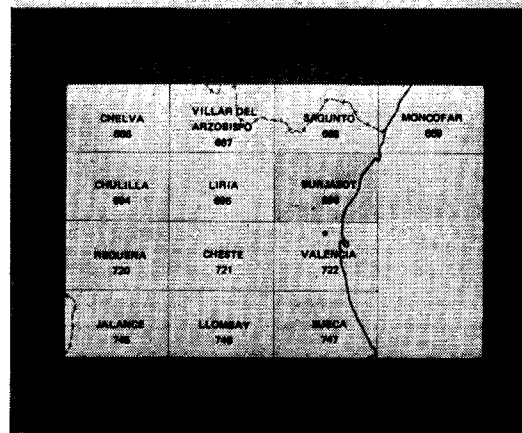
El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto de vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el 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



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 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.

Precio de cada ejemplar, 400 ptas.

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, 400 ptas.

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.

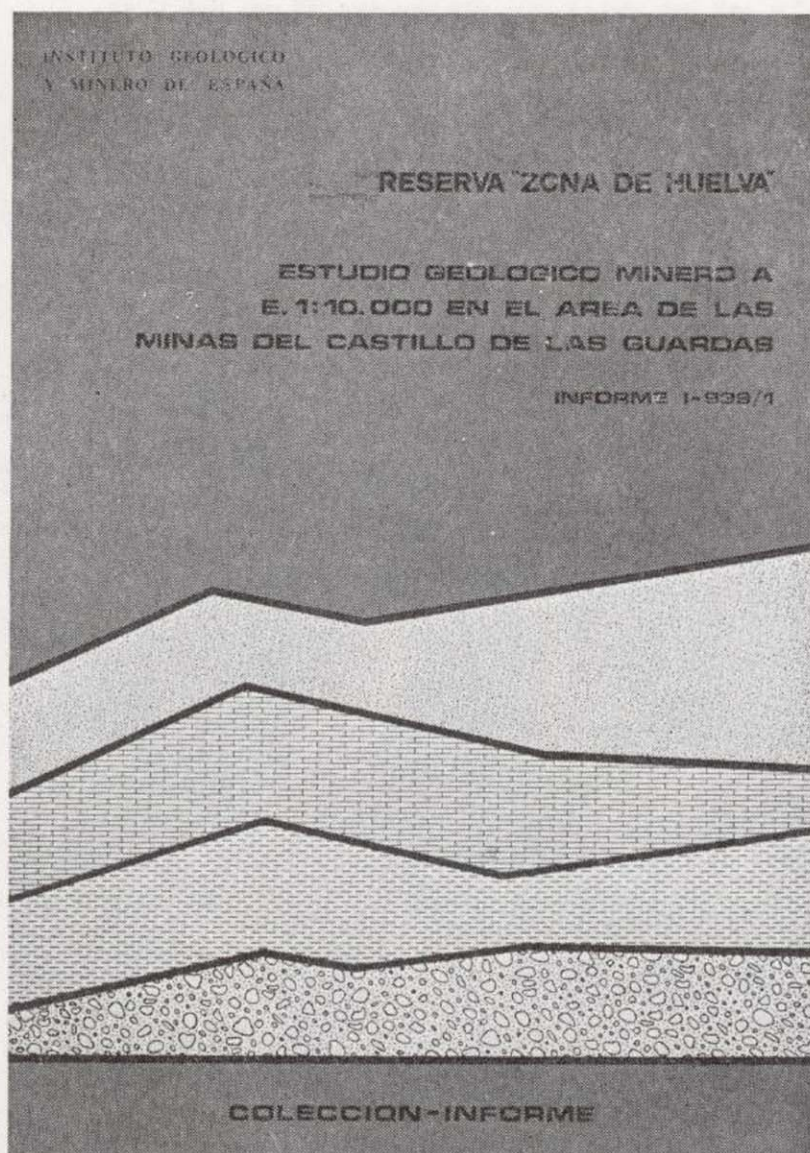
País

FIRMA

Fecha

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.
Talón nominativo.



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 ptas.

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.

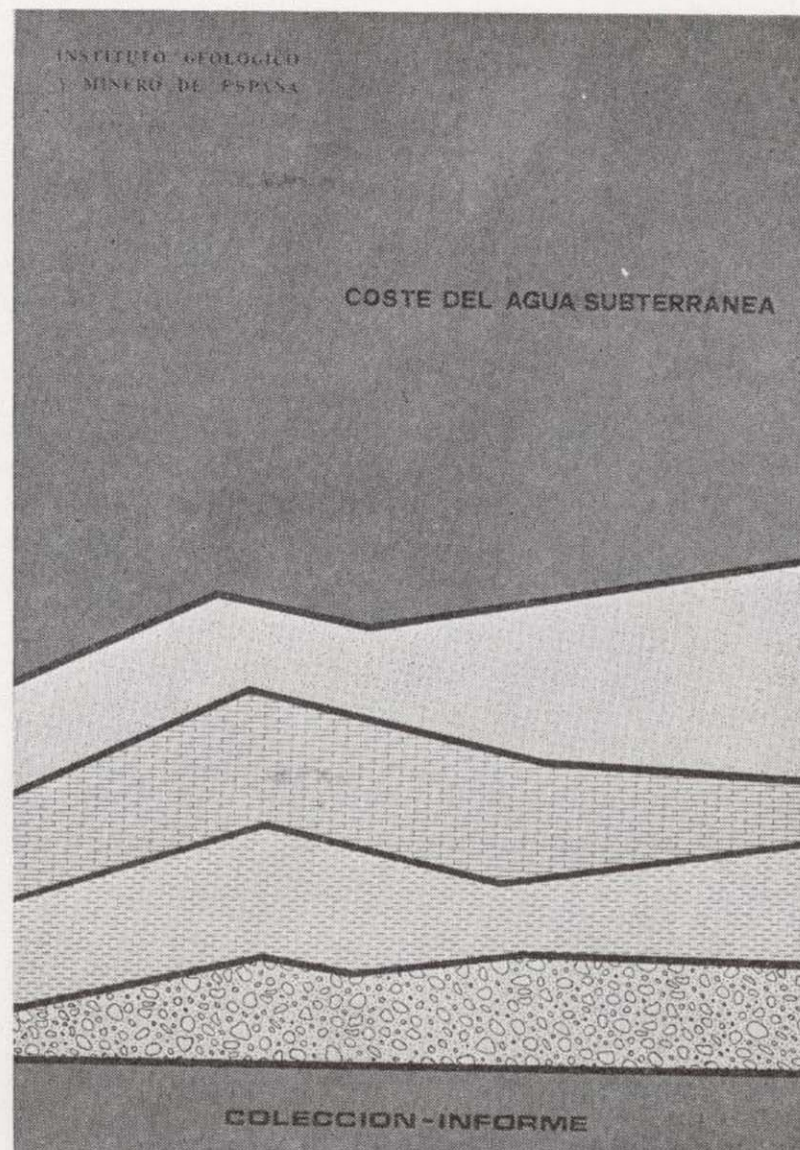
Precio de cada ejemplar, 300 pts.

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. |

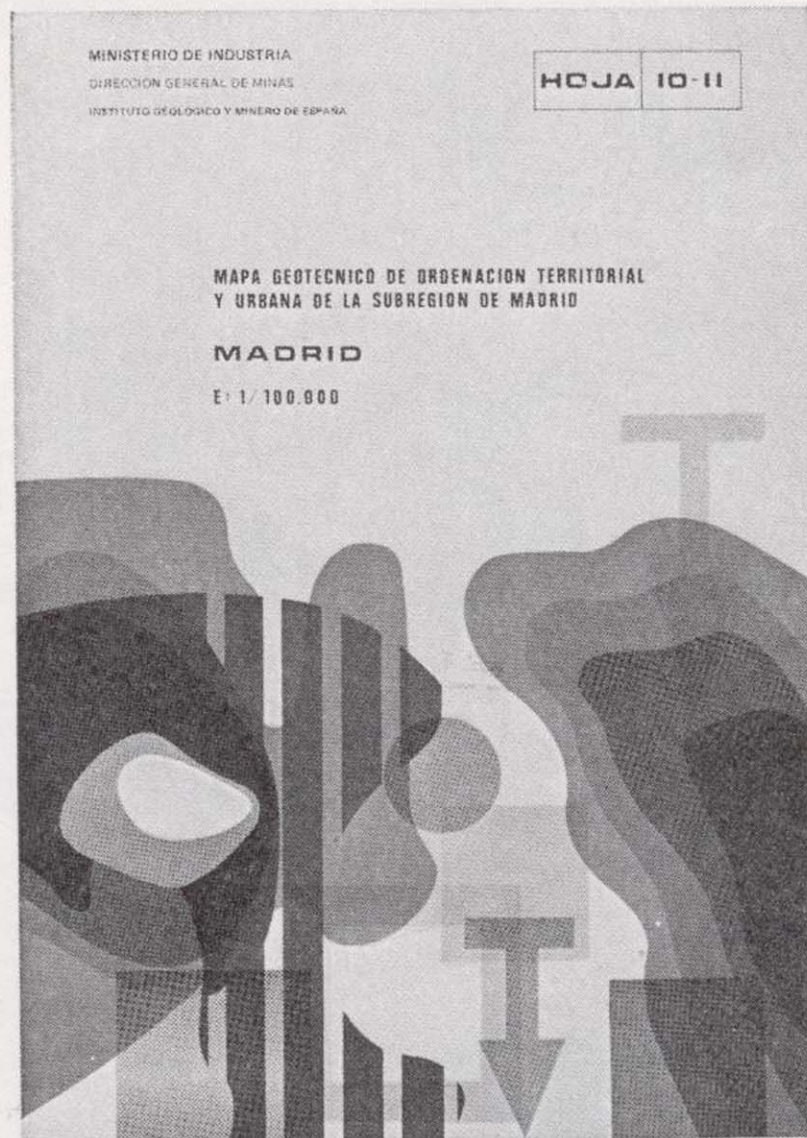
Precio de cada ejemplar: 300 pts.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid - 3

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

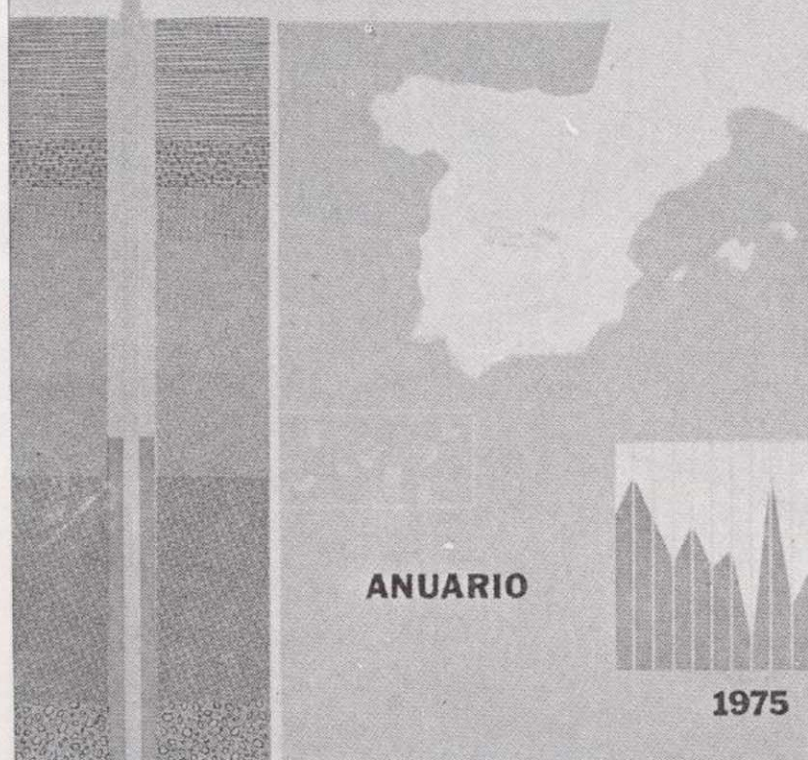
c/ Claudio Coello, 44. Madrid - 1



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

economía industrial

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

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

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

economía industrial

Servicio de Publicaciones: Claudio Coello, 44 - Madrid (1)
Teléfs. 2 76 20 01 - 2 76 22 01

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.

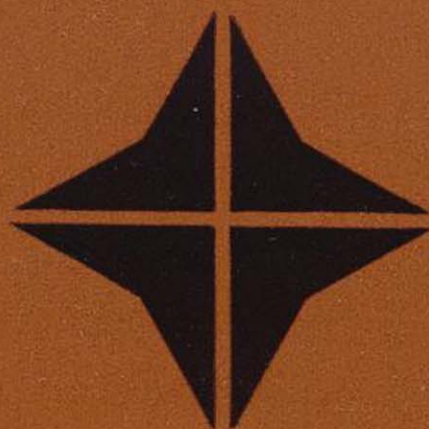
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.

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



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)