

En este número:

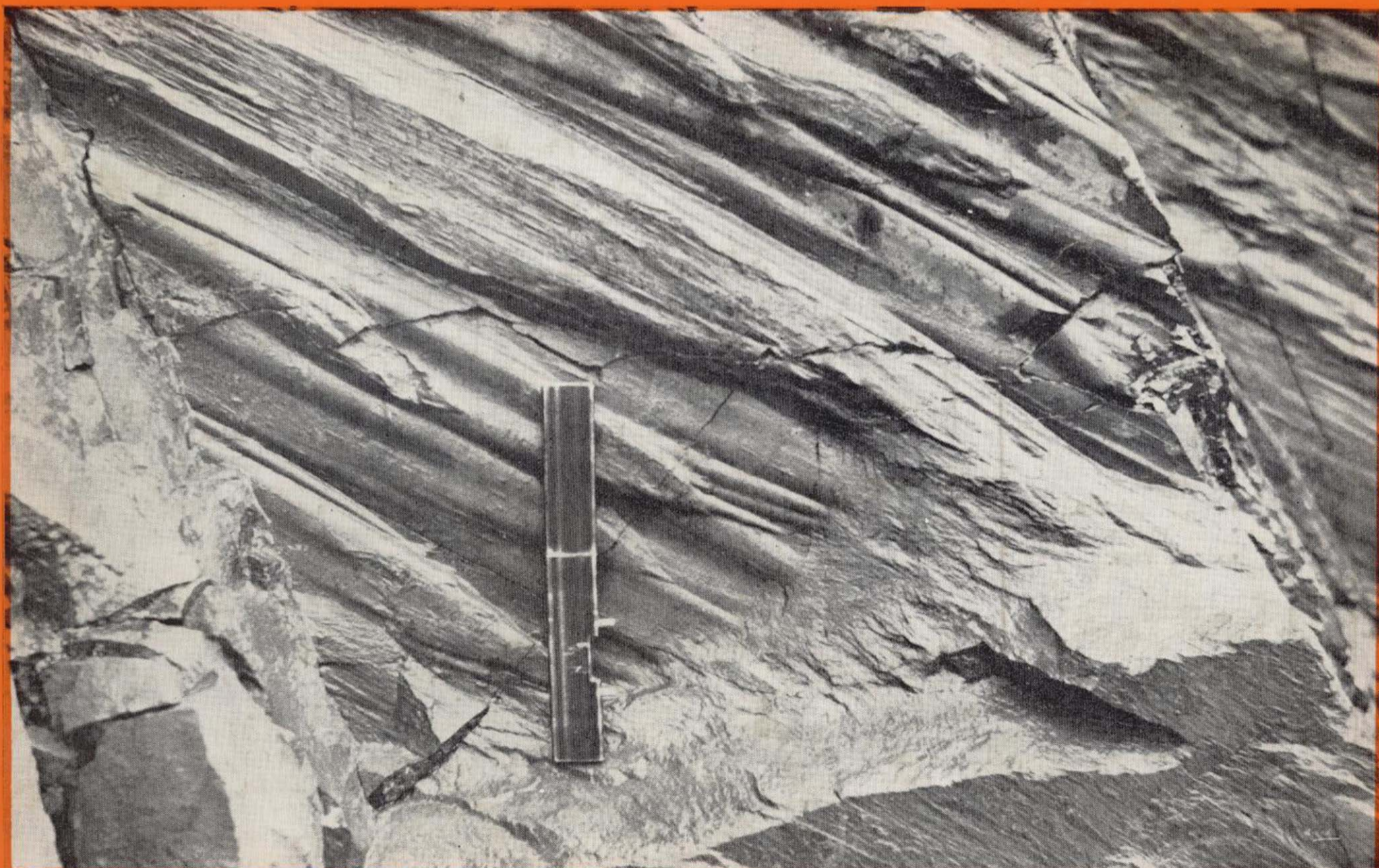
- Un pliopitécido persistente en el Vallesiense Medio-Superior de los alrededores de Terrassa (cuenca del Vallés, España) y problemas de su adaptación.
- Procesos Geológicos y Geoquímicos en la génesis de yacimientos Estanno-Wolframíferos Centro-Ibéricos.
- Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de hierro y plomo-cinc-fluorita de origen sedimentario encajadas en rocas triásicas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride del sector central de la Cordillera Bética.
- Hidrogeoquímica de la zona central de la Hoja núm. 348 de San Leonardo (Soria). XXV.
- Pulimento de áridos carbonatados en capas de rodadura. Parte II: Evolución topográfica.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCIII, Cuarto Fascículo. Julio - Agosto 1982

boletín geológico y minero

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





Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

**EXPLORACION,
INVESTIGACION E
INGENIERIA DE
DESARROLLO DE
RECURSOS DEL
SUBSUELO**

- Geológicos.
- Minerales.
- Hidrogeológicos.
- Geotérmicos.
- Geotécnicos.

**PROTECCION
DEL MEDIO**

- Tratamiento de residuos sólidos urbanos e industriales.
- Ordenación geológica de la infraestructura para el desarrollo regional.

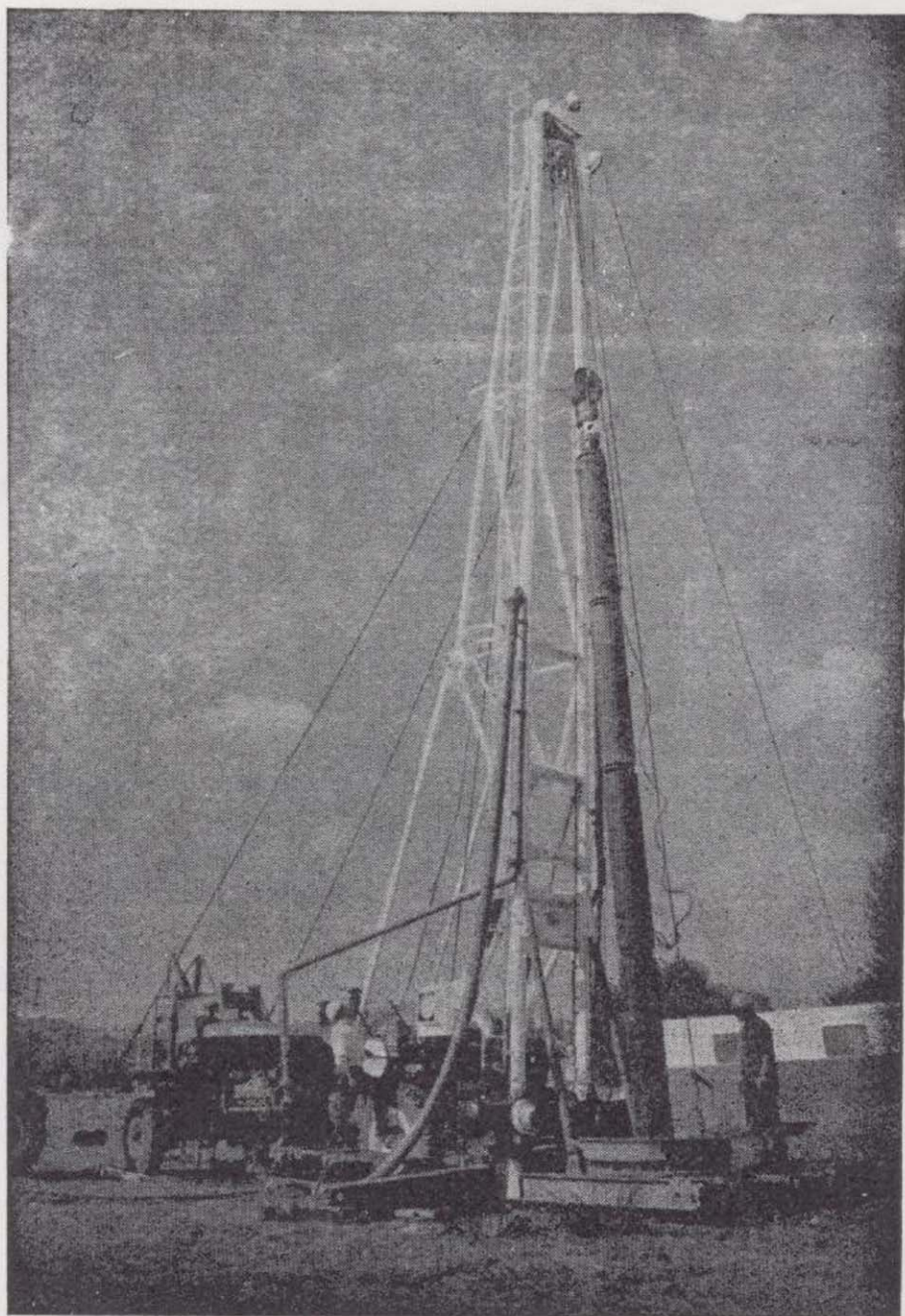
**FINANCIACION
DE INVERSIONES**

- Planificación.
- Investigación. (interior y exterior).
- Revalorización de los recursos naturales.

**SERVICIOS
ESPECIALIZADOS EN:**

- Geología.
- Geofísica.
- Geoquímica.
- Geotécnica y Geomecánica.
- Mineralogía y Metalquímica.
- Mineralurgia.
- Hidrogeología.
- Geomatématica.
- Planta piloto de residuos sólidos urbanos.
- Planta piloto de concentración de minerales.
- Documentación.
- Economía mineral.
- Sondeos.

DOMICILIO SOCIAL : Serrano, 116 - Telf. 262 41 10 - MADRID-6
CENTRO DE INVESTIGACION "JUAN GAVALA": Ctra. de Andalucía, Km. 12 - Telf. 797 34 00
Télex 42083 - geo-e - GETAFE (MADRID).



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

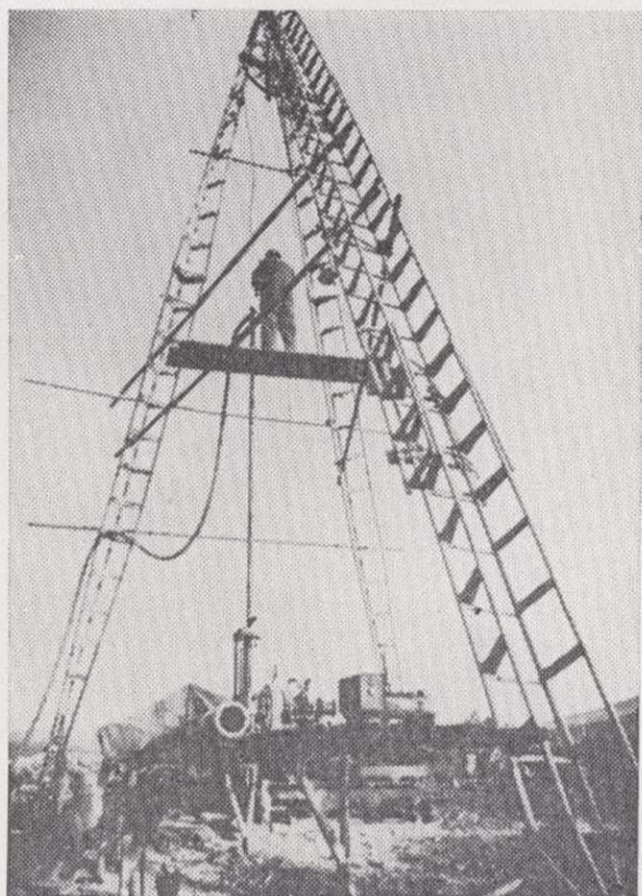
Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

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.

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

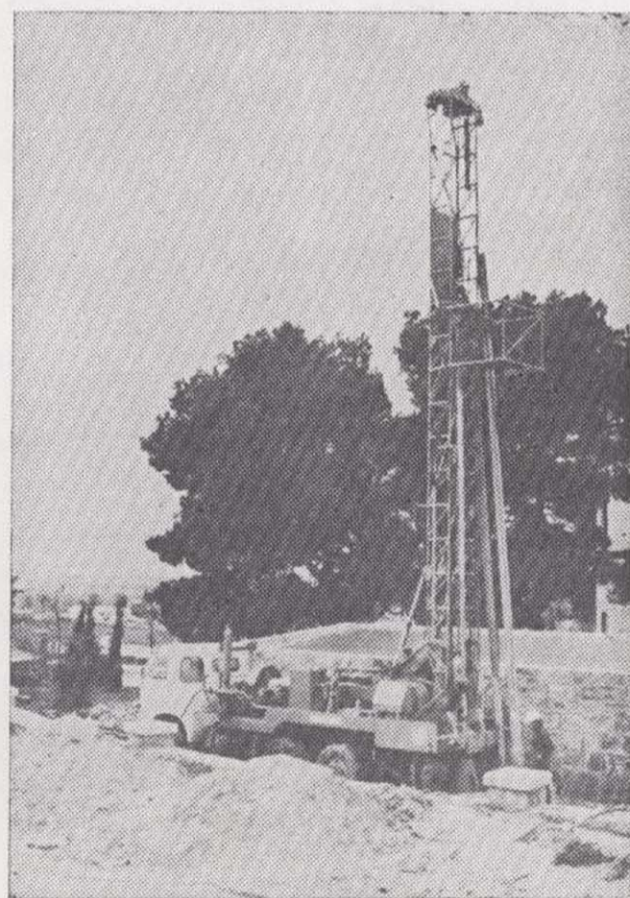
Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación.

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

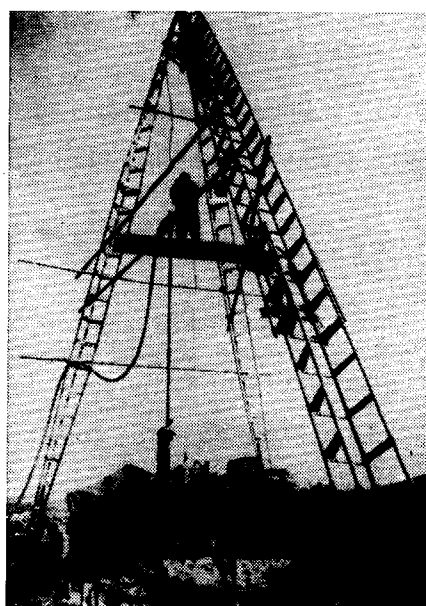
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.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



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

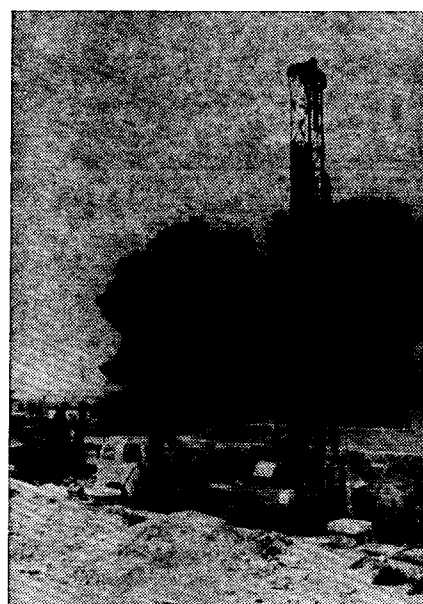
IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación

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



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

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

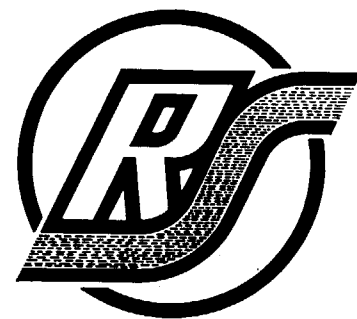
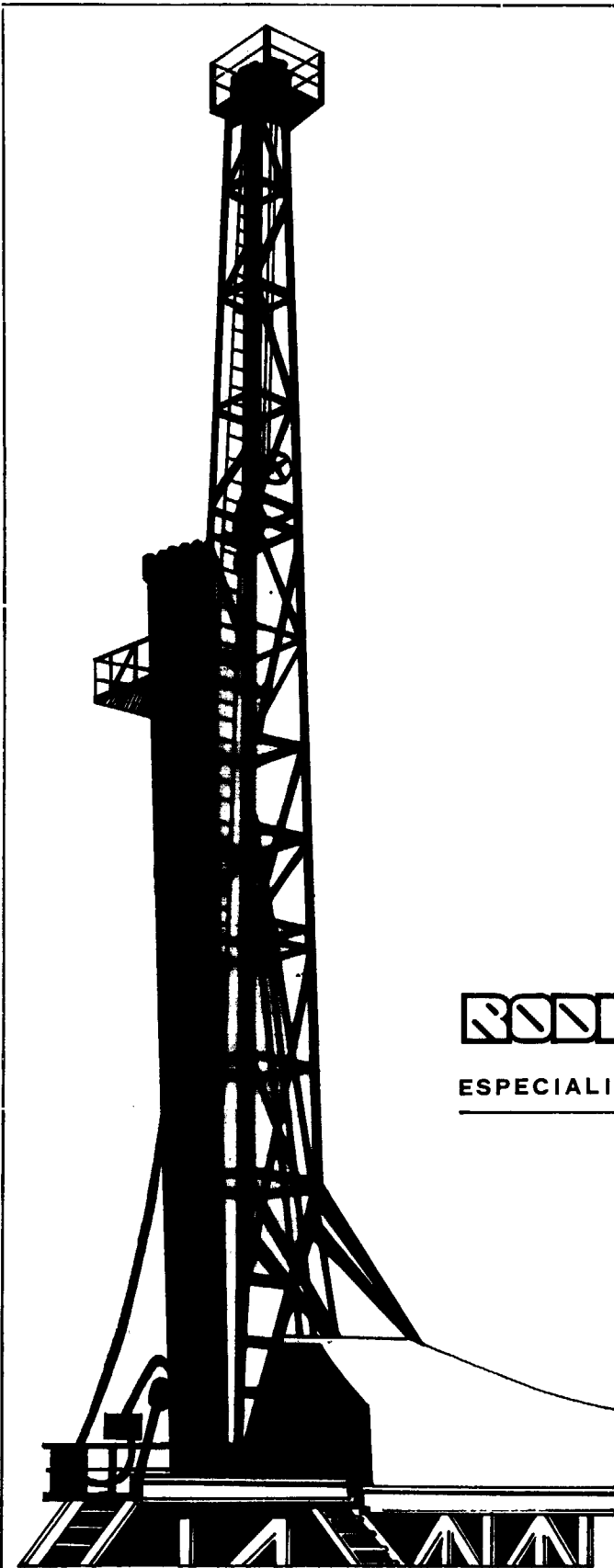
GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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



RONES SONDOS S.A.

ESPECIALISTAS EN AGUAS SUBTERRANEAS

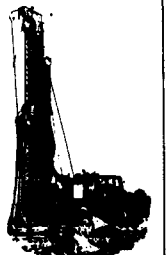
VILLENA
(Alicante)

Avda. de la Constitución 21 entlo. Tel. 800983



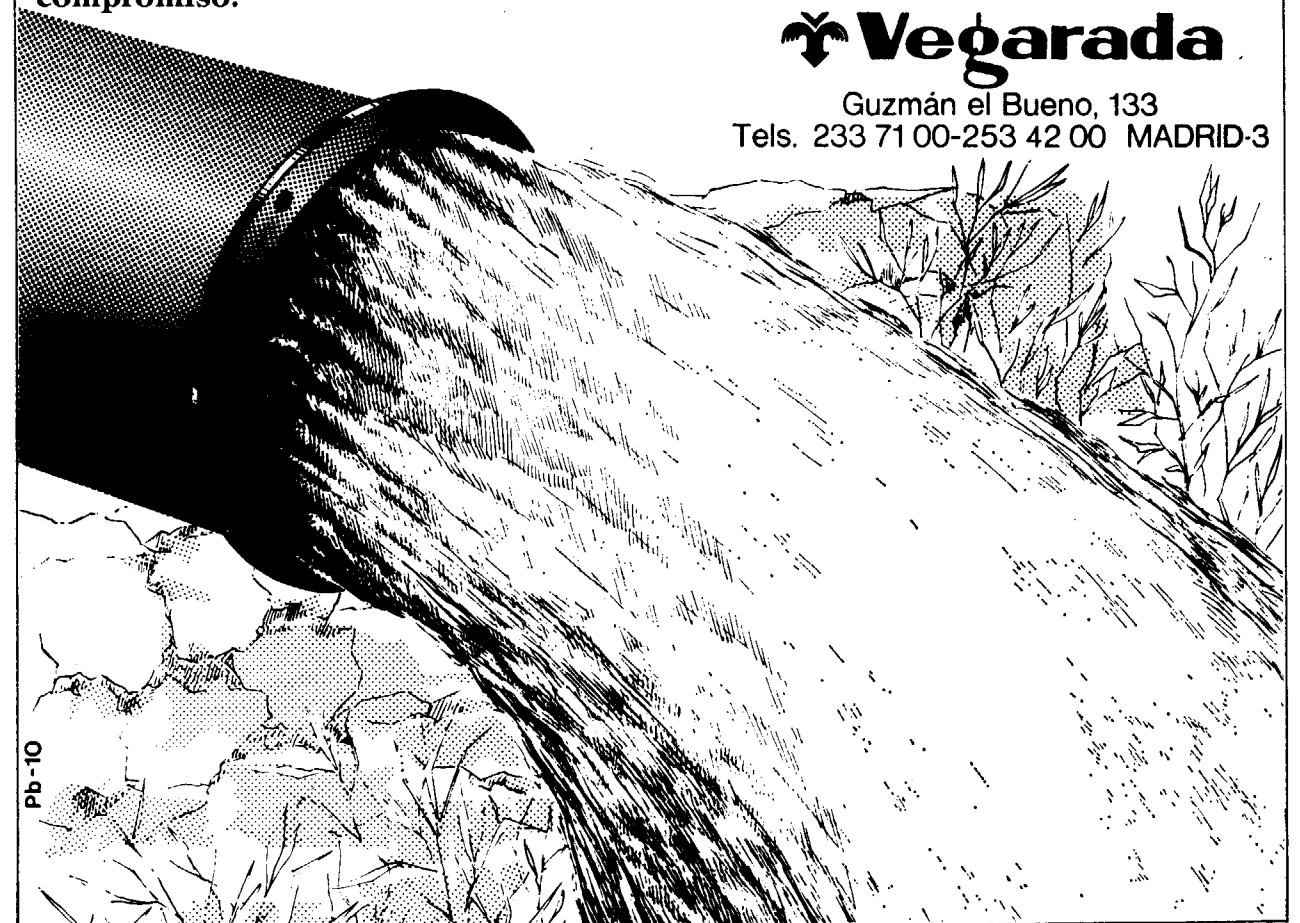
Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

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



Cibesa

CARTOGRAFICA IBERICA, S.A.

- ESGRAFIADO
- FOTOCOMPOSICION
- FOTOMECANICA
- IMPRESION OFFSET
- ENCUADERNACION



Fragmento del Mapa de CATALUÑA. Escala 1:200.000

ESPECIALIDAD

- MAPAS CONVENCIONALES
- MAPAS TEMATICOS

Conde de la Cibera, 4 - L. 6 MADRID - 3
 TELFS. 234 81 86 - 234 79 72

Tomo 93

Fascículo IV

Julio - Agosto 1982

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	JUANA M. ^a GOLPE POSSE: Un pliopitécido persistente en el Valle-siense Medio-Superior de los alrededores de Terrassa (cuenca del Vallés, España) y problemas de su adaptación	1
Minería	J. SAAVEDRA: Procesos Geológicos y Geoquímicos en la génesis de yacimientos Estanno-Wolframíferos Centro-Ibéricos	11
	J. M. MARTÍN y J. TORRES-RUIZ: Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de hierro y plomo-cinc-fluorita de origen sedimentario encajadas en rocas triásicas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujarride del sector central de la Cordillera Bética.	28
Aguas subterráneas	C. ALVAREZ, R. GALLEG0, J. VELA y F. DE PEDRO HERRERA: Hidrogeoquímica de la zona central de la Hoja núm. 348 de San Leonardo (Soria). XXV	44
Geotecnia	M. MONTOTO y J. ALONSO: Pulimento de áridos carbonatados en capas de rodadura. Parte II: Evolución topográfica	52
Información	F. LÓPEZ VERA: Alfonso Limón, pionero en el siglo XVII de una ciencia de hoy: La Hidrogeoquímica	60
	Noticias.—Notas bibliográficas	67

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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

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

EXPLICACION DE LA PORTADA

«Flute cast» deformados por estiramiento paralelo a la dirección de la paleocorriente. Formación Agüeira, en la carretera de Pesoz a San Martín de Oscos (Asturias). Fotografía tomada de A. Marcos, «Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del Occidente de Asturias (NW de España)», Trabajos de Geología, 6 (1973).

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

Un pliopitécido persistente en el Vallesiense Medio-Superior de los alrededores de Terrassa (cuenca del Vallés, España) y problemas de su adaptación (*)

Por Juana M.^a GOLPE POSSE (**)

RESUMEN

Se dan a conocer algunos de los problemas que plantea el estudio de un Primate pliopitécido de los alrededores de Terrassa (Barcelona), yacimiento «Torrent de Febulines»; por algunos de los caracteres dentarios en la serie inferior, se considera diferente de los otros Antropomorfos gibonoides, de edad inferior, de Europa, cuyos hábitats fueron más húmedos y cálidos.

ABSTRACT

A new morphological variety of Pliopithecidae (Primates, Anthropomorpha), found in the fossiliferous site «Torrent de Febulines», near Terrassa (Barcelona, Spain), enlarged the geographical area and the stratigraphic age of the family; the vallesian habitat is a new one for the Pliopithecidae.

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

La primera mención de un Hilobátido, *sensu amplo* (Pliopithecidae, Primates, Anthropomorpha), de «Torrent de Febulines» (alrededores de Terrassa) —denominado *Pliopithecus* sp.— ya fue dado a conocer anteriormente (GOLPE, 1981; GOLPE, SANTAFÉ y CASANOVAS, 1979). El fósil procede del N14, uno de los niveles considerados altos de la formación, correspondiente a un Vallesiense Medio-Superior, tal como se expresaba en el segundo trabajo mencionado, redactado en 1978.

Se conocen sólo las series inferiores postcaninas de un mismo individuo, lo que reduce la interpretación del valor evolutivo-filogenético posible de ciertas morfologías, al no poder contrastarlas con otros caracteres de las piezas superiores; sin embargo, sus elementos sirvieron como material interesante en los estudios anatómicos, tanto absolutos como relativos. Las piezas fósiles son los

premolares y molares de ambos lados —excepto M/3, del que sólo hay el derecho—, cuya delimitación posibilita un examen completo de la dentición postcanina, como tal. La investigación aislada de cada diente proporcionó datos para el análisis de la variabilidad individual, muy acusada en los componentes de las especies conocidas de estos Primates.

Fue considerado como muy positivo el hecho de que en una serie dentaria, la derecha, los M/1 y M/2 están más gastados que en la otra, mientras que los premolares presentan unas facetas de uso de similar intensidad a las de los premolares izquierdos y el aspecto morfológico del M/3 derecho, recién salido, conviene al grado de roce observado en toda la serie izquierda y en los premolares derechos.

Estos nuevos aspectos especiales, reflejados asimétricamente y, por tanto, ligados a disfunciones individuales masticatorias parciales, hicieron posible la interpretación de diferentes estadios del desgaste dentario, aún teniendo en cuenta que son el resultado de una masticación anómala en un ejemplar. De este modo, se completa el estudio comparativo de morfologías distintas ligadas a la

(*) Este trabajo se ha realizado gracias a una subvención de la Comisión Asesora de Investigación científica y técnica del Ministerio de Educación y Ciencia (Proyecto número 3.598).

(**) Instituto de Paleontología de Sabadell (España).

edad, porque estos molares primero y segundo podrían responder a caracteres de un individuo viejo, si fueran encontradas separadamente.

Las respuestas con éxito, por parte del Pliopitécido del Vallès, a las condiciones ecológicas diferentes, que presentaron en el Vallesense Superior estos yacimientos egarenses, estuvieron provocadas por el hecho de que los afloramientos de los terrenos del Torrent de Febulines son: geográficamente, los más meridionales; estratigráficamente, los más altos, y climatológicamente, los más secos y menos cálidos, en relación con las circunstancias ambientales de otros lugares europeos de la misma época; así como los más secos y, más o menos, de la misma temperatura, con respecto a la geografía, donde se encontraron los otros representantes de la familia, anteriores en el tiempo. Como consecuencia de todo esto, *Pliopithecus* sp. de Terrassa presenta unas características únicas.

La presencia de un Pliopitécido especializado en capas tan altas, como parecen ser las de los alrededores de Terrassa —dado que las poblaciones europeas incluidas en el género no rebasan el Vindoboniense terminal, con la excepción de una forma del Vallesense basal de Hungría y con la salvedad de que, de momento, no se consideran en las comparaciones a *Pliopithecus krishnasi* del Mioceno Medio-Superior de Haritalyangar (Siwaliks, India; CHOPRA y KAUL, 1979)— plantea, como ya se dijo en otro trabajo (GOLPE, 1981), aparte de su dificultoso estudio morfológico-comparativo con los otros componentes de la Familia, el problema de la interpretación de su permanencia en su época y en su medio.

La explicación de la presencia de *Pliopithecus* sp. en niveles tan altos y tan meridionales, con respecto a los otros Pliopitecos europeos, conlleva, al menos, tres cuestiones principales a considerar, cuando se contempla su permanencia extrema en el tiempo y en unas regiones tan diferentes de las de sus parientes ya conocidos:

1.º Si el problema estratigráfico de los terrenos egarenses está bien resuelto, el animal supone una notable persistencia en un ambiente y edad no típicos para el género. Este Primate suscita un problema evolutivo-adaptativo acusado.

2.º Si los niveles que lo contenían fuesen algo más bajos en el Vallesense, el Pliopiteco estaría

temporalmente más cercano a la época de sus congéneres y sus caracteres adaptativos serían respuestas sólo a nuevos hábitats geográficos; diferencias que habría que considerar también si los niveles de procedencia fueran claramente vindobonienses, por ejemplo, y, por tanto, contemporáneos de otros yacimientos europeos. Es decir, hay un problema de adaptación a un nuevo nicho ecológico, por parte de algunos componentes de *Pliopithecus*.

3.º Si el fósil no estuviera *in situ*, se cuestionaría su procedencia geográfica como fósil, o, lo que es lo mismo, llevaría al estudio de las condiciones de formación de los niveles que lo contenían y del posible aporte faunístico fósil, procedente de regiones no muy lejanas; extremos muy difíciles de establecer cuando se trata de Macromamíferos. El problema de adaptación ecológica del Pliopiteco a un ambiente del Vindoboniense Superior o del Vallesense basal estaría implicado en el apartado dos.

En cualquiera de los tres casos, subyace la interpretación fundamental de los caracteres morfológicos especiales, propios del animal de Torrent de Febulines, y no encontrados en otros Pliopitécidos europeos.

Por ello, son éstos los temas que se destacan en una primera aproximación al estudio completo del Primate, y la descripción detallada de la dentición del animal, así como la consideración de su posición sistemática y, con ello, su entronque filogenético dentro del grupo pliopitécido serán objeto de una publicación posterior. Se valoran, ahora, solamente, aspectos parciales de los caracteres morfológicos, que hacen clasificar, en general, al material como una forma diferente de las conocidas hasta ahora y que dejan separarlo bien, como ejemplar único, de los otros Pliopitécidos, reflejando unas condiciones de vida diferentes de las propias de estos últimos.

La inclusión de *Pliopithecus* sp. en, o su exclusión de, un taxon determinado, ya establecido, así como su posible asignación a uno nuevo, es otro de los problemas difíciles de solucionar, al no tener la dentición superior. Ciertos caracteres de las piezas inferiores abogarían, por sí solas, por lo último.

1. *PLIOPITHECUS* SP. Y LA ESTRATIGRAFIA DE LOS ALREDEDORES DE TERRASSA

El hecho de que *Pliopithecus* sp. haya sido encontrado en niveles del Vallesense alto, obliga a considerar las condiciones estratigráficas y temporales que rodearon al Primate, así como sus respuestas a las mismas, reflejadas en morfologías diferentes a las de otros Pliopitécidos, antes de emprender el estudio sistemático definitivo. Se requiere una argumentación complementaria a la de trabajos anteriores sobre la posición estratigráfica de los terrenos que lo contenían como fósil. Es un primer problema a tener en cuenta, como ya se expresó más arriba.

¿Vivió *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines en los niveles donde fosilizó? O sea, ¿vivió más allá del tiempo propio de su género, o vivió en «su» tiempo?

El conjunto fósil de los dieciséis niveles de la formación sugirió una edad Vallesense Medio-Superior en los niveles de los alrededores de Terrassa. La fauna presentaba o bien caracteres evolucionados respecto de las formas análogas encontradas en yacimientos próximos en el espacio y/o en el tiempo (*Pliopithecus* y *Microstonyx*, p. e.), o bien poseía especies mejor adaptadas a ambientes más secos que los conocidos en localidades cercanas en el Vallès y consideradas como más antiguas.

Nuevos hallazgos de *Microstonyx* (Suidae, Artiodactyla), posteriores a la redacción de 1978, permitieron estudiar en los elementos una mezcla de caracteres (GOLPE, 1978 y 1980), que fueron interpretados o como consecuencia de su adaptación al ambiente, o como resultados de la adquisición de rasgos evolutivos suoideos generales y que abogaron por una edad superior al Vallesense Inferior. El estudio de los Micromamíferos (AGUSTÍ, 1981; AGUSTÍ y GIBERT, 1979) precisó para estos niveles una edad Vallesense Superior, quizá algo más alta que Soblay.

La existencia de *Microstonyx antiquus* en este yacimiento del Ain es un dato paralelizable en ambos conjuntos; aunque el grado evolutivo entre los ejemplares no fue contrastado, se puede suponer, por el resto de la fauna, que sería más evolucionado que la forma tipo de Eppelsheim, tomada esta última como del Vallesense Medio

y equiparable al yacimiento de Can Llobateres; sin poder aventurar ningún juicio, desde luego, acerca de similitudes o diferencias entre las tendencias evolutivas de cada forma, ya que fueron inferidas del análisis comparativo de la fauna acompañante. Hasta aquí, está justificada, al menos, una edad Vallesense Medio-Superior para los restos del Primate, muy reciente, por tanto, para el género.

SANTAFÉ *et alli* (1979) señalaron como edad de la formación un Vallesense terminal (MN10), que coincide con una biozona alta, 20b del Vallès (= Viladecavalls), para los yacimientos de Can Jofresa, región donde están ubicados los niveles N14-N15, pertenecientes al afloramiento nominado «Torrent de Febulines». El primero contenía al Pliopiteco y el segundo escasos restos del Suido considerado más arriba; ambos estratos, junto al N16 son los niveles superiores de toda la serie: Can Perellada-Can Jofresa inferior (Talud sur de la Autopista) —Can Jofresa superior (Torrent de Febulines). Estos últimos niveles superiores (N14-N15-N16), añadidos en la redacción de 1978, están «a una cierta distancia, hacia el W» (GOLPE *et alli*, o. c.), de los que, en principio, se había considerado techo de la serie primitiva estudiada (SANTAFÉ, 1978).

Una reconsideración de la fauna de Macromamíferos de los niveles N14 y N15, con motivo del estudio del Pliopiteco y del Suido, parece no poder probar para estos niveles una edad tan reciente como la sugerida para toda la serie en 1979 por SANTAFÉ *et alli* (o. c.), al menos para N14.

En realidad, en estos niveles no hay elementos determinantes *en sí* de una edad Vallesense terminal (mejor, se diría más baja, por influencia de la persistencia del Primate), si no es por el hecho de haber considerado a dichas capas, en los trabajos citados, como el techo de la serie, y, ahora, a la presencia de *Aceratherium* cf. *incisivum*.

El hecho de encontrar en N14 un Pliopiteco, aunque sea más evolucionado que, y algo diferente de, los otros señalados en Europa hace pensar: o bien en una edad para N14 más antigua de lo que se había supuesto, o bien dar por real una supervivencia en este Pliopitécido mayor de lo que se extraía del ejemplar más recientemente conocido, estudiado en el Vallesense basal de

Rudabánya (Hungría, NE; *Pliopithecus hernyáki* KRETZOI, 1975); o sea, más cerca del nivel de Can Ponsic en el Vallès.

Los otros restos de Macromamíferos de N14 son ejemplares aún no estudiados, como astas de Ciervos, *Hipparion*, Castores; o como *Rotundomys bressanus* y *Progonomys hispanicus*, Roedores de los que se dedujo, «quizá un poco más altos que formas análogas de Soblay» (AGUSTÍ, 1981), lo que contrasta con el estadio evolutivo del Rinocerótido, avanzado con respecto a formas de Viladecavalls (SANTAFÉ *et alli*, 1979).

El nivel N15 también es pobre en restos y se había dado en 1978 como fauna fósil algunas citas poco definidoras:

1.º Un MtV de *Machairodus apnanistus*, que rejuvenecería el yacimiento; pero, el dato de este hueso no es aclaratorio definitivo en sí mismo y podría pertenecer a otro Carnívoro de talla análoga a la de este Macairodo. En aquel momento, se clasificó dentro de este taxon, porque se daba como edad del yacimiento un Vallesiense Medio-Superior y porque esta especie estaba presente en otros niveles de la misma formación (N11-N10), en los que se encontraron dos fragmentos de canino superior, asociados a un escafolunar y a un Mc I, en el primero y un fragmento de pelvis (*acetabulum*), en el segundo.

2.º Se habían detectado también restos de *Microstonyx* sp., un Mc V y fragmentos de molar recién salido, los que, aunque no son determinantes de una especie determinada estricta, no dejan duda, por su tamaño, sobre su asignación al género mencionado. Con este dato, el N15 podría ser datado, al menos, como un Vallesiense Medio. Los restos del mismo género encontrados posteriormente, y en abundancia, en otros niveles sí que pudieron ser definidos como de un *Microstonyx* evolucionado, dentro de un taxon próximo a *Microstonyx antiquus* de Eppelsheim.

Con estos presupuestos caben dos interpretaciones:

A) ¿Podrían ser, estos dos estratos, o al menos N14, más antiguos de lo que se había pensado? En este caso los caracteres especiales de *Pliopithecus* serían respuestas a adaptaciones, posiblemente, sólo habitacionales, en el caso de que los estratos no fueran superiores al Vallesiense basal, lo que no parece probable.

B) Si los estudios estratigráficos pueden demostrar, absolutamente, la pertenencia de estas dos capas fosilíferas al Vallesiense Superior más alto —faunísticamente hablando, sólo se puede asegurar una edad Medio-Superior— hay que suponer, con más razón, para el Primate de Terrassa una evolución temporo-ambiental extrema, no conocida aún en otros *Pliopithecus* europeos y una adecuación muy clara a hábitats de sabana más recientes, que haría más significativo aún su estudio y, posiblemente entonces, habría que crear un nuevo taxon sistemático, para incluir en él a *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines.

Si lo primero fuese correcto, el Pliopiteco habría sufrido unos cambios adaptativos que lo separarían, ya suficientemente, de sus parientes europeos, algo más antiguos, como una forma morfológica diferente, adquirida en un tiempo relativamente corto y que sería difícil de encajar con alguno de los otros, más o menos contemporáneos. Si lo segundo es definitivo, el Primate egareense supondría unos cambios anatómicos en un lapsus de tiempo más largo, pero que requerirían una interpretación más estricta en cuanto a su morfología comparada y sería más factible elaborar una explicación de su posible entronque con algún otro Pliopiteco vindoboniense. Si esto se pudiera comprobar, se podría justificar el establecimiento de un nuevo taxon sistemático con categoría de especie, o de género quizá.

Pliopithecus sp. parece estar, por un lado, más cercano a *Pliopithecus (Epipliopithecus) vindobonensis* del Helveciense Superior de Neudorf (Checoslovaquia) y a *Pliopithecus (Plesiopithecus) lockeri*, del Tortoniense de Trimmelkam (Austria); por otra parte, tiene caracteres que lo aproximan a *Limnopithecus* y *Dendropithecus* del Mioceno Inferior (?) del Este de Africa. Mientras que su semejanza con *Pliopithecus* cf. *antiquus*, del Tortoniense de Göriach (SE de Austria) podrían tener otra interpretación: unos parecidos, o diferencias, morfológicos, propios de dos formas de una misma familia.

2. PLIOPITHECUS SP. Y SU ADAPTACION A NUEVOS HABITATS GEOGRAFICOS

La presencia de *Pliopithecus* sp. en Torrent de Febulines, con una morfología dentaria especial en la serie inferior, demuestra una adaptación

trófica nueva, con respecto a los otros Pliopitécidos europeos, que habría hecho posible su persistencia, ligada a los nuevos ambientes del Vallesiense Superior de las tierras más meridionales catalanas.

¿Cómo vivió *Pliopithecus* sp. de Terrassa en unos ambientes más recientes que los propios del género? ¿Cómo era, de igual, o diferente, su nicho ecológico con respecto a los hábitats conocidos para el género?

El establecer contestaciones válidas a estos interrogantes puede no ser muy fácil, pero el resultado del proceso sí está claro: Durante el Vallesiense *Pliopithecus* sp. explotó un nicho ecológico nuevo y realizó una nueva adaptación habitacional, válida aún en el caso de que los niveles que los contienen fueran considerados como más antiguos que el Vallesiense Superior. En este último caso, la interpretación sería la conquista de un nuevo entorno localmente separado por la geografía y no tan diferenciado por ésta y la componente temporal, al mismo tiempo, como en el Vallesiense Superior.

El ambiente vital general de los alrededores de Terrassa, en el que viviría *Pliopithecus* sp., fue deducido (GOLPE *et alli*, 1979; GOLPE, 1979) a través de los datos estratigráficos y de la fauna total, dando como resultado global un medio de bosque seco con algunas matizaciones.

Los fósiles encontrados en N14 y N15 no permiten por sí solos, de modo análogo a lo que ocurre con la estratigrafía, llegar a decisiones ecológicas muy precisas, ya que son conjuntos muy pobres. Entre los restos de N14, además del Pliopiteco se clasificaron Cérvidos, *Hipparion*, *Acera-therium* cf. *incisivum*, Castóridos y otros Roedores; entre los fósiles de N15 también hay Cérvidos, *Hipparion*, Roedores no Castóridos, además de restos de *Microstonyx* y algún ejemplar atribuido a *Machairodus*, pero no Rinocerótidos, ni Castóridos, ni Pliopitecos.

El nicho ecológico general asignado a los Pliopitécidos —no siempre separado del de los otros Hominoideos contemporáneos, los Driopitécidos, en contrá de la opinión de SIMONS y FLEAGLE (1973), ya que la asociación de ambos Primates se constató, al menos, en La Grive, Eppelsheim, Neudorf-Sandberg y Castell de Barberà— es interpretado como un ambiente de árboles escasos, una

sabana boscosa, un bosque abierto, o bordes de bosques más frondosos, pero nunca dentro de bosques muy húmedos y exuberantes.

Los Pliopitecos fueron animales parecidos, por sus elementos dentarios y esqueléticos, a los Gibones actuales de Asia, pero no especialmente emparentados con ellos.

Según los únicos restos esqueléticos que se conocen, los de *Pliopithecus (Epipliopithecus) vindobonensis* de Neudorf-Spalte (ZAPFE, 1958, 1960, 1963), los Pliopitécidos no serían exclusivamente arbóreos, observación basada en la falta de especializaciones que lo justifiquen como serían el tener los brazos cortos, lo que, como consecuencia, no les permitiría ser braquiadores esencialmente, capacidad propia de animales arbóreos y propiedad explotada en grado sumo por los Gibones actuales, a los que se parecen, no obstante, los Pliopitécidos por otros rasgos.

Quizá tampoco estos últimos fueran saltadores, ni grandes corredores, aptitudes propias de los cuadrúpedos terrestres, aunque parte de su vida transcurriera en el suelo y *P. vindobonensis* aún pudiera correr ágilmente (ZAPFE, 1958). Es posible que los Pliopitécidos fueran trepadores, pero tampoco altamente especializados en este sentido. Al poseer un esqueleto primitivo, no con tendencias marcadas que induzcan a pensar en un modo de locomoción concreto, el animal utilizaría la mejor solución que conviniera a sus necesidades tróficas o defensivas, ligada tanto al suelo boscoso, como a calveros, o a los mismos árboles, de modo parecido a como lo hacen hoy algunos Primates.

Las adaptaciones tróficas, deducidas de su dentición omnívora, podrían haber decantado a algunos Pliopitécidos hacia un régimen alimenticio de preferencias más frugívoras, dependiente, así, de los frutos de los bosques aún existentes. ZAPFE (1960) asoció *Pliopithecus vindobonensis* y los frutos, muy abundantes en el yacimiento de Neudorf, del almez (*Celtis hyperionis*), única planta conocida entre los fósiles de la localización.

Este árbol no fue citado en la zona precisa del yacimiento de Torrent de Febulines, pero sí en otra cercana a Terrassa; en otros puntos más próximos al yacimiento de *Pliopithecus* sp. se dieron a conocer otros árboles productores de frutos que podrían haber sido comestibles para el Antropomorfo egareense. En opinión de SIMONS

y FLEAGLE (1973) los Pliopitécidos serían animales adaptados mejor a comer hojas como algunos Primates actuales. Este régimen también sería aceptable para el *Pliopithecus* sp. de Terrassa, dependiendo también de los bosques, que ya se iban haciendo escasos.

Las deducciones tróficas más estrictas, al modo como lo hicieron BONIS y MELENTIS (1979), utilizando el mayor espesor del esmalte, la aparición tardía del marfil, como consecuencia, sólo después de mucho desgaste dentario, la marcada hipodontia y el gradiente de uso anterior-posterior de los M/3, no se hicieron en el material de Terrassa por considerar que éste no es suficientemente representativo.

Sin embargo, el hecho de que en la serie derecha de Torrent de Febulines el marfil de los M/1 y M/2 está muy gastado ya, y por el contrario, el del M/3 casi intacto, podrían ser datos positivos a tener en cuenta en la atribución de *Pliopithecus* sp. a un hábitat abierto, aunque los caracteres mencionados por los autores sólo se consideren propios de Hominoideos y Sivapitecinos. Si el estudio completo de estas especialidades se confirmaran en el Pliopiteco de Terrassa, habría que pensar en su menor dependencia del bosque y más de la sabana en sí misma.

Las adaptaciones locomotoras de *Pliopithecus* sp. no se pueden definir por no haber sido encontrados restos óseos en que apoyarse; como el hábitat del Primate del Vallès se pudo deducir de otros datos, se podría concebir, en principio, unas adaptaciones generales de comportamiento parecidas a las dilucidadas para los otros Pliopitécidos, a partir del esqueleto de *Pliopithecus (Epipliopithecus) vindobonensis*. De todos modos, dentro del entorno general supuesto para estos Antropomorfos, se pueden establecer algunas variaciones. Así, los sedimentos que contenían los restos de los Pliopitécidos de Europa en el Vindoboniense Superior-Vallesiense basal son lignitosos; en Göriach habían sido formados por bosques pantanosos; en Trimmelkam, por capas de agua dulce carbonosa, hoy convertidas en minas de carbón; en Rudabánya, por lagunas en clima tropical mediterráneo y con bosques gradados de acuático a húmedos. Por el contrario, en el yacimiento de Neudorf-Spalte, del Vindoboniense Inferior, los depósitos fueron sedimentados en lugares secos de las márgenes del mar Helveciense

de la Cuenca de Viena; proceso algo más parecido a lo que pudo ocurrir en Terrassa en el Vallesiense Superior.

Los otros Pliopitécidos europeos, procedentes de capas helvecienses, faluns del Loire y la Touraine, así como del yacimiento tipo de *Pliopithecus* en Sansan, son menos parecidos al de Torrent de Febulines.

La interpretación del hábitat del Primate de los alrededores de Terrassa viene ligada al cambio climático del Vallès, que se hizo de manera más patente a partir del Vallesiense Inferior, pasando de un régimen ambiental boscoso-cálido-húmedo anterior a un tipo de bosque más seco, con bosques en galería, a lo largo de los bordes del agua, y menos cálido, de modo absoluto, con respecto a épocas anteriores. Pero, en relación con la Europa del Vallesiense Inferior-Medio serían bosques más o menos igual de húmedos, pero más cálidos. Este ambiente aún húmedo y más cálido que en Europa convendría a la vida de *Pliopithecus* sp., ya que se encontraría en las tierras egarenses con un clima parecido, aunque menos húmedo, al del Vindoboniense Superior de Centroeuropa y de la región este del continente. A partir del Vallesiense Medio hay que introducir la sequedad que se expandió en dirección E-O por el Mediterráneo, con lo que la humedad sería menor, lo que pudo haber provocado ya problemas a *Pliopithecus* sp. de Terrassa.

La adquisición en el Vallès de una, relativamente rápida, deforestación provocó la regresión de los paleobosques, continuando éstos en determinados lugares como reductos cerca de, o en, manchas de agua, posibilitando la formación en el Vallesiense Superior de llanuras menos boscosas, más abiertas, más secas, que permitieron la vida de inmigrados (GOLPE, 1979).

El otro Pliopiteco español, del Vindoboniense terminal de Castell de Barberá (CRUSAFONT y GOLPE, 1981), viviría en un medio boscoso, húmedo y cálido, más de acuerdo con el hábitat de los otros Pliopitécidos europeos, más o menos contemporáneos, excluyendo el animal de Hungría.

Entre los entornos ambientales de los Pliopitécidos europeos y de *Pliopithecus* sp. se pueden establecer aún otras comparaciones. Los yacimientos de la Cuenca de Viena, no estaban lejos de las costas de un mar interior, más o menos

mediterráneo, en el Helveciense, separado del Tetis mismo por los montes Dináridos y Balkanes, que fue haciéndose más reducido durante el Tortoniense, y situado más al norte con respecto a la región nordeste de España. La Cuenca del Vallès también tenía costas a un pequeño mar interior mediterráneo helveciense, que desapareció en el Vallesiense; sus propias costas mediterráneas en esta última época, de todos modos, no estaban alejadas de los yacimientos que proporcionaron Pliopitecos en Cataluña. Este mar, de posición más meridional, tuvo siempre un componente más cálido que el mar interior de la Cuenca de Viena.

Durante el Vallesiense, *Pliopithecus* sp. viviría en unas tierras algo más al interior que las costas estrictas del Mediterráneo, y algo menos cálidas que las riberas del mar vindoboniense catalán; el clima del nordeste de España sería, pues, en el Vallesiense más parecido al del Helveciense de la Cuenca vienesa. El clima y hábitat de Castell de Barberà en el Vindoboniense terminal estarían en más conformidad con el ambiente necesitado por los Pliopitecos y serían más parecidos a los climas europeos, algo anteriores, de Sansan, Neudorf-Spalte, e incluso a los de Trimmelkam y Göriach.

En el Bodvaiense (= Vallesiense basal) de Hungría *Pliopithecus hernyáki* (KRETZOI, 1974) fue encontrado en sedimentos lagunares lignitosos con flora subtropical mediterránea y con indicios claros de zonación, desde bosques acuáticos a secos, praderas y elementos de alta montaña, fauna de *Hipparion* arcaico y un Pliopiteco grande.

La vida en el Vallès en el Vallesiense Medio-Superior de Terrassa responde a sedimentos de aguas continentales, más o menos cercanas al mar, en un ambiente de bosque seco-sabana y quizá algo montañoso, con fauna de *Hipparion* evolucionado y un Pliopiteco grande, aunque menos que el húngaro. El aumento de tamaño podría ir ligado al ambiente menos boscoso de los yacimientos.

El Pliopiteco de Rudabánya tiene un P/4 más pequeño y la serie molar más grande que en Terrassa y mucho menos alargada, o sea, con molares más anchos; pero, no tanto como en Göriach, donde son muy anchos; el largo de la serie molar de Hungría es bastante parecida a la de Göriach (éste es algo anterior en el tiempo y algo más pequeño. Los P/3 no se conocen en Rudabánya.

Excepto el P/4, el Pliopiteco descrito por KRETZOI tiene en común con el de Terrassa un estimamiento de los /M, pero sin llegar al límite de Terrassa. El ambiente Hungría era bastante parecido al de Torrent de Febulines y, en ambos entornos, hay caracteres que los aproximan, aunque en el Vallès, a partir del Vallesiense Medio haya que contar con la componente suplementaria de sequedad, que ya se empezaba a extender por el Mediterráneo y de la que no hay indicios del lado norte de los Alpes, donde la falta de humedad sigue el ritmo general propio de la época para todo el mundo. Al mismo tiempo, otra norma a tener en cuenta es el aislamiento progresivo de España provocado por la barrera de los Pirineos que continuaba elevándose. La característica divisoria fue propia de todo el sistema alpino que separó, aún más, el dominio mediterráneo del territorio centroeuropeo.

Estos fenómenos geológicos, geográficos y climáticos están corroborados por los fósiles encontrados, ya que, a partir del Vallesiense, las faunas muestran numerosas especies de evolución *in situ*, más ligadas a géneros del este del mar, mientras que en tiempos anteriores los animales eran más parecidos a los de Centroeuropa, aunque también hubo muchas formas propias meridionales.

El extremo del proceso cambiante de las faunas vindobonienses típicamente hispánicas se observa en el yacimiento de Castell de Barberà, que, siendo muy próximo en edad y fauna general a las de Anwil, en Suiza, está caracterizado por muchas variaciones particulares, pero dentro de taxones muy cercanos a los encontrados en el yacimiento helvético.

Este desfase climático, y por lo tanto ambiental, entre el este de Europa, más al norte, y el suroeste de Europa (Vallès), pudo permitir al Pliopiteco de Torrent de Febulines encontrar un ambiente adecuado, en el que poder desarrollar sus adaptaciones dentarias a alimentos más duros en terrenos ya más secos, pero aún cálidos.

Si se admite que *Pliopithecus* sp. fue un inmigrante adaptado al ambiente geográfico y climático de los alrededores de Terrassa, los caracteres morfológicos diferenciales adquiridos podrían servir para caracterizar una nueva especie a incluir en un nuevo subgénero, o incluso género, siguiendo la corriente actual de clasificar a los Pliopitécidos, sobre todo por su P/4 especial, único, su extre-

mado estrechamiento de la serie dentaria inferior y por algunos otros rasgos notables, aunque no tan patentes, en los P/3, y en la superficie oclusal de todas las piezas.

3. *PLIOPITHECUS* SP. Y LA PRESENCIA DE SUS RESTOS FOSILES EN TORRENT DE FEBULINES

¿Vivió *Pliopithecus* sp. en la época en la que se formaron los niveles de los alrededores de Terrassa, o sus restos fosilizados en tiempos anteriores fueron transportados hasta ellos durante la deposición de los mismos?

Una contestación razonada a estas cuestiones implica juzgar: 1.º) La posibilidad de la presencia del animal en yacimientos de épocas pre-Vallesiense Superior; y 2.º) La posibilidad de un transporte de los fósiles procedentes de estas capas hasta los estratos de los alrededores de Terrassa.

El conjunto de aportaciones sobre la posición estratigráfica y geográfica de los niveles que contenían a *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines, así como las características especiales morfológicas dentarias y ambientales del Primate, parecen hacer posible su presencia tardía en las faunas vallesienses catalanas y, por tanto, probable la pertenencia del ejemplar fósil a las capas de las que fue extraído.

Los yacimientos a considerar como representantes de faunas del pre-Vallesiense Superior, que pudieran proporcionar los fósiles de Torrent de Febulines, son los conjuntos de Trinchera de Ferrocarril (Sant Quirze del Vallés), del Vindoboniense Superior; Castell de Barberà, del Vindoboniense terminal; Can Ponsic, del Vallesiense Inferior, y Can Llobateres, del Vallesiense Medio.

Todos ellos contienen fósiles suficientes en cantidad de ejemplares y variedad de formas fósiles para poder suponer que reflejan la composición de biotas equilibradas y, por tanto, la presencia o ausencia de restos de *Pliopithecus* entre los fósiles pueden tomarse como significativas, aún teniendo en cuenta que los fósiles de Primates son muy escasos siempre, por lo que su ausencia es menos probatoria que la de otros animales.

1.º La localidad fosilífera de Sant Quirze es la más cercana geográficamente y la más alejada en el tiempo a las de los alrededores de Terrassa. Su conjunto fósil está formado por restos que reflejan una posible fauna acompañante adecuada para un Pliopiteco y sus niveles estratigráficos serían algo más modernos que los de Neudorf y, más y menos, homocronos a los de Trimmelkam o Göriach, que proporcionaron restos de diferentes formas de *Pliopithecus*.

Parece extraño que habiendo restos abundantes de las otras especies no se hubiera encontrado *in situ* un fósil asignable a estos Primates, ya que, aun siendo los Primates siempre escasos, el Vallès es un lugar privilegiado, porque al menos hay tres puntos con Pliopitécidos y varias localidades con Driopitécidos. Parece, pues, aún menos probable que un supuesto fósil de formaciones de este nivel fuera a parar a capas como las de Terrassa.

Es posible que el nicho ecológico, aun siendo en líneas generales bueno, no fuera lo suficientemente explotable para el Pliopiteco. Por otra parte, supuesto que en los niveles de Sant Quirze pudiera haber existido este Antropomorfo, *Pliopithecus* sp. sería demasiado diferente y evolucionado con respecto a sus contemporáneos.

Luego parece poder ser descartada la existencia de un Pliopitécido como el de Torrent de Febulines en niveles de la edad de Trinchera de Ferrocarril en esta región del Vallès.

En el yacimiento de Castell de Barberà se podrían hacer consideraciones parecidas a las de Sant Quirze; Can Sant Feliu tiene muy pocos fósiles para entrar en argumentaciones de detalle, aunque entre aquéllos haya ejemplares de Pliopitécidos y sea de la misma edad que Castell de Barberà. Estas dos localizaciones del Vindoboniense terminal están más cercanas en el tiempo al yacimiento de Torrent de Febulines y geográficamente separadas.

Además, en ellas habría el otro Pliopitécido pequeño aún en estudio (el más pequeño de todos, excepto *Pliopithecus piveteaui* de Savigné, en el Helveciense francés) con algunas particularidades, pero dentro de la línea general de los Pliopitecos más típicos. Sería raro que en la misma época coexistieran dos formas en un mismo yacimiento, o en zonas próximas, ya que supondrían una com-

petencia entre dos especies de hábitat bastante restringido, aún presentando tamaños diferentes. Son los dos casi los extremos de variabilidad de tamaño, ocupando el extremo máximo entre los grandes el de Hungría.

Otra rareza sería que los dos, en mayor grado *Pliopithecus* sp., fueran tan diferentes de sus contemporáneos más típicos.

Si el animal hubiera vivido en épocas más recientes como el Vallesiense Inferior (niveles de Can Ponsic) o el Vallesiense Medio (niveles de Can Llobateres) se explicarían mejor sus especializaciones. Pero es de destacar que las dos localizaciones mencionadas, con conjuntos fósiles abundantes, no hayan proporcionado nunca restos de estos Antropomorfos pequeños, en los que, por otra parte, son frecuentes los hallazgos de Driopitécidos, que no competirían entre ellos, ni se excluirían, ya que podían haber compartido el mismo nicho habitacional, como se demostró en otros yacimientos, por ejemplo, en Castell de Barberà, donde se encontró el Pliopitécido pequeño asociado con *Hispanopithecus*.

2.º Si *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines fuese un fósil procedente de estas capas más antiguas, perteneciente a yacimientos ya conocidos geográficamente, o ya desaparecidos a lo largo del tiempo vallesiense, y depositado en los sedimentos de los alrededores de Terrassa, presentaría rasgos de desgaste, debido al transporte; como las series dentarias de *Pliopithecus* sp. no están rodadas, parece probable que su procedencia, no demasiado lejana en el tiempo, ni en el espacio, sea de terrenos análogos, si no los mismos, de Torrent de Febulines.

Si los yacimientos-origen del fósil del Pliopiteco fueran los representados por las localizaciones citadas anteriormente, la explicación de la presencia del fósil en Torrent de Febulines estaría implicada en la interpretación de la formación de los estratos egarenses, en la posible desaparición de yacimientos incluidos en las mismas capas más antiguas, en la consideración de posibles fósiles intermedios, evolutivamente hablando, o corroborados por otros restos interpuestos en la geografía.

Estos supuestos sugieren que también otros fósiles de N14 cumplieran las mismas hipótesis, pero *Aceratherium* cf. *incisivum* sería bien dife-

rente de sus antecesores vindobonienses o del Vallesiense Medio (Can Llobateres) (SANTAFÉ *et al.*, 1979). Los otros fósiles acompañantes en este nivel «resistirían» bien las mismas argumentaciones que sirvieron para *Pliopithecus* sp., mientras que en N15 no parece haber la necesidad de plantearse la cuestión, ya que *Microstonyx* no sería anterior al Vallesiense Medio.

En resumen, no parece probable, aunque sí sería posible, la presencia de *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines en las faunas representadas por los fósiles de Sant Quirze, Castell de Barberà, Can Ponsic o Can Llobateres; no parece probable, por consiguiente, que el fósil proceda de estos conjuntos del pre-Vallesiense Superior y que llegara a las capas de los alrededores de Terrassa.

Parece, entonces, que habría que admitir, como resultado final de las consideraciones expresadas, que la explicación más probable es que el fósil de Terrassa esté incluido en los niveles que le correspondió vivir, en tiempos más recientes que sus congéneres, y que el yacimiento de los alrededores de Terrassa represente, por ahora, el último reducto geográfico de la historia de los Pliopitécidos europeos.

CONCLUSIONES

Por el hecho de que el análisis de diversos aspectos, tanto de la formación del yacimiento, como de las variables condiciones ambientales del Vallès durante el Vallesiense, así como de las faunas acompañantes y de las consideraciones sobre la posibilidad de que fuese un fósil procedente de niveles más bajos, y dado que *Pliopithecus* sp. de Torrent de Febulines presenta unos caracteres morfológicos especiales, que vivió en condiciones geográficas y temporales bastante diferentes con respecto a los otros Pliopitécidos y que, probablemente, sufrió unos condicionamientos de comportamiento trófico y locomotor, no del todo comparables con sus parientes europeos, se puede clasificar al fósil como un animal con un comportamiento y una morfología particulares, separable de los otros Pliopitécidos y cuyos caracteres morfológicos especiales más característicos son:

1.º El acusado alargamiento de todos los dientes, que responde del estrechamiento absoluto ge-

neral, con una marcada expresión en los índices L/A. Podría tener su explicación en un condicionamiento trófico, ya que el mismo fenómeno se observó en otros fósiles de Macromamíferos del Vallès-Penedès.

2.º P/4 más largo que ancho, al contrario que en los otros; con rasgos muy especiales, algo parecidos a los que presenta el individuo II de *Pliopithecus (Epipliopithecus) vindoboniensis* del Vindoboniense Inferior de Neudorf-Spalte. Es un diente con una parte anterior cortante transversal y un talónido postero interno bien definido; la punta labial es grande y está adelantada; la punta lingual es fuerte, aunque bastante menos que la externa.

3.º Agrandamiento general de P/4, al mismo tiempo que una acusada molarización; el aumento de P/4 se efectuó en valor absoluto, y no es una apreciación comparativa como una función del decrecimiento relativo de P/3; el empujamiento relativo de éste, en algunos casos, es propio de los machos, dado que en ellos los caninos son muy grandes.

La Coruña, septiembre de 1981.

BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, J.: *Roedores miomorfos del Neógeno de Cataluña. Tesis doctoral*, 288 pp., tres láms., Barcelona (1981).
- AGUSTÍ, J., y GIBERT, J.: *Micromamíferos fósiles del Mioceno Superior de Terrassa (Barcelona, España)*. Est. Geol., vol. 35, pp. 493-496, Madrid (1979).
- BONIS, L. de, et MELENTIS, M.: *Les Hominoides du Miocène de Grèce, leur place dans l'histoire biogéographique des Primates*. Ann. Géol. Hellén., tome hors de série, 1979, fasc. I, pp. 177-181, Athènes (1979).
- CHOPPRA, S. R. K., and KAUL, S.: *A new species of Pliopithecus from the Indian Siwaliks*. Journ. Hum. Evol., 8, 475-477, London (1979).

CRUSAFONT-PAIRO, M., y GOLPE-POSSE, J. M.^a: *Estudio de la dentición inferior del Pliopitécido del Vindoboniense terminal de Castell de Barberà (Cuenca del Vallès, España)*. Butll. Inf. Inst. Paleont. Sabadell. Any XIII, n.º 1-2, 1981.

GOLPE-POSSE, J. M.^a: *Presencia del género Microstonyx PILGRIM, 1926, en el Vallesiense superior de Terrassa (Barcelona, Cuenca del Vallès)*, Bol. Inf. Inst. Pal. Sabadell, año X, núms. 1-2, pp. 28-33, Sabadell (1978).

GOLPE-POSSE, J. M.^a: *Paleobiología del Vallesiense de la región de Sabadell*. Bol. Geol. y Min., t. 90, Fasc. V, pp. 432-450, Madrid (1979).

GOLPE-POSSE, J. M.^a: *La genre Microstonyx en Espagne et ses relations avec les autres espèces du même genre dehors d'Espagne. Jubilé scientifique de René Lavocat, Montpellier, 1979. Paleovertebrata*, pp. 213-234, Montpellier (1980).

GOLPE-POSSE, J. M.^a: *Pliopithecus sp. del Vallesiense Medio-Superior de los alrededores de Terrassa (Cuenca del Vallès, España)*. V. Reunión Bienal de la R. S. Española H. N., septiembre 1981, Oviedo.

GOLPE-POSSE, J. M.^a; SANTAFÉ-LLOPIS, J. VTE., y CASANOVAS-CLADELLAS, M.^a L.: *Datos sobre el Vallesiense Medio-Superior de los alrededores de Terrassa*. Tomo homenaje al Dr. SOLÉ-SABARIS: *Acta Geol. Hispánica*, T. 14, pp. 356-361 Barcelona.

KRETZOI, M.: *New Ramapithecines and Pliopithecus from the lower Pliocene of Rudabánya in North-Eastern Hungary*. Nature, vol. 257, 578-581 (1975).

SANTAFÉ-LLOPIS, J. VTE.: *Rinocerótidos fósiles de España*. Tesis doctoral, Barcelona-Sabadell (1978).

SANTAFÉ-LLOPIS, J. VTE.; CALZADA BADÍA, S., y CASANOVAS-CLADELLAS, M.^a L.: *Precisiones a la estratigrafía del Vallesiense terminal de los alrededores de Terrassa (Barcelona)*. Est. Geol., 35, 291-298, Madrid (1979).

SIMONS, E. L., and FLEAGLE, J.: *The history of extinct Gibbon-like Primates; in Gibbon and Siamang* (Ed. Rumbaugh), vol. 2, pp. 121-148, Karger, Basel (1973).

ZAPFE, H.: *The skeleton of Pliopithecus (Epipliopithecus) Vindoboniensis (ZAPFE and HÜRZELER)*. The Amer. Journ. Phys. Anthropol., vol. 16, núm. 4, pp. 441-445 (1958).

ZAPFE, H.: *Die Primatenfunde aus der miozänen Spaltenfüllung von Neudorf an der March (Devinská Nová Ves) Tschlowakai*. Mem. Suiss. Pal., 78, 1-293, Bâle (1960).

ZAPFE, H.: *Fossile Menschenaffen in Wiener Becken*. Natur und Museum, 93 (10), pp. 395-404 (1963).

Recibido: Septiembre de 1981.

Procesos Geológicos y Geoquímicos en la génesis de yacimientos Estanno-Wolframíferos Centro-Ibéricos

Por J. SAAVEDRA (*)

RESUMEN

La vinculación espacial de depósitos de Sn y W con granitoides es un problema complejo sobre el que incide una multitud de factores geológicos y químico-físicos. La movilización del Sn puede realizarse bajo la forma de complejos oxihalogenados o iones estannato (a temperaturas inferiores a 300°C); más raros son los casos en los que en este proceso intervienen los iones sulfoestannatos. Para el W, termodinámicamente, es imposible la existencia de haluros u oxihaluros sencillos en presencia de agua, sílice y álcalis; juegan un gran papel los ácidos wolfrámicos (más solubles en presencia de haluros) y los heteropoliácidos (controlados por el pH), ya que, en medios naturales, es prácticamente imposible la precipitación directa de wolframatos. En general, las inclusiones fluidas en wolframitas indican un medio potásico, que se evidencia como sódico en casiteritas.

Los granitos autóctonos o parautóctonos suelen carecer de indicios de Sn y de depósitos importantes de Sn; es cuando aparecen plutones alóctonos, de emplazamiento más superficial, cuando se dan mineralizaciones, tal y como se observa en muchas localidades. Son las micas los minerales esenciales portadores de ambos elementos, aunque los feldespatos juegan un papel accesorio y ocasional. El Sn se extrae fácilmente de las biotitas de los granitos epizonales (por tratamiento ácido en laboratorio), pero no de las moscovitas, mientras que el W se presenta como inclusiones de wolframita en moscovitas ricas en W (las biotitas asociadas son más pobres), lo que se corresponde con los datos geoquímicos sobre plutones de la región.

Hay depósitos de estos minerales en la Península en los que resulta evidente que el magma granítico ha sido la fuente metalífera, a través de procesos complejos evidenciados por la secuencia mineralógica. Pero existen otras posibilidades, tales como el aporte profundo de Sn y W (cuestión sin investigar en el Hercínico ibérico, aunque bien conocida y no resuelta en ciertas localidades), acumulación por cristalización fraccionada, removilización de pre-concentraciones de origen volcánico y actuación del plutón como foco térmico que conduce a una convección fluida, lixiviación de elementos del encajante y depósitos en zonas favorables. Todos estos tipos de mineralizaciones son, en potencia, posibles, y algunos de ellos se han citado como probables, en fecha reciente, dentro del área peninsular.

ABSTRACT

The relationship, in space, between Sn-W ore deposits and granitoids is a complex problem, with overlapping of many geologic and chimico-physical features. The Sn migration is feasible as oxyhalogen complexes or stannate ions for a temperature less than 300°C; the mobilization by sulfostannate ions is rarer. Of a thermodynamic point of view, it is unlikely the existence of its halogen or oxyhalogen W-compounds with water, silica, Na⁺ and K⁺; the tungstic acids (more soluble in halogen salts presence) and heteropolyacids (controlled by the pH) role is very important because, in natural ambience, is practically impossible the wolframates direct precipitation. In general, the fluid inclusions in wolframite point out a potassic environment, while for cassiterite was a sodic character for the Sn-bearing solution.

The autoctonous (or parautoctonous) granites, generally, lack of Sn showings and important W-deposits; the main number of mineralizations appear if the plutons are aloctonous, with emplacement more superficial, phenomena very clear in many localities. The micas are the essential minerals carrying both elements, although the feldspars play an incidental role. The Sn extraction from epizonal granites biotite is easy (in laboratory) and difficult from muscovites, while the W appears as wolframite inclusions in W-rich muscovites (the associated biotites are poorer).

There are deposits of Sn-W minerals, in the Peninsula, where is evidenced that the granitic magma was the metalliferous source, by complex processes, reflected by the mineralogical paragenesis, but other possibilities exist, as deeper source for Sn and W (point without researchs in Iberia, although well known in some localities abroad), fractional crystallization, little deposits reconcentration of volcanic origin, and effect of the plutons as themic focus that causes fluid convection and mineralizations with the extracted wall-rock elements. All these ore deposits types are possibles, and some have been recently refered in the Peninsula area.

(*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Apartado 257, Salamanca.

INTRODUCCION

Recientemente, el autor ha publicado una síntesis sobre los factores más generales que influyen en la aparición de depósitos e indicios estanno-wolframíferos, basada en experiencias obtenidas por investigadores en distintas partes del mundo y susceptibles, en principio, de ser aplicadas en la Península Ibérica (algunos resultados sobre localidades concretas se publicaron con anterioridad); tales rasgos son: profundidad de emplazamiento, quimismo, estructura cristalina de los minerales graníticos principales capaces de retener cantidades de los elementos de la mineralización, origen del magma granítico, riqueza en volátiles, posibilidades alternativas de los plutones como meros canales de las mineralizaciones o como fuente de las mismas, procesos en el transporte de Sn y W, concentraciones por cristalización fraccionada, influencia de la edad y papel del magma básico en yacimientos de este tipo (SAAVEDRA, en prensa).

Con este trabajo se pretende abordar la problemática de procesos más específicos y con vinculación no siempre muy clara al plutonismo ácido, por supuesto con adaptaciones a los depósitos ibéricos.

No es fácil encontrar criterios completamente generales sobre los granitos mineralizados. Así se han citado plutones estanníferos australianos con contenidos inferiores a 10 ppm de Sn (en torno a 5 ppm o menos), SHERATON y BLACK (1973), mientras que en otras localidades de este país se establece un límite inferior de 15-30 ppm para plutones fértiles (JUNIPER y KLEEMAN, 1979). Tampoco tienen validez universal los parámetros químicos como índices de especialización; en el dominio de granitos mineralizados del diagrama de KOHLER y RAAZ (1951) se incluyen, en verdad, plutones estanno-wolframíferos (SATTRAN y KLOMINSKY, 1970; HESP y RIGBY, 1974), pero, al aplicarlos, p. ej., a leucogranitos centro-ibéricos, también ocupan el mismo lugar granitos estériles procedentes de la secuencia evolutiva banal granodiorita-granito. Lo mismo puede decirse si se consideran elementos mayores y en trazas, como ocurre con la clasificación de TISCHENDORF (1978), de valor local y limitado. Son indispensables otros criterios geológicos que tengan en cuenta el medio y los procesos mineralógicos asociados, incluso en zonas con abundante informa-

ción preliminar. Es ilustrativo el caso del W de los Alpes austriacos, descubierto gracias a la investigación geológica suscitada por las ideas de MAUCHER (1965), en Felbertal (HOLL, 1969) y otras localidades; una exploración rutinaria clásica hubiera conducido a resultados muy diferentes. Dentro del área peninsular hay una variedad de depósitos suficiente para que exista un amplio abanico de posibilidades genéticas.

TRANSPORTE Y DEPOSICION DEL Sn

Este problema ya fue tratado, en gran parte, en el trabajo antes aludido (SAAVEDRA, *op. cit.*), con inclusión de relaciones de mecanismos posibles, propuestos por autores en base a estudios de depósitos de diversos lugares, por lo que no se detalla aquí. En breve síntesis, la movilización directa de Sn por F sólo es posible a altas temperaturas (600 a 800° C), mientras que el transporte sí es factible a menos de 300° C como ión estannato. En general, la casiterita puede disolverse en disoluciones acuosas de haluros alcalinos a 460° C y/o transportarse el Sn como hidroxiestannatos (con o sin flúor, que precipitan casiterita al decrecer el pH por reacción con el encajante) o como complejos clorurados, en medio ácido.

Las inclusiones fluidas dan una información directa sobre la composición del medio hidrotermal que transporta al Sn. SUSHCHEVSKAYA y RYZHENKO (1977), a partir de medidas en inclusiones de cuarzos procedentes de áreas estanníferas, concluyen que los componentes esenciales, con concentraciones superiores a 10^{-3} M (en general, del orden de menos de 1-2 g/l, en muy raros casos superior a 5 g/l) son: Na⁺, K⁺, NaCl, KCl, NaF, Cl⁻, F⁻, HCO₃⁻, KHCO₃, NaHCO₃, dependiendo de la temperatura (para H₂CO₃, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ y, sobre todo, F⁻, ión con el que la relación directa es regular), cuyo aumento, a más de unos 300° C, tiende a favorecer la existencia de complejos; el pH, próximo a la neutralidad, se hace más ácido a temperaturas inferiores. Según DURISOVA et al. (1979), las inclusiones fluidas en cuarzo, topacio y casiterita de yacimientos estanno-wolframíferos de Krupka y Cínovec (Checoslovaquia) señalan que los primeros fluidos (únicos englobados en las inclusiones de la casiterita), con algún CO₂, baja relación K/Na (en torno a 1:10), presión inferior a 0,8 Kb, de poca salinidad (2-3 %) y alta tem-

peratura (del orden de unos 400° C o superiores), transportan al elemento, depositándolo como casiterita, entre 300 y 500° C, por desmezcla de tales fluidos y generación de disoluciones concentradas, como consecuencia de un descenso brusco de presión. En resumen, todo ello de acuerdo con los mecanismos de movilización aludidos.

Existe otra forma de transporte, cuantitativamente más reducida que la anterior, que es, con seguridad, común en ciertos yacimientos, aunque muy subordinada en el área hercínica europea. Es a través de complejos sulfurados de los tipos SnS₄⁴⁻ o SnS₆⁶⁻, que dan lugar a los minerales más escasos tipo estannina y canfieldita, frecuentes en algunos depósitos.

TRANSPORTE Y DEPOSICION DEL W

El comportamiento químico del W es notoriamente complicado, por lo que se han discutido con amplitud los mecanismos posibles de génesis de sus mineralizaciones de origen endógeno; desde luego, su gran capacidad para formar numerosos complejos se ha considerado como un hecho decisivo a este respecto.

Las ideas clásicas de que éste y otros elementos derivan de un magma (sea cual sea el origen de tal magma), capaz de dar lugar, por enfriamiento, a una masa volátil que los contiene y que, por descenso de presión y temperatura e interacción con el encajante, precipitan wolframita, scheelita y otros, son notorias simplificaciones (véase más adelante), pero contienen implicaciones bien probadas en el laboratorio.

Una hipótesis antigua, muy atractiva en su tiempo, se basa en la alta volatilidad de los haluros de W, Sn, etc., por lo que se admitía este hecho como el fundamento del transporte de los citados elementos. Sin embargo, numerosas observaciones, geológicas y de laboratorio, desacreditan dicha primitiva suposición (como, por ejemplo, señala STEMPROK, 1963), pese a que es común que las mineralizaciones de W contengan F o Cl. IVANOVA (1966) demostró que los datos termodinámicos obtenidos de un medio natural simulado indican que los compuestos halogenados u oxihalogenados de W (WF₆, WCl₆, WOCl₄, WO₂Cl₂), en presencia de sílice, álcalis (Na, K) y exceso de agua, eran inestables, apareciendo siempre el ácido wolfrámico

o su anhídrido. No puede, pues, admitirse que el Cl o F sean los agentes del transporte para el W.

HOLLAND (1972) encontró experimentalmente que las disoluciones acuosas en equilibrio con fundidos graníticos concentran Zn y Mn, según un coeficiente de partición proporcional a la concentración de Cl⁻ al cuadrado, de manera independiente respecto a la temperatura, sugiriendo que esto podría extenderse a otros elementos (para el Sn la proporcionalidad sería respecto a (Cl⁻)⁴, etc.). FOSTER et al (1978) afirman que, en efecto, el W pasa a la fase fluida clorurada coexistente con fundidos de composición próxima al mínimo granítico (Ab₃₀Or₃₀Q₄₀), pero la presencia de anortita (fundidos tipo adamellita) hace que el elemento quede retenido en la fase fundida; sólo se incorporará a los fluidos por posterior lixiviación, mediante el paso de disoluciones acuosas a través del material ya en consolidación. En cualquier caso, parece haber pocas dudas de la capacidad de retención del W por parte de fluidos endógenos; el contenido en haluros, especialmente Cl⁻ (que se muestra más activo que el F⁻), juega un papel importante, pero no en calidad de generador de complejos tungstíferos halogenados u oxihalogenados, pues la descomposición hidrolítica es inmediata.

Los iones tungstatos en disolución

En medio acuoso, el quimismo de los diversos iones tungstato es complejo, siendo la acidez un factor condicionante de primer orden. BARABANOV (1971) ha recogido gran información a este respecto y, en consecuencia, indica que en medios netamente alcalinos sólo es estable el ión monowolframato, pero cuando la alcalinidad decrece a un pH entre 8 y 6, comienzan a formarse los hexawolframatos (parawolframatos), que son los únicos estables en el rango de pH 4-6; una acidez mayor, a pH inferior a 4, conduce a la formación de un nuevo parawolframato (disoluciones diluidas) o de un metawolframato (dodecawolframato), en disoluciones concentradas, que nunca contiene más de 12 radicales WO₃ por molécula, con una solubilidad de sus sales diferente a la de los wolframatos sencillos. En medio ácido, la conocida capacidad del W de formar complejos conduce a la aparición de heteropoliácidos con otros elementos (Mo, Be, P, Si, As, B), inestables al aumentar el pH. Resulta evidente el importante papel

que juegan estos compuestos en el transporte y deposición de minerales de wolframio; de ahí la importancia de la asociación paragenética correspondiente, desconocida o mal descrita en muchos yacimientos peninsulares.

Solubilidades de scheelita y wolframita

La presencia de scheelita en una gran variedad de depósitos permite establecer un amplio margen de temperaturas de deposición. No existen muchos datos, pero se puede decir que la solubilidad de este mineral en agua es muy escasa, aumentando en disoluciones halogenadas; FOSTER (1977) la ha calculado, en un medio que refleja condiciones naturales (con y sin cloruros, tamponados con la fase sólida cuarzo-feldespato potásico-moscovita), señalando que si bien la solubilidad de scheelita en medio clorurado es mayor que en agua pura (sobre todo a más de 400° C), la explicación completa es que el W dé lugar a complejos con KCl, puesto que la presencia de HCl aumenta mucho tal solubilidad (tanto el KCl como el HCl están sin disociar a altas temperaturas). En consecuencia, este autor encuentra razonable que la solubilidad de la scheelita sea una función de PHCl, lo que implica una reacción de disolución que conduzca a la presencia de ácido wolfrámico ($\text{CaWO}_4 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{WO}_4$) para fluidos hidrotermales de este tipo; a estas temperaturas elevadas dominan las especies moleculares que, por descenso térmico, dan lugar a las iónicas (wolfratos, para y metawolfratos, según el pH) y, sólo en el caso de que exista una fuerte concentración de sólidos disueltos, a pH mayor de 7, puede esperarse que exista el ión WO_4^{2-} .

Para concentraciones de cloruros alcalinos más altas que las estudiadas por FOSTER (*op. cit.*), la solubilidad de la scheelita es notable y creciente con la temperatura, hecho en el que coinciden muchos autores, lo que posibilita, en teoría, la aparición directa del mineral por enfriamiento. Pero se puede demostrar que esto ocurre también con la wolframita. REYF y BAZHEYEV (1977) señalan que hay depósitos de venas graníticas cuarzo-wolframíferas a partir del enfriamiento de disoluciones cloruradas concentradas (con un 30 % de sales, a 520-335° C, según el estudio de las inclusiones fluidas). No obstante, son raros valores tan elevados en la mayoría de las mineralizaciones y hay pruebas de que existe interacción disolucio-

nes mineralizadoras-encajante, resultando más razonable suponer que intervienen soluciones más diluidas, tablas 1 y 2, reaccionando con las rocas a las que se asocian.

Los trabajos experimentales de BRYZGALIN (1958, 1960) y sus observaciones de depósitos de tipo skarn indican que la scheelita se asocia localmente a plagioclasas menos cálcicas que las dominantes en la roca normal y a fenómenos alcalinos tardíos (uralitización de piroxenos, etc.), siendo más frecuente en las zonas piroxénicas-plagioclásicas que en aquellas en donde aparecen carbonatos en vez de silicoaluminatos cálcicos; la wolframita es muy rara. Todo ello es compatible con la existencia de disoluciones alcalinas, con deposición a pH algo superior a 7; en estas condiciones, la wolframita es inestable, dando lugar a que sólo puedan precipitar óxidos de hierro y/o manganeso, junto con la scheelita, justificándose no que las disoluciones mineralizadoras lleven Ca, Fe y Mn, sino que estos elementos proceden de las inmediaciones del depósito, por reacción con el encajante (sodificación de las plagioclasas en la precipitación de scheelita en medio débilmente alcalino; moscovitización de biotitas en medio ácido en el caso de la wolframita, etc.). Por tanto, resulta más conveniente considerar no sólo la solubilidad de los minerales citados, sino la del ácido wolfrámico, coincidiendo así con las hipótesis expresadas por FOSTER (*op. cit.*) a propósito de la solubilidad de la scheelita y las consideraciones de IVANOVA (*op. cit.*), que lo señala como un producto normal de la hidrólisis de todo halaro que haya podido formarse en la etapa magmática.

La precipitación de la scheelita

El ácido wolfrámico se disuelve en cantidades importantes en disoluciones de cloruros alcalinos. BRYZGALIN (1976) encuentra una dependencia lineal entre la solubilidad de dicho ácido y una función de la concentración en NaCl (o KCl), en escala apropiada, que le sugiere un carácter iónico de la disolución. Aún con más sencillez, la figura 1 muestra claramente las relaciones aproximadamente lineales y paralelas, en coordenadas logarítmicas, entre las solubilidades de H_2WO_4 de BRYZGALIN (*op. cit.*, 1976) y de scheelita (FOSTER, *op. cit.*), mucho menores, para diversas concentraciones de cloruros; así, por ejemplo, a unos

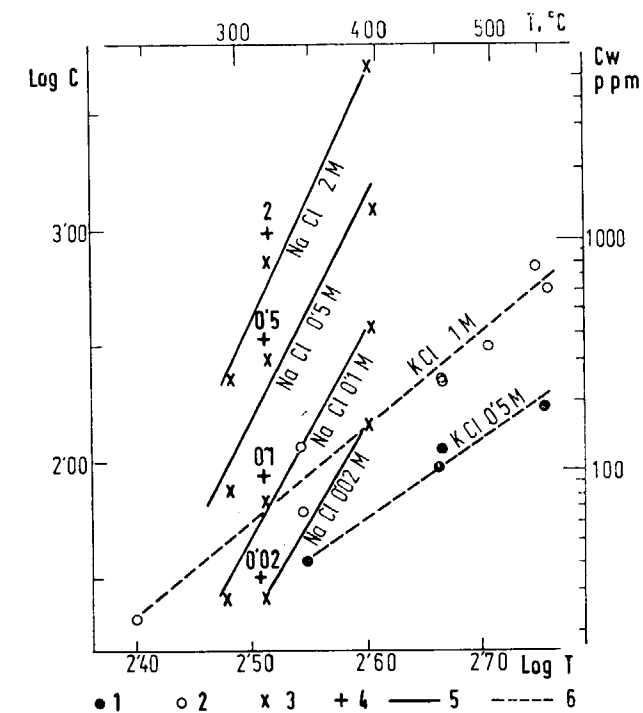


Figura 1.—Solubilidades de scheelita (a P=1Kb, en medio tamponado con cuarzo-feldespato potásico-moscovita) y ácido wolfrámico en disoluciones de cloruros alcalinos, expresadas en ppm de W, de acuerdo con los datos de FOSTER (1977) y BRYZGALIN (1976). Obsérvese que la solubilidad de ambos depende directamente del contenido en sales y varía con regularidad respecto a la temperatura, pero esto se acusa más en el ácido wolfrámico. El KCl 0,5 M. 2: Id., en KCl 1 M. 3: Solubilidades de ácido wolfrámico en disoluciones acuosas de NaCl. 4: Id., en KCl. 5: Dependencia solubilidad-temperatura (escala logarítmica), a distintas concentraciones de cloruro alcalino, para el ácido wolfrámico. 6: Id., para la scheelita.

350° C y una concentración de cloruros 0,5 M, la scheelita es en torno a 20 veces menos soluble que el ácido correspondiente, diferencia que se intensifica a temperaturas más elevadas (pendiente doble). Es, pues, muy poco probable que pueda precipitar el ácido tungstíco, teniendo en cuenta las concentraciones previsibles en medios naturales.

Otros factores pueden tener influencia sobre la deposición de scheelita. De acuerdo con los trabajos de HSU y GALLI (1973) y HSU (1977) es muy raro que el medio sea tan reductor y rico en S que el mineral sea inestable y de lugar a la tungstenita, WS_2 ; en procesos de alta temperatura, pegmatí-

cos, con baja f_{O_2} y/o alta f_{S_2} , la scheelita es bastante pura y se suele asociar a la molibdenita, pero cuando el medio es más oxidante, el mineral contiene cantidades apreciables del componente powellita, siempre que exista Mo en las disoluciones, necesitándose, como regla, una f_{O_2} cinco veces menor para la scheelita pura que para la scheelita con powellita, a igual f_{S_2} .

La precipitación de la wolframita

Ya se indicó que la scheelita precipita en un medio débilmente alcalino, mientras que, en esas condiciones, la wolframita es inestable y precipita sólo a pH menores. BARABANOV (1961, en BARABANOV, *op. cit.*) observa que, en este último mineral, producto de reacciones *in situ* o casi *in situ*, tiene una composición dependiente del encajante, y que FeWO_4 y MnWO_4 cristalizan antes que el cuarzo; los datos experimentales indican que este cuarzo puede aparecer, bajo las presiones y temperaturas del rango geológico correspondiente, en medio alcalino (RUDD y LIAS, 1967) o poco alcalino (HUK, 1962), coincidiendo con los experimentos de O'NIEL, 1950 (en BRYZGALIN, 1958), por lo que la wolframita debe de ser depositada en medio débilmente ácido, casi neutro, ambiente en el que los iones poliwolfrámicos son poco estables y empujan a dominar los wolfratos monómeros.

Los experimentos de GUNDIACH, 1967 (en BARABANOV, *op. cit.*), indican que uno de los heteropoliaácidos, el silico-wolfrámico, estable en presencia de Ca, Fe y Mn a presiones crecientes, temperaturas elevadas y medio ácido, comienza a descomponerse al disminuir la acidez, precipitando primero FeWO_4 (pH 5,9), luego MnWO_4 (pH 6,7) y CaWO_4 (pH 7,3), en último lugar (este valor no es muy distante del rango de pH 6-7, propuesto por RYZHENKO, 1965 (en BARABANOV, *op. cit.*)).

Lo anteriormente citado indica que la composición de la wolframita es función de la cantidad de Fe^{2+} y Mn^{2+} suministrada por las reacciones ácidas con el encajante (un medio rico en estos iones dará wolframitas homogéneas) y, en parte, del pH, por precipitar selectivamente ferberita o hubnerita al bajar la acidez; los experimentos de HSU (1976) llevan a concluir que f_{O_2} y f_{S_2} influyen muy poco sobre su composición y que la temperatura tampoco es el factor dominante.

La composición de las disoluciones hidrotermales deducida del estudio de inclusiones fluidas

Son muy escasos los estudios de inclusiones fluidas en yacimientos de wolframio, pese a que, en fechas recientes, se ha prestado mucha aten-

ción, en dicho campo, a depósitos de otros elementos; desde luego, son los reflejos directos de las condiciones genéticas. Son aún más infrecuentes los datos en mineralizaciones ibéricas, por lo que se precisa recurrir a informaciones de otros lugares y comparar rasgos comunes.

TABLA 1

Referencia	Localidad	Asociación	Mineral	Temperatura °C	Presión Kb	Salinidad eq NaCl %	CO ₂ /H ₂ O (moles)
NAUMOV e IVANOVA (1971)	Spokoynoye	Q-W	Q	278-285	1,65		
LANDIS y RYE, (1974)	Modoto	Q-W-Cass	Q	290-305	1,40		
NORONHA (1974)	Pasto Bueno	Q-W(S)	Q	180-290	1	1,5-17,6	
SHEPHERD et al. (1976)	Borralha	Q-W-Sch(S)	Q	280-350		0,8-13,2	
REY y BAZHEYEV (1977)	Carrock Fell	Q-W(S)	Q	250-300		6,8-9,6	
REY y BAZHEYEV (1977)	Mariktikan	Q-W	Q	520-535		>30	
KELLY y RYE (1979)	Panasqueira	Q-W(S)		260-325		3-10	
CASADEVALL y RYE (1980)	Tungsten Queen	Q-W(S)		240-320			
MILOVSKIY et al. (1978)	Norte de Tadjikistan	Sch-Ad-Sa	Sch	410-230	1,25-1,65	50-60	
		Sch-Q	Sch	470-332			
		Q	Q	475-275			
HIGGINS (1980)	Grey River	Q-W		270-360	<0,35	0-3	
		Q-m		450-490			
		Q-b		390-430			
MOON (1980)	Sandong	Q-Bi-Mu-KF-Sch	Sch	200-380		~5	
		Q-Sch					
		(m, W, S, b)	Sch	200-400	~0,28	>~5	

Datos comparativos de las informaciones obtenidas a partir del estudio de inclusiones fluidas de yacimientos estanno-wolframíferos variados. Q, cuarzo. W, wolframita. Cass, casiterita. S, sulfuros. Sch, scheelita. A, andradita. Sa, sahlita. Bi, biotita. Mu, moscovita. b, bismutinita. Obsérvese el considerable rango de las salinidades y las altas paragénesis sin sulfuros.

En la tabla 1 se indican las condiciones de presión, temperatura, salinidad, etc., de algunos yacimientos wolframíferos de diversas localidades. En general, las salinidades son variables, pero no son frecuentes las muy altas (que deben de contener, como se dijo, formas esencialmente iónicas); por ejemplo, los elevados valores de REY y BAZHEYEV (*op. cit.*) corresponden a muestras de un caso peculiar, un granito rico en cloruros alcalinos que se separaron del fundido silicatado ya a temperaturas elevadas, extrayendo gran parte de los elementos pesados, por un proceso de inmiscibilidad, fenómeno poco común. Las temperaturas oscilan para un mismo mineral, dependiendo del tipo de yacimiento. En general, las paragénesis sin casiterita y/o con sulfuros (pirita, etc.) presentan las salinidades y temperaturas más bajas.

La composición de inclusiones fluidas en scheelita y wolframita es aún poco conocida en la ma-

yoría de los depósitos. Algunos datos más existen para las de los cuarzos de la asociación cuarzo-wolframatos, pero la información es, en todo caso, muy escasa (tabla 2). MILOVSKIY et al (1978) indican que las scheelitas de un área de skarn, presente en dos paragénesis, cristalizaron bajo altas concentraciones salinas (iones wolframato monómeros), a temperatura moderada o alta (tabla 1), más elevada en el caso de la asociación cuarzo-scheelita que andradita-sahlita-scheelita, pero con concentraciones de cloruros alcalinos semejantes. Los datos de IVANOVA et al (1976) son interesantes, puesto que comparan las inclusiones de cuarzos y wolframitas coexistentes en varios yacimientos; en general, las primeras corresponden a disoluciones esencialmente sódicas (rara vez potásicas) con concentraciones aniónicas variables, mientras que en las segundas la cantidad de sodio queda subordinada al potasio y aumentan también los contenidos en calcio, magnesio, bicarbonato y flúor a expensas del cloro y litio, lo que indica un trans-

TABLA 2

Referencia	Localidad	Asociación	Mineral	Composición del fluido % en peso			Composición del fluido, en g/l											
				H ₂ O	KCl	NaCl	Na+	K+	Li+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻				
MILOVSKIY et al. (1978)	Norte de Tadjikistan	Sch-Ad-Sa	Sch	39	32	29												
REY y BAZHEYEV (1977)	Mariktikan	Q-W	Q	39-53	25-39	22-32												
IVANOVA et al. (1976)	Mongolia Exterior	Q-W	Q	30			39,71	13,09	0,13	—	—	1,55	5,80	52,66				
			Q	30			2,45	7,84	0,16	3,10	3,70	—	—	3,94	47,02			
			Q	30			20,90	20,20	0,64	—	0,30	13,30	4,43	71,17				
			Q	30			3,00	0,96	0,05	0,98	0,22	—	1,08	22,55				
			Q	30			15,12	3,11	0,40	—	—	13,83	—	13,53				
		Q-W-To	Q	30			4,12	10,67	0,13	19,14	3,20	3,23	11,91	29,61				
			Q	30			7,06	6,23	—	2,79	0,45	6,85	0,76	28,40				
			Q	30			2,02	1,96	—	2,00	—	2,27	1,01	3,05				
			Q	30			17,43	5,38	0,19	—	—	14,97	—	12,80				
			Q	30			0,26	6,40	0,08	1,69	2,32	—	8,16	28,12				
	Q-W	Q	30			22,54	16,03	—	1,20	—	14,91	18,05	18,91					
		Q	30			2,64	4,45	—	3,73	3,44	11,76	9,76	14,90					
		Q	30			15,81	4,15	0,43	1,63	0,99	9,97	5,94	108,66					
		Q	30			0,83	2,34	0,11	4,47	1,45	—	1,02	22,45					
		Q	30			1,84	0,10	1,50	1,6	—	4,08	4,72	0,61					
	Cinonet	Q-W-Cass	Q	30		23,00	34,22	0,21	28,20	—	—	—	175,07					
			Q	30		8,94	8,23	0,23	2,00	—	—	8,28	3,38	12,88				
			Q	30		1,48	3,34	0,02	5,14	2,23	6,34	2,31	38,34					
	Transbay Kalia	Q-W	Q	30		15,6	2,3	—	6,7	22,0	2,3	27,7						
			Q	30		13,0	9,7	—	—	15,9	8,2	16,2						
	Karakhstan Central	Q-W Venas	Q	30		13,6	5,1	—	—	22,8	1,3	10,1						
			Q	30		8,3	3,8	—	—	1,7	18,7	0,7	7,3					
			Q	30		21,9	—	—	—	—	28,7	—	17,4					
	NORONHA (1974)	Borralha	Q-W-Sch (S)	Q	30													
				Q	30													
Q				30														
Q				30														
							Composición del fluido, en ppm											
							0,987	0,125		0,003	0,003							
							1,093	0,143		0,002	0,003							
							1,034	0,088		0,048	0,005							
							1,755	0,068		—	0,005							

Composición de inclusiones fluidas de depósitos de Sn y W. Mismos símbolos para los minerales que en la tabla 1 (To, topacio). En general, las inclusiones de wolframita son menos sódicas (con predominio del potasio sobre el sodio) que las del cuarzo, soliendo ser más ricas en bicarbonato que en iones haluro, en especial Cl⁻. Obsérvese que la wolframita actúa, sobre todo, como acumuladora de K⁺, Ca²⁺, HCO₃⁻ y, en menor grado, F⁻ y Mg²⁺; el cuarzo es un concentrador de NaCl.

porte diferente: el W se moviliza en un medio de mayor actividad potásica, mientras que el Si debe ir como silicato sódico en un medio rico en Cl⁻. Los datos de NORONHA (1974), para cuarzos de Borralha (Portugal), son análogos, aunque el contenido salino es mucho menor.

En resumen, los escasos valores analíticos obtenidos a partir de las inclusiones fluidas en minerales de yacimientos wolframíferos no cambian las consideraciones señaladas para los fenómenos de transporte y deposición de wolframatos.

Otras formas alternativas de transporte

Lo antes expuesto apoya la idea de que el W se moviliza con facilidad como anión complejo o heteropoliácido con Si; además, es muy frecuente que los yacimientos de wolframato contengan cantidades importantes de As, P, B, etc. Está bien probado que existen heteropoliácidos tales como (en orden de ionización creciente) H₆Be(W₃O₁₀)₄, H₅B(W₃O₁₀)₄, H₄Si(W₃O₁₀)₄, H₃P(W₃O₁₀)₄, H₃As(W₃O₁₀)₄, etc. (BARABANOV, *op. cit.*). Pero, aunque se conoce que se descomponen al aumentar el pH, no se sabe gran cosa sobre el comportamiento

de tales compuestos a presiones y temperaturas de rango geológico (hasta $P = 2-2,5$ Kb y $T = 500-600$ °C), por faltar datos experimentales. En cualquier caso, parece indudable que los citados elementos pueden haber jugado un gran papel en determinados depósitos wolframíferos; esta movilización de W como heteropolíácido ya ha sido postulada por MAUCHER (1976) para depósitos estratiformes.

Una sugerencia interesante, HIGGINS, 1980, considera, a partir de observaciones geológicas, estudio de inclusiones fluidas, etc., que son muchos los casos en los que el CO_2 es un componente importante de fluidos hidrotermales, mientras que las concentraciones en cloruros son débiles (exactamente el caso inverso al aludido por REYF y BAZHEYEV, *op. cit.*) o inexistentes (a título de ejemplo, pueden compararse los valores dados por IVANOVA et al, *op. cit.*); en paralelismo con el hecho conocido de formación de complejos uraníferos carbonatados, HIGGINS (*op. cit.*) indica la posibilidad de transporte de W como complejo con aniones bicarbonato y carbonato, aunque se carece de toda referencia (termodinámica, etc.) sobre estos hipotéticos compuestos.

Finalmente, es sencilla la formación de sulfosales complejas, solubles, que se descomponen con facilidad, pero se carece por completo de estudios teóricos que evalúen este mecanismo y no hay citadas evidencias netas que justifiquen la proposición de un esquema de este tipo.

Sn Y W EN GRANITOS

Son numerosos los datos que, en general, señalan la acumulación de Sn en los granitos de origen cortical respecto a los procedentes de la diferenciación de magmas más básicos; influye el medio geotectónico y la posición respecto a las áreas geosinclinales (LEVASHEV et al, 1971), en contraste con el W que, en ciertas series gabro-graníticas, se concentra en términos básicos (LEVASHEV et al, 1972a). Sin embargo, hay muchas manifestaciones que indican que no basta que un granito disponga de altos contenidos en Sn y/o W para que sea fértil, sino que actúan otros factores, como ya se insistió en ello previamente (SAAVEDRA, *op. cit.*), tales como dispersión de valores (favorable), presencia de volátiles (favorable), grado de autoctonía (desfavorable), etc. SHERATON y BLACK (*op. cit.*)

encontraron que plutones con depósitos de Sn, Pb, Cu y Zn no mostraban variaciones notables en los contenidos de estos elementos, salvo en el caso del Sn.

Así, es muy ilustrativo el estudio de LETNIKOV y LEGEYDO (1973). Estos autores ponen de relieve que la génesis de granitoides por fusión de neises da lugar a dos tipos: uno en el que éstos se asocian a dichos neises, en la facies anfíbolita, y otros de emplazamiento más superficial, que cortan a los materiales afectados por un metamorfismo de la facies esquistos verdes, más alóctonos y con evidencias de autometasmatismo en los términos más evolucionados; pese a que el contenido en Sn en las dioritas de ambos grupos es semejante, los términos más ácidos y evolucionados son diferentes, siendo los granitos de emplazamiento más superficial ricos en indicios de Sn, cosa que no se aprecia en los más profundos. Aunque el W se moviliza bien en la granitización, dando zonas con altos contenidos, es muy raro que se produzcan depósitos de interés (LEVASHEV et al, 1972a), y estos granitos autóctonos o subautóctonos suelen también ser estériles en W. Este caso ha sido puesto de manifiesto por PELLITERO (1980) en el área de Martinamor (Salamanca): los granitos leucocráticos originados por metamorfismo de esquistos, profundos, son especializados en W y, a veces, en parte, en Sn, pero estériles; los granitos discordantes, tardíos, ricos en volátiles y de composición química global próxima están mineralizados.

Hay indicaciones de que, a veces, los feldespatos juegan un cierto papel de interés como acumuladores. LETNIKOV y LEGEYDO (*op. cit.*) apuntan que la presión no afecta mucho al contenido de Sn en feldespatos y que un descenso térmico (de 750° C a 680° C) implica una concentración de este elemento en plagioclasas. LEVASHEV et al (1972a) señalan la tendencia del W a entrar en silicatos aluminicos de granitoides sódicos (cosa que no ocurre en los potásicos), con incremento del orden de 1 ppm de W en plagioclasas por cada 10 % de componente anortítico; sin embargo, indican que dicho elemento se acumula, sobre todo, en silicatos con estructuras en cadenas o capas, no en orto y tectosilicatos ni en óxidos simples. Tal aseveración se confirma con los datos de la tabla 3, procedentes de los valores medios de los miles de rocas analizadas recogidos por LYAKHOVICH (1973), que son una aproximación a los contenidos en Sn, W y elementos que habitualmente les acom-

pañan en minerales graníticos; como puede apreciarse, destaca con fuerza el papel de las micas, principales portadores. Esta es la razón por la que ambos minerales, pero, con preferencia, la biotita, se han estudiado con detalle; el mineral concentra Sn en determinados casos: aumento del aluminio octaédrico (LEVASHEV y MALKOV, 1973), menor profundidad de emplazamiento (LETNIKOV y LEGEYDO, *op. cit.*), etc.

TABLA 3

		Plagio-clasa	Feldes-pato po-tásico	Biotita	Mosco-vita
Li	C, ppm	27,0	19,8	825,3	2.879,8
	Cp	0,6	0,5	20,6	72,0
Rb	C, ppm	—	550,5	1.002,9	2.826,3
	Cp	0,5	2,8	5,0	14,0
Cs	C, ppm	—	—	90,6	518,7
	Cp	2,0	1,4	18,0	104,0
Be	C, ppm	11,7	2,3	4,7	52,8
	Cp	2,1	0,4	0,9	9,6
Sn	C, ppm	6,4	13,0	61,4	330,1
	Cp	2,1	4,3	21,0	110,0
Nb	C, ppm	—	—	140,0	158,9
	Cp	0,3	0,4	7,0	8,0
Ta	C, ppm	—	—	14,6	34,9
	Cp	0,1	0,6	4,0	10,0
W	C, ppm	2,1	2,25	7,2	30,8
	Cp	1,4	1,5	4,8	20,5

Contenidos medios, C (en partes por millón), de Sn, W y elementos comunes asociados en minerales portadores graníticos (esenciales) y coeficientes de acumulación, C_p .

Desde luego, altos contenidos en Sn en biotitas reflejan especialización, lo que no quiere decir que esto sea un criterio suficiente para permitir la existencia de mineralizaciones; como es normal, tiene más valor, a tal respecto, una dispersión de valores que la concentración en sí. Se han propuesto algunos criterios, como la separación de plutones fértiles y estériles en función del Sn en biotitas frente al índice de ferruginosidad, $Fe/(Fe + Mg)$, de las mismas (LEVASHEV et al, 1972b), mayor relación $Fe/(Fe + Mg)$ en biotitas de granitos con indicios (LETNIKOV y LEGEYDO, *op. cit.*), etc. En general, cuando las concentraciones son lo suficientemente altas, el exceso de elemento, que no se incorpora a las redes de los minerales esenciales, da lugar a depósitos potenciales, evidenciados por un enriquecimiento gradual de los elementos en el contacto (LEVASHEV et al, 1971). Esta emigración del Sn se corrobora también porque en los granitoides más ácidos (so-

lamente en éstos), mineralizados las biotitas, son menos estanníferas que en las de los estériles (LEVASHEV et al, 1972b).

Un balance elemental de los contenidos en Sn en los minerales esenciales indica que en los procesos metasomáticos (albitización, moscovitización, etcétera) se mueven cantidades importantes de Sn; es interesante conocer la facilidad con la que se extrae este elemento de sus minerales portadores, en esencia de las micas. Los experimentos de LETNIKOV y LEGEYDO (*op. cit.*) sobre biotitas en autoclaves indican que el Sn se extrae, pero tal extracción es mucho más acusada para las biotitas de granitos emplazados a débil profundidad, esto es, los que presentan indicios. LEVASHEV y MALKOV (*op. cit.*) indican que las moscovitas y biotitas, destruidas con $HF + H_2SO_4 + HCl$, dejan poca casiterita residual y, sin embargo, el ácido clorhídrico extrae con facilidad al Sn en las biotitas (con destrucción de la red cristalina) y poco en las moscovitas; son pruebas de que casi todo el elemento está como sustituyente isomorfo en micas, con fijación más débil en biotitas.

El caso del W en micas es distinto. IL'IN e IVANOVA (1972), con ayuda de análisis con microsonda, encontraron que las biotitas de plutones (granitos de dos micas, moscovíticos y greisens) mineralizados contienen más de 5 ppm de W, mientras que las moscovitas, ricas en inclusiones, son más variables; cuando dichas moscovitas contienen menos de 100 ppm de W, las inclusiones son de ilmenita y, con valores superiores, de wolframita (sea ferberita o hubnerita). Tales resultados sugieren que W, Fe, Mn y Ti pueden coexistir o separarse bajo ciertas condiciones; hay citados óxidos de Ti con fuertes cantidades de W (y otros elementos) en materiales graníticos (GRAHAM y MORRIS, 1973). En resumen, los minerales graníticos esenciales pueden contener cantidades de Sn y W suficientes para dar depósitos de interés, bajo determinados medios geológicos.

PROCESOS DE MINERALIZACIONES GRANITICAS EN Sn Y W

Las consideraciones anteriores sobre distribución y formas de desplazamiento de Sn y W en granitos permiten suponer que ambos elementos, generadores de indicios y depósitos de interés, pueden proceder de los mismos minerales graníticos,

según la dinámica de consolidación y autometasomatismo (BARSUKOV, 1957, 1967); esto se ha comprobado en el yacimiento de mayor producción wolframífera de España (Barruecopardo, Salamanca) por PELLITERO et al (1976b), quienes destacaron el empobrecimiento en W en el granito en torno a la mineralización, en cantidades que se corresponden en un balance entre el W en el área de explotación y el déficit entre el valor medio en el granito regional y en el área de bajos valores (PELLITERO, *op. cit.*). Conviene, pues, conocer el mecanismo que hace posible tales transferencias de materia.

La biotita es un mineral inestable en la mayoría de los procesos autometasomáticos relacionados con mineralizaciones. En áreas con este tipo de alteración, el paso de biotita a moscovita implica acidez creciente y un aumento de las relaciones K/Rb, Al/Li, Al/Fe y Mg/Li, en micas, movilizándose F, Li y otros como complejos, hacia el encajante (SYRITSO et al, 1970). La naturaleza del producto evolutivo final puede indicar el tipo de paragénesis existente (LEVASHEV et al, 1971): los depósitos de cuarzo-casiterita se relacionan con complejos intrusivos que, al final, dan granitos sódicos, mientras que las asociaciones tipo casiterita-sulfuros (o silicatos) aparecen en granitos, en esencia potásicos.

En áreas con asociación de granitos biotíticos (poca o ninguna moscovita), de dos micas, moscovíticos y greisens se tiene una secuencia estudiada localmente por IVANOVA (1969), en yacimientos de W. Los granitos biotíticos y de dos micas tienen contenidos análogos en W, pero los granitos moscovíticos presentan ya una fuerte dispersión, concentrándose el W en la moscovita metasomática (el Sn se concentra, en estos granitos, en la moscovita que reemplaza a la biotita; la casiterita no juega un gran papel). En los greisens, el W se separa como minerales independientes, wolframatos, mientras que el Sn permanece en moscovitas.

Son frecuentes superposiciones de procesos desarrollados a diferente tiempo y acidez. SYRITSO et al (*op. cit.*) aluden al cambio paragenético de procesos que se inician a acidez creciente, pero después existe un incremento de Li (reemplazando a Fe, Mg) y, luego, sustituciones de K por Rb y Al por Li (con descenso de las relaciones K/Rb, Al/Li, Al/Fe y Mg/Li), esto es, alcalinidad creciente; la existencia de una cubierta impermeable hace que

este metasomatismo alcalino tardío enmascare al proceso ácido normal de moscovitización de biotitas antes citado, precipitando sucesivamente el topacio y, después, las micas líticas, alcanzando el máximo de alcalinidad en los procesos post-lepidolíticos de amazonitización y albitización tardías. En muchas localidades estanno-wolframíferas se reconoce que, tras un proceso de acidez creciente, hasta dar lugar a greisen, hay, en efecto, actividades sódicas y potásicas (feldespatos alcalinos) posteriores, ya en medio no ácido.

Un caso complejo e importante es el desarrollo de venas mineralizadas con greisenización del encajante (cuarzo-micáceo y de granitoides de alta o baja basicidad), tal como ha sido estudiado con detalle en varias localidades wolframíferas por BARABANOV (1965). Según este autor, cuando el proceso afecta a granitoides básicos se observan aún pseudomorfo de andesina constituidos por albita y sericita (siempre), fluorita y calcita (frecuentes) y scheelita y apatito (menos veces), transformación de biotita en gilbertita (lítica), pirita, clorita y wolframita, etc.; es frecuente una disolución de feldespato potásico (sin que se moscovitice) y re-deposición posterior. Todos estos procesos se favorecen por la existencia de fracturas y grietas que facilitan la circulación de fluidos y, al incrementarse el volumen de las fisuras, hay un descenso de presión y temperatura en el centro de la cavidad, lo que implica una menor solubilidad del mineral (precipitación); en cambio, lejos del centro, en el encajante, ambos factores son un poco más elevados, disolviéndose algo de mineral. Por tanto, según las condiciones locales, puede haber deposición de un determinado mineral en unos lugares y variar en otros, aunque todo dentro del mismo proceso, no tratándose de facies diferentes. En general, se diferencian las etapas de alteración (albitización, greisenización), recristalización (génesis de los bordes micáceos de las venas y otros fenómenos) y, por fin, ensanche de las venas, aparición de gradientes de concentraciones y génesis de minerales por supersaturación; en esta última fase influye el descenso en materiales gaseosos (por precipitación de productos menos solubles, fluorita, pirita, apatito, etc.) y caída de presión interna, el aumento de concentración de elementos (por aporte de las disoluciones procedentes de la alteración de biotitas, plagioclasas, etc.) y el incremento de volumen de las venas.

Los datos de HEMLEY et al (1980) explican al-

gunos fenómenos normales en procesos autometasomáticos. Las disoluciones hidrotermales ascendentes se enfrían con rapidez y, según los diagramas de dichos autores, hay una sobresaturación en sílice que puede explicar la silicificación en fracturas; esto implica un incremento en acidez (ya que la disociación de los componentes ácidos aumenta al decrecer la temperatura), no muy acusado porque el H⁺ liberado se consume de inmediato para la formación de minerales hidroxilados. Un caso inverso se presenta cuando las aguas meteóricas (que, cada vez más, se demuestra que intervienen activamente; véase más adelante), descendentes, sufren un calentamiento paulatino: desaparece el cuarzo y hay un desarrollo de caolinita, diáspora, etc., dependiendo de las magnitudes de dicho calentamiento y la cantidad de sílice en juego.

GROVES y MCCARTHY (1978) han propuesto un mecanismo de mineralización en áreas en donde no encuentran aplicables las ideas de BARSUKOV (*op. cit.*), basado en la existencia de cuerpos tabulares de granito greisenizado y mineralizado. Según estos autores, la cristalización comienza en el techo (con más rapidez) y en el suelo, quedando los líquidos residuales en capas interiores, y la cristalización continua genera un magma crecientemente saturado en agua; estas bolsadas pueden separarse en parte del cuerpo principal por actividad tectónica y, al alcanzar la saturación, aparecen ya vapores que greisenizan el granito y dan lugar a depósitos (si se han formado fracturas cerca del techo, afectando al encajante, los fluidos pueden emigrar por éstas y lixiviar las rocas del borde; estos volátiles enriquecidos pueden originar alguna mineralización). El yacimiento se debería, pues, a una cristalización fraccionada *in situ*.

SAAVEDRA (*op. cit.*) indica que, aunque no se conoce ningún depósito en la Península explicable por este mecanismo, es posible y probable de que existan, puesto que hay rasgos morfológicos que corresponden a lo indicado por GROVES y MCCARTHY (*op. cit.*), faltando datos analíticos que permitan corroborarlo o rechazarlo; en cualquier caso, puede ser un mecanismo preconcentrador importante.

El batolito del Jálama (Salamanca-Cáceres) ofrece una buena posibilidad de estudio a este respecto, por incluir una variación apreciable de granitoides. Se han aplicado los modelos de distribu-

ción de los trazos Sr, Ba, Rb y Sn según las cristalizaciones perfectas fraccionadas y en equilibrio, tal y como indican MCCARTHY y HASTY (1976), con los mismos coeficientes de partición para Rb, Sr y Ba que adoptan estos autores; en la composición mineralógica media de partida del batolito se han incluido cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y moscovita, con los valores, en ppm, Rb = 358, Ba = 334, Sr = 67 y Sn = 42 (según los datos de SAAVEDRA et al, 1977). El coeficiente de partición correspondiente, en este caso, al Sn ($D_c = 6,7$) se ha obtenido promediando los resultados derivados de los valores incluidos en las publicaciones de LYAKHOVICH (*op. cit.*), SHEREMET et al (1973), LEVASHEV et al (1971) y SAAVEDRA et al (1977). En la figura 2 se observa que hay una correlación apreciable entre los elementos Ba y Rb, con cierto ajuste respecto a las tendencias teóricas citadas, mucho menor en el caso Ba y Sr y prácticamente inexistente entre el Sn con el Sr, Ba y Rb (figs. 3 y 4). Esto indica que si bien elementos como Ba, etc., pueden concentrarse de acuerdo con leyes de diferenciación, tal cosa no es válida para el caso del Sn; actúan otros mecanismos, con probabilidad dentro de los citados anteriormente.

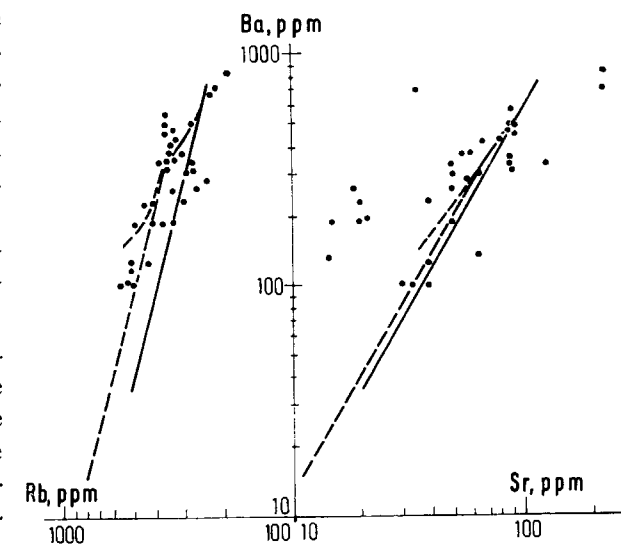


Figura 2.—Relación Ba—Rb y Ba—Sr en coordenadas logarítmicas. Se han indicado las líneas correspondientes a las composiciones del fundido (discontinuas) y sólido en equilibrio con éste (continuas), considerando cristalizaciones perfectas, fraccionada y en equilibrio. La dependencia Ba—Rb indica que las composiciones aparecen hasta que la cristalización fue de un 60 por 100 aproximadamente. Batolito del Jálama (Salamanca-Cáceres).

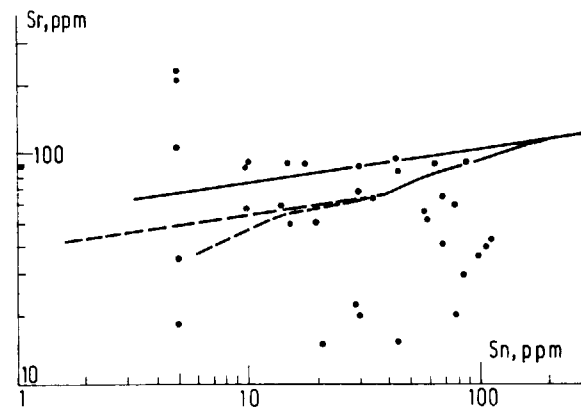


Figura 3.—Distribución de Sn y Sr en las muestras del caso anterior. Obsérvese la fuerte dispersión y la falta de ajuste a los modelos teóricos citados. Mismos significados que en figura 2.

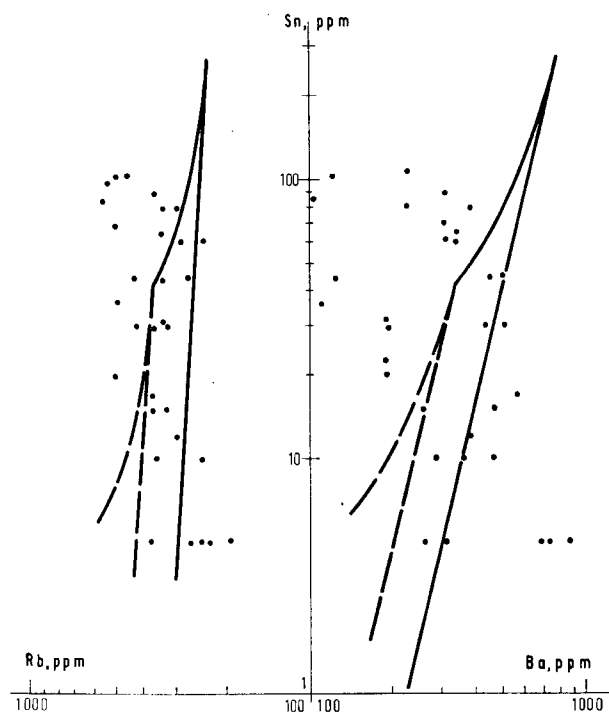


Figura 4.—Distribución Sn con respecto a Rb y Ba. Se aprecia el incumplimiento de las leyes teóricas aludidas en la figura 2. Mismos significados que en ésta.

OTRAS POSIBILIDADES

La existencia de cantidades importantes de Sn y W en ciertas rocas intermedias y básicas, una observación relativamente actual, así como la influencia de la edad geológica en el tipo de yaci-

mientos, son rasgos recientes (en cita), como se indicó con anterioridad (SAAVEDRA, *op. cit.*). Ya RUNDKVIST (en PALAS y SCHARM, 1976) señaló que cuanto menor sea el contenido medio de un elemento en rocas basálticas, más tiempo se requiere para que, mediante procesos cíclicos, de lugar a mineralizaciones. LAZNICKA (1973), en base a informaciones de más de 5.000 minas de todo el mundo, encuentra que la antigüedad de los yacimientos sigue, en promedio, el orden (de más antiguos a más modernos) Cu-Ni-Au-Cu, Zn-Pb, Ag-Sn, W, Sb, Mo-Hg. STOLL (1965) fue el primero en opinar que las mineralizaciones de un elemento dado, relacionadas con un magma, depende de la capa terrestre en la que éste se origina, y el Sn y W pudieron proceder de concentraciones corticales previas, removilizadas con posterioridad en diversos períodos orogénicos, sin descartar que el magma portador primitivo haya sido profundo (STOLL, 1976). BARSUKOV y DMITRIYEV (1977) constatan el alto contenido en Sn de algunos materiales implicados en la dinámica del manto superior y admiten que la superposición de una tectónica rígida sobre un área paleovolcánica conduce a una fusión mantélica con génesis de magma diorítico-monzonítico, asociado en tiempo y espacio con depósitos de sulfuros y casiterita, como comprueban en varias localidades pacíficas soviéticas. La posibilidad de que elementos acompañantes de mineralizaciones de Sn y W (como el F) puedan tener un origen profundo, incluso mantélico, se ha considerado por MITCHELL y GARSON (1972) y MITCHELL y BELL (1973). Todo ello constituye un conjunto de rasgos inéditos que dejan abiertas muchas perspectivas que amplían las teorías más clásicas.

SILLITOE (1974) considera un tipo de mineralizaciones estanníferas, con alguna wolframita, en greisens, distinto al que se presenta en bordes convergentes de placas, esto es, en el interior de las mismas, en relación con pequeños plutones anorogénicos de granitos alcalinos, proponiendo un origen por acción de puntos calientes («hot spots») mantélicos que, desde luego, puede enmascarse por el hecho de que el largo recorrido a través de la corteza continental debe de introducir notables contaminaciones; en todo caso, el fenómeno se relaciona con heterogeneidades geoquímicas en el manto (granitos de este tipo, pérmicos y ricos en dicha clase de volátiles, han sido citados, por vez primera en España, en Extremadura,

por DUPONT, 1978). WATSON (1980) ha puesto de relieve estas dificultades y se ha ayudado de problemas análogos en otros tipos de mineralizaciones, insistiendo en el hecho de que, en la misma localidad, los plutones derivados de anatexia cortical tienen bajas concentraciones de los elementos del depósito, mientras que los plutones que, supuestamente, han recibido fluidos mantélicos canalizados por fracturas profundas son ricos en dichos elementos. Desde luego, la circulación de fluidos (susceptibles de actuar como agentes de transporte) en el manto en la historia geológica, así como la presencia de heterogeneidades químicas, se asevera con los datos de BOETTCHER y O'NEIL (1980), quienes apuntan también la interferencia de fluidos más superficiales con CO₂, Cl, F, etc. BAILEY (1980) atribuye al desprendimiento de tales volátiles del manto un factor positivo para la aparición de magma intracontinental alcalino, con circulación de fluidos desde el manto, lixiviación de elementos en éste, canalización por las grandes fracturas e irrupción en la corteza superior.

Se conocía, de antiguo, la existencia de depósitos estratiformes de W y, modernamente, también de Sn. En muchas ocasiones podía señalarse la situación inminente de plutones graníticos, por lo que se pensaba en un metasomatismo MAUCHER (1965) señaló la presencia de yacimientos wolframíferos europeos relacionados con un vulcanismo de borde continental de edad paleozoica (inferior); PLIMER (1980) señala mineralizaciones de Sn y W de bajo grado, de origen exhalativo submarino, en secuencias con esquistos, rocas calcosilicatadas, cuarzo-turmaliníferas, etcétera, asociadas a vulcanismo máfico en terrenos del Paleozoico Inferior y del Precámbrico en numerosas localidades. SAAVEDRA y PELLITERO (1979 a), en base a observaciones propias y a trabajos de otros autores, indican que las mineralizaciones de scheelita (y casiterita subordinada) de Morille-Martinamor (Salamanca), citadas por PELLITERO et al. (1976 a), tienen rasgos de «proximales» (en el sentido de PLIMER, 1978), esto es, situadas en estrecha proximidad al vulcanismo calcoalcalino de la zona, a «distales», habiéndose producido en un margen continental del Precámbrico Superior y sufrido una cierta concentración desde el comienzo de los procesos diagenéticos hasta el desarrollo del metamorfismo regional (SAAVEDRA y PELLITERO, 1979 b); la comunicación

correspondiente a este último trabajo fue violentamente criticada por G. CORRETGE, aunque los autores no apreciaron argumentos que descalificasen las hipótesis referidas. BRONKHORST y FARINHA (1979) también señalan, en Portugal, la posibilidad de concentraciones debidas al metamorfismo regional, en áreas geológicamente análogas a la aludida, y depósitos semejantes han sido citados por NORONHA (1976) y FERREIRA PINTO (1979) en este país; obviamente, el fenómeno es general en la Península.

En época reciente se han propuesto varios modelos sobre el comportamiento de la fase fluida (ortomagmática y procedente de aguas meteóricas) en torno a cuerpos intrusivos y su incidencia en mineralizaciones, sobre todo de ciertos tipos. WHITNEY (1975, 1977) ha estudiado el movimiento de volátiles al enfriarse magmas de granitoides subsaturados en agua, con generación de vapores en cantidades variables (según la profundidad y grado de consolidación), rodeando al intrusivo, con ascenso y mezcla en tales zonas con agua difundida desde el medio circundante (posibilidad de formación de pipas brechoides); estos fluidos serán ricos en metales, de acuerdo con las consideraciones de HOLLAND (*op. cit.*). HENLEY y McNABB (1978) relacionan estos movimientos de fluidos con la evolución de su salinidad, alteraciones hidrotermales y deposición de elementos (procedentes del magma). Según el modelo de CATHLES (1977), la circulación de fluidos es suficiente para producir una capa de pórfidos cupríferos; como la duración de la actividad citada no alcanza los 20.000 años, se requieren, desde el punto de vista de la aplicación práctica, plutones mayores o zonas con una actividad bastante continua. VILLAS y NORTON (1977) y NORTON (1979) ponen de relieve la importancia de las fracturas en plutones en enfriamiento al explicar estos depósitos, insistiendo en que la composición del magma influye mucho en su número cuantificando también el área de influencia convectiva. NORTON (1978), NORTON et al. (1979), etc., proponen esquemas que admiten como posible el que las rocas encajantes de intrusivos causantes de la convección de fluidos sean fuertes de elementos, movilizadas por el paso de dichos volátiles a través de ellas, aunque subsistan algunos puntos que necesitan aclaración (MCDONALD, 1979). La importancia del flujo térmico como factor generador de depósitos diversos a escala regional, en

este orden de ideas, se ha destacado en amplias zonas de Inglaterra (BROWN et al., 1980).

VILADEVALL et al. (1980) han propuesto un mecanismo de este tipo para explicar el origen de la scheelita de Monleón (Salamanca). El granito regional, típicamente estéril y desprovisto de fenómenos autometasomáticos, puede haber inducido una convección fluida, tal y como se indica en esquema en la figura 5, movilizándose el W del encajante y quedando fijo por reacción con las rocas calcosilicatadas del contacto. En síntesis, esto es un concepto distinto al expresado antes: aquí el plutón no actúa como fuente de los minerales del depósito (contrastando con el área de Barruecopardo), sino que no es más que un foco térmico que causa removilizaciones por flujo de volátiles que lixivian los elementos del medio circundante.

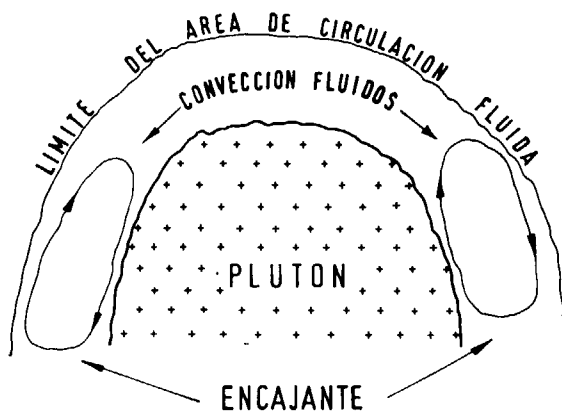


Figura 5.—Esquema simplificado de la convección de fluidos a través de un encajante dotado de cierta porosidad, fenómeno inducido por un plutón granítico en enfriamiento. La mezcla con aguas meteóricas da lugar a procesos complejos, a causa de que las alteraciones mineralógicas son diferentes si el agua se enfría (volátiles procedentes del foco magmático) o se calienta (volátiles descendentes, aguas meteóricas). Los fluidos pueden lixiviar y movilizar elementos, que se depositan en lugares favorables.

CONCLUSION

Las propiedades químicas de los iones Sn^{4+} y W^{6+} indican que se pueden movilizar con facilidad en muchos medios naturales. Los depósitos son susceptibles de asociarse, por tanto, a un variado número de procesos; los elementos correspondientes pueden provenir de la dinámica de consolidación del magma granítico, de niveles

profundos o superficiales, del medio encajante, etcétera. Resulta, pues, imposible establecer una regla general. En ocasiones la evolución plutónica va íntimamente ligada a la mineralización y, entonces, son adecuados, con el complemento de las observaciones mineralógicas, los estudios geoquímicos específicos; se excluyen los generales, del tipo tendencia leucocrática (es decir, menor cantidad en Ca, ferromagnesianos, Ba, etcétera), distribución simple de ciertos elementos en trazas, etc., por ser comunes con la secuencia granítica normal (sean plutones, mineralizados o no). Otras veces este papel es mucho menos importante y predominan otras propiedades asociadas, como las de índole térmica, naturaleza y propiedades (porosidad y otras) del encajante, tectónica en torno a la intrusión, etc. En resumen, el único rasgo general e imprescindible es la presencia de una fase volátil. Aunque la experiencia, aún escasa, obtenida de los yacimientos ibéricos, indica un predominio, cuantitativo, de los casos de depósitos generados por aporte a partir del magma granítico (sea cual sea su origen) hay otras manifestaciones, aún insuficientemente conocidas, pero indudables, que no se ajustan con claridad a este caso.

BIBLIOGRAFIA

- BAILEY, D. K.: *Volcanism, Earth degassing and replenished lithosphere mantle*. Phil. Trans. R. Soc. Lond., A 297, 309-322 (1980).
- BARABANOV, V. F.: *Mineralogy of East Transbaykalian Wolframite deposits*, vol. 1, Leningrad Univ. Press (1961).
- BARABANOV, V. F.: *Nature of greisenization process in wallrock zone and formation of metasomatic concretionary veins of greisen type*. Internat. Geology Rev., 8, 770-782 (1965).
- BARABANOV, V. F.: *Geochemistry of tungsten*. Internat. Geology Rev., 13, 332-344 (1971).
- BARUKOV, V. L.: *The geochemistry of tin*. Geochemistry, 1, 41-52 (1957).
- BARUKOV, V. L.: *Source of the ore substance of tin deposits*. Trans. Inst. Min. Met., 76B, 220 (1967).
- BARUKOV, V. L., and DMITRIYEV, L. V.: *Role of mantle sources of ore material in formation and distribution of certain mineral deposits*. Internat. Geology Rev., 19, 254-264 (1977).
- BOETTCHER, A. L., and O'NEIL, J. R.: *Stable isotope, chemical, and petrographic studies of high — pressure*

- amphiboles and micas: evidence for metasomatism in the mantle source regions of alkali basalts and Kimberlites*. Am. Jour. Sci., 280-A, 594-621 (1980).
- BRONKHORST, D., y FARINHA, J.: *Jazigo tungsténico de Covas*. Publ. Museu Lab. Miner. Geol. Fac. Cien. Porto, 91, 53-62 (1979).
- BROWN, G. C.; CASSIDY, J.; OXBURGH, E. R.; PLANT, J.; SABINE, P. A., and WATSON, J. V.: *Basement heat flow and metalliferous mineralization in England and Wales*. Nature, 288, 657-659 (1980).
- BRYZGALIN, O. V.: *The origin of scheelite in skarn ore deposits*. Geochemistry, 3, 297-304 (1958).
- BRYZGALIN, O. V.: *Chemical character of tungsten-bearing solutions in the skarn ore-forming process*. Geochemistry, 6, 624-629 (1960).
- BRYZGALIN, O. V.: *On the solubility of tungstic acid in aqueous salt solutions at high temperatures*. Geochem. Internat., 13, 155-159 (1976).
- CASADEVALL, T., and RYE, R. O.: *The tungsten Queen deposit, Hamme distric, Vance County, North Carolina: a stable isotope study of a metamorphosed quartz-Huebnerite vein*. Econ. Geol., 523-537 (1980).
- CATHLES, L. M.: *An analysis of the cooling of intrusives by ground-water convection which includes boiling*. Econ. Geol., 72, 804-826 (1977).
- DUPONT, R.: *Sur l'existence d'intrusions subvolcaniques (syenite alcaline et granite à rieberkrite/arfvedsonite-aegyrine) au sud de la province de Badajoz, zone de l'Ossa Morena occidentale (Espagne)*. 6.º Reún. Ann. Sc. Terre, Orsay, 153 (1978).
- DURISOVA, J.; CHAROY, B., and WEISBROD, A.: *Fluid inclusion studies in minerals from tin and tungsten deposits in the Krusné Hory Mountains (Czechoslovakia)*. Bull. Minéral., 102, 665-675 (1979).
- FERREIRA PINTO, A. F.: *Rochas calco-silicatadas portuguesas e mineralizações scheeliticas*. Comunic. Serv. Geol. Portugal, 65, 131-135 (1979).
- FOSTER, R. P.: *Solubility of scheelite in hydrothermal chloride solutions*. Chem. Geol., 20, 27-43 (1977).
- FOSTER, R. P.; MANN, A. G.; ARMIN, T., and BURMEISTER, B. B.: *Richardson's Kop wolframite deposit, Rhodesia: A geochemical model for the hydrothermal behaviour of tungsten*. W. J. Werwoerd, ed.; *Mineralization in metamorphic terranes*. Geol. Soc. S. Africa, Spec. Pub. n.º 4, van Schaik Ltd., Pretoria, 107-128 (1978).
- GRAHAM, J., and MORRIS, R. C.: *Tungsten and antimony substituted rutile*. Min. Mag., 39, 470-473 (1973).
- GROVES, D. I., and MCCARTHY, T. S.: *Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids*. Mineral. Deposita, 13, 11-26 (1978).
- GUNDLANCH, H.: *Transport und Abscheidungsbedingungen von Wolframern aus W Assrigenlösungen*. In Peg-
- matitsche Lagerstätten und ihre Wirtschaftliche Bedeutung, H 19, Clausthal-Zellerfeld (1967).
- HEMLEY, J. J.; MONTOYA, J. W.; MARINENKO, J. W., and LUCE, R. W.: *Equilibria in the system $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$ and some general implications for alteration/mineralization Processes*. Econ. Geol., 75, 210-228 (1980).
- HENLEY, R. W., and McNABB, A.: *Magmatic vapor plumes and ground-water interaction in porphyry copper emplacement*. Econ. Geol., 73, 1-20 (1978).
- HESP, W. R., and RIGBY, D.: *Some geochemical aspects of tin mineralization in the Tasman geosyncline*. Mineral Deposita, 9, 49-60 (1974).
- HIGGINS, N. C.: *Fluid inclusion evidence for the transport of tungsten by carbonate complexes in hydrothermal solutions*. Can. Jour. Earth Sci., 17, 823-830 (1980).
- HOLL, R.: *Scheelitprospektion und Scheelitvorkommen in Bundesland Salzburg, Osterreich*. Chem. Erde, 28, 185-203 (1969).
- HOLLAND, H. D.: *Granites, solutions and base metal deposits*. Econ. Geol., 67, 281-301 (1972).
- HSU, L. C.: *The stability relations of the Wolframite series*. Am. Min., 61, 944-955 (1976).
- HSU, L. C.: *Effects of oxygen and sulfur fugacities on the scheelite-tungstenite and powellite-molybdenite stability relations*. Econ. Geol., 72, 664-670 (1977).
- HSU, L. C., and GALLI, P. E.: *Origin of the scheelite-powellite series of minerals*. Econ. Geol., 68, 681-696 (1973).
- HUK, C.: *A new source for quartz crystals*. Techn. Eng. News, 43 (1962).
- IL'IN, N. P., and IVANOVA, G. F.: *X-ray microanalysis of muscovites from zones with tungsten mineralization*. Geochem. Internat., 9, 186-193 (1972).
- IVANOVA, G. F.: *Thermodynamic evaluation of the possibility of tungsten Transport as halogen compounds*. Geochem. Internat., 3, 964-973 (1966).
- IVANOVA, G. F.: *Conditions of concentration of tungsten during greisenization*. Geochem. Internat., 6, 12-21 (1969).
- IVANOVA, G. F.; KHITAROV, D. N.; LEVKINA, N. I.; MILOVSKIY, G. A., and BANNYKH, L. P.: *Gas-liquid inclusion data on the compositions of tungsten-bearing hydrothermal solutions*. Geochem. Internat., 13, 17-26 (1976).
- JUNIPER, D. N., and KLEEMAN, J. D.: *Geochemical characterization of some tinmineralizing granites of New South Wales*. J. Geochem. Explor., 11, 321-333 (1979).
- KELLY, W. C., and RYE, R. O.: *Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the tin-tungsten deposits of Panasqueira, Portugal*. Econ. Geol., 74, 1721-1822 (1979).
- KÖHLER, A., und RAAZ, F.: *Über eine neue Berechnung und graphische Darstellung von Gesteinsanalysen*. Neues Jahrb. Mineral. Monatsh., 247-263 (1951).

- LANDIS, G. P., and RYE, R. O.: *Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the Pasto Bueno tungsten-base metal ore deposit, Northern Peru*. Econ. Geol., 69, 1025-1059 (1974).
- LAZNICKA, P.: *Development of moniferous metal deposits in geological time*. Can. J. Earth Sci., 10 (1973).
- LETNIKOV, F. A., and LEGEYDO, V. A.: *Tin geochemistry of granitoids in relation to depth of formation*. Geochem. Internat., 10, 1381-1384 (1973).
- LEVASHEV, G. B., and MALKOV, I. I.: *Mode of occurrence of tin in muscovite and biotite*. Dok. Akad. Nauk SSSR, 209, 217-220 (1973).
- LEVASHEV, G. B.; GOVOROV, I. N.; STRIZHKOVA, A. A., and GRECHISHCHEVA, A. P.: *The regional geochemistry of tungsten in Primorye*. Geochem. Internat., 9, 279-296 (1972a).
- LEVASHEV, G. B.; STRIZHKOVA, A. A., and GOLUBEVA, E. D.: *Geochemistry of tin in the granitoids of different tectonic zones of the Maritime Province*. Geochem. Internat., 6, 643-659 (1971).
- LEVASHEV, G. B.; STRIZHKOVA, A. A., and GOLUBEVA, E. D.: *Composition of biotite as a criterion for recognition of stanniferous granitoids and the factors responsible for tin mineralization*. Dok. Akad. Nauk SSSR, 202, 207-210 (1972b).
- LYAKHOVICH, V. V.: *Concentration Characteristics of ore elements in granitoid minerals*. Internat. Geology Rev., 15, 916-923 (1973).
- MAUCHER, A.: *Die Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation und ihre Beziehungen zu Vulkanismus und Geotektonik*. Freib. Forsch. H. C., 186, 174-188 (1965).
- MAUCHER, A.: *The stratabound cinnabar-stibnite-scheelite deposits (discussed with examples from the Mediterranean region)*. En: Wolf, KH (ed.): *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits*, Elsevier, vol. 10, 477-503 (1976).
- MCCARTHY, T. S., and HASTY, R. A.: *Trace element distribution patterns and their relationship to the crystallization of granitic melts*. Geochim. Cosmochim. Acta, 40, 1351-1358 (1976).
- MCDONALD, J. A.: *Sourcelimes, source regions, and pathlines for fluids in hydrothermal systems related to cooling plutons-A discussion*. Econ. Geol., 74, 1511-1531 (1979).
- MILOVSKIY, G. A.; ZLENKO, B. F., and GUBANOV, A. M.: *Conditions of formation of scheelite ores in the Chorukh-Dayron mineralized area (as revealed by a study of gas-lignid inclusions)*. Geochem. Internat., 15, 45-52 (1978).
- MITCHELL, A. H., and BELL, J. D.: *Island-arc evolution and related mineral deposits*. J. Geol., 81, 381-405 (1973).
- MILCHELL, A. H., and GARSON, M. S.: *Relationship of porphyry copper and circum-Pacific tin deposits to palaeo-Benioff zones*. Inst. Mining and Metallurgy Trans., ser. B., 81, B10-B25 (1972).
- MOON, K. J.: *Genesis of the Sangdong scheelite deposit, Korea*. 26.º Cong. Geol. Internat., Paris, vol. 3, 971 (1980).
- NAUMOV, V. B., and IVANOVA, G. F.: *The pressure and temperature conditions for formation of wolframite deposits*. Geochem. Internat., 8, 381-394 (1971).
- NORONHA, F.: *Etude des inclusions fluides dans les quartz des filons du gisement de tungstene de Borralha (Nord du Portugal)*. Pub. Museu Lab. Miner. Geol. Fac. Ciên. Porto, 85, 7-32 (1974).
- NORONHA, F.: *Niveaux à scheelite dans la zone tungstifère de Borralha. Leur importance métallogénique*. Pub. Museu Lab. Miner. Geol. Fac. Ciên. Porto, 87, 7-15 (1976).
- NORTON, D.: *Sourcelines, source regions and pathlines for fluids in hydrothermal systems related to cooling plutons*. Econ. Geol., 73, 21-28 (1978).
- NORTON, D.: *Transport phenomena in hydrothermal systems: the redistribution of chemical components around cooling magmas*. Bull. Minéral., 102, 471-486 (1979).
- NORTON, D.; KNAPP, R. B., and VILLAS, R. N. V.: *Source lines, source regions, and pathlines for fluids in hydrothermal systems related to cooling plutons-A reply*. Econ. Geol., 74, 1513-1517 (1979).
- O'NIEL, T. F. S.: *Collected Papers: Physico-Chemical problems in Mineralogy and Petrography* (1950).
- PALAS, M., and SCHARM, B.: *Some theoretical questions concerning the contemporaneous geology of mineral deposits*. The current metallogenic problem of Central Europe, J. Fedak (ed.), Geological Institute (Varsovia), 13-27 (1976).
- PELLITERO, E.: *Caracteres petrogenéticos y metalogénicos de los yacimientos de wolframio de la provincia de Salamanca*. Tesis Doct., Univ. de Salamanca (1980).
- PELLITERO, E.; ARRIBAS, A., y SAAVEDRA, J.: *Geología de áreas mineralizadas en la antiforra de Vecinos-Martinamor (Salamanca, España)*. Tecniterrae, 10, 1-8 (1976a).
- PELLITERO, E.; SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., y ARRIBAS, A.: *Geoquímica del W en el área circundante al yacimiento de scheelita de Barruecopardo (Salamanca)*. Acta Geol. Hisp., 11, 133-136 (1976b).
- PLIMER, I. R.: *Proximal and distal stratabound ore deposits*. Mineral. Deposita, 13, 345-353 (1978).
- PLIMER, I. R.: *Eschalative Sn and W deposits Associated with mafic volcanism as precursors to Sn and W deposits associated with granites*. Mineral. Deposita, 15, 275-289 (1980).
- REYF, F. G., and BAZHEYEV, Y. D.: *Magmatogenic chloride solutions and tungsten mineralizations*. Geochem. Internat., 14, 45-51 (1977).
- RUDD, D. W., and LIAS, N. S.: *Recent advances in synthetic quartz production*. Chem. Eng. Progr. Sympos. Ser., 63 (1967).

- RYZHENKO, B. N.: *Ionic equilibria under hydrothermal conditions*. En: Geochemical investigations in the field of elevated pressures and temperatures. Nauka Press, Moscú (1965).
- SAAVEDRA, J.: *Algunos criterios sobre el potencial metalogénico en estaño y wolframio aplicables a granitos del centro oeste de España* (en prensa).
- SAAVEDRA, J., et PELLITERO, E.: *Le paléonvirement et la concentration en certains éléments dans niveaux du socle ante-mesozoïque du centre de la Peninsule Iberique*. 7.º Réun. Ann. Sc. Terre, Lyon, 418 (1979a).
- SAAVEDRA, J., y PELLITERO, E.: *Concentraciones elementales en niveles premesozoicos de áreas de la provincia de Salamanca; ensayo sobre la naturaleza de los procesos geológicos implicados en su génesis*. I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero, Salamanca (1979b).
- SAAVEDRA, J.; PELLITERO, E.; GARCÍA SÁNCHEZ, A., y MADRUGA, F.: *Estudio del granito mineralizado del Jálama, Salamanca-Cáceres, España*. Bol. Geol. Min., 88, 61-72 (1977).
- SATTRAN, V., and KLOMINSKY, J.: *Petrometallogenic series of igneous rocks and endogenous ore deposits in the Czechoslovak part of the Bohemian Massif*. J. of Geol. Sci., Econ. Geol. (Praga), 12, 65-154 (1970).
- SHEPHERD, T. J.; BECKINSALE, R. D.; RUNDLE, C. C., and DURHAM, J.: *Genesis of Carrock Fell tungsten deposits, Cumbria: Fluid inclusion and isotopic study*. Sec. B. Inst. Mining Metallurgy, Tram., 85, B-63 and B-77 (1976).
- SHERATON, J. W., and BLACK, L. P.: *Geochemistry of mineralized granitic rocks of Northeast Queensland*. J. Geochem. Explor., 2, 331-348 (1973).
- SHEREMET, Y. M.; GORMASHEVA, G. S., and LEGEYDO, V. A.: *Geochemical criteria for the productivity of potential ore-bearing granitoids in the Gudzhir intrusive complex in West Transbaykalia*. Geochem. Internat., 10, 1125-1135 (1973).
- SILLITOE, R. H.: *Tin mineralisation above mantle hot spots*. Nature, 248, 497-499 (1974).
- STEMPROK, M.: *The distinguishino of a pneumatolytical phase in the classification of postmagmatic processes*. Sbor. Geol. Ved., rada LG. (Laz., geol.) sv. 1, 107-142 (1963).
- STOLL, W. C.: *Metallogenic provinces of magmatic parentage*. Mining Ma., 112, 312-323 y 394-405 (1965).
- STOLL, W. C.: *Provincias metalogénicas en Argentina, Bolivia y Chile: aspectos de una teoría evolutiva de la metalogenia*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 74, 171-189 (1976).
- SUSHCHEVSKAYA, T. M., and RYZHENKO, B. N.: *Calculation of the composition of tinbearing hydrothermal solutions*. Geochem. Internat., 14, 88-91 (1977).
- SYRITSO, L. F.; ZELASHKOVA, N. Y.; ZORINA, M. L., and SOKOLOVA, Y. P.: *Micas in metasomatically altered granites of the acid series*. Internat. Geology Rev., 13, 717-729 (1970).
- TISCHENDORF, G.: *Criterio for distinguishing normal granites from metallogenetically specialized ones*. Stv. Geol., 14, 145-148 (1978).
- VILADEVALL, M.; SAAVEDRA, J., y PELLITERO, E.: *Scheelita en el contacto granítico Monleón-Los Santos (Salamanca): Consideraciones genéticas*. Tecniterrae, 37, 29-33 (1980).
- VILLAS, R. N., and NORTON, D.: *Irreversible mass transfer between circulating hydrothermal fluids and the Mayflower stock*. Econ. Geol., 72, 1471-1504 (1977).
- WATSON, J. V.: *Metallogenesis in relation to mantle heterogeneity*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 297, 347-352 (1980).
- WHITNEY, J. A.: *Vapor generation in a quartz monzonite magma: A synthetic model with application to porphyry copper deposits*. Econ. Geol., 70, 346-358 (1975).
- WHITNEY, J. A.: *A synthetic model for vapor generation in tonalite magmas and its economic ramifications*. Econ. Geol., 72, 686-690 (1977).

Recibido: mayo, 1981

MINERIA

Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de hierro y plomo-zinc-fluorita de origen sedimentario encajadas en rocas triásicas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride del sector central de la Cordillera Bética

Por J. M. MARTIN (*) y J. TORRES-RUIZ (**)

RESUMEN

En este trabajo se delimitan y comparan las principales mineralizaciones de Fe y de Pb-Zn-fluorita, de origen sedimentario y/o diagenético temprano que aparecen en las coberteras de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride (Zonas Internas), en el sector central de la Cordillera Bética.

La sucesión estratigráfica de ambos complejos comprende un zócalo prealpino, de edad Paleozoica, y una cobertera Mesozoica. Dentro de esta última se distinguen, a su vez, dos formaciones o conjuntos. Una inferior metapelítica, de carácter continental, cuya edad se presume es Pérmico-Triás Inferior, y otra superior carbonatada, esencialmente marina, del Triás Medio-Superior. En el Complejo Alpujárride existen también materiales carbonatados de edad Jurásica. Las mineralizaciones de Fe, representadas en ambos complejos, se sitúan mayoritariamente en la parte basal de la formación superior. Las de Pb-Zn-fluorita, representadas sólo en el Complejo Alpujárride, lo están dentro de la formación carbonatada superior.

En las mineralizaciones de Fe se diferencian dos tipos básicos: a) una mineralización de hematites especular-magnetita, y b) otra de hematites-goetita, esta última resultado de la transformación supergénica de mármoles sideríticos y que es, a su vez, la más importante. Ambas presentan características que evidencian un primitivo origen de carácter sedimentario-diagenético temprano, por depósito directo de los minerales primarios de hierro en «cuencas» restringidas («lagoons»), o por reemplazamiento sinsedimentario de los carbonatos previamente depositados en dichas «cuencas».

Las mineralizaciones de Pb-Zn-fluorita, situadas al techo del Triás Medio y en la base del Triás Superior, están íntimamente asociadas a calizas, y dolomías estratiformes, formadas también en ambientes sedimentarios marinos muy restringidos («lagoons»). En ellas los tipos básicos más importantes son los siguientes: a) mineralizaciones de esfalerita situadas en el seno de los cuerpos dolomíticos estratiformes; b) mineralizaciones de fluorita-galena (Pb) localizadas en el borde de los cuerpos dolomíticos; c) mineralizaciones de galena (Pb)-(Zn) localizadas en el borde de los cuerpos dolomíticos; y d) lentejones de fluorita en calizas tableadas. La estrecha relación de ciertos tipos a las dolomías estratiformes, que se supone se formaron en la diagénesis temprana por mecanismos de reflujo, hace pensar que dolomitización y mineralización son procesos sincrónicos, y que llevan aparejados unos condicionantes físico-químicos similares.

En cuanto al origen del hierro se piensa proviene de la lixiviación y lavado de las áreas continentales marginales a estas cuencas, situadas, por aquel entonces, en la zona ecuatorial. Para el F-Pb-Zn se acepta, como más probable, un origen último en relación con una actividad magmática y tectónica, que aconteció al techo del Triás Medio - base del Triás Superior, y que los liberó en la cuenca. Una vez introducidos dichos elementos en ella fueron, a su vez, concentrados y depositados en subambientes sedimentarios de tipo «lagoon».

ABSTRACT

The main Fe and Pb-Zn-fluorite mineralizations, of sedimentary or early diagenetic origin, that occur in the Covers of the Nevado-Filábride and Alpujárride Complexes (Internal Zones) in the central part of the Betic Cordillera, are delimited and compared in this paper.

The stratigraphy of both complexes comprises a pre-Alpine basement of Paleozoic age, and a Mesozoic cover inside of which two formations are distinguished. A metapelitic formation of continental character and

(*) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, y Departamento de Investigaciones Geológicas, C. S. I. C., Universidad de Granada.

(**) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, y Departamento de Investigaciones Geológicas, C. S. I. C., Universidad de Granada.

¿Permian-Lower-Triassic? age, and a carbonate formation, essentially marine, of Middle-Upper-Triassic age. There also exist carbonate materials of Jurassic age in the Alpujárride Complex. The iron mineralizations, which are represented in both complexes, are mainly placed in the lowermost part of the upper formation. The lead-zinc-fluorite mineralizations, which are only represented in the Alpujárride Complex, are placed inside the upper carbonate formation.

Two basic types of Fe mineralizations are differentiated: a) an specularite-magnetite mineralization, and b) an hematite-goethite mineralization. This last one, which is the result of the supergenic transformation of siderite marbles, is the most important. Both show characteristics of a former sedimentary or early diagenetic origin, as a result of the direct precipitation of the primary iron minerals in restricted «basins» of lagoonal type, or by syndimentary replacement of the previously deposited carbonates of those «basins».

The Pb-Zn-fluorite mineralizations, placed at the boundary Middle-Upper Triassic, are closely related to limestones and stratiform dolomites, that were also formed in very restricted coastal marine sedimentary environments (lagoons). In these mineralizations the most important basic types are the following: a) sphalerite (Zn) mineralizations located inside the dolomite bodies; b) fluorite-galena (Pb) mineralizations located at the edges of the dolomite bodies; c) galena (Pb)-(and Zn) mineralizations located at the edges of the dolomite bodies too, and d) lenticular-shape fluorite mineralizations placed in between thinly-bedded limestones. The close relationships of some types to the stratiform dolomites, which are thought to have been formed in early diagenesis by seepage refluxion mechanisms, leads to the point of considering the possibility that both processes, dolomitization and mineralization, acted together and were conditioned by similar physical-chemical controls.

The iron is thought to come from the leaching of the marginal continental areas situated, at that time, in the ecuatorial zone. The F-Pb-Zn are thought to have been released into the «basin» by volcanic or hydrothermal activity, during Uppermost Ladinian-Lowermost Carnian times. Later on, they were, in turn, concentrated and deposited in sedimentary subenvironments of lagoonal type.

INTRODUCCION

Los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride son los dos complejos tectónicamente más inferiores de los que constituyen la Zona Bética s. str.

Durante la orogenia alpina, tanto el Complejo Nevado-Filábride como el Alpujárride se han visto envueltos en una complicada evolución tectónica y metamórfica, esta última producida por la subducción de la placa litosférica europea bajo la placa africana (PUGA y DÍAZ DE FEDERICO, 1976, y TORRES ROLDÁN, 1979).

Actualmente, ambos complejos están constituidos por una serie de unidades tectónicas superpuestas que han sido diferenciadas fundamentalmente a partir de consideraciones estratigráficas y metamórficas.

En el conjunto de rocas que constituyen estos complejos se pueden distinguir claramente dos grupos de materiales: materiales integrantes de un zócalo Bético pre-alpino de edad atribuible al Paleozoico, y materiales de una cobertera Mesozoica. En el Complejo Alpujárride esta cobertera Mesozoica está constituida por unas potentes formaciones Permo-Triásicas a las que, localmente, se superponen unas delgadas secuencias Jurásicas. En el Complejo Nevado-Filábride a los materiales de cobertera se les atribuye una edad Permo-Triásica.

En las secuencias de cobertera de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride existen abundantes afloramientos de mineralizaciones de Fe y de Pb-Zn-fluorita de origen sedimentario y/o diagenético temprano (1), que desde muy antiguo, junto con el Cu, han constituido la minería básica de estos dominios. La repartición de estos tipos de mineralizaciones en cada uno de los Complejos estructurales en el sector central de la Cordillera Bética es muy desigual ya que, mientras que las mineralizaciones de Fe están ampliamente representadas tanto en el Complejo Nevado-Filábride como en el Alpujárride, las mineralizaciones de Pb-Zn-fluorita están restringidas al Complejo Alpujárride (fig. 1).

En este trabajo se pretenden esbozar a grandes rasgos, y a partir de estudios y observaciones realizadas por los autores en las áreas mineralizadas y de los datos bibliográficos existentes al respecto, las principales características de estas mineralizaciones, así como efectuar una serie de consideraciones sobre su contexto paleogeográfico, haciendo hincapié en las implicaciones que de ello se deriven.

(1) El término «diagénesis temprana» por oposición al de «diagénesis tardía», se utiliza aquí en el sentido de BADIOZAMANI (1973) y de WILSON (1975), y es equivalente al de «diagénesis» de BISSELL y CHILINGAR (1967) y al de «singénesis» de FREEMAN (1972).

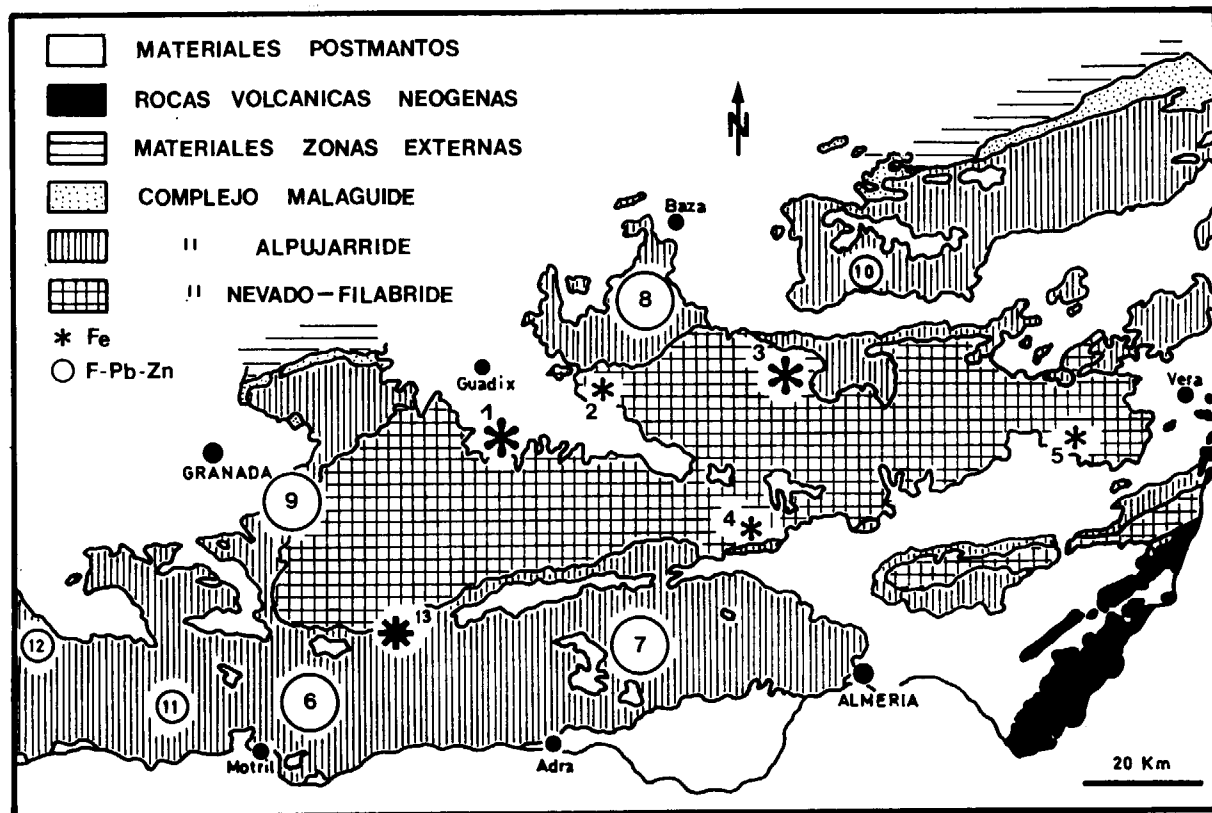


Figura 1.—Localización geográfica-geológica de los principales distritos mineros. Nevado-Filábride: 1. Alquife.—2. Las Piletas-Charches.—3. Serón.—4. Ohanes-Beires.—5. Lubrín-Bédar. Alpujarride: 6. Sierra de Lújar.—7. Sierra de Gádor.—8. Sierra de Baza.—9. Borde noroccidental de Sierra Nevada.—10. Sierra de Las Estancias.—11. Sierra Almirajara.—12. Sierra Tejada.—13. Conjuero.
Base geológica modificada de ALDAYA *et al* (1980).

CONTEXTO GEOLOGICO Y CARACTERISTICAS DE LAS MINERALIZACIONES DE HIERRO DE ORIGEN SEDIMENTARIO LOCALIZADAS EN LOS MATERIALES DE COBERTERA DEL COMPLEJO NEVADO-FILABRIDE

Las principales mineralizaciones de este tipo son las existentes en los distritos mineros de Alquife, Las Piletas-Charches, Serón, Beires-Ohanes y Lubrín-Bédar (fig. 1).

Clásicamente, la mayoría de estas mineralizaciones, que muestran importantes características comunes, han sido consideradas como de origen metasomático y clasificadas dentro del holotipo Bilbao B-1, tal y como queda registrado en el P. N. I. M. (1972), y en los Mapas Metalogénicos de España, Hojas 84, 85 (1973) y 78, 83 (1975). Este fue, hasta 1980, el origen más admitido para el conjunto de estas mineralizaciones, si bien para algunas mineralizaciones de determinadas

áreas concretas, existen algunos trabajos que abogan por una génesis sedimentaria (MALDONADO, 1922; MAILLOT, 1971, y PÉREZ DEL VILLAR *et al*, 1974). A raíz de recientes estudios realizados en los distritos mineros de Alquife y Las Piletas, TORRES RUIZ (1980) pone de manifiesto el origen sedimentario y/o diagenético temprano de este tipo de mineralizaciones, carácter este que en gran parte ha quedado enmascarado al haber sido aquellas removilizadas en la diagénesis tardía, así como por efecto del metamorfismo y por procesos posteriores de carstificación y de alteración supergénica.

Secuencias litoestratigráficas de las Coberteras Nevado-Filábrides

Conviene mencionar y resaltar, ya de antemano, que el establecer las secuencias litoestratigráficas de estos materiales es extremadamente difícil de-

bido a su complicada evolución tectono-metamórfica, hecho este que, junto con la falta de criterios cronológicos, dificulta, a su vez, la posibilidad de establecer correlaciones de cierto detalle entre los materiales de cobertera de las distintas áreas. A pesar de ello, y aún teniendo en cuenta que las series litoestratigráficas muestran variaciones de unas zonas a otras e incluso dentro de una misma área, a continuación se describen en líneas generales sus principales rasgos comunes que servirán de base a este trabajo.

Como patrón general, en casi todas las series se pueden distinguir dos conjuntos (2) con un desarrollo muy variable de unas áreas a otras: uno inferior, constituido por rocas de origen fundamentalmente detrítico (micaesquitos con intercalaciones cuarcíticas) (¿Pérmico-Triásico Inferior?) y otro superior, en donde predominan las rocas carbonatadas y al que, por correlación con las coberteras Alpujarrides, se le atribuye una edad Trías Medio-Superior (fig. 2). A diferentes niveles de la serie existen también intercalaciones de serpentinitas, metabasitas y ortogneises así como cuerpos intrusivos de rocas ígneas básicas representados por anfibolitas y eclogitas, fundamentalmente. En algunas zonas la secuencia de cobertera se inicia con un metaconglomerado basal tal y como ponen de manifiesto NIJHUIS (1964), en el área de Lubrín, y GÓMEZ PUGNAIRE *et al* (1981a) en Charches. El tránsito entre los dos conjuntos se efectúa de una forma más o menos gradual con frecuentes recurrencias en el tipo de sedimentación (fig. 2). Dentro ya de los carbonatos del conjunto superior, TORRES RUIZ (1980) diferencia, en el sector de Alquife, un tramo inferior constituido por mármoles predominantemente dolomíticos junto con los cuales aparecen, desigualmente distribuidas, masas irregulares de óxidos e oxihidróxidos de Fe (originariamente carbonatos) que constituyen el cuerpo principal de mineralización, y por encima unos mármoles calizos que intercalan niveles de mármoles dolomíticos de carácter estratiforme, secuencia esta muy semejante, como veremos luego, a las del Trías Medio de los Mantos Alpujarrides.

Respecto a los posibles medios sedimentarios existentes durante el depósito de estos materiales

(2) Se habla aquí de conjuntos y no expresamente de formaciones, como se hará posteriormente en el Alpujarride, con el fin de respetar la terminología usada previamente por los autores que han trabajado los materiales Nevado-Filábrides.

de la cobertera, son muy escasos los datos que se poseen. Así, el metaconglomerado basal se interpreta como sedimento continental de posible carácter fluvial (GÓMEZ PUGNAIRE *et al*, 1981a); los niveles de mármoles con yeso (NIJHUIS, 1964), y los de mármoles y metapelitas con escapolita (GÓMEZ PUGNAIRE *et al*, 1981b) como sedimentos depositados en cuencas restringidas posiblemente

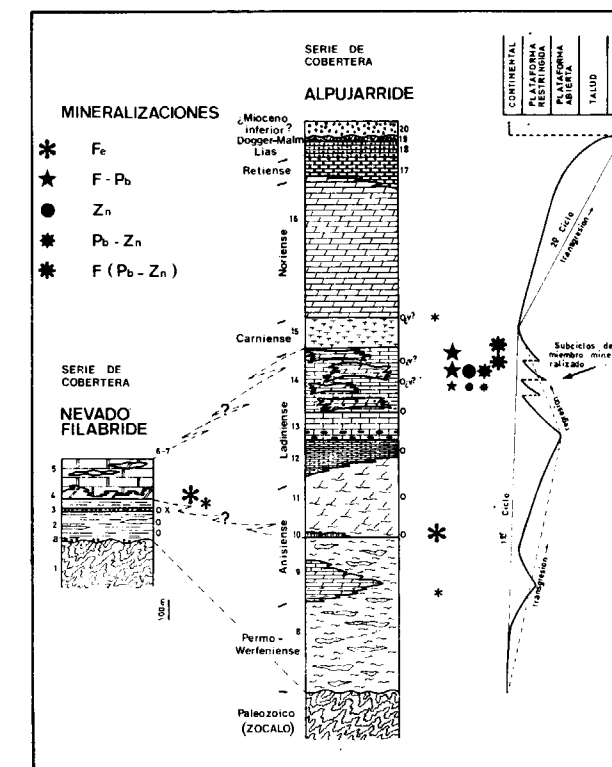


Figura 2.—Situación estratigráfica de las mineralizaciones de Fe y Pb-Zn-fluorita Alpujarrides y Nevado-Filábrides. Se indica también la evolución sedimentaria del conjunto, así como la posible correlación entre las series de cobertera de ambos dominios.

La serie Nevado-Filábride está tomada de TORRES-RUIZ (1980) y la serie Alpujarride de DELGADO *et al* (1981).
1, micaesquitos oscuros y cuarcitas; 2, micaesquitos claros y oscuros con intercalaciones cuarcíticas; 3, mármoles conglomeráticos; 4, mármoles dolomíticos; 5, mármoles calizos con intercalaciones de mármoles dolomíticos estratiformes; 6, rocas ígneas básicas y/o sus productos de transformación metamórfica (anfíbrolitas, eclogitas, serpentinitas, etc.); 7, rocas ígneas ácidas y/o sus productos de transformación metamórfica (ortogneises, etc.); 8, filitas cuarcitas y metaconglomerados; 9, calizas y dolomías algo arcillosas; 10, calizas de fucoideas; 11, dolomías masivas; 12, calcoarclitas y calizas tableadas; 13, calizas en bancos con nódulos de sílex en su base; 14, calizas con intercalaciones dolomíticas estratiformes (miembro mineralizado); 15, calizas, dolomías, margas, arcillas, yesos, etc.; 16, dolomías; 17, calizas finamente estratificadas y en bancos; 18, calizas con sílex; 19, calizas nodulosas y radiolaritas; 20, brecha poligénica con cantos de rocas metamórficas.

de tipo lacustre; los de rocas de naturaleza mixta carbonatado-pelítica y de metapelitas muy ricas en Al_2O_3 (GÓMEZ PUGNAIRE, 1979), como antiguos sedimentos residuales, y los mármoles con textura laminada rítmica existentes en la base de los carbonatos como «algal mats» típicos de borde interno de «lagoon» (margen continental del «lagoon») (TORRES RUIZ, 1980). En este mismo contexto cabe pensar que los mármoles dolomíticos de tamaño de cristales extremadamente finos (20-30 micras) existentes también en los carbonatos basales (TORRES RUIZ, 1980) corresponden a antiguos barros micríticos típicos de los ambientes de «lagoon».

Para el conjunto de las rocas de cobertera del Nevado-Filábride se puede, con todos estos datos, intentar esbozar su evolución sedimentaria. La sedimentación se inicia en medios continentales tal como pone de manifiesto el metaconglomerado basal. Este carácter de sedimentación continental domina hasta el inicio de la sedimentación carbonatada, como lo atestiguan la existencia de sedimentos residuales (rocas ricas en alúmina) y lacustres (mármoles con yeso y mármoles con escapolita). Hacia la parte superior de las secuencias de cobertera son cada vez más frecuentes las intercalaciones de rocas carbonatadas hasta hacerse dominantes. Este cambio litológico viene probablemente inducido por un cambio de medios de sedimentación de continentales (en el caso de las rocas detríticas) a marinos (en el de los carbonatos), según parece detectarse, en estos últimos, del estudio de las texturas relicto existentes en los mármoles dolomíticos y sideríticos, y según se deduce por comparación con las series carbonatadas alpujárrides del Trías Medio que, como hemos indicado, son muy similares.

Características de las mineralizaciones

Prácticamente la casi totalidad de las mineralizaciones de Fe de origen sedimentario del Complejo Nevado-Filábride se localizan en el conjunto superior de la cobertera Permo-Triásica (fig. 2). (En los distritos de Alquife y de Las Piletas-Charques en la Formación de Las Piletas, definida por GÓMEZ PUGNAIRE, 1979; en los distritos de Lubrín y Serón en la Formación de las Casas, definida por KAMPSCHUUR, 1975, y en el distrito de Ohanes-Beires, en la Formación de Alboloduy de MARTÍNEZ MARTÍNEZ, en preparación).

De acuerdo con la naturaleza de las rocas en que están enclavadas existen dos grupos distintos de mineralizaciones: un primer grupo de mineralizaciones intercaladas de rocas metapelíticas y un segundo grupo de mineralizaciones enclavadas en rocas carbonatadas (fig. 2).

Mineralizaciones enclavadas en rocas metapelíticas

El primer grupo de mineralizaciones, las enclavadas en rocas metapelíticas, está escasamente desarrollado en el conjunto de las áreas mineralizadas, si bien está perfectamente representado en los distritos de Las Piletas y Alquife. La mineralización se presenta como uno o varios niveles interestratificados entre micaesquistos y muestra distintas facies mineralógicas según los sectores. Tal y como pone de manifiesto TORRES RUIZ (1980), en Alquife se desarrolla una mineralización constituida fundamentalmente por magnetita y pirita, mientras que en Las Piletas existe una mineralización compuesta fundamentalmente por hematites y goetita procedente de la transformación supergénica de carbonatos de hierro con diseminación de pirita. Dentro de este grupo, estas últimas mineralizaciones han sido las únicas objeto de explotación, dando unas leyes medias del orden del 45-55 por 100 en Fe y del 1-2 por 100 de Mn. Desde la década de los años sesenta no queda ninguna mina en explotación habiendo sido hasta entonces la Mina de los Caballos la de mayor actividad.

Mineralizaciones enclavadas en rocas carbonatadas

El segundo grupo de mineralizaciones, las enclavadas en rocas carbonatadas, está ampliamente extendido en el dominio Nevado-Filábride, y es el más importante desde el punto de vista económico. Este grupo de mineralizaciones está especialmente representado por los distritos mineros de Alquife, Las Piletas, Lubrín y Beires. Por regla general las mineralizaciones se presentan en diversos niveles dentro de los carbonatos. En algunas zonas, como Las Piletas y Beires, dichos niveles están especialmente localizados en el tercio inferior, sobre todo en el tránsito micaesquistos infrayacentes-carbonatos. En otras áreas, como en el caso de Alquife, dichos niveles mineralizados se super-

ponen abarcando la casi totalidad de los carbonatos. En este último caso, junto a la mineralización original localizada en la base de los carbonatos existe otra secundaria (diagenética tardía), de sustitución (TORRES RUIZ, 1980), encajada en los mármoles suprayacentes. Dichos mármoles son de naturaleza caliza y dolomítica, generalmente cipolínicos, y de aspecto fajeado en muchos de sus tramos. Prácticamente en ningún caso las mineralizaciones están asociadas con las intercalaciones metapelíticas existentes en los carbonatos.

Dentro de este grupo de mineralizaciones se distinguen dos tipos diferentes de acuerdo con las facies mineralógicas desarrolladas:

Mineralización de hematites especular-magnetita

El primer tipo, representado sólo en el distrito minero de Las Piletas, se trata de una mineralización de óxidos de Fe constituida fundamentalmente por hematites especular y por menores cantidades de magnetita, mineral este último que se presenta en proporciones muy variables de unos puntos a otros, pudiendo incluso faltar en algunos afloramientos. Los niveles de mineralización se presentan como lentejones de muy variable extensión y potencia (su potencia media varía de 0,5 a 3 m), y muestran una perfecta congruencia morfológica, a todas las escalas, con respecto a las rocas de caja (PÉREZ DEL VILLAR *et al*, 1974; TORRES RUIZ, 1980). Las leyes medias de algunos niveles alcanzan valores del 60 por 100 en Fe. El contenido en Mn de este tipo de mineralización es despreciable (por debajo del 0,2 por 100). Actualmente, aunque con escasa producción, existen algunas minas en explotación, como la de San José.

Mineralización de hematites-goetita

El segundo tipo de mineralizaciones está representado en los principales distritos mineros ya señalados (Alquife, Las Piletas, Serón, Lubrín y Beires) siendo su máximo exponente el yacimiento de Alquife, única área en donde actualmente se explotan estas mineralizaciones con una producción de alrededor de 3×10^6 Tm/año.

Están constituidas, fundamentalmente, por hematites y goetita, y, en menor cantidad, pirolusita, productos todos de la transformación supergénica

de mármoles sideríticos algo manganesíferos, con pequeñas diseminaciones de pirita (TORRES RUIZ, 1980). En la actualidad la mineralogía primaria sólo se conserva en las partes más profundas de algunos yacimientos (caso de los de Alquife y Serón), allí donde está preservada del ambiente oxidante que domina en superficie. Estas zonas dan leyes medias en Fe del orden del 35-40 por 100 y del 1 a 1,5 por 100 en Mn. La transformación de esta mineralogía primaria a óxidos e oxihidróxidos de Fe produce un considerable aumento en las leyes medias, alcanzándose valores que, de unas zonas a otras, oscilan entre el 45-55 por 100 en Fe y el 1-3 por 100 en Mn.

La morfología de este tipo de mineralizaciones es muy variable, desde estratiforme en su parte basal a irregular en su parte más alta. En este último caso, aunque la morfología sea irregular, las masas de mineralización, por lo general, tienden a seguir determinados horizontes estratigráficos.

En las zonas profundas del yacimiento de Alquife, allí donde se preserva la mineralización primaria constituida por mármoles sideríticos, se observan laminaciones de algas («algal mats») heredadas de las rocas carbonatadas calizas originales (TORRES RUIZ, 1980). Estas fueron sustituidas por siderita en la diagénesis temprana en la propia cuenca de sedimentación.

Tal y como señala TORRES RUIZ (1980) para las mineralizaciones de los distritos de Alquife y de Las Piletas, todos estos tipos de mineralizaciones, tanto las intercaladas en metapelitas como las encajadas en mármoles, presentan características que evidencian sin duda un primitivo origen de carácter sedimentario-diagenético temprano, por depósito directo de los minerales primarios de hierro en «cuenas» restringidas o por reemplazamiento sinsedimentario de los carbonatos previamente depositados en dichas «cuenas». Si bien respecto al grupo de mineralizaciones intercaladas entre micaesquistos no existen datos concluyentes sobre el carácter continental o marino de estas «cuenas» restringidas, en el caso de las mineralizaciones encajadas en rocas carbonatadas no existe duda del carácter marino-costero de las «cuenas» de depósito («lagoons»), como lo demuestran las texturas sedimentarias presentes en los carbonatos sideríticos y dolomíticos.

El desarrollo de unas facies mineralógicas u

otras estuvo condicionado por los patrones físico-químicos reinantes en las distintas áreas, condiciones que, en algunos sectores, tal como los distritos de Alquife y Las Piletas, variaron de unas zonas a otras, y a lo largo del tiempo, produciéndose cambios laterales y verticales de facies mineralógicas. En dichas «cuencas» de depósito debieron prevalecer sobre todo condiciones reductoras con bajos valores de Eh y pS⁼, lo que permitió el desarrollo mayoritario de mineralizaciones constituidas por siderita fundamentalmente. Sólo en determinados periodos de tiempo, y en determinadas zonas concretas, se dieron condiciones oxidantes, lo que permitió el desarrollo de mineralizaciones de hematites fundamentalmente (fig. 3).

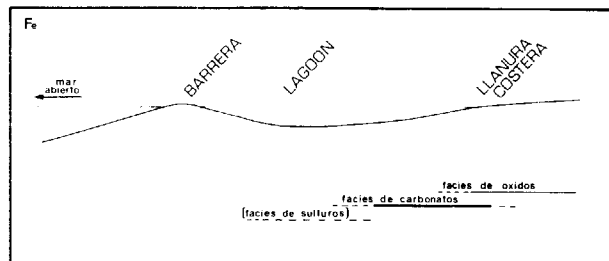


Figura 3.—Esquema clásico de distribución de facies de las mineralizaciones de hierro. En el caso aquí estudiado las facies de carbonatos son mayoritariamente las más abundantes, mientras que las de sulfuros apenas si están representadas. (Sin escala.)

CONTEXTO GEOLOGICO Y CARACTERISTICAS DE LAS MINERALIZACIONES DE HIERRO Y PLOMO-ZINC-FLUORITA DE ORIGEN SEDIMENTARIO LOCALIZADAS EN LOS MATERIALES DE COBERTERA DEL COMPLEJO ALPUJARRIDE

Las principales mineralizaciones de hierro existentes dentro de este Complejo, en el sector central de la Cordillera, se localizan en el distrito minero de Soportujar-Conjuero (fig. 1). El trabajo más moderno que hace referencia específica a ellas es el de ARANA (1973), en el que se les asigna un origen sedimentario.

En cuanto a las mineralizaciones de plomo-zinc-fluorita los distritos mineros más importantes situados en dicho sector central son los Sierra de Lújar, Sierra de Gádor, Sierra de Baza y borde noroccidental de Sierra Nevada (fig. 1). Otros

puntos de menor interés son Sierra de las Estancias, Sierra Almirajara y Sierra Tejada. A dichas mineralizaciones, de carácter estratiforme, se les ha atribuido sistemáticamente un origen sedimentario por parte de la mayoría de los autores que las han estudiado. (Véanse entre otros los trabajos de JACQUIN, 1970; ALABERT, 1973; ARANA, 1973; TONA, 1973; ARANA y MARTÍN, 1975; OVEJERO *et al.*, 1975; EWERT, 1976; ARANA y MARTÍN, 1976; MARTÍN y ARANA, 1976; DELGADO, 1978; MARTÍN, 1978, 1980a y b; DELGADO *et al.*, 1981, y FONTBOTE *et al.*, 1981).

Secuencias litoestratigráficas de las Coberteras Alpujarrides

Desde el punto de vista estratigráfico las Coberteras Alpujarrides comprenden dos formaciones: una inferior metapelítica, atribuible al Pérmico-Trías Inferior, y otra superior carbonatada, de edad Trías Medio-Superior, que ocasionalmente presenta a techo una delgada secuencia Jurásica. El contacto entre ambas formaciones es gradual, existiendo toda una transición tanto vertical como lateralmente (DELGADO *et al.*, 1981) (fig. 2).

La formación metapelítica inferior está constituida por filitas y cuarcitas. Localmente existen niveles de yeso y metaconglomerados. La estratigrafía de detalle de dicha formación es difícil de trazar, fundamentalmente por dos motivos: por el metamorfismo que presenta, y por el carácter plástico de las filitas (su componente mayoritario), que hace que éstas actúen frecuentemente como niveles de despegue y se encuentren muy laminadas. A pesar de ello, en algunos sectores (Sierra de Baza, DELGADO, 1978) se han medido potencias de hasta 700 m en esta formación metapelítica inferior.

El ambiente de formación de sus materiales es difícil de conocer. No obstante, si atendemos a consideraciones litológicas (las cuarcitas corresponden presumiblemente a antiguas areniscas, las filitas a lutitas), geométricas (los cuerpos de cuarcitas intercalados en las filitas tienen forma tabular), a las escasas estructuras sedimentarias preservadas en las cuarcitas, filitas y metaconglomerados (laminación paralela, estratificaciones cruzadas, «ripples» de oscilación y grietas de desecación, JACQUIN, 1970), y en base sobre todo a comparaciones con rocas triásicas de características similares, aunque sin metamorfismo, per-

tenecientes a otros dominios paleogeográficos de la Cordillera Bética (Complejo Maláguide, ROEP, 1972; Trías detrítico del borde de la Meseta, FERNÁNDEZ, 1977) y a consideraciones paleogeográficas a nivel del Mediterráneo occidental (BOSELLINI y HSU, 1973), cabe pensar que el ambiente de formación de los sedimentos originales fue continental. Las filitas, cuarcitas y metaconglomerados corresponden presumiblemente a antiguos sedimentos fluviales: las cuarcitas y metaconglomerados a las arenas y conglomerados de los antiguos canales fluviales, las filitas a las lutitas de las llanuras de inundación. Se apunta también como posibilidad el que estas últimas fueran en parte lacustres. Los niveles de yesos intercalados en las filitas podrían ser también lacustres.

La estratigrafía de la formación carbonatada ha sido detallada recientemente por DELGADO *et al.* (1981). Dentro de la formación carbonatada dichos autores distinguen los siguientes miembros (fig. 2):

Un miembro inferior carbonatado (calizo-dolomítico) de naturaleza algo arcillosa, y edad Anisiense, que lateralmente, así como a techo, pasa gradualmente a filitas, cuarcitas y metaconglomerados. En él abundan las laminillas de algas («algal mats») y las facies de micritas y biomicritas lagunares, estas últimas con abundantes fragmentos de algas dasycladáceas.

Un miembro de naturaleza predominantemente dolomítica, de potencia considerable (supera los 500 m en algunos cortes), que en su base presenta niveles calizo-margosos muy bioturbados (calizas de fucoideas), y que lateralmente, sobre todo allí donde existen intercalaciones más terrígenas, está sin dolomitizar. En su base abundan las estructuras de «algal mats» y aparecen con frecuencia «ciclotemas» constituidos por facies submareales de oncolitos y dasycladáceas, facies intramareales de laminillas algales («algal mats») y facies supramareales con estructuras «tepee» y brechas de cantos planos. Hacia arriba se hacen dominantes primero las facies lagunares (biomicritas de gasterópodos y lamelibranquios), luego las de barras (calcarenitas), y a techo las pararrecifales (¿arrecifes de esponjas y algas?).

El Ladiniense viene representado por un miembro calizo y calcoarcilloso, de carácter tableado, que contiene a veces abundantes crinoides y braquiópodos, y que corresponde al episodio más

pelágico dentro del Trías Medio. Por encima existe un miembro calizo que presenta abundantes nódulos de sílex en su base y contiene también dasycladáceas, en este caso del género *Diplopora*. A techo de él se sitúa el denominado miembro mineralizado propiamente dicho, que es el que incluye las mineralizaciones estratiformes más significativas de Pb-Zn-fluorita. Este es de edad Ladiniense Superior-tránsito Ladiniense-Carniense, de acuerdo con las dataciones efectuadas por KÖZUR y SIMON (1972) y VAN DER BOOGARD y SIMON (1973) en la Sierra de Lújar, y está constituido por calizas laminadas y en bancos, que intercalan hasta cuatro cuerpos dolomíticos, de carácter estratiforme, el más inferior de los cuales está con frecuencia brechificado y presenta pliegues de «slump». La sedimentología, estratigrafía y evolución tecto-sedimentaria de dicho miembro serán detalladas más adelante al considerar las mineralizaciones que le son asociadas.

Por encima aparece un miembro de carácter litológico variado (margoso, calizo, arcilloso, con dolomías, yesos, etc.) finamente estratificado y de carácter restringido (en muchos puntos es lacustre o continental) de edad Carniense.

El miembro inmediatamente superior está constituido por unas dolomías de potencia considerable cuya edad es Noriense. En su base presenta abundantes «algal mats», en su parte media aparecen alternancias muy características constituidas por biostromas de algas dasycladáceas y estromatolitos (MARTÍN y DELGADO, 1980), y en su parte superior arrecifes de esponjas.

Por encima existe otro miembro constituido por calizas, margas y margocalizas de edad Retiense, y un Jurásico, no siempre representado, de calizas con sílex, calizas nodulosas y radiolaritas.

Para el conjunto del Trías alpujarride se distinguen dos grandes ciclos sedimentarios (fig. 2): uno corresponde al Pérmico-Trías Medio y es de carácter transgresivo-regresivo. El otro comienza en el Trías Superior y culmina con el desarrollo de facies pelágicas a partir del Retiense-Jurásico basal. Dicha evolución es muy semejante a la que se detecta en amplios sectores de los Alpes calcáreos septentrionales (Austroalpino) y meridionales (Dolomitas), de los que el dominio alpujarride representa su prolongación más occidental, a lo largo del Trías. Cabe, por último, señalar que las principales manifestaciones volcánicas en las

series alpujárrides (de carácter básico y poco desarrolladas) se sitúan al techo del Trías Medio. Las de carácter ácido, de muy escasa significación, sólo aparecen en la base asociadas a las filitas.

Características de las mineralizaciones

Las mineralizaciones que aquí nos ocupan aparecen desarrolladas bien en el contacto filitas-carbonatos, que es transicional tanto vertical como lateralmente, bien dentro ya de la propia formación carbonatada y asociadas, en este caso, a niveles muy característicos dentro de ella.

Mineralizaciones enclavadas en el tránsito filitas-carbonatos

Las mineralizaciones estratiformes más importantes enclavadas en el tránsito filitas-carbonatos son de hierro. Dichos yacimientos se localizan concretamente en la base de los carbonatos. Cuando hay recurrencias filitas-carbonatos pueden existir varios yacimientos superpuestos en una misma vertical. De todos ellos el yacimiento de mayor interés es el del Conjuero, cuya explotación fue abandonada hace ya algunos años al agotarse las reservas existentes. Existen, no obstante, manifestaciones superficiales de hierro en otras muchas localidades: Sierra de Baza, etc., algunas de ellas de cierto valor económico. La mineralogía, texturas, estructuras, relaciones con las rocas encajantes y evolución de todos estos yacimientos es equiparable a la descrita por TORRES RUIZ (1980) para los homólogos del Complejo Nevado-Filábride (Alquife, sobre todo), por lo que se propone para ellos un origen similar. Desde el punto de vista sedimentario la transición filitas-carbonatos se interpreta, como ya hemos indicado, como el paso de continental a marino-costero.

Mineralizaciones enclavadas en la formación carbonatada

Dichas mineralizaciones son esencialmente de plomo-zinc-fluorita. Todas ellas participan de una serie de características comunes que han sido ya señaladas por diversos autores. Tales son:

a) Situarse mayoritariamente (aunque no exclusivamente) en los mantos de posición tectónica

más baja, que son también los de menor grado de metamorfismo (ALABERT, 1973; ALDAYA *et al*, 1980; DELGADO *et al*, 1981; FONTBOTE *et al*, 1981, etcétera).

b) Presentar una posición estratigráfica muy definida (véase, por ejemplo, JACQUIN, 1970; DELGADO *et al*, 1971; ARANA y MARTÍN, 1975; OVEJERO *et al*, 1975; EWERT, 1976; ARANA y MARTÍN, 1976; DELGADO, 1978; MARTÍN, 1980a, y DELGADO *et al* 1981).

c) Estar asociados a calizas y dolomías formadas en ambientes sedimentarios muy restringidos (ALABERT, 1973; TONA, 1973; DELGADO, 1978; MARTÍN, 1978, 1980 a y b; DELGADO *et al*, 1981, etc.).

d) Presentar paragénesis muy sencillas.

Dentro de la formación carbonatada las primeras mineralizaciones estratiformes de interés que aparecen se localizan al techo de las calizas Ladienienses. Corresponden a pequeñas minas de plomo que arman en calizas y que tienen escasa o nula importancia económica. Los afloramientos más constantes están en la Sierra de Lújar.

Por encima de estas calizas se sitúa el miembro mineralizado propiamente dicho (DELGADO *et al*, 1981). En él arman las principales mineralizaciones estratiformes de Pb-Zn-fluorita. Dicho miembro está constituido por calizas que intercalan hasta cuatro cuerpos dolomíticos estratiformes, el más basal de ellos frecuentemente, como hemos ya indicado, brechificado. Es en dichas dolomías, o en las calizas lateralmente asociadas, donde se sitúan las mineralizaciones (MARTÍN, 1980b). Conviene aquí señalar que el cuerpo dolomítico más inferior (el de las brechas intraformacionales y pliegues de «slump») no presenta mineralizaciones de este estilo. Los tipos de mineralizaciones estratiformes que aparecen en el miembro mineralizado son las siguientes (fig. 4):

Mineralizaciones de esfalerita enclavadas dentro de la propia dolomía estratiforme

Estas mineralizaciones aparecen ligadas, dentro de la dolomía, a las facies de menor cristalinidad (antiguas facies lagunares dolomitizadas), y presentan una distribución muy particular íntimamente relacionada con el posible origen, por reflujo, de la dolomía en que encajan (MARTÍN, 1978, 1980 a y b). Su contenido medio en Zn oscila del 2 al 10 por 100. En superficie son frecuentes los mine-

rales de alteración supergénica (smithsonita, etc.), mientras que en profundidad abundan los nódulos de esfalerita. Los ejemplos más representativos son los de Minas del Aguila en Sierra Nevada, explotadas a principios de siglo y a las que se les calculan aún unas reservas mínimas de 10.000 Tm de Zn (MARTÍN y ARANA, 1976), y el de la Mina del Cerro del Toro en Motril, cuya explotación por parte de la SMMP comenzó en 1975 y fue abandonada en 1979, habiéndose extraído de ella un total de 250.000 Tm de mineral con un 5-6 por 100 de SZn (HIGUERAS, 1980).

Mineralizaciones de fluorita-galena (Pb) localizadas en el borde de los cuerpos dolomíticos

Se presentan tanto a techo como a muro y arman en la propia dolomía, a la que reemplazan. Las facies dolomíticas sustituidas corresponden a calcarenitas dolomitizadas que aún preservan en parte sus laminaciones originales, de ahí que la fluorita desarrolle una estructura bandeada (cebra), muy característica, que viene marcada por la alternancia de bandas claras, muy cristalinas, y oscuras, finamente cristalinas, que tienden a seguir el bandeo de la calcarenita original (para una posible explicación del origen de las estructuras cebra véase MARTÍN, 1980 a y b. Explicaciones alternativas se encuentran en los trabajos de JACQUIN, 1966; TONA, 1973; EWERT, 1976; DELGADO, 1978, y FONTBOTE y AMSTUTZ, 1980). Estas mineralizaciones son, quizá, las mineralizaciones estratiformes más importantes que aparecen en la formación carbonatada. Su contenido medio en fluorita es del orden del 35-50 por 100; el de plomo oscila del 1,5 al 2 por 100. Las minas de Sierra de Lújar (TONA, 1973; OVEJERO *et al*, 1975), únicas actualmente en explotación, con una producción anual de 90.000 Tm de mineral bruto, son de este tipo, al igual que las del Calar de Santa Bárbara en la Sierra de Baza (véase ALABERT, 1973, y AKIN, 1974) y las del sector occidental de Sierra de Gádor (sector de Berja) a las que hacen referencia mayoritariamente JACQUIN (1970), ALABERT (1973) y ESPI (1977).

Mineralizaciones de galena (Pb)-Zn localizadas en el borde de los cuerpos dolomíticos

Estas mineralizaciones, que no son muy frecuentes, se localizan también, como las anteriores,

en el borde de los cuerpos dolomíticos. Su contenido medio Pb es del 2-3 por 100; el de Zn, este último en forma de esfalerita y/o de calamina si aquella está alterada, puede llegar a ser hasta del 15 por 100. La ganga, generalmente mal representada, suele ser fluorita y/o barita. El ejemplo más representativo de todas ellas es el de la mina de La Dalia en Sierra Almirajara. Allí la mineralización se sitúa a muro de un mármol dolomítico estratiforme encajado entre mármoles calizos, bandeados y masivos, de grano fino.

Mineralizaciones semejantes, mayoritariamente de plomo (galena y cerusita), y a las que acompañan frecuentemente la barita como ganga, y la Wulfenita y los carbonatos de cobre como minerales secundarios de alteración, han sido descritas en diversas localidades del borde oriental de la Sierra de Gádor (JACQUIN, 1970; ALABERT, 1973) y del borde noroccidental de Sierra Nevada (ARANA y MARTÍN, 1976).

Lentejones de fluorita en calizas tableadas

Son cuerpos lenticulares, aparentemente aislados, cuyas dimensiones suelen ser del orden de 15×600×400 m, y que presentan un contenido medio en fluorita del 75 por 100 o mayor. En los bordes suelen presentar enriquecimientos anómalos en Pb y/o Zn. Ambos elementos parecen, no obstante, excluirse mutuamente. Sustituyen a micritas de charcas («ponds»), a veces finamente estratificadas, y con frecuencia algo bioturbadas. La fluorita es, a menudo, cebrada. Los ejemplos más representativos son los de Mina Eduardo en Sierra Nevada (ARANA y MARTÍN, 1975), y los de Sierra de Lújar (mineralizaciones de suprutecho e inframuro situadas respectivamente a techo y muro del horizonte dolomítico estratiforme más superior), estas últimas puestas recientemente en explotación.

Por encima del miembro mineralizado propiamente dicho (dentro ya del Carniense) aparecen también mineralizaciones, en general poco importantes, de Pb-F-(Mo), que suelen estar en calizas, o en su caso, en la proximidad de lentejones dolomíticos de poca continuidad lateral. Están también asociadas a facies muy restringidas (charcas). Asociadas al paso de los niveles detríticos del techo del Carniense a los carbonatos más superiores (del Carniense terminal-Noriense) aparecen

también, en algunos puntos, mineralizaciones de hierro de muy escasa significación económica.

Para comprender el posible origen de los distintos tipos de mineralizaciones existentes dentro del miembro mineralizado es importante conocer primero la evolución sedimentaria de dicho miembro, así como los fenómenos de dolomitización diagenética temprana que lleva aparejados. En general, las facies representadas en las calizas del miembro mineralizado corresponden a laminitas algales («algal mats») y micritas lagunares y/o de charca (MARTÍN, 1980a), mientras que las dolomías presentan una mayor diversidad de facies. Estas últimas metasomatizan antiguas facies calizas que varían, dentro de un mismo cuerpo dolomítico, de laminitas algales (intramareales), a micritas lagunares, y a calcarenitas de isla barrera-barras (MARTÍN, 1978, 1980 a y b) (fig. 4). A su vez dichos cuerpos dolomíticos cambian lateralmente de facies por un lado a calizas constituidas por laminitas algales con estructuras de desecación, «birdseyes», moldes de evaporitas, etc., y por el otro a calizas micríticas de plataforma. Se aprecia, a veces, cómo la base de los cuerpos dolomíticos es erosiva. En la Sierra de Baza, por ejemplo, existen de hecho superficies de carstificación que aparecen fosilizados por las propias calcarenitas dolomitizadas, asociadas a las cuales se presentan las mineralizaciones de Pb-fluorita.

Dentro del miembro mineralizado se distinguen una serie de subciclos sedimentarios (fig. 2), la base de los cuales corresponde a la de los cuerpos dolomíticos. La evolución propuesta para cada uno de los subciclos sedimentarios es la siguiente (MARTÍN, 1980a) (fig. 4):

- Transgresión rápida sobre una extensa llanura costera.
- Delimitación de «lagoons» aislados del mar abierto por una zona de barras-islas barrera, representada por los depósitos calcareníticos (estos depósitos calcareníticos, en gran parte están alimentados por la destrucción de praderas de crinoides, según se desprende del estudio de las texturas relicto de las dolomías. PERCONING, 1977 a y b; MARTÍN, 1978, 1980a).
- Emersión final de toda la zona de barras y dolomitización de las micritas lagunares y facies lateralmente asociadas, tanto del borde interno del «lagoon» («algal mats») como de

la isla barrera (calcarenitas). Los senderos de migración del fluido dolomitizante, y la geometría de los cuerpos dolomíticos resultantes (de tendencia estratiforme), han sido señalados y discutidos por MARTÍN (1980 a y b).

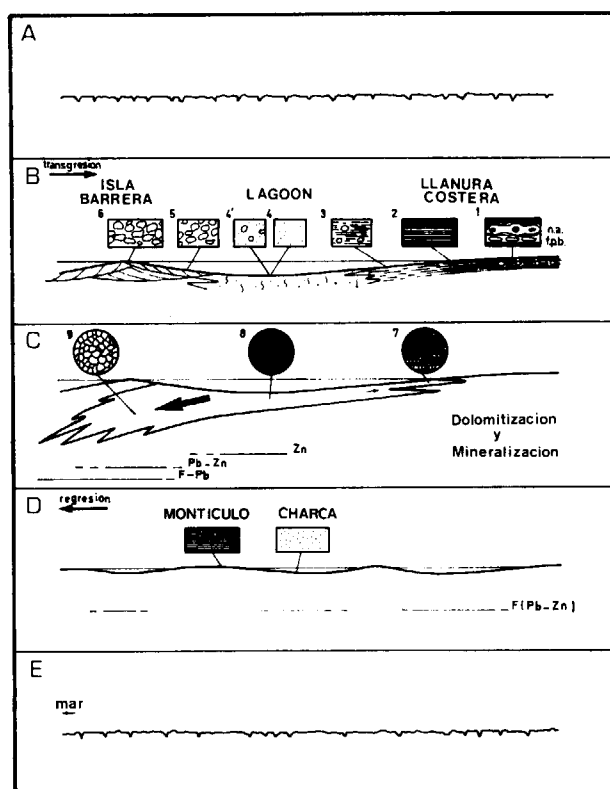


Figura 4.—Miembro mineralizado. Evolución sedimentaria correspondiente a cada uno de los subciclos. A) Llanura costera emergida (erosionada y carstificada).—B) Transgresión rápida. Delimitación de «lagoons» aislados del mar abierto por islas barrera.—C) Regresión lenta. Aislamiento de los «lagoons», dolomitización y mineralización. D) Reinstalación del subambiente de llanura costera.—E) Emersión final. Nueva carstificación.

Facies deposicionales: 1, laminitas supramareales («algal mats» desecadas) con nódulos de anhidrita (n.a.) y brechas de cantos planos (f.p.b.); 2, laminitas intramareales («algal mats»); 3, «algal mats» con partículas esqueléticas englobadas; 4 y 4', micritas y biomicritas algo bioturbadas; 5, calcarenitas («lime packstone») del borde interno de la isla barrera; 6, calcarenitas limpidas («lime grainstone») de la isla barrera. Frecuentes estratificaciones cruzadas y laminaciones paralelas.

Facies dolomíticas: 7, dolomías laminadas; 8, dolomicritas; 9, doloesparitas. Nótese cómo las mineralizaciones de Zn se asocian a las facies lagunares dolomitizadas, mientras que las de F-Pb y Pb-Zn lo están a las calcarenitas dolomitizadas. Compárese con la figura 3.

Modificado de MARTÍN (1980 a y b). Sin escala.

- Reinstalación del subambiente de llanura costera con desarrollo de facies de laminitas calizas en los bordes de pequeños montículos y charcas, y de micritas en el interior de dichas charcas («ponds»).
- Emersión de la llanura costera. Posible carstificación y/o erosión.
- Transgresión rápida. Inicio de un nuevo subciclo sedimentario.

La estrecha relación de ciertos tipos de mineralizaciones a las dolomías hace pensar que dolomitización y mineralización son procesos sincrónicos, y llevan aparejados unos condicionantes físico-químicos similares (salmueras de carácter reductor, hipersalinas, con altos valores de relación Mg^{+2}/Ca^{+2} y, en este caso en particular, concentradas en determinados elementos: F, Pb y Zn), idea esta ya apuntada por LEROY (1967), ALABERT (1973) y TONA (1973). Tal como señala también ALABERT (1973), las salmueras dolomitizantes pudieron a su vez servir, en el caso concreto del flúor, como agentes de transporte de dicho elemento, gracias a la formación del complejo iónico MgF^+ . El flúor pudo ser luego liberado, en el curso de la dolomitización, y precipitar bajo la forma de fluorita. Los metales pesados (Pb-Zn) pudieron también formar complejos solubles con los iones Cl^- y HS^- , migrar con las salmueras hipermagnesianas, y precipitar luego bajo la forma de sulfuros.

El proceso mineralizante fue, pues, especialmente activo, en algunas de las mineralizaciones desarrolladas (caso de las mineralizaciones de plomo-fluorita y plomo (zinc) encajadas en dolomías), en el borde de los cuerpos dolomíticos, asociado a los frentes de dolomitización. Las mineralizaciones que son exclusivamente de zinc parecen, sin embargo, escapar a esta norma ya que se presentan siempre incluidas en el seno de la masa dolomítica y asociadas a las facies lagunares propiamente dichas dolomitizadas. Cabe aquí señalar que todos estos tipos de mineralizaciones parecen ser excluyentes, ya que nunca los hemos visto asociados en un mismo cuerpo dolomítico de un área concreta. En el caso de las mineralizaciones constituidas por lentejones de fluorita intercalados en calizas, que si están vertical y lateralmente relacionadas con algunos de los tipos a los que antes hemos hecho referencia, los procesos de fluorización parecen haber operado independientemente en pequeñas charcas.

La repetición cíclica de todos estos fenómenos hace que en la vertical se repitan también las mineralizaciones. Es el caso más ideal (Sierra de Lújar, Sierra de Gádor) hay hasta 8-10 niveles mineralizados superpuestos.

ENCUADRE DE LAS MINERALIZACIONES EN EL MARCO DE LA EVOLUCIÓN TRIÁSICA DE LA ZONA BÉTICA

Durante el Trías, los materiales que integran los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride ocuparon posiciones paleogeográficas contiguas, siendo la del Nevado-Filábride más cercana al área permanentemente emergida («Continente») que la del Alpujárride. Este último, situado al sur del anterior, venía a ocupar la parte central de la «cuenca» entonces existente (FONTBOTE *et al*, 1981), de ahí que las secuencias litoestratigráficas de ambos complejos presenten, al menos en lo que se refiere al Pérmico-Trías Medio, una evolución muy similar, siendo más potentes y completas las alpujárrides que las nevado-filábrides.

Las mineralizaciones que aquí nos ocupan, tanto las de Fe como las de Pb-Zn-fluorita, aparecen ligadas a facies que caracterizan un acontecimiento definido de la historia sedimentaria de ambos dominios: la transición marino-continental o viceversa, y en dos momentos precisos: el Anisiense (la base del Trías Medio) y el Ladiniense Superior-base del Carniense (el techo del Trías Medio-base del Trías Superior). Las mineralizaciones del Anisiense se caracterizan por el predominio del hierro sedimentario; las del Ladiniense Superior-Carniense por el de la fluorita-plomo-zinc. Hay, sin embargo, como ya hemos indicado, una convergencia en los medios de sedimentación ya que las mineralizaciones aparecen siempre asociadas a facies de carácter costero (a facies de «lagoons» y sedimentos lateralmente relacionados). Parece, no obstante, existir una zonación en el sentido que las mineralizaciones de hierro, especialmente las de carbonatos, están mayoritariamente ligadas a las facies de borde interno del «lagoon» («algal mats»), a las que reemplazan (fig. 3), mientras que las de Pb-Zn-fluorita lo están más a las facies lagunares propiamente dichas o, más comúnmente, a las que limitan el «lagoon» hacia fuera (hacia mar abierto), esto es, con las calcarenitas de las barras-isla barrera (fig. 4).

Cabe esperar que la transición continental-marino se alcanzase antes, durante el Anisiense, en el Alpujárride que en el Nevado-Filábride, dada la posición paleogeográfica de ambos dominios y al ser la evolución sedimentaria de carácter transgresivo; de igual modo, y al ser aquí la evolución regresiva, el paso de marino a continental durante el Ladiniense Superior-Carniense se produjo probablemente antes en el Nevado-Filábride que en el Alpujárride.

El Anisiense, pues, corresponde a la base de una transgresión importante. Con anterioridad a dicha transgresión hubo una lixiviación y lavado intenso de un continente (el hercínico), muy desgastado por la erosión, en unas condiciones climáticas particulares (recordemos que de acuerdo con las reconstrucciones paleogeográficas más comúnmente admitidas, durante el Trías todos estos dominios, y zonas continentales marginales, se situaban a la altura del ecuador) que favorecieron la solubilización del hierro (posiblemente como coloide), y de ahí su posterior precipitación en los subambientes adecuados («lagoons» costeros). Dichas condiciones se vuelven a repetir para el Alpujárride, aunque de un modo menos dramático, en la base de los carbonatos del Trías Superior, de ahí que existan también mineralizaciones de hierro, de mucha menor envergadura, en dicha posición. Cabe también esperar, dada la posición paleogeográfica de ambos dominios, que las mineralizaciones de hierro anisienses sean algo más antiguas en el Alpujárride que en el Nevado-Filábride, por las razones que ya antes hemos discutido.

El carácter singenético de las mineralizaciones de Pb-Zn-fluorita queda justificado en base al estrecho control estratigráfico-sedimentológico que existe para cada tipo en particular. Con todo ello se plantea, no obstante, una cuestión importante en lo que se refiere al origen último de dichos elementos, ya que se desconoce su fuente o, dicho de otro modo, el como fueron introducidos en la «cuenca».

Respecto a este último punto las hipótesis más comúnmente emitidas son dos (ALABERT, 1973; TONA, 1973): la de que dichos elementos tienen procedencia continental, y la de que dichos elementos fueron introducidos en la «cuenca» por emanaciones volcánicas submarinas, o por emisiones fumarólicas o hidrotermales relacionadas con dicha actividad magmática.

La hipótesis del origen continental, aunque admitida por ciertos autores (TONA, 1973), es, sin embargo, difícil de justificar, ya que no deja de ser sorprendente que un continente, que previamente ha sufrido un lavado intenso, preserve intacto su «stock» metal (de F-Pb-Zn) hasta el momento de su movilización. «Stock» que, por otra parte, habría previamente que explicar, así como los mecanismos de movilización, y el porqué ésta se produce sólo en un momento dado, ya que las mineralizaciones de Pb-Zn-fluorita aparecen en los Alpujárrides, y en todos los dominios alpinos del Mediterráneo occidental, véase OMETTO y VAILATI (1977), etc., en un momento muy definido del Trías: durante el Ladiniense Superior-Carniense Inferior. En cuanto a la aplicabilidad de la segunda hipótesis conviene señalar que ya durante el Ladiniense Superior hay una inestabilidad tectónica manifiesta en la «cuenca», que se traduce en el desarrollo de brechas intraformacionales y pliegues de «slumping» (dichas brechas y pliegues de «slump» no son sólo características del Alpujárride, sino que han sido también descritas en el Nevado Filábride: ALDAYA *et al* (1970), si bien en este último caso su edad precisa es difícil de determinar). Los subciclos sedimentarios del Ladiniense Superior-Carniense Inferior (figs. 2 y 4) están también claramente relacionados con dicha inestabilidad tectónica. La presencia de rocas verdes en los carbonatos del Trías Medio de los dominios Alpujárride y Nevado-Filábride, algunas de ellas íntimamente ligadas a los niveles mineralizados, DELGADO *et al* (1981), que se hacen más manifiestas en otros dominios alpinos mediterráneos (Dolomitas, etc.) durante el Carniense Inferior (véase BOSELLINI y ROSSI, 1974) es una consecuencia más de dicha inestabilidad tectónica, que corresponde quizá, como señalan BOSELLINI y HSU (1973), BOSELLINI y ROSSI (1974), SCANDONE (1975), LAUBSCHER y BERNOULLI (1977), FONTBOTE *et al* (1981), etc., a uno de los primeros intentos de abertura y diferenciación del Tethys (a un «rifting» abortado). Nuevas interpretaciones (CASTELLARIN *et al*, 1980; MARINELLI *et al*, 1980, y PISA *et al*, 1980), basadas sobre todo en datos sobre la composición de las rocas volcánicas emitidas, y en la existencia de deformaciones triásicas de tipo compresional en diversas zonas de los Alpes, ligan, por contra, esta actividad magmática a procesos de subducción tardihercínicos. Cualquiera que sea su origen probablemente existe, de cualquier modo, una relación casual entre todos estos fenómenos y los progresivos enriquecimientos de

la «cuenca» en determinados iones (F, Pb y Zn, fundamentalmente) tienen un origen último en la actividad volcánica y tectónica, con su posible cortejo hidrotermal asociado. Esto explicaría la existencia sólo en determinados momentos de enriquecimientos anómalos. Una vez puestos dichos elementos en la «cuenca», los diferentes subambientes y ambientes sedimentarios actuaron ya de un modo selectivo. Sólo aquellos que su evolución permitió una ulterior concentración presentan mineralizaciones estratiformes asociadas.

El hecho de que las mineralizaciones de Pb-Zn-fluorita se presentan exclusivamente en el Alpujárride y no en el Nevado-Filábride hace pensar que, al tiempo de aporte de dichos elementos a la cuenca, los ambientes y subambientes favorables a su concentración («lagoons» costeros) existían en el Alpujárride, pero no en el Nevado-Filábride. En este último dominaban ya, presumiblemente, otra vez los ambientes y subambientes continentales al estar situado en una posición marginal de la cuenca triásica, y ser la evolución, en ese momento, regresiva.

CONCLUSIONES

Las mineralizaciones de Fe y Pb-Zn-fluorita, existentes en las coberteras de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride del sector central de la Cordillera Bética, a pesar de su quimismo tan dispar tienen un origen común, pues corresponden, en su mayor parte, a reemplazamientos sinsedimentarios de materiales carbonatados depositados en «cuencas» marginales de tipo «lagoon». El tiempo de mineralización, así como el origen último de los elementos implicados, difieren por contra ampliamente en ambos casos.

Las mineralizaciones de Fe se sitúan mayoritariamente en la base de los carbonatos, su edad es Anisiense (base del Trías Medio), y marcan el tránsito continental-marino en régimen transgresivo. Las de Pb-Zn-fluorita, situadas dentro de la serie carbonatada, son de edad Ladiniense Superior-base del Carniense (techo del Trías Medio-base del Trías Superior) y marcan, en este caso, el paso inverso: la transición marino-continental en régimen regresivo.

El Fe se piensa proviene de la lixiviación y lavado de las áreas continentales marginales, situa-

das por aquel entonces en la zona ecuatorial. Para el Pb-Zn-F se infiere, por contra, un origen último en relación con una fase de actividad magmática y tectónica que aconteció a techo del Trías Medio.

BIBLIOGRAFIA

- AKIN, A.: *Die Flußspat und Bleiglanz Vererzungen in karbonatgestein der Sierra de Baza, Südspanien*. Min. Dep., 9, 61-68 (1974).
- ALABERT, J.: *La province Plombo-Zincifere des Cordillères Bétiques (Espagne Meridionale)*. Essai Typologique, 148 páginas (Inédito) (1973).
- ARANA, R.: *Investigaciones mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis doctoral, Secr. Publ. Univ. Granada, 2 tomos, 638 pp. (1973).
- ALDAYA, F.; FONTBOTE, J. M., y GARCÍA-DUEÑAS, V.: *Brechas intraformacionales y pliegues de slumping en el dominio Triásico Nevado Filábride (Zona Bética, provincia de Granada)*. Cuad. Geol. Univ. Granada, 1, 1, 117-124 (1970).
- ALDAYA, F.; GARCÍA-DUEÑAS, V., y NAVARRO-VILA, F.: *Los Mantos Alpujárrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujárrides*. Libro Homen. Prof. Solé-Sabarís (en prensa) (1980).
- ARANA, R., y MARTÍN, J. M.: *Estudio geológico de las mineralizaciones de fluorita de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. Cuad. Geol. Univ. Granada, 6:75-88 (1975).
- ARANA, R., y MARTÍN, J. M.: *Observaciones geológicas sobre las Minas del Cerrajón (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. Acta Geol. Hispánica, XI, 5: 1129-1321 (1976).
- BADIZAMANI, K.: *The Dorag Dolomitization Model. Application to the Middle Ordovician of Wisconsin*. Jour. Sediment. Petrol., 43: 4, 965-984 (1973).
- BISSELL, H. J. and CHILINGAR, C. V.: *Classification of Sedimentary Carbonate Rocks. Origin, Occurrence and Classification*. (G. V. Chilingar, H. J. Bissell and R. W. Fairbridge, Editors). Developments in Sedimentology, 9A, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 87-169 (1967).
- BOSELLINI, A. and HSU, K. J.: *Mediterranean Plate Tectonics and Triassic Palaeogeography*. Nature, 244, 144-146 (1973).
- BOSELLINI, A. and ROSSI, D.: *Triassic carbonate buildups of the Dolomites, northern Italy. In: Reefs in time and space*. (L. F. Laporte, Editor). Soc. Econ. Paleont. and Mineral. Special Publication, 18, 209-233 (1974).
- CASTELLARIN, A.; LUCCHINI, F.; ROSSI, P. L.; SIMBOLI, G.; BOSELLINI, A. and SOMMAVILLA, E.: *Middle Triassic magmatism in Southern Alps. A geodynamic model*. Riv. Ital. Paleont., 85, 3-4, 1111-1124 (1980).

- DELGADO, D.: *Los Alpujarrides en Sierra de Baza (Cordillera Bética, España)*. Tesis Univ. Granada, 483 pp. (Inédita) (1978).
- DELGADO, F.; OVEJERO, G., y JACQUIN, J. P.: *Localización estratigráfica y medio paleogeográfico de las mineralizaciones (galena y fluorita) de la Sierra de Baza (Granada, España)*. I Cong. Hisp. Luso Amer. Geol. Min., E 4-13, 119-125, Madrid-Lisboa (1971).
- DELGADO, F.; ESTÉVEZ, A.; MARTÍN, J. M., y MARTÍN-ALGARRA, A.: *Observaciones sobre la estratigrafía de la formación carbonatada de los Mantos Alpujarrides (Cordilleras Béticas)*. *Estud. Geol.*, 37, 45-57 (1981).
- ESPI, J. A.: *Aspecto Metalogenético de los Criaderos de Fluor-Plomo de Sierra de Gádor (Almería)*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, 184 pp. (Inédita) (1977).
- EWERT, K.: *Estratigrafía, litología y mineralizaciones del Manto de Lújar (Zona Bética)*. *Stud. Geol. Univ. Salamanca*, 11: 109-120 (1976).
- FERNÁNDEZ, J.: *Sedimentación triásica en el borde sureste de la Meseta*. Tesis doctoral, Secr. Publ. Univ. Granada, 161, 173 pp. (1977).
- FREEMAN, T.: *Sedimentology and dolomitization of Muschelkalk Carbonates (Triassic), Iberian Range, Spain*. *Am. Assoc. Petrol. Geologists. Bull.*, 56, 3, 434-453 (1972).
- FONTBOTE, L., and AMSTUTZ, G. C.: *New observations on diagenetic crystallization rhythmites in the carbonate facies of the Triassic of the Alpujarrides (Betic Cordillera, Southern Spain). Comparison with other diagenetic rhythmites. 1.^{er} Symposium sobre diagénesis de sedimentos y rocas sedimentarias*. Barcelona, diciembre 1980. Publicado en: *Rev. Inst. Inv. Dip. Provincial. Barcelona*, 34, 293-310 (1980).
- FONTBOTE, J. M.; FONTBOTE, L., and AMSTUTZ, G. C.: *Observations on the setting of the strata-bound F-(Pb-Zn) deposits in the Triassic of the Alpujarrides, Betic Cordillera, Southern Spain*. Congreso del IGMIDA (en prensa) (1981).
- GÓMEZ-PUGNAIRE, M. T.: *La evolución del metamorfismo alpino en el Complejo Nevado-Filábride de la Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis doctoral Univ. Granada. Publicada en: *Tecniterrae*, 41, 5-130 (1981) (1979).
- GÓMEZ-PUGNAIRE, M. T.; FONTBOTE, J. M. and SASSI, F. P.: *On the occurrence of a metaconglomerate in the Sierra de Baza (Nevado Filábride Complex, Betic Cordillera, Spain)*. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, H 7, 405-418 (1981a).
- GÓMEZ-PUGNAIRE, M. T.; TORRES-RUIZ, J., y MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J. M.: *Escapolita en rocas de las series Permo-Triásicas del Complejo Nevado Filábride (Cordilleras Béticas)*. *Origen. Soc. Esp. Mineralogía* 4, 37-46 (1981b).
- HIGUERAS, P.: *Metalogenia del yacimiento de plomo-cinc del Cerro del Toro (Motril, Granada)*. Tesis de Licenciatura Univ. Granada (Inédito) (1980).
- JACQUIN, J. P.: *La «franciscaine», un problème de pétrogénese dans les dolomies du Trias Alpujarride de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)*. *Ann. Centre Enseign. Sup. Brazzaville*, 2, 79-90 (1966).
- JACQUIN, J. P.: *Contribution a l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)*. Tesis doctoral Univ. Nantes, 501 pp. (1970).
- KAMPSCHUUR, N.: *Data on the thrusting and metamorphism in the eastern Sierra de los Filábres: Higher Nevado-Filábride units and the glaucophanitic greenschist facies*. *Tectonophysics*, 27, 57-81 (1975).
- KOZUR, M., y SIMÓN, O. J.: *Contribution to the Triassic microfauna and stratigraphy of the Betic Zone (Southern Spain)*. *Rev. Esp. Microp.*, número extraordinario, diciembre 1972, 143-158 (1972).
- LAUBSCHER, H. and BERNOULLI, D.: *Mediterranean and Tethys. In: The Ocean basins and margins. (A. E. M. Nairn, W. H. Kanes and F. G. Stehli, Editors)*. Plenum Publishing Corporation, 4A, 1-28 (1977).
- LEROY, H.: *Quelques aspects de la géochimie du fluor. Le fluor dans les roches carbonatées*. Thèse Limoges, Poitiers, 40 pp. (1967).
- MAILLOT, R.: *Contribution à l'étude géologique du gisement de fer du Marquesado (Espagne)*. *Min. Deposita.*, 6, 380-391 (1971).
- MALDONADO, M.: *Estudio descriptivo de los criaderos de hierro de las zonas de Alquife, Huéneja y Dolar*. *Bol. Of. Min. y Metal.* (1922).
- MARINELLI, M.; VIEL, G., y FAREBEGOLI, E.: *Il Permo-Trias delle Alpi meridionali evoluzione tardo-ercinica di un bacino marginale di retroarco sialico*. *L'Industria Mineraria*, 6, 1-14 (1980).
- MARTÍN, J. M.: *Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la Unidad Víboras (Mantos Alpujarrides, NW Sierra Nevada)*. *Bol. Geol. y Min.*, LXXXIX, 4: 303-319 (1978).
- MARTÍN, J. M.: *Las dolomías de las Cordilleras Béticas*. Tesis doctoral. Secr. Pub. Univ. Granada, núm. 265, 201 pp. (1980a).
- MARTÍN, J. M.: *Dolomías Alpujarrides. 1.^{er} Symposium sobre diagénesis de sedimentos y rocas sedimentarias*. Barcelona, diciembre 1980. *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Provincial, Barcelona*, 34, 125-134 (1980b).
- MARTÍN, J. M., y ARANA, R.: *Estudio geológico de las Minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas)*. *Est. Geol.*, 32, 4: 385-390 (1976).
- MARTÍN, J. M., y DELGADO, F.: *Biostromes of Dasycladacean algae and stromatolites a peculiar interbedding*. *Sediment. Geol.*, 25: 117-126 (1980).
- NIJHUIS, H. J.: *Plurifacial alpine metamorphism in the southeastern Sierra de los Filábrides, South of Lubrín, SE Spain*. Tesis doctoral. Univ. Amsterdam, 151 pp. (1964).

- OMENETTO, P., y VAILATI, G.: *Ricerche geominerarie nel settore centrale del distretto a Pb, Zn, fluorite e barite di Gorno (Lombardia)*. *L'Industria Mineraria*, 28, 1, 25-44 (1977).
- OVEJERO, G.; TONA, F.; MARÍN, J. M.; GUTIÉRREZ-RAVE, A.; JACQUIN, B. P.; SERVAJEAN, G., y ZUBIAUR, J. F.: *Las mineralizaciones de Plomo-Fluorita de Sierra de Lújar (Provincia de Granada, España)*. V Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Bilbao, 1975, IX, 83-116 (1975).
- PERCONING, E.: *Estudio Sedimentológico de dos cortes de Sierra de Gádor*. I. Coloq. Estr. Paleog. Triásico y Pérmico de España. *Cuad. Geol. Iber.*, 4, 283-294 (1977a).
- PERCONIG, E.: *Consideraciones sobre las series carbonatadas del Trias Alpujarride*. I Coloq. Estr. Paleog. Triásico y Pérmico de España. *Cuad. Geol. Iber.*, 4, 295-306 (1977b).
- PISA, G.; CASTELLARIN, F.; LUCCHINI, P. L.; ROSSI, D.; SIMBOLI, G.; BOSELLINI, A. and SOMMAVILLA, E.: *Middle Triassic magmatism in Southern Alps: a review of general data in the Dolomites*. *Riv. Ital. Paleont.*, 85, 3-4, 1093-1110 (1980).
- P. N. I. M.: *Programa nacional de investigación minera*. Mapa metalogenético. Ministerio de Industria. Dirección General de Minería (1972).
- PÉREZ DEL VILLAR, L.; ARANA, R., y TORRES-RUIZ, J.: *Observaciones geológicas sobre el yacimiento de hierro de Las Piletas (Provincia de Granada)*. Nota preliminar. *Est. Geol.*, 30, 485-492 (1974).
- PUGA, E., y DÍAZ DE FEDERICO, A.: *Metamorfismo polifásico y deformaciones alpinas en el Complejo de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)*. *Implicaciones geodinámicas*. Reunión Geod. Cord. Bét. y Mar de Alborán. Secr. Publ. Univ. Granada, 79-111 (1976).
- ROEP, Th. B.: *Stratigraphy of the «Permo-Triassic» Saladilla Formation and its tectonic setting in the Betic of Málaga (Vélez Rubio Región, SE Spain)*. *Proceedings Koninkl. Nederl. Akademie van Wetenschappen*, 75, 3 (1972).
- SCANDONE, P.: *Triassic seaways and the Jurassic Tethys ocean in the central Mediterranean area*. *Nature*, 256, 5513, 117-119 (1975).
- TONA, F.: *Position des horizons dolomitiques minéralisés en fluorite et galène au sein des sédiments triasiques de la Sierra de Lújar (Grenade)*. *Evolution et géochimie*. Thèse du 3^e cycle. Univ. Paris VI (1973).
- TORRES-ROLDÁN, R.: *The tectonic subdivision of the Betic Zone (Betic Cordilleras, Southern Spain): its significance and one possible geotectonic scenario for the Westernmost Alpine Belt*. *Am. J. Sci.*, LXXIX, 19-51 (1979).
- TORRES-RUIZ, J.: *Los yacimientos de hierro de la comarca del Marquesado del Zenete: Alquife y Las Piletas (Granada, Cordilleras Béticas)*. Tesis doctoral. Secr. Publ. Univ. Granada y Dip. Provincial, 323 pp. (1980).
- VAN DEN BOOGARD, M., y SIMON, O. J.: *Pseudofurnishius (Conodonta) in the Triassic of the Betic Cordilleras, SE Spain*. *Scripta Geol.*, 16, 1-23 (1973).
- WILSON, J. L.: *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlín, 471 pp. (1975).

Recibido: Enero de 1982

AGUAS SUBTERRANEAS

Hidroggeoquímica de la zona central de la Hoja núm. 348 de San Leonardo (Soria). XXV

Por C. ALVAREZ (*), R. GALLEGO (*), J. VELA (*) y F. DE PEDRO HERRERA (**)

RESUMEN

Se estudia la Geoquímica de las aguas recogidas en la zona de Soria, correspondientes a la Hoja núm. 348, San Leonardo. Se aplican técnicas modernas de análisis químico al muestreo de la región central de dicha Hoja. Para estudiar las variaciones en su composición química, en relación con varios parámetros, la toma de muestras se realiza en dos épocas diferentes del año: primavera y otoño.

Se representan las frecuencias acumuladas de los diferentes iones. Se estudian las relaciones Ca^{2+}/CO_3H^- , Ca^{2+}/SO_4^{2-} y Na^+/Cl^- , así como las correspondientes correlaciones, en el diagrama salino.

Se deducen las siguientes conclusiones: Existe una notable concordancia entre el contenido iónico de las aguas y los materiales geológicos por donde aquéllas discurren. Destaca la proporcionalidad 1:1, entre las concentraciones de calcio y bicarbonato, lo que indica que se trata de un área donde dominan las calizas.

SUMMARY

The Geochemistry of the waters collected in sheet of Soria No. 348 of San Leonardo, is being studied. Applying modern technics of chemical analysis to the sampling representing the central sheet. So as to see the variations in their chemical composition, as related with several parameters, the sampling, was made in two differents times of the year: Spring and autumn.

Te accumulated frequencies of the various ions are grafically represented. The Ca^{2+}/CO_3H^- , Ca^{2+}/SO_4^{2-} and Ca^{2+}/Cl^- relations are studied, as well as the correlations, in the saline diagram.

From all the above, the following conclusions follow: There is a notable conformity bewteen the ionic contents of the waters and the geological materials through which the water flows up. The proportion 1:1 existing between the quantity of calcium and bicarbonate, shows date it is an area where limestone is predominant.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objeto el estudio hidroggeoquímico de la parte central de la Hoja núm. 348, San Leonardo (Soria). Esta numeración corresponde a las Hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico y Catastral (1). Se trabaja con 44 muestras de fuentes y manantiales comprendidos en esta zona. El muestreo se realiza en dos épocas del año: Primavera y otoño, a fin de observar las variaciones producidas en su composición química.

Se han aplicado técnicas clásicas e instrumenta-

(*) Departamento de Química Analítica del C.S.I.C. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense. Madrid.

(**) Junta de Energía Nuclear. Madrid.

les al análisis químico del muestreo. Los datos obtenidos se tratan estadísticamente mediante representaciones gráficas de frecuencias acumuladas, correlaciones y diagrama salino.

1. PARTE EXPERIMENTAL

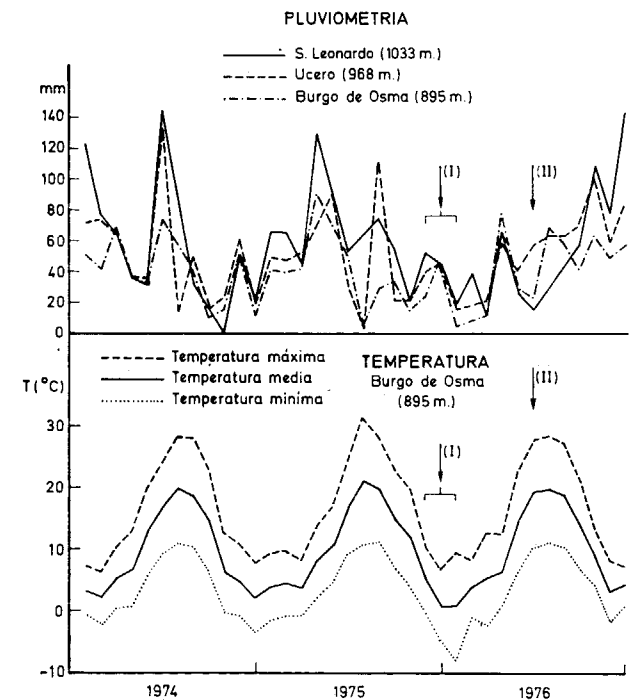
1.1. Descripción de la zona

La zona de estudio se halla situada en el noroeste de la provincia de Soria y pertenece toda ella a la cuenca hidrográfica del Duero, la altitud media es de unos mil metros. Está comprendida entre el pueblo de San Leonardo, al norte, y Valdemaluque, al sur. En el centro de la zona de estudio se encuentra el río Lobos, que da lugar a una pintoresca hoz de paredes casi verticales y cuya composición es marcadamente caliza.

Geológicamente, la zona presenta una gran variedad, predominando los terrenos calizos, principalmente cretácicos y jurásicos (2); otro terreno abundante es el Mioceno Inferior, formado por arenas y arcillas (fig. 1).

1.2. Datos climatológicos

Climatológicamente la zona pertenece a un típico clima continental, con una gran amplitud térmica. Se recogen de 500 a 600 mm de precipitación anual, cantidad que puede considerarse escasa (3). Los valores medios de las temperaturas mínimas son negativas desde diciembre hasta abril; durante los meses de invierno las precipitaciones en forma de nieve son abundantes, empapando las capas del terreno y favoreciendo la disolución de los carbonatos, debido a la mayor solubilidad del CO_2 del aire en función inversa de la temperatura (figs. 2 y 3).



Figuras 2 y 3.

1.3. Recogida de muestras

La zona estudiada comprende 44 pozos, fuentes y manantiales; la notación empleada es (I) para el muestreo de otoño, y (II) para el de primavera. Las muestras se han tomado en frascos de polietileno para evitar contaminaciones, recogiendo-se en envases de 250 ml. De cada muestra se indica: Situación y término municipal (Tabla I).

1.4. Análisis químicos

Los procedimientos empleados en la determinación de aniones y cationes han sido: Para cloruros se ha empleado el método de Mohr. La determinación de carbonatos y bicarbonatos se realiza por alcalimetría empleando como indicador Shiro-Tashiro, que da viraje del verde al violeta. La determinación de los sulfatos resulta ser la más laboriosa de todas las efectuadas. Se ha empleado el método espectrofotométrico en vez del gravimétrico, más complicado y dificultoso. Se precipitan los sulfatos en exceso y en caliente con una solución de CrO_4Ba , en presencia de NH_4OH concentrado, la medida de la absorbancia se hace a 430 nm. Para la determinación de la dureza y el

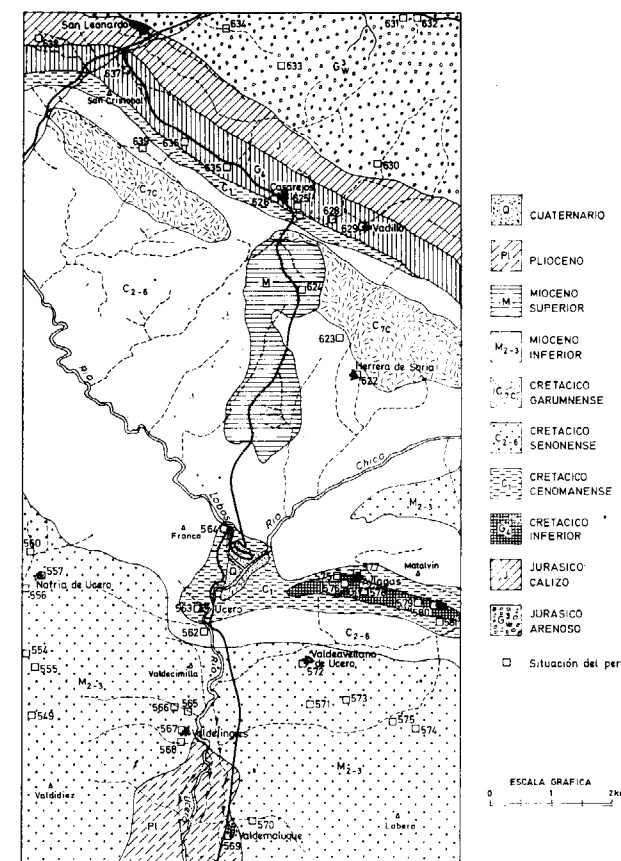


Figura 1.

TABLA I

N.º de Muestra	SITUACION DE LAS MUESTRAS	Término municipal
549	Manantial 1.400 m. al SE de Rejas	Valdealbín
554	Manantial 600 m. al E de Rejas	Valdealbín
555	Cubillo 600 m. al E de Rejas en la senda de Varcibán	Valdealbín
556	Fuente 400 m. al SE de Nafría de Ucero	Nafría
557	Fuente en Nafría de Ucero	Nafría
560	Laguna 600 m. al N de Nafría	Nafría
562	Manantial 600 m. al S de Ucero en el río	Ucero
563	Fuente de Ucero	Ucero
564	Manantial 1.700 m. al N de Ucero	Ucero
565	Manantial 400 m. al N de Valdelinares	Valdemaluque
566	Fuente 600 m. al NO de Valdelinares	Valdemaluque
567	Fuente de Valdelinares	Valdemaluque
568	Fuente 200 m. al S de Valdelinares	Valdemaluque
569	Fuente de Valdemaluque	Valdemaluque
570	Cubillo 500 m. al E de Valdemaluque	Valdemaluque
571	Fuente 1.000 m. al S de Valdeavellano	Valdemaluque
572	Fuente en Valdeavellano	Valdemaluque
573	Fuente 1.100 m. al SE de Valdeavellano	Valdemaluque
574	Manantial 3 km. al SE de Valdeavellano	Valdemaluque
575	Fuente 2,4 km. al SE de Valdeavellano	Valdemaluque
576	Fuente 400 m. al O de Aylagas	Aylagas
577	Fuente de Aylagas	Aylagas
578	Manantial 300 m. al S de Aylagas	Aylagas
579	Manantial 300 m. al O de Fuentecantales	Fuentecantales
580	Fuente de Fuentecantales	Fuentecantales
581	Fuente-pozo 400 m. al S de Fuentecantales	Fuentecantales
622	Fuente en Herrera de Soria	Herrera de S.
623	Fuente 400 m. al N de Herrera	Herrera de S.
624	Fuente al E del km. 25,9 de la carretera Burgo de Osma a Casarejos	Herrera de S.
625	Fuente en Casajeros al E del pueblo	Casarejos
626	Fuente en Casarejos al O del pueblo	Casarejos
627	Fuente 400 m. al SE de Casarejos	Casarejos
628	Manantial 600 m. al O de Vadillo	Vadillo
629	Fuente de Vadillo	Vadillo
630	Manantial 1.400 m. al N de Vadillo	Vadillo
631	Fuente 300 m. al O del km. 95,9 de la carretera Sagunto Burgos	Navaleno
632	Fuente 100 m. al O del km. 95,9 de la carretera Sagunto-Burgos	Navaleno
633	Fuente 2,8 km. al N de Casarejos	Casarejos
634	Fuente 1.500 m. al E de San Leonardo	San Leonardo
635	Pocillo al S del km. 29,7 carretera Casarejos-San Leonardo	Casarejos
636	Manantial 2,3 km. al NO de Casarejos	Casarejos
637	Fuente 800 m. al S de San Leonardo	San Leonardo
638	Fuente 2 km. al O de San Leonardo	San Leonardo
639	Manantial en el Arroyo de los Cubillos	San Leonardo

calcio se emplea el método complexométrico de valoración con EDTA.

El contenido de magnesio se obtiene como diferencia entre el volumen gastado en la dureza total, y el gastado en la valoración del calcio. Para la determinación de sodio y potasio se emplea la técnica de fotometría de llama.

En la tabla II se expresan en mg/l los resultados obtenidos en el análisis químico de los distintos cationes y aniones.

2. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Con los datos obtenidos se ha realizado un tratamiento estadístico que comporta los pasos siguientes:

— Estudio geoquímico de cationes y aniones, mediante el cálculo y la representación gráfica en escala logarítmico-normal de las frecuencias acumuladas.

— Correlaciones entre cationes y aniones selec-

TABLA II

Muestra	Na ⁺		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Muestra	Cl ⁻		CO ₃ H ⁻		SO ₄ ²⁻	
	I	II	I	II	I	II	I	II		I	II	I	II	I	II
549	1,3	2,0	2,5	3,0	32,71	36,88	3,97	4,86	549	4,54	4,30	105,72	114,41	14,5	12,5
554	2,4	2,0	4,5	1,9	34,35	43,29	3,97	3,89	554	6,36	4,30	108,43	109,33	12,0	7,0
555	5,4	4,9	0,3	1,5	40,89	59,33	1,89	1,95	555	11,13	10,86	121,99	170,35	13,0	5,0
556	2,9	2,5	0,3	1,1	39,25	38,48	2,97	6,81	556	7,95	6,66	111,15	106,79	18,5	12,5
557	8,3	7,8	1,1	1,6	85,05	60,93	1,98	0,97	557	16,47	14,40	254,81	172,89	12,5	2,5
560	4,5	5,2	4,3	3,7	27,80	36,88	0,00	6,81	560	6,82	5,59	97,60	122,04	12,0	1,0
562	2,0	2,2	0,5	1,6	42,52	48,11	0,99	4,86	562	7,04	6,23	124,70	139,84	13,0	0,0
563	2,0	2,2	0,3	2,2	42,52	70,55	0,99	4,86	563	7,16	6,23	124,70	203,40	10,5	6,0
564	4,4	2,3	3,5	1,8	60,51	40,09	6,94	6,81	564	9,77	6,13	189,76	127,13	27,0	16,5
565	2,0	—	1,0	—	40,89	—	1,98	—	565	5,68	—	132,83	—	14,5	—
566	2,9	2,5	2,1	4,4	40,89	43,29	6,94	7,78	566	8,74	7,95	140,96	147,47	16,0	9,0
567	8,2	8,2	0,7	1,4	83,41	67,35	1,98	4,86	567	10,22	9,14	249,40	208,49	18,0	2,5
568	2,6	2,4	3,0	1,7	70,33	56,12	8,93	7,78	568	7,16	6,88	222,71	183,06	15,3	5,0
569	4,6	4,4	1,5	1,6	75,24	40,09	1,98	1,95	569	13,06	12,47	219,58	114,41	12,5	0,0
570	2,8	—	0,8	—	42,52	—	1,98	—	570	7,04	—	132,83	—	16,5	—
571	2,0	1,9	0,8	1,5	4,90	8,02	0,00	0,00	571	4,88	5,05	21,69	25,43	14,5	6,0
572	5,3	5,0	1,5	2,0	49,06	62,54	4,96	0,00	572	9,88	8,71	170,79	193,23	13,0	5,0
573	2,1	1,9	1,7	1,8	8,17	6,41	0,99	0,00	573	5,34	4,30	22,11	22,88	13,5	1,0
574	4,0	4,7	1,3	1,7	4,90	14,43	0,99	1,95	574	11,59	10,21	8,13	38,14	11,0	75,0
575	5,0	4,8	0,5	1,4	32,71	56,12	0,99	3,89	575	10,22	9,14	100,30	165,26	12,0	1,0
576	1,7	0,8	3,7	1,5	62,15	27,26	1,98	0,97	576	5,91	3,65	192,47	76,28	0,7	5,0
577	0,5	1,7	1,3	4,9	21,26	24,05	0,99	2,92	577	4,88	7,42	59,64	73,73	14,5	2,5
578	1,7	—	5,5	—	17,99	—	0,99	—	578	6,82	—	54,27	—	13,5	—
579	1,7	40,0	11,5	45,0	53,97	84,99	14,88	4,86	579	8,29	122,55	187,05	132,21	41,0	12,0
580	25,0	1,3	52,0	1,3	57,24	17,64	7,93	0,97	580	90,88	4,08	157,23	55,94	19,5	0,0
581	1,1	2,0	0,5	4,5	11,45	40,09	0,99	16,54	581	6,59	6,56	37,95	132,21	14,0	61,0
622	2,8	2,3	0,8	1,7	60,51	68,95	0,99	1,95	622	5,11	4,94	178,91	200,86	16,0	12,5
623	4,2	3,8	2,1	4,5	53,97	52,92	3,97	2,92	623	8,63	8,17	170,78	150,01	15,5	19,0
624	4,9	5,1	0,8	7,0	40,89	60,93	0,99	1,95	624	7,84	10,00	121,99	185,60	12,5	12,5
625	1,1	1,3	0,5	3,8	4,90	8,02	0,00	3,89	625	3,18	5,16	16,26	30,51	16,0	18,0
626	1,3	—	0,3	—	4,90	—	0,00	—	626	4,43	—	13,55	—	14,5	—
627	0,9	4,2	1,8	17,3	29,44	75,36	0,99	0,00	627	4,09	12,58	86,74	236,45	13,5	13,5
628	5,9	5,6	3,0	18,0	65,42	94,61	7,93	5,84	628	9,32	11,39	200,60	216,88	21,5	61,0
629	2,0	1,8	2,8	3,0	67,02	76,97	9,92	3,89	629	4,20	6,02	230,42	208,49	22,0	31,5
630	4,4	2,8	3,0	4,2	44,16	51,31	20,83	13,62	630	9,66	8,06	216,87	205,94	14,0	12,0
631	1,2	1,0	1,1	2,0	3,27	6,41	0,99	0,97	631	3,75	6,99	10,84	15,26	14,0	18,0
632	1,2	1,0	0,8	2,7	8,17	11,22	0,99	0,97	632	6,82	6,02	24,39	30,51	14,0	13,5
633	—	1,3	—	3,2	—	8,02	—	0,97	633	—	6,34	—	25,43	—	12,5
634	1,9	1,1	0,5	3,3	3,27	19,24	0,99	2,92	634	6,48	4,84	18,97	53,39	13,5	29,5
635	3,6	3,3	0,0	2,0	45,79	56,12	7,93	1,95	635	6,36	5,48	170,78	157,64	14,5	15,0
636	1,3	1,4	1,7	2,2	47,79	54,52	2,98	11,67	636	5,34	5,37	178,91	165,26	20,0	70,0
637	2,7	2,3	6,5	7,1	32,71	35,28	5,95	6,81	637	8,52	6,88	116,57	106,79	24,0	33,5
638	4,0	3,0	9,0	2,0	53,97	60,93	22,82	4,86	638	8,29	7,09	246,69	167,81	39,0	44,0
639	0,8	3,3	0,3	1,4	50,70	52,92	4,96	1,27	639	5,23	7,63	157,23	142,38	17,5	21,5

cionados entre los más abundantes en el terreno geológico por el que discurren las aguas.

— Correlaciones en diagrama salino para observar las variaciones relativas de los distintos cationes y aniones en las dos épocas de muestreo.

2.1. Estudio geoquímico de los cationes

En las figuras 4 y 5 se representan las distribuciones lognormales de frecuencias acumuladas, deduciendo de cada una de ellas lo siguiente:

2.1.1. Sodio

El valor más probable para la serie (I) está sobre 2,5 mg/l, mientras que para la serie (II) se pueden considerar dos poblaciones, estando entonces el valor más probable comprendido entre 2,5 y 3 mg/l.

2.1.2. Potasio

En la primera serie aparece una dispersión bastante importante con un valor más probable de alrededor de 1,5 mg/l. Para la segunda serie he-

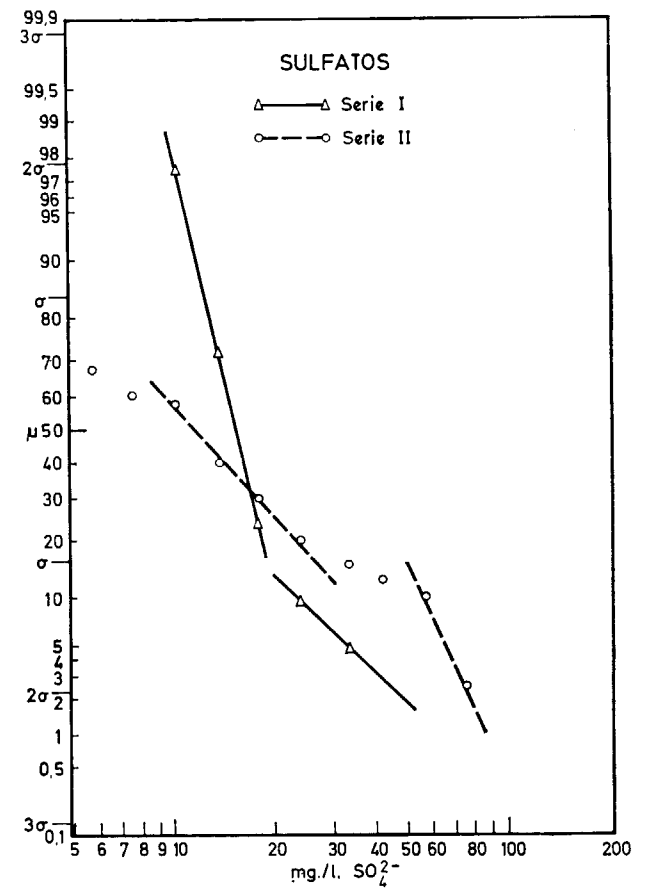
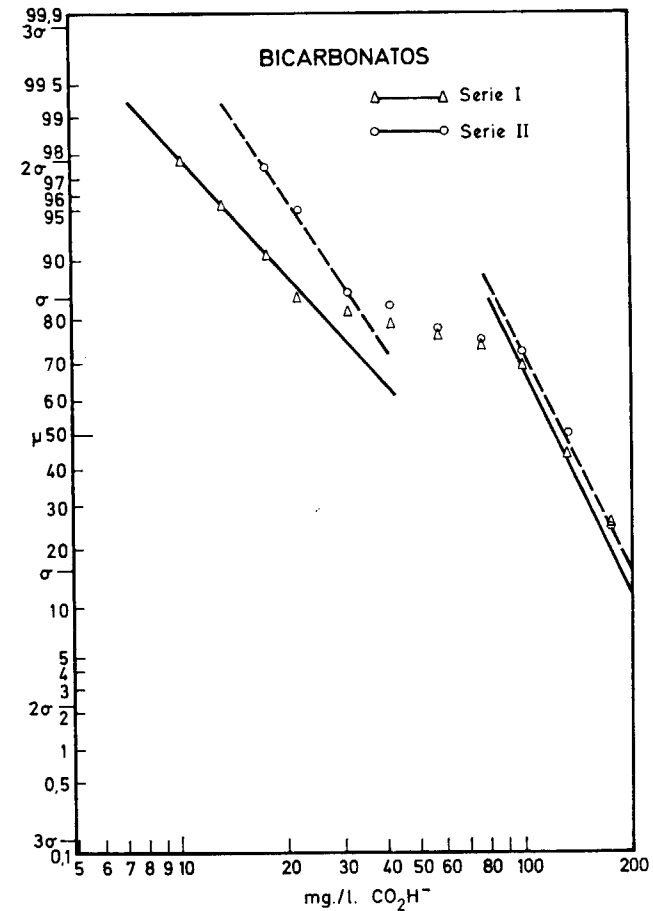
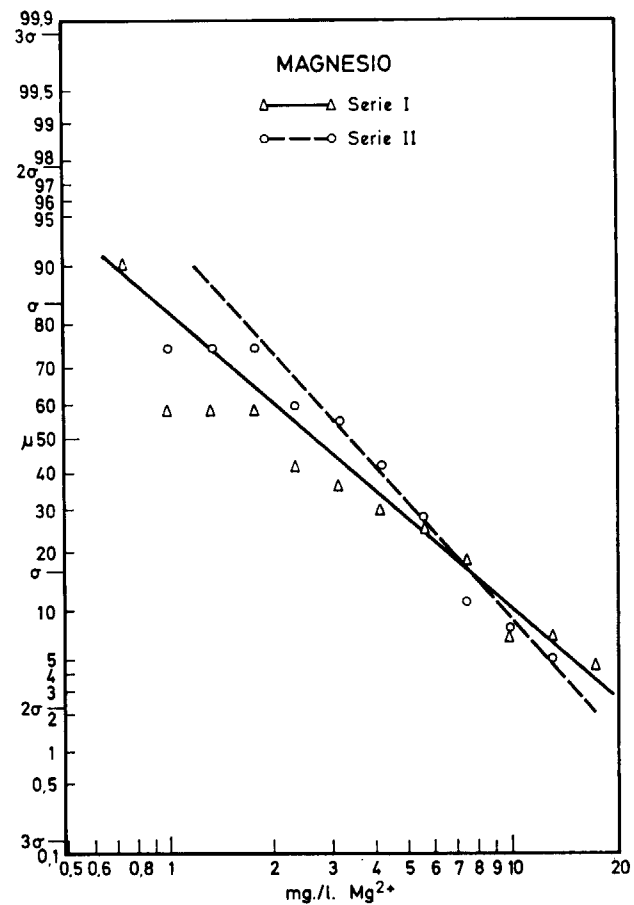
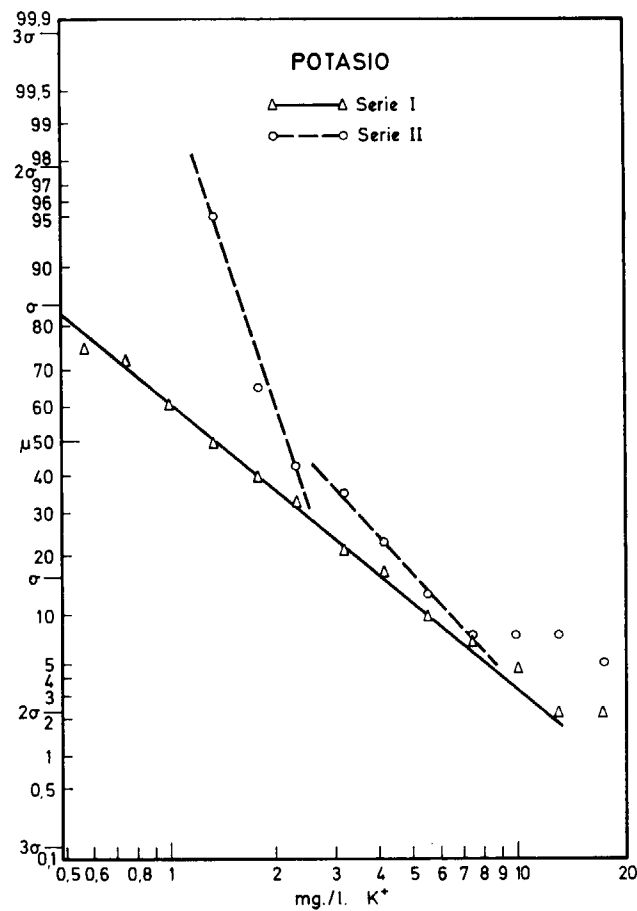


Figura 5.

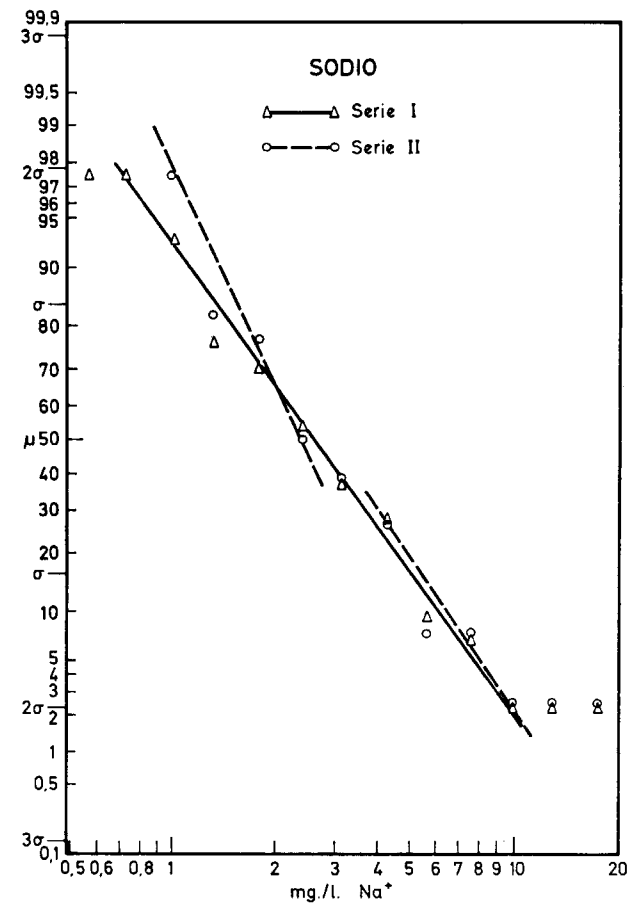
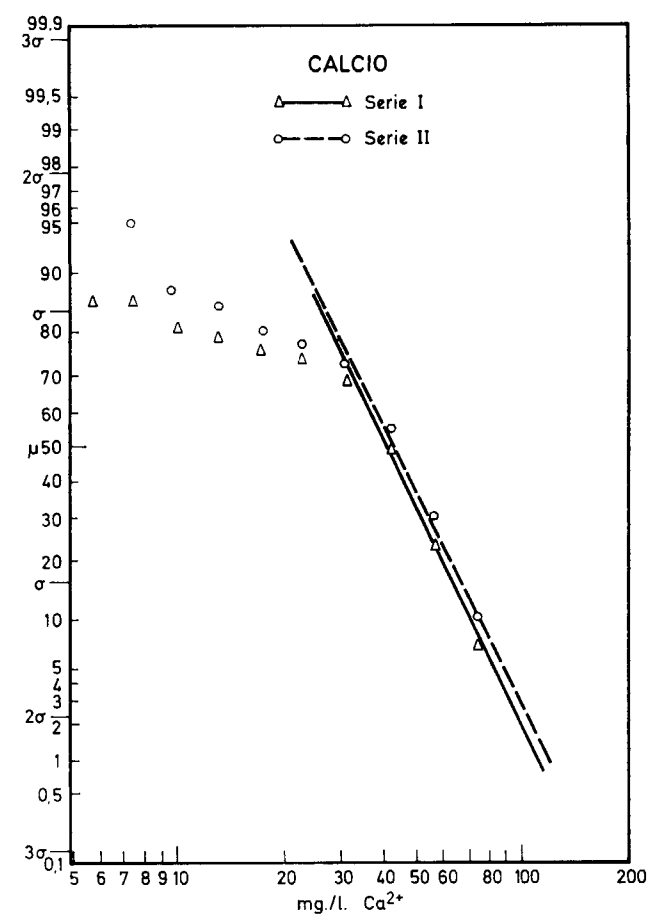
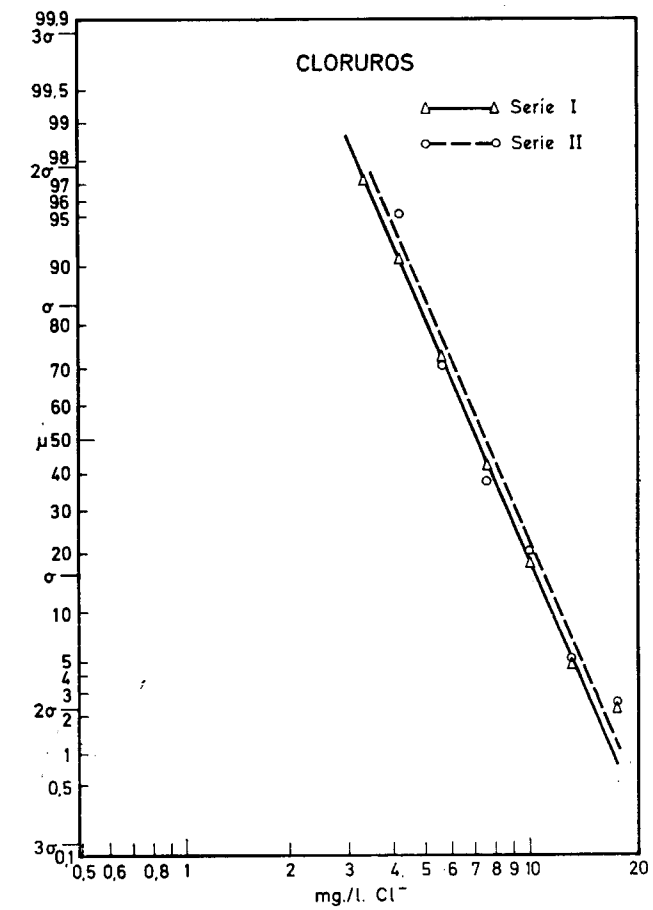


Figura 4.



mos considerado dos poblaciones, ya que hacia los 2,7 mg/l se produce un fuerte cambio de pendiente con aumento de la dispersión, el valor más probable es ligeramente superior a 2 mg/l.

2.1.3. Calcio

Vemos que el valor más probable difiere muy poco de una serie a otra, siendo alrededor de 40 mg/l, al menos para el 70 por 100 de la población.

2.1.4. Magnesio

Los valores más probables están alrededor de los 3 mg/l en ambas series, estando la serie (I) ligeramente por debajo de ese valor y la serie (II) ligeramente por encima del mismo; encontramos en ambos casos que la dispersión de los puntos es apreciable.

2.2. Estudio geoquímico de los aniones

2.2.1. Cloruros

Para ambas series la dispersión es pequeña, lo que nos da dos rectas muy juntas y casi verticales.

El valor más probable tanto en la primera como en la segunda serie es de alrededor de 7 mg/l.

2.2.2. Sulfatos

El valor más probable de la serie (I) es de 15 mg/l. A partir de 20 mg/l hay un fuerte cambio de pendiente, por lo que pueden considerarse dos poblaciones, correspondiendo a la primera el 80 por 100 de los valores. La serie (II) presenta mayor dispersión que la anterior. El valor más probable es de 12 mg/l. También se pueden considerar dos poblaciones, estando incluidos en la primera cerca del 40 por 100 de los valores.

2.2.3. Bicarbonatos

En ambas series se pueden considerar dos poblaciones. El valor más probable es del orden de 130 mg/l.

2.3. Correlaciones entre los cationes y los aniones

Teniendo en cuenta que en esta zona abundan los materiales calcáreos, se considera interesante establecer la correlación de bicarbonato frente a calcio. En la figura 6 se observa que la mayoría de las muestras presentan una buena correlación 1:1, lo que corrobora que todas ellas discurren por terreno calcáreo. También se ha representado el diagrama de sulfato frente a calcio. En la figura 7 puede verse que no hay prácticamente ninguna muestra que se encuentre en la zona de proporción 1:1, por predominar el terreno calcáreo sobre el yesífero.

2.4. Correlaciones en diagrama salino

A fin de observar las variaciones relativas entre los diversos cationes y aniones, en las distintas épocas de recogida, representamos en un diagrama salino los valores correspondientes a los mismos. Los valores de los cationes para el caso de los alcalinos varían de un 3 a un 40 por 100; para el calcio los valores están comprendidos entre un 45 y un 90 por 100, y para el magnesio entre un 0 y un 40 por 100. Respecto de los aniones, los cloruros están entre un 3 y un 47 por 100, si bien la mayoría de la población se encuentra entre un 7 y un 14 por 100; para los sulfatos el ámbito es de 0 a 50 por 100, estando la mayor parte entre el 5 y el 20 por 100; para los bicarbonatos el tanto

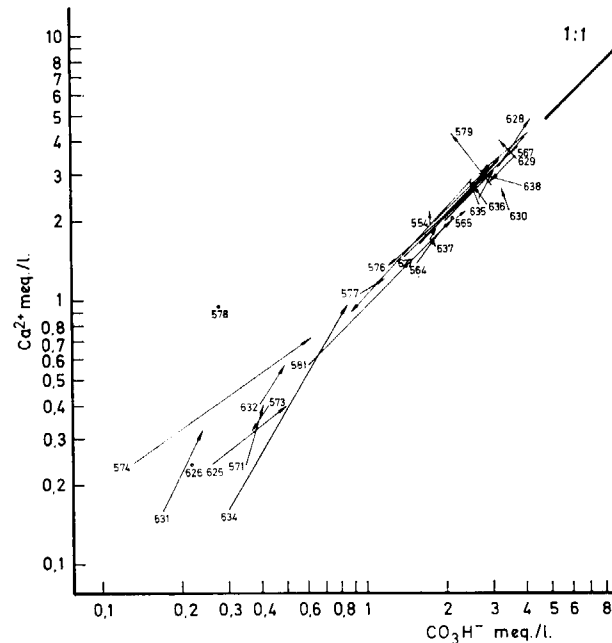


Figura 6.

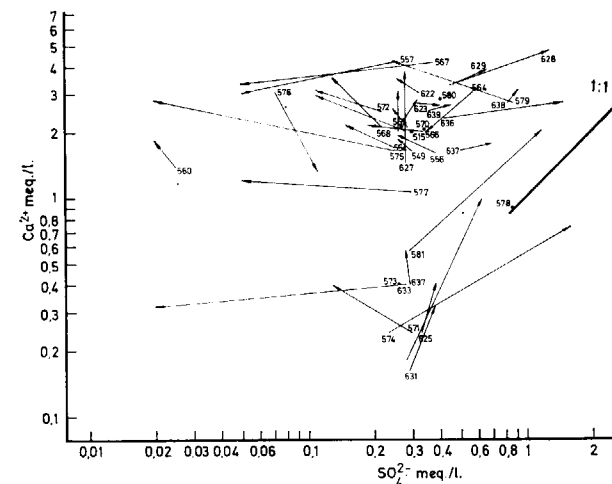


Figura 7.

por ciento varía entre el 30 y el 90 por 100. En la figura 8 se observa que más del 60 por 100 de las muestras se encuentran agrupadas en una zona característica del ambiente calcáreo.

3. DISCUSION DE RESULTADOS

Existe una excelente concordancia en el diagrama de correlación $\text{Ca}^{2+}/\text{CO}_3\text{H}^-$, ya que casi todas las muestras siguen la línea de estequiometría 1:1, lo que indica que atraviesan terrenos calizos. En

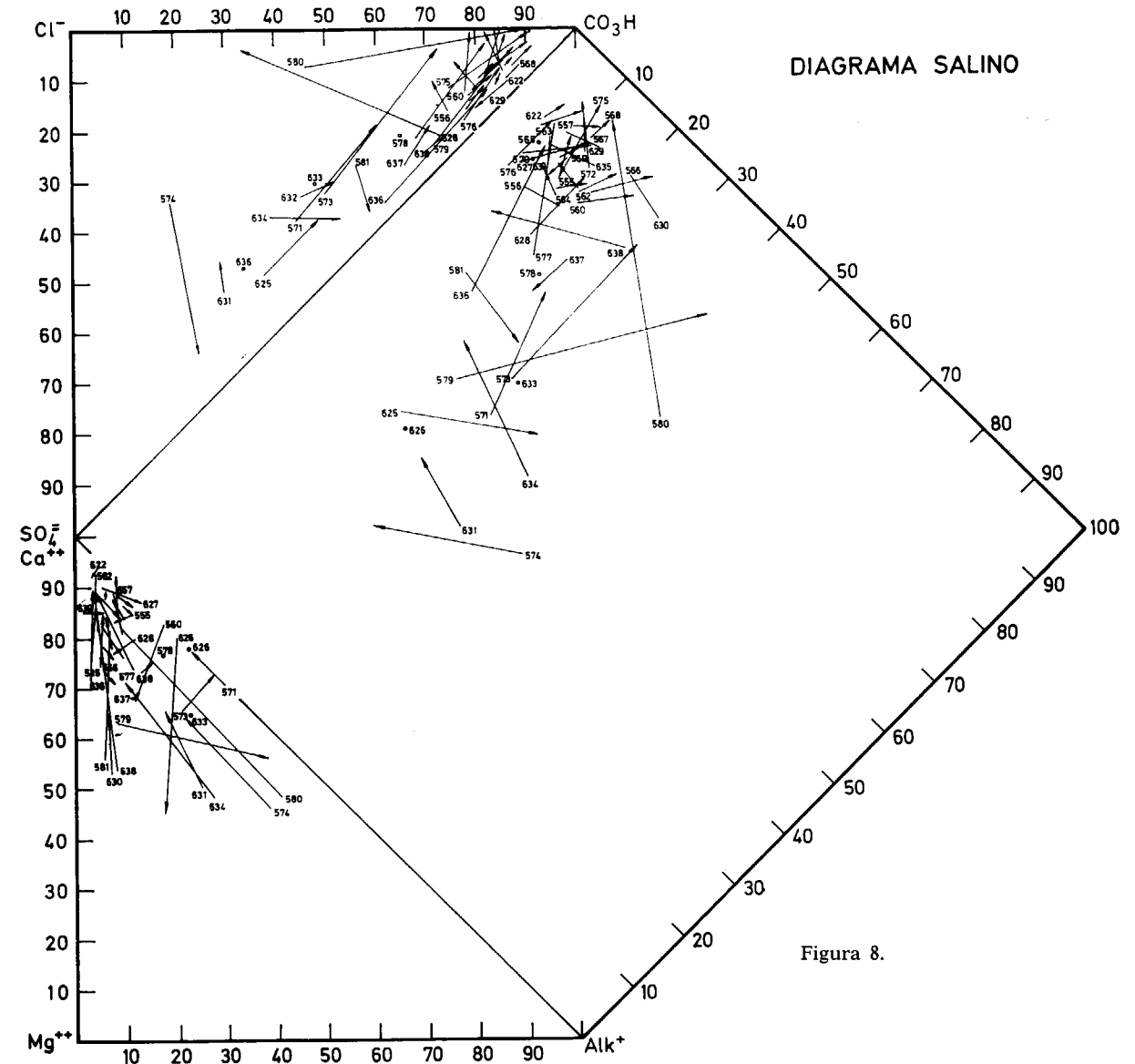


Figura 8.

efecto, existe un cars en la hoz del río Lobos que ocupa gran parte de la zona en estudio.

Se observa la presencia de ambientes ligeramente yesíferos en algunas zonas, esto se pone particularmente de manifiesto en los diagramas de correlación $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ y vuelve a aparecer en el diagrama salino.

Es interesante destacar que en el diagrama salino aparece una zona perfectamente delimitada, en la que se agrupan la inmensa mayoría de las muestras, y que corresponde a un ambiente calcáreo.

Finalmente, conviene señalar que existe una mar-

cada concordancia entre los contenidos iónicos de las aguas y los terrenos geológicos que éstas atraviesan.

4. BIBLIOGRAFIA

- 1.—Instituto Geográfico y Catastral. Mapa Topográfico Nacional 1:50.000. Hoja núm. 348, San Leonardo (Soria).
- 2.—Instituto Geológico y Minero de España. Mapa Geológico de España 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente. Hoja núm. 31. Madrid, 1971.
- 3.—Boletín mensual climatológico del Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

GEOTECNIA

Pulimento de áridos carbonatados en capas de rodadura

Parte II: Evolución topográfica

M. MONTOTO (*) y J. ALONSO (*)

RESUMEN

Mediante réplicas y microscopía electrónica de «scanning» se analiza la evolución microtopográfica de áridos carbonatados durante el ensayo de «Pulimento acelerado».

A fin de evaluar la posible influencia de la composición petrográfica, en el desarrollo de superficies de deslizamiento en carretera, se han seleccionado cinco materiales con diferencias petrográficas acusadas en cuanto a: presencia de granos de cuarzo, poros, laminaciones, granulometría.

ABSTRACT

The microtopographic evolution of calcareous roadstones during the Accelerated polishing test is analyzed by means of «replicas» observed under scanning electron microscopy.

According to the following petrographic differences: presence of quartz grains, pores, textural laminations, granulometry, etc., five different roadstones have been selected to evaluate the influence of their petrographic composition on the development of skidding road surfaces.

INTRODUCCION

En este trabajo, continuación de nuestro anterior, ALONSO, J., y MONTOTO, M. (1982), se estudia la evolución topográfica experimental de los áridos carbonatados, en capas de rodadura, obtenida a lo largo del Ensayo de Pulimento Acelerado analizándose los procesos implicados y la influencia de determinados parámetros petrográficos.

Para ello se ha seguido la evolución topográfica de una misma superficie de árido, e incluso de sus minerales constituyentes a lo largo del ensayo; o sea, la superficie inicial antes del ensayo se compara con la final y la correspondiente a la intermedia de tres horas. Algunas de las dificultades de este procedimiento, para escalas de observación cercanas a 200 aumentos, se centran en las pérdidas de material que tiene lugar durante el ensayo por fenómenos de abrasión y saltación.

Dado que la observación microtopográfica

mediante microscopía electrónica de «scanning» (S. E. M.) requiere muestras, en general de pequeño tamaño, y dado que las probetas del ensayo no deben destruirse durante el mismo, ha sido necesario recurrir a la obtención de réplicas de dichas probetas de árido, concretamente de las correspondientes a los dos primeros estadios del ensayo, por lo que la probeta real, o un fragmento de la misma, sólo puede ser observada al S. E. M. para el análisis de la etapa final del ensayo.

Esta técnica de réplicas, de relativamente gran superficie, es también de gran interés para el estudio de la evolución topográfica real de los áridos, o sea tras su permanencia en las capas de rodadura de las carreteras a lo largo de varios años de servicio. Debe señalarse, por otra parte, que la obtención de réplicas de las probetas no altera en absoluto sus características y que no se ha observado, para una misma muestra de roca, ninguna diferencia entre los valores de CPA (coeficiente de pulimento acelerado) obtenidos a partir de probetas replicadas y sin replicar.

(*) Departamento de Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Oviedo.

REPLICAS

Las superficies de «réplica», dotadas de un mejor grado de reproducción microtopográfica del árido original, se han conseguido utilizando látex (Revultex, M. R.), tanto para la obtención de réplicas-negativo como positivo.

La preparación de las réplicas-negativo es muy sencilla. Se parte de una superficie a replicar limpia y seca; se humedece muy ligeramente y se extiende sobre ella una delgada capa de látex mediante pincel de pelo fino; una vez seca se extienden las siguientes capas, ya más gruesas, esperando siempre a que haya secado completamente la inmediata anterior. Finalmente puede desprenderse levantando por una esquina y dejando pasar algunas horas antes de su manipulación.

Las réplicas-positivo se han realizado con el mismo material y procedimiento, metalizando previamente con capa fina de oro de algunos pocos centenares de Å, la superficie de la réplica-negativo. Dicha capa fina actúa de interfase facilitando la posterior separación de ambas réplicas.

Entre las ventajas de este tipo de réplicas pueden señalarse:

- Fácil obtención y manejo.
- Posibilidad de replicar áreas de gran superficie, del orden de dm^2 .
- Posibilidad de obtener réplicas rígidas intercalando soportes de vidrio o metal.
- Trabajar con un mismo material en la obtención de réplicas-positivo y réplicas-negativo.
- Calidad de las réplicas, conservándose los detalles microtopográficos hasta escalas de observación del orden de 1.000 aumentos (figura 1).

Entre los inconvenientes pueden mencionarse:

- Reducción del tamaño del orden del 20 por 100; consecuencia de esta contracción son las ondulaciones observables en áreas planas, y de pocas micras de profundidad.
- Presencia de burbujas que invalidan algunas zonas (representan un porcentaje muy pequeño de la superficie a replicar).
- En condiciones estandarizadas de trabajo no pueden utilizarse para observaciones a grandes aumentos, por encima de 5.000, ya

que el mayor kilovoltaje requerido provoca un aumento en la temperatura de la muestra, produciéndose fisuras en el látex que rápidamente se propagan por toda la réplica.

METODO DE TRABAJO

En cada una de las doce rocas carbonatadas ensayadas se ha seleccionado una probeta y un grano de árido de su parte central, donde seguir la evolución microtopográfica al S. E. M. bajo diferentes escalas de observación.

En primer lugar, y como testigos de esta evolución a gran escala, se han tomado fotografías del grano escogido —sobre placas 9×12 mm.— a 0 h., 3 h. y 6 horas de ensayo, siendo ya estas imágenes muy significativas sobre el comportamiento del árido.

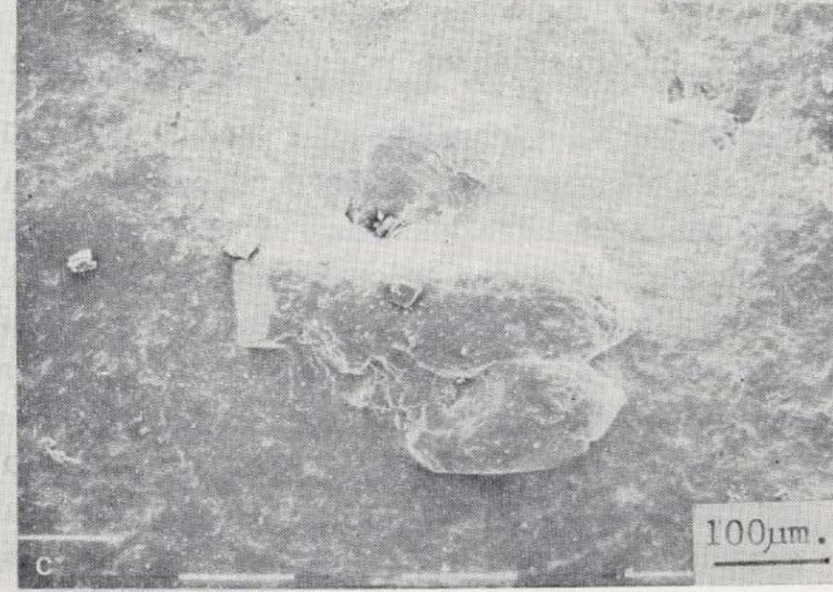
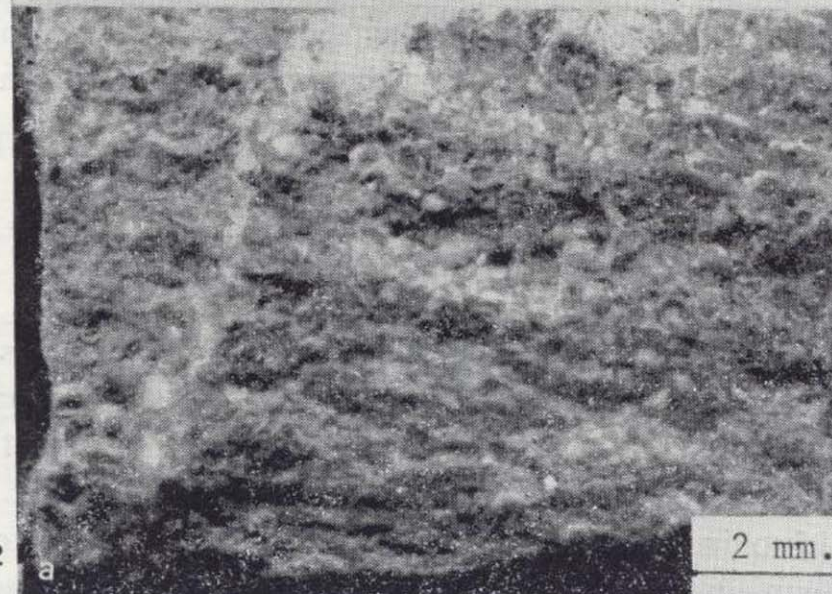
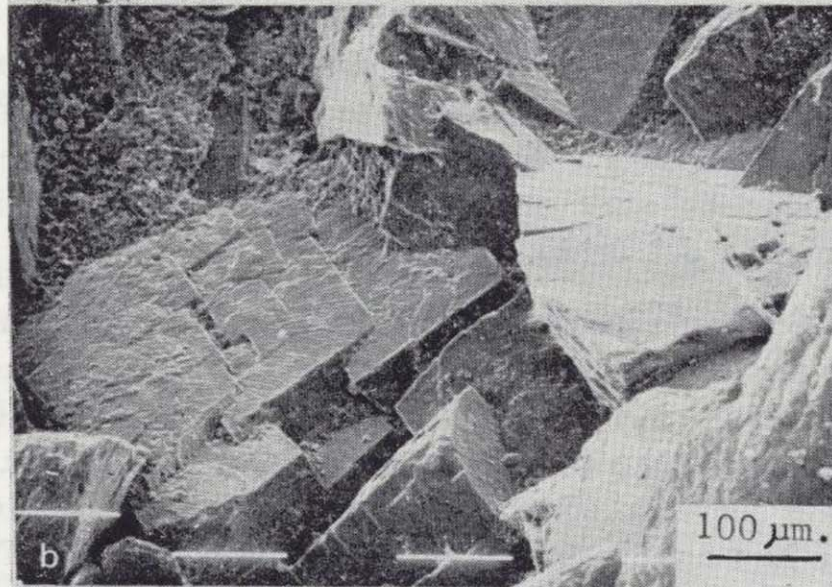
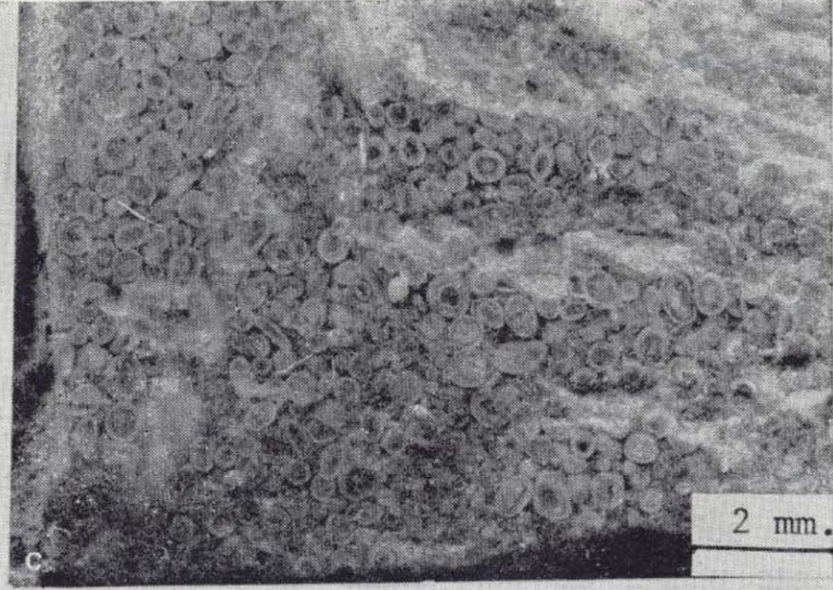
Se han realizado también las réplicas negativo y positivo, después de los dos primeros estadios de evolución (0 h. y 3 h.), de la zona donde se situaba el grano en examen. Estas réplicas, junto a la correspondiente zona real de la probeta a 6 h., se han analizado y comparado bajo S. E. M. Tales estudios se han complementado con otros, rutinarios, mediante microscopía óptica de polarización, relativos a la mineralogía y textura de la roca.

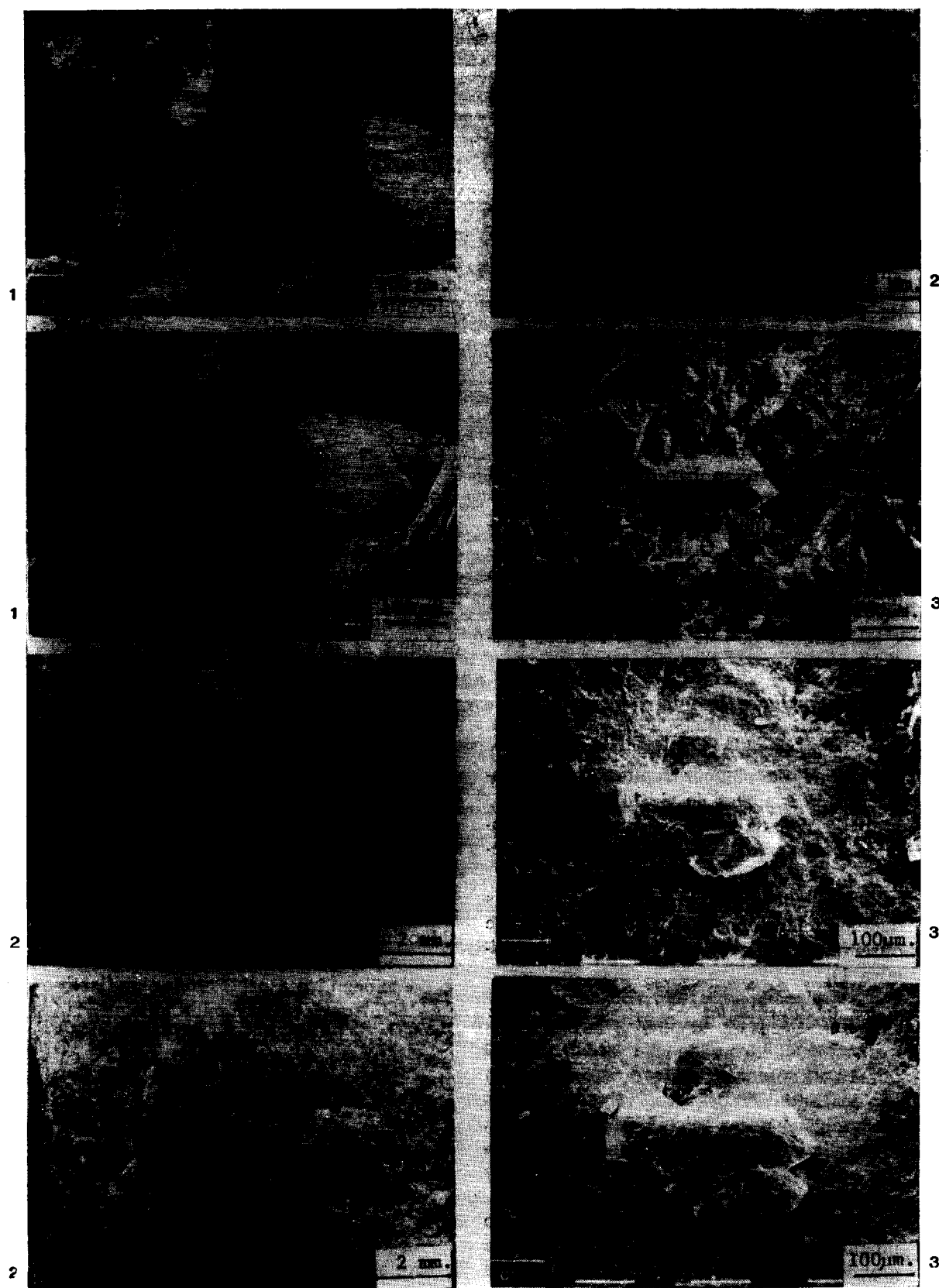
RESULTADOS PETROGRAFICOS

Se han seleccionado 5 rocas con diferencias petrográficas acusadas, en cada una se reseña la naturaleza y clasificación petrográfica, junto a algunas de sus propiedades elementales (R. I., residuo insoluble; n, porosidad y C. P. A.) tanto en términos absolutos como relativos. A continuación se mencionan los aspectos más significativos de la evolución topográfica y microtopográfica, partiendo de las rocas de grano grueso hasta las microcristalinas.

Muestra «G» - Caliza oolítica liásica Colunga

- Caliza granuda, masiva, con vetas.
- Grainstone (oobioesparita).
- RI: medio (2,4 por 100; con cuarzo); ausencia de dolomita.





- n: media (3 por 100) microporos: 15 μm .
- CPA: medio (0,30); pérdida de rugosidad media, evolución uniforme.

Es representativa de las calizas con textura detritica, calizas oolíticas y bioclásticas maduras; en ella puede observarse que los componentes carbonatados con distinta génesis (grano, cemento, vetas, ...) no muestran ninguna influencia sobre el grado de pulimento final (fig. 2).

La presencia de algunos granos de cuarzo euhebrales, hacen a este árido muy apropiado para el control de la evolución microtopográfica (fig. 3).

Durante la primera etapa del ensayo tiene lugar la mayor pérdida de materia, lo cual se traduce en una nivelación topográfica de algunos bordes de los oolitos; esta pérdida está controlada por la dureza mineral.

Durante la segunda etapa la pérdida de materia es mínima, apareciendo en zonas elevadas de los carbonatos superficies planas continuas bien pulidas, las cuales únicamente pierden su continuidad a causa de poros o bordes de grano. A otra escala la presencia de cuarzo produce resaltes topográficos en relación con su tamaño, impidiendo el pulimento de su entorno.

El porcentaje de cuarzo es muy bajo, y su desarrollo granulométrico muy pequeño, lo cual explica el discreto comportamiento, como árido, de esta muestra, que incluso llega a ser peor que el de algunas calizas carentes de cuarzo.

Muestra «C» - Dolomía oolítica lásica. Peón

- Dolomía granuda, masiva, porosa.
- Cristalina heterogranular (restos de ooides).
- RI: bajo (1 por 100); ausencia de calcita.
- n: alta (4,6 por 100) poros: 60 μm , microporos: 10 μm .
- CPA: alto (0,33); pérdida de rugosidad ele-

vada, evolución más acusada en la primera etapa del ensayo.

Se trata de una dolomía secundaria, correspondiente a los mismos niveles estratigráficos que la anterior, y situada en una zona próxima de la misma cuenca sedimentaria. En ella puede reconocerse la textura de la caliza primitiva —grainstone—.

En ella la naturaleza granuda es poco evidente en el estadio inicial, sin embargo, dicho carácter textural se va resaltando durante el pulimento experimental, tal como puede observarse al final del mismo (fig. 4).

La dolomitización lleva asociada una importante porosidad, y puede verse cómo los grandes poros se sitúan en las zonas intergranulares, mientras que los granos más compactos y constituidos por cristales de dolomita de menor tamaño, resultan más resistentes.

Es por ello que las superficies bien pulidas, lo son, como máximo, a escala intragranular, por lo que no llegan a traspasar sus bordes, acentuándose el aspecto granudo durante la evolución topográfica.

En conclusión, el proceso de dolomitización, al actuar sobre una textura heterogranular, produce un mejor comportamiento del árido.

Muestra «A» - Dolomía secundaria. Villapérez

- Dolomía cristalina, masiva, grandes poros.
- Cristalina grosera heterogranular (100 μm /1 mm.).
- RI: bajo (0,6 por 100); algo de calcita en geodas.
- n: alta (3,9 por 100) poros: 100 μm /1 mm., microporos: 10 μm .
- CPA: alto (0,36); pérdida de rugosidad media, evolución más acusada en la segunda etapa del ensayo.

Figura 1.—Detalle microtopográfico del árido original (a) y de la misma zona mediante réplica-positivo de látex (b). El grado de reproducción morfológico conseguido, y el tamaño de estas réplicas, es muy adecuado para este tipo de trabajo.

Figura 2.—(a) 0 h.; rugosidad en relación a veces con el tamaño de los oolitos. (b) 3 h.; rugosidad ya sin relación con dicho tamaño. (c) 6 h.; se desarrollan extensas áreas planas pulidas.

Figura 3.—(a) 0 h.; Réplica. Resaltes topográficos en un oolito núcleo de cuarzo. (b) 3 h.; Réplica. Pérdida diferencial de material muy acusada, nivelación de carbonato. (c) 6 h.; Roca original. Fuera del entorno del cuarzo que resalta microtopográficamente, se observa un fuerte pulimento del material carbonatado.

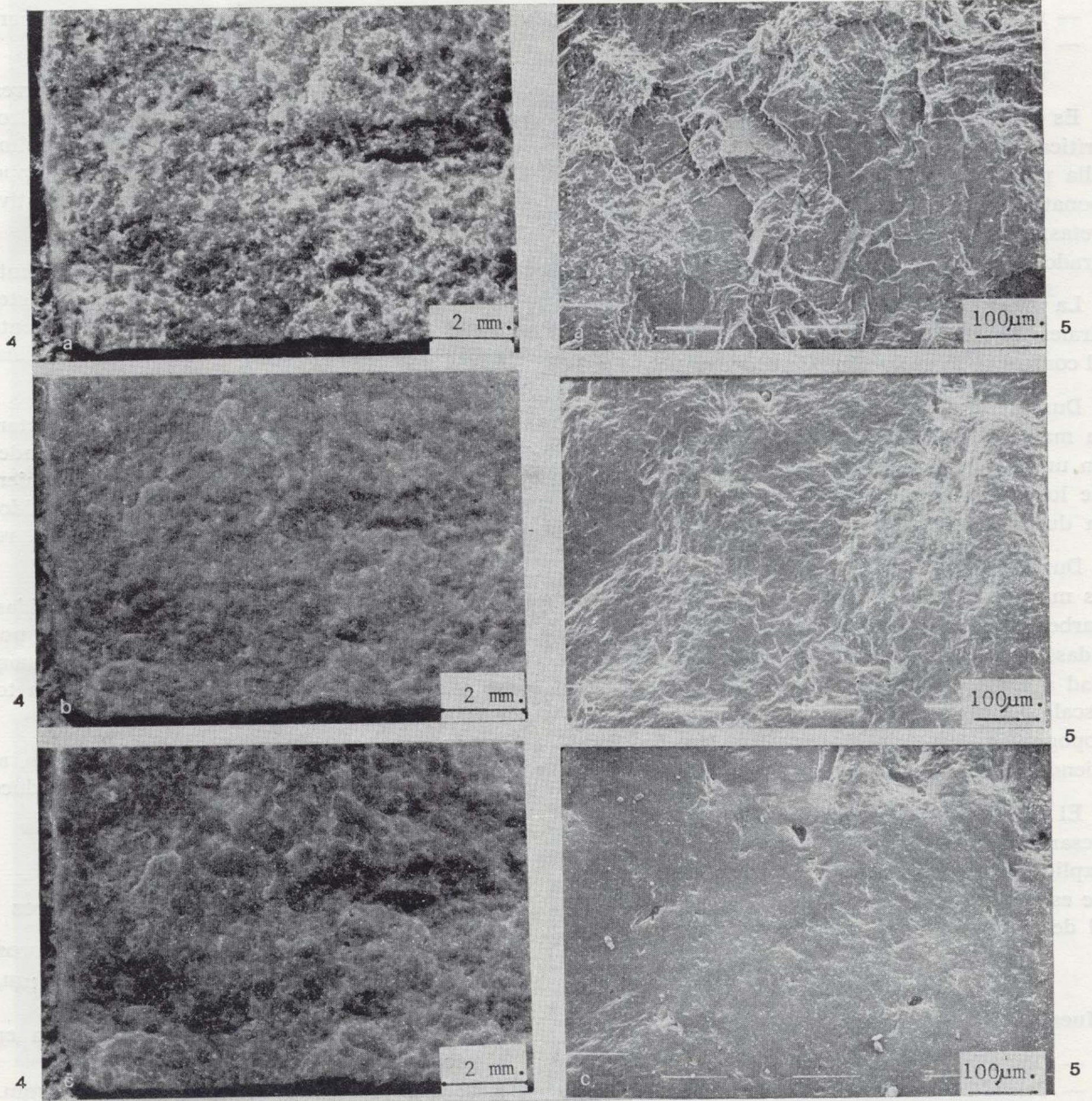


Figura 4.—(a) 0 h.; aspecto ligeramente granudo. (b) 3 h.; acentuación del aspecto granudo, aparición de poros. (c) 6 h.; áreas bien pulidas restringidas al interior de los granos.

Figura 5.—(a) 0 h.; Réplica. Aspecto anguloso muy acusado. (b) 3 h.; Réplica. Rugosidad elevada, pérdida de las caras cristalinas. (c) 6 h.; Roca original. Áreas planas bien pulidas.

Es una dolomía cristalina grosera, que presenta una topografía inicial acusada con superficies espáticas y sus correspondientes aristas y vértices, resultando muy angulosa, aunque no es de las que ofrecen las máximas resistencias al deslizamiento inicial.

Durante la primera etapa del ensayo es llama-

tiva la pérdida de materia, y como consecuencia la de rugosidad; sin embargo, esta última pérdida es relativamente más importantes durante la segunda etapa del ensayo (fig. 5).

El resultado final son áreas planas bien pulidas, donde la continuidad está rota por poros y microgeodas, que dada su abundancia y tamaño

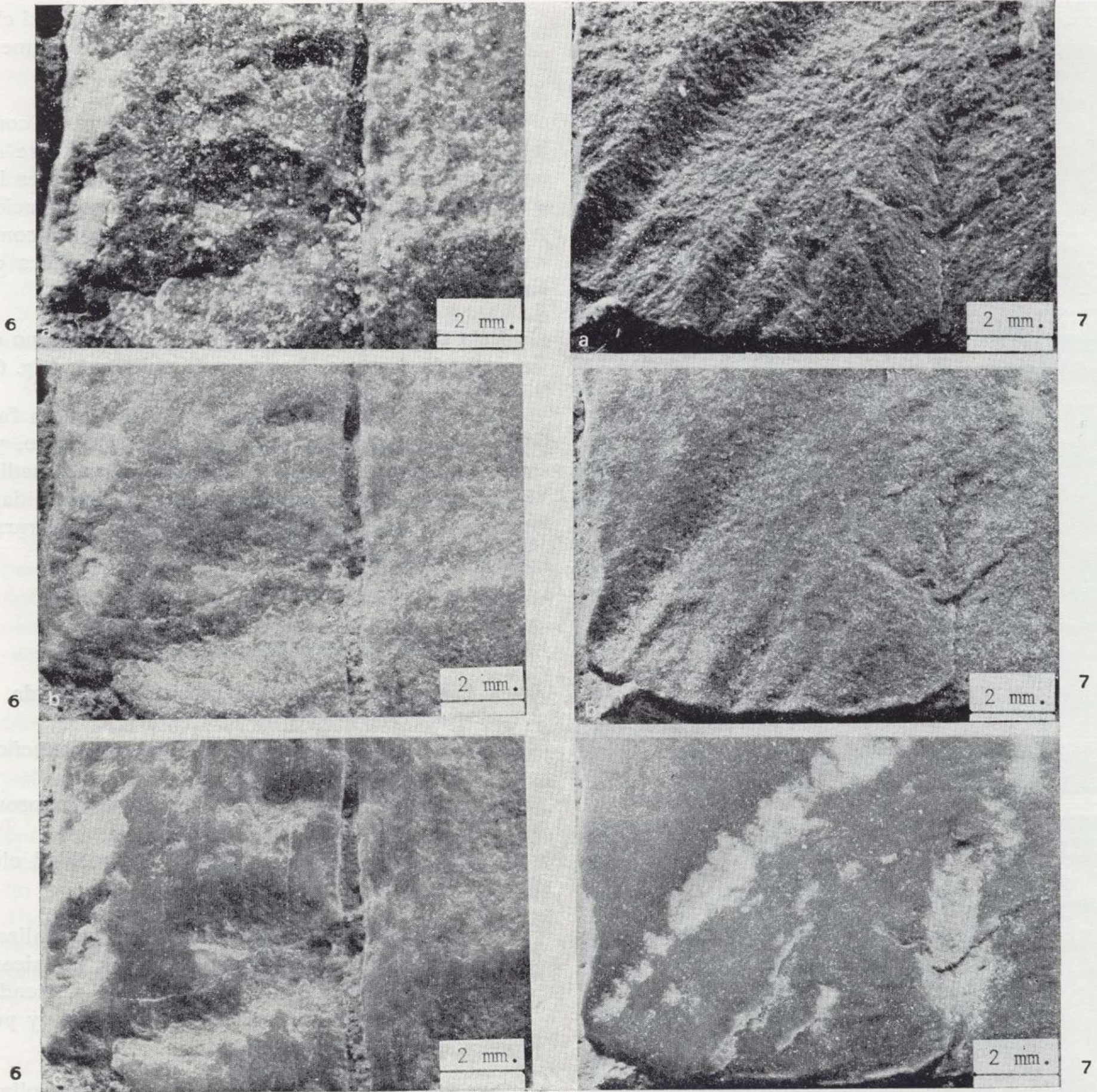


Figura 6.—(a) 0 h.; rugosidad de tipo medio. (b) 3 h.; pérdida acusada de rugosidad. (c) 6 h.; pulido en abundantes áreas planas, con laminaciones impidiéndolo a veces.

Figura 7.—(a) 0 h.; baja rugosidad, ausencia de discontinuidades. (b) 3 h.; baja rugosidad. (c) 6 h.; extensas áreas planas bien pulidas.

son la causa del comportamiento relativamente bueno de esta muestra; sin que parezcan presentar ninguna influencia directa al tamaño y la forma de los cristales de dolomita.

Muestra «E» - Caliza carbonífera. Villapérez

- Caliza cristalina, laminada, algunas vetas.
- Cristalina de grano fino, homogranular (60 μ m).

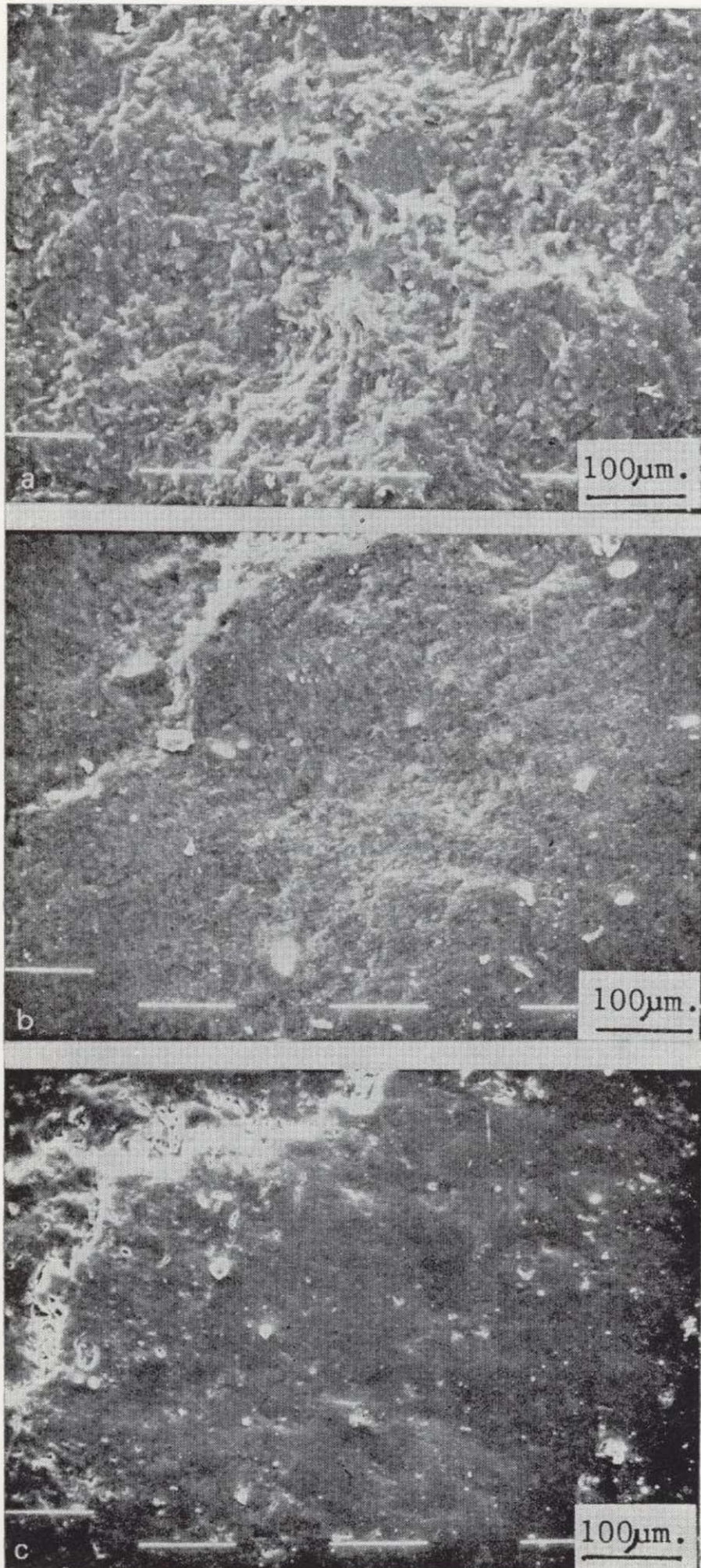


Figura 8.—(a) 0 h.; Réplica. Rugosidad generada por los cristales de calcita de unas $15 \mu\text{m}$. (b) 3 h.; Réplica. Pérdida de elementos cristalinos, rugosidad más baja. (c) 6 h.; Roca original. Elevado grado de pulimento, microporos aislados.

- RI: bajo (0,5 por 100); dolomita ferrosa en algunas vetas.
- n: baja (0,6 por 100) pocos poros y microporos: $2 \mu\text{m}$.

— CPA: medio (0,32); pérdida de rugosidad elevada, evolución más acusada en la primera etapa del ensayo.

Es una caliza muy homogénea, pura y compacta. Destaca una laminación muy constante de unos 2 mm. de potencia —semejando a veces incipientes estilolitos—, generada por concentración de minerales opacos y de las arcillas, así como por disminución del tamaño de los cristales de calcita.

Esta discontinuidad penetrativa vemos cómo es acentuada durante el ensayo de pulimento (fig. 6).

En consecuencia, este rasgo textural es un factor positivo en el comportamiento estudiado, ya que esta muestra llega a alcanzar valores medio-altos, relativamente, cuando por su homogeneidad, pureza y ausencia de poros podrían esperarse peores resultados.

Muestra «J» - Caliza liásica. Villaviciosa

- Caliza microcristalina, masiva a bandeada.
- Mudstone más o menos fosilífera.
- RI: medio (2,1 por 100); escasos y pequeños cristales de dolomita.
- n: baja (0,5 por 100) pocos microporos: $5 \mu\text{m}$.
- CPA: bajo (0,27); pérdida de rugosidad elevada, evolución uniforme.

Esta muestra es representativa de las calizas microcristalinas —en particular de las jurásicas, donde se han estudiado más muestras—, siendo en general muy puras, compactas, y con muy pequeños porcentajes de dolomita.

Durante su evolución estas rocas desarrollan amplias superficies bien pulidas, que dada la homogeneidad y ausencia de discontinuidades, llegan a alcanzar grandes extensiones (fig. 7).

A mayores aumentos puede verse la calidad del pulimento en estas áreas, en los alrededores de una fisura, que nos sirve de referencia (fig. 8).

En ausencia de discontinuidades —ya sean composicionales o texturales— este tipo de evolución es corriente en las rocas carbonatas, explicando los francamente malos comportamientos que con ellas se obtienen.

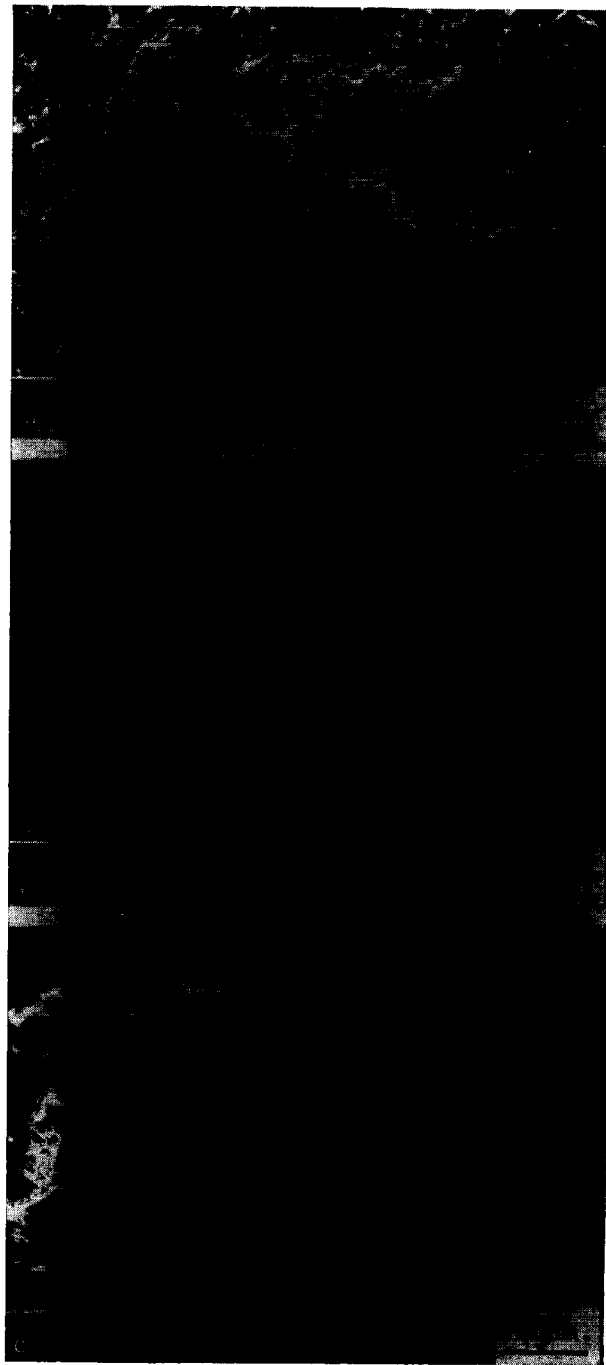


Figura 8.—(a) 0 h.; Réplica. Rugosidad generada por los cristales de calcita de unas 15 µm. (b) 3 h.; Réplica. Pérdida de elementos cristalinos, rugosidad más baja. (c) 6 h.; Roca original. Elevado grado de pulimento, microporos aislados.

- RI: bajo (0,5 por 100); dolomita ferrosa en algunas vetas.
- n: baja (0,6 por 100) pocos poros y microporos: 2 µm.

— CPA: medio (0,32); pérdida de rugosidad elevada, evolución más acusada en la primera etapa del ensayo.

Es una caliza muy homogénea, pura y compacta. Destaca una laminación muy constante de unos 2 mm. de potencia —semejando a veces incipientes estilolitos—, generada por concentración de minerales opacos y de las arcillas, así como por disminución del tamaño de los cristales de calcita.

Esta discontinuidad penetrativa vemos cómo es acentuada durante el ensayo de pulimento (fig. 6).

En consecuencia, este rasgo textural es un factor positivo en el comportamiento estudiado, ya que esta muestra llega a alcanzar valores medio-altos, relativamente, cuando por su homogeneidad, pureza y ausencia de poros podrían esperarse peores resultados.

Muestra «J» - Caliza liásica. Villaviciosa

- Caliza microcristalina, masiva a bandeada.
- Mudstone más o menos fosilífera.
- RI: medio (2,1 por 100); escasos y pequeños cristales de dolomita.
- n: baja (0,5 por 100) pocos microporos: 5 µm.
- CPA: bajo (0,27); pérdida de rugosidad elevada, evolución uniforme.

Esta muestra es representativa de las calizas microcristalinas —en particular de las jurásicas, donde se han estudiado más muestras—, siendo en general muy puras, compactas, y con muy pequeños porcentajes de dolomita.

Durante su evolución estas rocas desarrollan amplias superficies bien pulidas, que dada la homogeneidad y ausencia de discontinuidades, llegan a alcanzar grandes extensiones (fig. 7).

A mayores aumentos puede verse la calidad del pulimento en estas áreas, en los alrededores de una fisura, que nos sirve de referencia (fig. 8).

En ausencia de discontinuidades —ya sean composicionales o texturales— este tipo de evolución es corriente en las rocas carbonatas, explicando los francamente malos comportamientos que con ellas se obtienen.

CONCLUSIONES

A partir de las observaciones realizadas mediante S. E. M., se concluye que:

a) Durante la primera etapa del ensayo tiene lugar la pérdida más importante de materia (del orden de un 90 por 100) del total eliminado. Esto es más evidente en las rocas granudas y cristalinas, que pasan a presentar, en general, topografías muy próximas a las microcristalinas; paralelamente, los correspondientes valores de resistencia al deslizamiento, son también parecidos en estas rocas.

b) Durante la segunda etapa del ensayo la pérdida de materia es mucho menor (10 por 100 restante) y también la evolución topográfica, mostrándose una clara diferenciación entre las zonas de «cresta y de valle» de la superficie del árido.

c) En las zonas de «cresta» se desarrollan superficies especulares muy bien pulidas. La calidad del pulimento es en ellas muy semejante, apareciendo poros aislados de pocas micras, cuyo tamaño y porcentaje no parecen significativos.

d) El factor fundamental, de cara a los problemas prácticos de deslizamiento en carretera, es la relación existente entre las superficies bien pulidas y las de «valle» sin pulir, así como la distribución o grado de continuidad de tales superficies especulares. El que las superficies de deslizamiento no lleguen a alcanzar gran desarrollo y continuidad, es debido a la existencia de discontinuidades microtopográficas, cuyas dimensiones mínimas, en cuanto a su influencia práctica, se sitúa alrededor de las 200 µm. Tales dis-

continuidades microtopográficas son consecuencia, a partir de un cierto tamaño, de las características texturales y composicionales del material rocoso. En concreto: presencia de granos de cuarzo, presencia de poros, laminaciones, fisuras...

BIBLIOGRAFIA

- HOGERVORTST, D.: *Some properties of crushed stone for road surface*. Bull. Int. Ass. Eng. Geol., 10, pp. 59-64 (1974).
- HOSKING, J. R.: *Aggregates for skid-resistant roads*. Transport and Road Res. Lab., Crowthorne, Berkshire (U. K.), Report 693, 30 p. (1976).
- NEVILLE, G.: *Replica techniques for the study of roadstones by scanning electron microscopy*. Transport and Road Res. Lab., Crowthorne, Berkshire (U. K.), Report 445, 23 p. (1972).
- NEVILLE, G.: *A study of the mechanism of polishing of roadstones by traffic*. Transport and Road Res. Lab., Crowthorne, Berkshire (U. K.), Report 621, 23 p. (1974).
- PAMELIER, C. H.: *Replica techniques for scanning electron microscopy. A Review*, en R. BECKER y O. JOHARI (Eds.), S. E. M., Chicago, Ill. (U. S. A.), Part II, pp. 831-836 (1978).
- PFEFFERKORN, G., y BOYDE, A.: *Review of replica techniques for scanning electron microscopy*, en O. JOHARI e I. CORVIN (Eds.), S. E. M./I. I. T., Res. Institute, Chicago Ill. (U. S. A.), Part I, pp. 75-82 (1974).
- VALERO, L.; MONTOTO, M.; UBACH, A., y SALINAS, J. L.: *Establecimiento de correlaciones prácticas entre las características petrográficas de las rocas más usadas en carretera y las propiedades de sus áridos*. Dirección General de Carreteras, Min. Obr. Publ. (Madrid), 500 p. (1977).

Recibido: Octubre de 1981

INFORMACION

Alfonso Limón, pionero en el siglo XVII de una ciencia de hoy: la Hidrogeoquímica

Por FERNANDO LOPEZ VERA (*)

RESUMEN

La geoquímica como disciplina se empieza a esbozar a mediados del siglo pasado, al tiempo que se perfeccionaban los métodos de análisis químicos cuantitativos, aunque su desarrollo no comenzó hasta principios de nuestro siglo.

En los últimos treinta años comienza a desarrollarse, a caballo entre la geoquímica y la hidrología, la Hidrogeoquímica, ciencia hoy en plena expansión. Sin embargo, muchos de los principios de esta novísima disciplina pueden encontrarse en textos antiguos como el que aquí se comenta: «Espejo cristalino de las aguas de España», escrito a finales del siglo XVII por el Dr. D. Alfonso Limón Montero, Catedrático de la Universidad de Alcalá de Henares.

ABSTRACT

The beginning of Geochemistry as scientific matter happens on the middle of the last century when chemical analysis methods were becoming better done. Anyway the said science developing doesn't start till the first years of this century.

On the last thirty years a new branch between geochemistry and hydrology is born: the hydrogeochemistry, that, at present time is expanding. However many principles of this science can be found in old books as the one with which is, actually, commented and which is titled «Espejo cristalino de las aguas de España», written on the XVII century.

INTRODUCCION

Con motivo de la celebración del centenario de la Ley de Aguas, el Instituto Geológico y Minero de España ha sacado del olvido un libro sorprendente, que pertenece a los fondos antiguos de su biblioteca.

Editado por el referido organismo en primorosa edi-

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

ción facsímil, en tirada de dos mil ejemplares no venales, ostenta en su portada este curioso título: ESPEJO CRISTALINO DE LAS AGUAS DE ESPAÑA, *hermoseado y guarnecido con el marco de variedad de fuentes y baños, cuyas virtudes, excelencias y propiedades se examinan, disputan y acomodan a la salud, provecho y conveniencias de la vida humana* (Figura 1). En la misma portada consta el nombre de su autor: «El doctor D. Alfonso Limón Montero, catedrático de vísperas de Medicina en la muy Ilustre y Docta Universidad de Alcalá de Henares». Allí se indica también la singularidad del tema que

trata «assumpto que hasta aora no ha tocado escritor alguno.» El libro fue editado por el impresor de la Universidad alcalaína Francisco García Fernández, en 1697, aunque estuvo listo para la imprenta en 1679. No sabemos todas las causas de tan larga dilación, aunque sí la más probable: la muerte de su autor, circunstancia que consta en los *Preliminares* del libro impreso.

Poco es lo que sabemos de nuestro ilustre autor. En el texto señala su origen; fue natural de Puertollano (Ciudad Real). Tampoco hemos encontrado referencias posteriores sobre su persona, tan sólo Juan Manuel López de Azcona en *Las aguas minerales en el libro del siglo XVIII*. Madrid. Instituto de España (1966) recoge la obra de Limón Montero y Juan Vernet Ginés en su *Historia de la Ciencia Española*. Madrid. Instituto de España (1975), le dedica dos líneas: «Sólo a fines del siglo (se refiere al XVII) aparecen unos cuantos hombres que tienen ya una noción clara de la nueva disciplina (química); Alfonso

Limón Montero y Juan de Cabriada...», página 177. A pie de página cita Vernet a R. Folech Andrés: *La Química*. Madrid, 1935, que es donde se supone supo de Limón Montero.

De los *Preliminares* recogemos otras noticias interesantes para la historia de libro tan singular.

Lo que en bibliografía recibe el nombre de *Preliminares* eran una serie de documentos legales (censuras, aprobaciones, privilegio, derechos de autor y tasa, precio oficial de venta, previos a su publicación, que obligatoriamente debían imprimirse en páginas anteriores al texto propio de la obra. Los *Preliminares* del *Espejo cristalino de las aguas de España* nos informan de lo siguiente: Su autor pertenecía al claustro de profesores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares e impartía sus clases por la tarde, que tal significaba por aquel entonces la expresión «catedrático de vísperas». *El espejo cristalino de las aguas de España* lo tenía ya terminado el 1 de agosto de 1679, fecha en que un colega suyo, catedrático de Teología, actúa como censor dando su aprobación al contenido de la obra, y concluyendo, como era uso y costumbre, que «no tiene cosa que disuene de los dogmas de nuestra Fe, ni que se oponga a la entereza de las buenas costumbres».

Tres días más tarde, el 4 de agosto de 1679, otro colega del Dr. Limón daba la correspondiente *aprobación* como especialista, pues era catedrático de la Facultad de Medicina, y como tal sólo alaba en el libro lo provechoso que ha de ser para la cura de muchas enfermedades, trufando todo su escrito de citas de autores clásicos —Homero, Aristóteles, Píndaro, Demóstenes, Séneca, etc.— sobre la bondad de las aguas.

Más interesante, desde nuestro punto de vista, es la *aprobación* del doctor don Gaspar Bravo de Sobremonte, médico de cámara de su majestad (es decir, del rey Carlos II, el último Austria) y médico de la Suprema y General Inquisición. Al médico inquisidor también plugo el libro y perseveró en la referencia pedantesca a citas de autores clásicos, apuntando asimismo la utilidad de la obra con respecto a la cura de muchas enfermedades si se incluía en su tratamiento la receta de aguas idóneas; pero lo más interesante y original de su escrito es que el Dr. Bravo de Sobremonte, notase que el *Espejo cristalino de las aguas de España* suministraba datos de rigurosa novedad en aquel entonces, concretamente «las virtudes medicinales de las aguas termales, que reciben de los minerales por donde pasan».

A poco de haber cumplido los trámites legales previos a la impresión de su obra, el Doctor Limón Montero falleció, y ésa es la causa por la que suponemos no se llevó a cabo la impresión del *Espejo cristalino de las aguas de España*. La obra durmió un sueño injusto durante dieciocho años, pues hasta 1697, como ya hemos dicho, no fue impresa a costa de la Universidad de Alcalá de Henares. Es muy simpático y estimulante el hecho de que fueran los propios catedráticos de aquella Universidad quienes promoviesen la impresión; tal vez eran nuevos y jóvenes profesores a los que entusiasmaron las técnicas

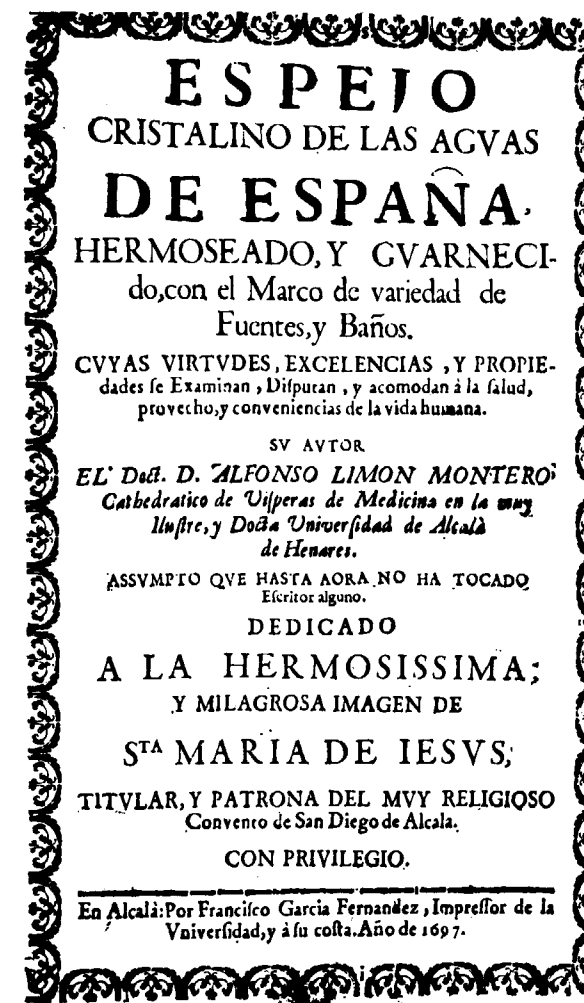


Figura 1.—Portada de la obra del Dr. D. Alfonso Limón Montero.

de investigación (*) empleadas por el Dr. Limón Montero. De muy otro talante debía de ser don Francisco Limón, hijo de nuestro autor, por cuanto se desentendió de la obra de su padre al ceder todos sus derechos al impresor Francisco García Fernández, según consta en el Privilegio, reproducido en los citados Preliminares.

Comentario especial merece el Prólogo que encabeza la obra que comentamos aquí. En él explica su autor el método que ha seguido para investigar las virtudes y propiedades de las aguas, que es el siguiente: En primer lugar, ha contado con su propia experiencia y observación, visitando los lugares que le fueron accesibles, recogiendo allí mismo las aguas y posteriormente, ya en su casa, haciendo experimentos con ellas. En segundo lugar, el doctor Limón Montero dice haber enviado un cuestionario a «testigos de mayor excepción», en el cual solicitaba datos de fuentes, manantiales y ríos que él no había podido ver personalmente. Dando pruebas de la honestidad propia de un científico honrado y cabal, siempre que utiliza un informe ajeno, hace constar en su obra el nombre de la persona o personas de quienes lo ha recibido.

El libro y la personalidad del Dr. Limón Montero son pruebas fidedignas de cuanto los más insignes investigadores españoles y extranjeros han hecho resaltar en sus escritos referentes al siglo XVIII español: Que el movimiento científico que trajo consigo a España la ilustración europea había comenzado, si bien tímidamente, en las postrimerías del reinado de Carlos II, a finales de 1670.

Fueron precisamente grupos muy minoritarios de médicos, los primeros que utilizaron técnicas y procedimientos basados en la observación y experimentación, dejando de lado la nefasta costumbre de tomar como documentos incontrovertibles de autoridad las obras de escritores de la antigüedad clásica. A uno de estos médicos pertenece la obra de que vamos a tratar a continuación. El doctor Limón Montero merece sin duda alguna el título de pre-Ilustrado, pues su obra, aun con sus errores inevitables dada la fecha en que fue escrita, preparó el camino para mayores y más gratificadoras empresas en el campo de la ciencia española.

Veamos ahora en qué consistió la originalidad de su obra.

(*) Paradójicamente una buena parte de nuestras tradiciones científicas en el campo de la hidrogeología, han sido difundidas y valoradas por geólogos foráneos como Davis, S. N., en su trabajo Teodoro Ardemans, pioneer water-supply engineer of Spain. Paper No. 73088 of the Water Resources Bulletin. American Water Resources Association, vol. 9, núm. 5 (1973).

Teodoro Ardemans, arquitecto, quien a instancias de Felipe V inició en 1721 la construcción del Palacio de la Granja (San Ildefonso, Segovia). Hizo importantes aportaciones en la resolución de problemas prácticos de química del agua, construcción de pozos, contaminación del agua, distribución del agua y legislación del agua.

También existen excelentes trabajos españoles, como Notas sobre la hidrogeología española (I y II) de F. J. Martínez Gil. Rev. Agua, núms. 67 y 68. Barcelona (1971).

LAS IDEAS HIDROLOGICAS DE ALFONSO LIMON

Aunque el Espejo cristalino de las aguas de España consta de 432 páginas, distribuidas en cuatro libros, o partes, aquí sólo comentaremos el Tratado I del libro primero, que trata de las «Aguas simples y minerales en general» (fig. 2). Los restantes tratados exponen estudios concretos de fuentes y pozos, efectos medicinales de los baños y aguas termales, de los baños en aguas simples (en el siglo XVII el baño que hoy para nosotros supone aseo o placer, se consideraba sólo desde un punto de vista terapéutico o para aliviar el calor en verano), y baños compuestos artificialmente de lodos, leche, vegetales, etc., de algunos de los cuales el Dr. Limón da noticias muy curiosas. Toda esa parte del libro que tratamos pertenece, pues, a la Hidrología Médica (*).

(*) En preparación tenemos otro artículo sobre la Valoración de la calidad y las «virtudes» de las aguas de Madrid. Tema que desde el siglo XVI ha tenido un gran impacto en la tradición y folklore madrileños.

LIBRO PRIMERO DE LAS AGUAS SIMPLES, Y MINERALES EN GENERAL, Y EN PARTICULAR. TRATADO PRIMERO. De las aguas simples, y minerales en general. INTRODUCCION.



IALES Milesio, uno de los siete Sabios de Grecia, citado por Seneca en el libro 3 de sus que llaman naturales en el capítulo 2 dice, que era una el principio de todas las cosas: Fueron de este mismo sentir Empedocles y Heráclito. Quisieron algunos, que su nombre lo diera a entender: Aquellos lo mismo dicen que a Dios. Como si dixéramos, de la qual se hizieron todas las cosas. Píntase en el libro 31 de la natural Historia, dize, que el elemento de el agua manda a todos los demás elementos, el se traga la tierra, espiga el fuego, y levantándose sobre el ayre toma asiento en su superior parte, ocasionando en las nubes preñadas de fuego aquella discordia, que causa terror al vniuerso, en temerosos truenos, y abrasados rayos. Este elemento (dize) es vida de los campos, pues sin él tolos fueran estériles, e infecundados, por él viuen los arboles, y demas plantas, y es mastodos los animales. Y aunque para la composición, y conservación del vniuerso, todos quatro elementos los confisimos necessarios. Con todo esto, el agua entre todos los demás reconoce por muchos titulos mas venerables honras: Ella fue en el principio del mundo fecundada, y ennoblecida con la asistencia del Espíritu Divino, como se dize en las Sagradas letras. Genes. cap. 1. Spiritus Domini ferebatur super aquas. De ella hizo Dios tanto aprecio, que dexando en el vniuerso con los demás elementos la necessaria, y colocó sobre el firmamento no pequeña porción, como se colige del mismo lugar: Et se ille Deus firmamentum aquarum, que aquas, que erant sub firmamento ab his, que erant super firmamentum. Privilégio, que a ninguno otro elemento le concedió: encomendósele a el agua, no la menor proporción en la producción de los animales: Producit aqua reptile anima vivens. Et volatile super terram sub firmamento caeli. Dize en el lugar citado el Sagrado Coronista. Entró el agua en la producción del hombre no con pequeña parte, pues fue su formación del cieno, o barro de la tierra, como consta del mismo Sagrado Texto: Formavitque Dominus Deus hominem de limo terra. Ni el barro, o cieno se dan sin mucha porción de agua como es a todos manifesto.

Y aunque la Magestad Divina pudo con su Omnipotencia formar al hombre de solo tierra, no quiso darle principio tan seco, a mi ver, por que el hombre deviese a el agua con especialidad su principio, y por ventura...

Figura 2.—Folio 1 del Libro Primero.

Aquí vamos a tratar, por tanto, de algunas ideas de Alfonso Limón propias de la Hidrogeoquímica, novísima disciplina que ha aparecido en los últimos treinta años en convergencia con la geoquímica y la hidrogeología (RAMKAMA et al, 1954, y DAVIS, S. N. et al, 1971) y que debe su auge a sus múltiples aplicaciones en la prospección de recursos geológicos, ecología y calidad, y usos del agua, para citar algunos de sus principales campos de aplicación.

Como se apreciará más adelante, la obra de Alfonso Limón no es sólo el fruto de la especulación intelectual, sino que se basa en la observación y aplicación de los métodos analíticos que le proporcionaba la Alquimia de su época, principalmente mediante el estudio del residuo

seco obtenido por destilación o evaporación lenta del agua, junto a algunas pruebas químicas un tanto primitivas. No podía por menos el Dr. Limón que citar a los autores de la antigüedad —hubiera pasado por ignorante supino de no hacerlo—, pero lo notable en él es la agudeza con que discute las ideas de aquellos autores (fig. 3).

En el capítulo II del libro I trata el autor «Del origen de las Fuentes», es decir, del origen y circulación del agua subterránea y en palabras del autor: «notamos, que lo mismo hemos de entender de fuentes que de rios; pues todos los rios nacen de fuentes». En suma, pues, del ciclo hidrológico. Para no extendernos demasiado hemos sintetizado de forma gráfica en la figura 4 las cuatro «sentencias» o modelos conceptuales del ciclo hidrológico que discute el Dr. Limón Montero en su obra. Cada una de estas sentencias son desarrolladas en sus diversos aspectos por «proposiciones».

La idea de que las aguas continentales se movieran en un ciclo continuo es muy antigua; Salomón, en el Eclesiastes 1:7, observa: «Todos los rios van a parar al mar y, aunque los rios siguen fluyendo hacia él, el mar todavía no se ha llenado». Lógicamente para completar el ciclo, sería necesario explicar un mecanismo de retorno del agua a las fuentes, desde el mar. Este retorno podía hacerse por dos caminos, subterráneo, como muestran las sentencias 1, 3 y 4, o subaéreo, sentencia 2. La diferencia como puede observarse entre los modelos, radica en la explicación dada a los mecanismos de movimiento del agua subterránea.

En la sentencia 1 y 3 el agua del mar retorna a través de la tierra hasta los más altos manantiales para compensar la presión del mar, que se eleva (mar adentro) a una altura igual o superior a las montañas o bien atraído por la tierra que, además, desala el agua. En la sentencia 1 la circulación se haría por una red de conductos que explicaría el agua captada por los pozos, mientras que la sentencia 3 propone grandes cavernas inundadas.

La sentencia 4 propone también la existencia de grandes cavernas, pero la elevación del agua hasta alcanzar los manantiales se explica por las teorías de Aristóteles, expuestas en «De los meteoros», cap. 13; según él, el agua se evapora y condensa posteriormente. La sentencia 2, que coincide con las ideas actuales, también se basa en las ideas de Aristóteles, evaporándose el agua del mar se traslada sobre los continentes, se condensa y escurre o se infiltra en la tierra dando origen a los manantiales, desplazándose por gravedad de nuevo al mar.

Alfonso Limón, tras discutir con gran agudeza y desear las sentencias 1, 3 y 4 de una forma sutil, entre dos aguas, para no salirse de la ortodoxia representada por Francisco de Vallés, gran maestro de la Universidad Complutense de Alcalá, ni ser acusado de herético por el Santo Oficio, adopta la segunda sentencia, a la que ilustra con múltiples observaciones naturalistas que explican el origen del agua de los pozos al discurrir el agua infiltrada por multitud de venas subterráneas, de donde son captadas (28. Cap. II. Libro I, folio 12). Pero desafortunadamente no aporta datos cuantitativos como hicieron sus contemporáneos Pierre Perraut (1608-1680), Edmé Mariotte (1620-1684) y Edmund Halley (1656-1742), según Davis, S. N. y De Wies (1971).

AVTORES, QUE ILVSTRAN esta obra.

Table with columns A, D, S. I. u. a. and P, listing authors and their works. Includes names like Avicena, Dioscorides, Plinio, etc.

Figura 3.—Bibliografía utilizada por D. Alfonso Limón en su obra.

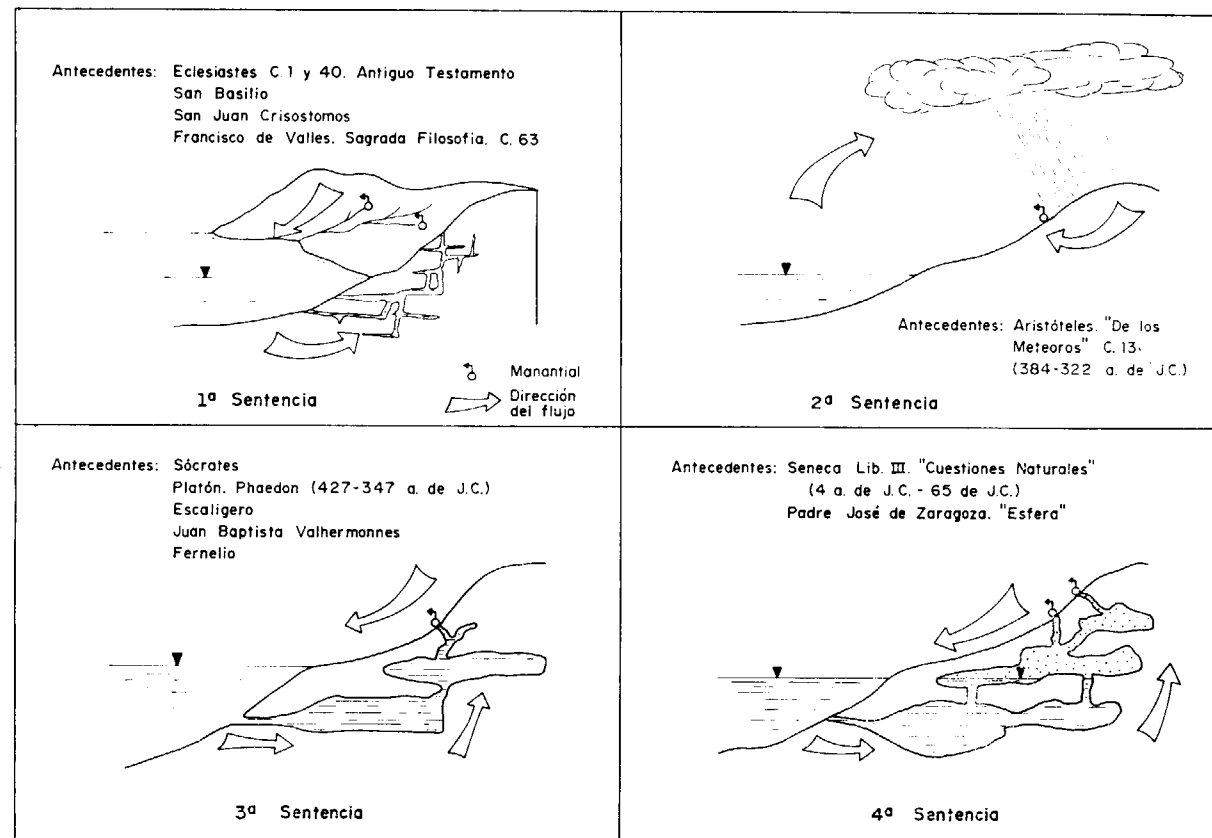


Figura 4.—Las ideas hidrológicas de D. Alfonso Limón.

MODIFICACION DE LAS AGUAS E IDENTIFICACION DE LAS SUSTANCIAS DISUELTAS

Alfonso Limón (Cap. I. Lib. I. Ep. 4) considera el agua según su naturaleza como elemento puro que no admite diferencias, pero cuando se mezcla con otras muchas sustancias, varía su ser simple, admitiendo muchas diferencias. Estas últimas aguas mixtas o no puras son las que se encuentran en la naturaleza, dividiéndose a su vez en potables y minerales. De las aguas potables distingue seis tipos: llovida, de fuente, de río, de pozo, de estanque o laguna y de nieve o granizo; siendo el número de aguas minerales muy grande.

También considera que las aguas mejores son las de fuentes y pozos para todo uso, mientras que las aguas de río, laguna o nieve, deben ser «coladas» y «cocidas» y aun después de esta prevención, asegura: «no quedan más perfectas que las de fuente». El Dr. Limón tampoco considera adecuadas las aguas de lluvia, aunque sí mejores que las últimas.

Es interesante por su vigencia la argumentación que da contra las aguas superficiales: «Son aguas compuestas de mucha diversidad de fuentes y manantiales y reciben toda la inmundicia de la tierra y pueblos, aunque no estén cerca de ellos: asisten a ellos muchos rebaños de animales...» (Cap. I. 12).

Las aguas subterráneas, por su naturaleza, considera que son diáfanas, cristalinas, sin color, olor ni sabor y frías, y cuanto varían de estas condiciones «les viene de fuera, siendo tomada la principal variación de las tierras y partes por donde circulan» (Cap. III. 29). Estas variaciones se comunican por diversos modos (Cap. V. 120), éstas son:

«Por mezcla verdadera, muy perseverante; por mezcla impropia, en las cantidades existentes en las tierras por donde corren, resultando una parte que se puede separar fácilmente dando una mezcla verdadera. Y una tercera forma de mezcla con minerales y metales en la que éstos pueden confundirse o conmezclarse». Lo que supone el reconocimiento de diversas formas de disolución. En cuanto a las cantidades que intervienen en las mezclas, Alfonso Limón reconoce dos modos; una «cuando el metal o mineral se mezcla en su sustancia propia con el agua y otra cuando sólo se mezcla con el agua la parte espirituosa y sutilísima del mineral, si bien existen muchos minerales que no se pueden mezclar con el agua (123), pues sólo se mezclan los imperfectos».

El muestreo de agua lo realiza por toma directa con cántaros de barro si el agua se consideraba gorda (dura) y en recipientes de vidrio si eran finas. La cantidad tomada era de cuatro cántaros (aproximadamente 70 litros), porque eran fáciles de transportar en las aguaderas de

las acémilas y se necesitaban estos volúmenes para poder obtener una cantidad apreciable de residuo sólido.

Por el residuo seco reconoce con facilidad los minerales cuando «éstos se han mezclado, según se dijo arriba, en su sustancia propia». Este residuo seco era examinado por el color, sabor, olor, tacto (dureza) y facilidad de formación, por la forma de «rechinar o saltar en la lumbré» y diversas experiencias químicas. Los métodos químicos los utiliza principalmente cuando «la mezcla de los minerales sólo ha participado su parte espirituosa, pues no se puede hacer acopio suficiente de sus átomos para estudiarlos (Cap. VI. 131)». En este caso en vez del alambique normal o la ebullición lenta, utilizaban el baño de arena para la destilación.

Algunas de las pruebas químicas que describe es la disolución en caliente de laminillas de hierro en las aguas con «vitriolo» (sulfato de cobre), etc.

CLASIFICACION GEOQUIMICA DE LAS AGUAS

Con anterioridad se expuso una primera clasificación de las aguas naturales según su origen, de lluvia, fuente, etc. En principio nuestro autor considera que todas las aguas son potables, y que una «mezcla sutil» de minerales es beneficiosa, pero al pasar las aguas por minas, la mezcla se efectúa «en su sustancia propia», poniéndose en clara evidencia la presencia de estos minerales y metales en las aguas. El Dr. Limón Montero reconoce que en las aguas naturales, al igual que en los yacimientos minerales, se presentan asociados dos o más minerales o metales (según su paragénesis). Estas aguas, junto con otras en las que no se reconoce a simple vista la existencia de minerales, pero producen efectos perniciosos sobre la dentadura, etc., son consideradas no potables.

Alfonso Limón hace de estas aguas no potables dos grupos, el primero se caracteriza por la presencia de elementos no metálicos en la nomenclatura moderna, en el que incluye aguas: de azufre y betún, saladas, salitrosas (nitro), de alumbre, de vitriolo (sulfatos de cobre II, hierro II o de cinc), de yeso, etc. Y aguas en las que se encuentran presentes elementos metálicos, aguas de azogue (mercurio), plomo, estaño, cobre, hierro, etc.

ACTUALIDAD DE SUS IDEAS HIDROGEOQUIMICAS

La síntesis en una clasificación de aguas a fin de informar con brevedad de su composición química y otros aspectos de las mismas, son uno de los objetivos de los que investigan en el campo de la hidrogeoquímica en la actualidad. En el presente son muy numerosas las clasificaciones propuestas, a base de propiedades simples como el residuo seco o la dureza, por la presencia de iones dominantes como los de SCHOELLER (1962), CHASE PALMER (1911), SOULINÉ (1968), SCHOELLER (1964), etc., como se puede ver en cualquier tratado moderno de Hidrogeoquímica, SCHOELLER (1962), HEM (1969), CATALÁN LAFUENTE, J. (1969), etc.

La gran proliferación de clasificaciones propuestas nos indica de antemano que ninguna es totalmente satisfactoria, lo que nos muestra lo complejo del problema.

En su obra, el Dr. Limón Montero expone algunas ideas que aún hoy resultan válidas, como son:

- La perfecta comprensión conceptual del ciclo hidrológico.
- La diferencia de composición química entre el agua de lluvia, río y manantial.
- El origen de las sustancias disueltas en las aguas. (Tema tratado por autores actuales como SCHOELLER 1963.)
- Los conceptos de contaminación antrópica por los vertidos urbanos, y geológica al discurrir las aguas por yacimientos de sales solubles u otros minerales.
- La aplicación de métodos experimentales para conocer la naturaleza de las aguas.
- La necesidad de una clasificación geoquímica de las aguas.

Estas son algunas de las ideas más destacadas, aparte de las relacionadas con las aplicaciones terapéuticas de las mismas. Sin embargo, en sus ideas comete un grave error, la tendencia excesiva a la descripción en detrimento de la cuantificación. Así, a pesar de obtener el residuo sólido de las aguas, no trata de establecer ninguna relación de porcentaje en peso, etc.

No obstante, por lo aquí expuesto, que es un comentario muy rápido de su obra *Espejo cristalino de las aguas de España*, podemos considerar al Dr. D. Alfonso Limón Montero un pionero español de la Hidrogeoquímica.

AGRADECIMIENTOS

Conste aquí mi agradecimiento a don Jerónimo Abad, Director de Aguas Subterráneas y Geotecnia del Instituto Geológico y Minero de España, quien hizo llegar a mis manos un ejemplar facsímil del libro de Alfonso Limón. A la doctora Elena Catena, vicedecana de la Facultad de Filología de la Universidad Complutense de Madrid y especialista del siglo XVIII, la información bibliográfica referida a ese período histórico. Especial mención merece la señorita Amalia Mercedes A. Baena, que descifró mi manuscrito y lo puso en forma legible.

BIBLIOGRAFIA

- CATALÁN LAFUENTE, J.: *Química del Agua*. Ed. Blumen, 355 pp. (1969).
- DAVIS, S. N., y DE WIES: *Hidrogeología*. Ed. Ariel, 563 (1971).
- LÓPEZ AZCONA, J. M.: *Las aguas minerales en el libro del siglo XVIII*. Instituto de España. Madrid, 1966.

- HEM, J. D.: *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. US. Geological Survey, Water Supply. Paper, 2.^a ed. (1970).
- LIMÓN MONTERO, A.: *Espejo cristalino de las aguas de España, hermoñado y guarnecido con el marco de variedad de Fuentes y Baños*. Editado por Francisco García Fernández. Impresor de la Universidad (Alcalá de Henares) (1977).
- MARIOTTE, E.: *Du mouvement des eaux*. Leiden (1717).
- RANKAMA, K., y SAHAMA, T. G.: *Geoquímica*. Edit. Aguilar. (1954).
- SCH OELLER, H.: *Les eaux souterraine*. Ed. Masson. París (1962).
- SCH OELLER, H.: *Recherches sur l'acquisition de la composition chimique des eaux souterraines*. Imp. E. Dirouvillard, 231 pp. Barcelona (1963).
- SCH OELLER H.: *La classification géochimique des eaux*. IASH. General Assembly of Berkeley. Pub. 64, pp. 16-24 (1964).
- VERNET GINÉS, J.: *Historia de la Ciencia Española*. Instituto de España. Madrid, 1975.

Noticias

EXPLORACION DE FOSFATOS SEDIMENTARIOS EN ESPAÑA

En España, las principales explotaciones de fosfatos que han existido estaban en la provincia de Cáceres, algunas de caracteres filonianos en relación con granitos hercínicos, como en Logrosán, y otras tapizando cavidades cársticas en calizas carboníferas, como las de Aldea Moret.

Estas minas estuvieron en producción desde 1866 a 1956, en que se paralizaron, alcanzando una producción global de $1,2 \times 10^8$ toneladas, con leyes comprendidas entre 35 a 80 por 100 de fosfato tricálcico. A partir de esta fecha, todo el fosfato se importa, principalmente de Marruecos.

El Instituto Geológico y Minero de España ha emprendido un programa de investigación de recursos de fosfatos sedimentarios, dada nuestra dependencia total del exterior en esta materia.

Se ha hecho una primera recopilación de toda la información existente sobre génesis de los fosfatos sedimentarios, manifestaciones registradas en España, e investigaciones realizadas hasta el momento, exploraciones y yacimientos existentes a nivel mundial y principalmente europeos y mediterráneos, la metodología a seguir para reconocer las rocas fosfáticas y los estudios que se han de realizar para demarcar las zonas favorables (1980).

Se continuó con una investigación preliminar en terrenos del Proterozoico, Cámbrico y Mioceno terminal, delimitándose grandes áreas de posible interés (1981).

En la actualidad se está realizando un estudio más detallado de estas áreas que permita delimitarlas mejor e ir iniciando fases de investigación de detalle en aquellas en que los conocimientos que se vayan adquiriendo lo aconsejen.

Para la realización de estos estudios, de carácter básico e infraestructura, que está previsto finalizar en diciembre de 1983, se cuenta con la valiosa colaboración de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Míneras.

Como consecuencia de estos estudios y de los trabajos del Proyecto MAGNA, se ha puesto de manifiesto la existencia de fosfato sedimentario en la parte superior del Complejo esquisto-grauváquico (Precámbrico-Cámbrico) del dominio centro-ibérico de JULIVERT *et al* (1974), cerca de la localidad de Fontanarejo, en la provincia de Ciudad Real. Las primeras muestras de afloramientos dieron contenidos bastante regulares, comprendidos entre 20 y 30 por 100 de P_2O_5 , que son comparables a los de otros yacimientos sedimentarios, que están en explotación actualmente.

Los yacimientos de fosfatos en el Precámbrico, y más aún en el Cámbrico, a nivel mundial, están adquiriendo cada vez mayor importancia, y se están intensificando las investigaciones. Los más notables se encuentran en Asia (India, China y URSS). Pero también se han descubierto recientemente depósitos fosfáticos precámbricos en África (Marruecos, Senegal, Alto Volta), Estados Unidos y Brasil, por lo que es muy probable que se descubran otros de la misma edad, si se hace una exploración sistemática. En Europa se conocen sedimentos fosfáticos del Cámbrico y Precámbrico, desde el siglo pasado, en el Reino Unido, y otros se han descubierto en varios países, entre ellos en Francia, en el Cámbrico Inferior del Macizo Armoricano.

De momento, el IGME está empezando a investigar con calicatas y sondeos el indicio de Fontanarejo, para determinar su importancia y adquirir conocimientos básicos sobre este tipo de depósitos, no investigados anteriormente en España, y así extender las enseñanzas que se obtengan a la investigación sistemática.

Madrid, 1-7-82

MEDIANTE EL P. A. N. U. SE HA OBTENIDO UN CAUDAL DE 7.000 LITROS POR SEGUNDO

DURANTE 1981 EL IGME REALIZO 227 SONDEOS PARA CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

Un caudal de 7.000 litros por segundo, que ha permitido abastecer a tres millones de habitantes, en 33 municipios pertenecientes a 33 provincias, es el resultado de la ejecución del Programa Nacional de Abastecimientos a Núcleos Urbanos (PANU), llevado a cabo por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) entre 1975 y 1981 con el objeto de abastecer a los núcleos urbanos con aguas subterráneas.

Tales realizaciones, en un país que sufre una constante sequía, pone de manifiesto la importancia de las aguas subterráneas y la eficacia de la Administración de cara a este reto, que a lo largo de los años ha evolucionado con un paulatino crecimiento hasta llegar a una espectacular expansión en 1981.

El criterio de actuación seguido por el IGME ha sido el de atender preferentemente a las provincias con mayores déficits de abastecimiento e infraestructura de suministro más deficientes, que coinciden generalmente con aquellas de menor desarrollo socioeconómico.

Los resultados obtenidos mediante el PANU son, a juicio del IGME, altamente satisfactorios, dado el alto porcentaje de sondeos coronados por el éxito, pues prácticamente el 90 por 100 de los realizados han alcanzado sus objetivos de encontrar agua de buena calidad y en cantidad adecuada.

En los primeros cinco años de vigencia del PANU se realizaron 130 sondeos, resultando positivos 127 de ellos, con un total de 23.100 metros perforados, un caudal aforado de 4,164 litros por segundo y una población abastecida de 1.811.460 habitantes en 118 municipios de 27 provincias y Melilla. La inversión realizada ascendió a 247 millones de pesetas.

Durante 1980 se finalizaron algunas obras correspondientes a la campaña de 1979 que habían quedado pendientes de aforo o en fase de perforación, que supusieron 1.445 metros perforados y un caudal de 162 litros por segundo en 11 municipios, con una inversión de 24,1 millones de pesetas. Además del programa previsto para 1980 se pusieron en marcha una serie de actuaciones de máxima urgencia a fin de afrontar las situaciones más críticas en varias provincias en que la sequía obligó a declarar el estado de «alerta roja».

Durante 1980 se realizaron 71 sondeos, con un total de 10.059 metros de perforación, obteniendo un caudal de 1.350 litros por segundo. La inversión realizada ascendió a 150 millones de pesetas.

Por lo que respecta a 1981, año en que se acentuó la gran sequía, se registra el mayor impulso en la actividad del IGME: se realizaron 227 sondeos con un total de 20.800 metros perforados, no conociéndose aún el caudal definitivo por encontrarse sondeos todavía sin aforar. No obstante, el IGME piensa resolver el problema de 158 núcleos de población de 27 provincias, siendo unos 800.000 habitantes los que se beneficiarán de estos abastecimientos con aguas subterráneas. La inversión en sondeos durante 1981 alcanzó 367 millones de pesetas.

PARA EL ABASTECIMIENTO DE VILABELLA Y RONDONYA:

EL IGME HA AFORADO CAUDALES DE 180 M³/H DE AGUAS SUBTERRANEAS

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha aforado caudales del orden de 180 m³/h en los términos municipales de Vilabella y Rondonya, en la provincia de Tarragona que serán destinados al suministro de agua de estos municipios. No obstante, para su explotación se ha recomendado un caudal del orden de los 40 m³/h, suficientes para satisfacer las necesidades actuales.

Previamente se habían realizado dos sondeos, uno para cada término municipal, con profundidades de 267 y 301 m. respectivamente.

Todos estos trabajos, acometidos en virtud de la precaria situación en que se encontraban los municipios de Vilabella y Rondonya, con suministros de agua de una a dos horas/día en 1981, están incluidos en el Plan de Abastecimientos a Núcleos Urbanos, que el IGME lleva a cabo en todo el territorio nacional.

Desde que se inició dicho Plan, en 1975, el IGME ha realizado un total de 428 sondeos para la captación de aguas subterráneas, lo que ha permitido proporcionar un abastecimiento a 3 millones de habitantes de 33 municipios pertenecientes a 33 provincias. La inversión total realizada en los años de desarrollo del Plan ha sido de 765 millones de pesetas, cantidad que se estima insuficiente para el desarrollo del mismo, máximo en estos años en que se está registrando una fuerte sequía, circunstancia que ha reducido enormemente la capacidad de agua embalsada en los pantanos.

ACUERDOS DE ADARO PARA LA INVESTIGACION DE PROYECTOS ENERGETICOS PARA LA AGRICULTURA

La Empresa Nacional Adaro ha firmado un acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para desarrollar una serie de proyectos de investigación a fin de alcanzar tecnología que haga posible el autoabastecimiento energético en las instalaciones agropecuarias. El proyecto firmado, por un importe de 215 millones de pesetas, pretende obtener una utilidad adicional a los residuos orgánicos animales, que se convertirían en una nueva fuente de energía, transformación que es viable teóricamente, pero cuyo proceso necesita superar una serie de problemas y optimizar su explotación.

Los proyectos tendrán como escenario las regiones del Ebro, Extremadura, Duero y Centro y se atenderá a las fases de investigación, instalación y demostración.

Por otra parte, Adaro y la Diputación de Gerona han firmado un acuerdo para realizar un proyecto de investigación de nuevas energías mediante la digestión anaerobia natural de residuos sólidos en digestores rurales.

Con este proyecto, en el que se invertirán 24 millones de pesetas, la Diputación de Gerona se propone mejorar los rendimientos de las explotaciones agropecuarias y el nivel de vida de la población rural. La experiencia podría representar un precedente sumamente prometedor para la utilización con fines energéticos de parte de los 61 millones de toneladas de estiércol que cada año se producen en España.

PRIMER CONGRESO NACIONAL DE DERECHO DE AGUAS

LA NUEVA LEY DE AGUAS DEBE POTENCIAR LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La necesidad de la reforma de la Ley de Aguas ha quedado patente, una vez más, en el «I Congreso Nacional de Derecho de Aguas» que se celebró en la ciudad de Murcia. Paralelamente se planteó la ya habitual controversia sobre la titularidad pública o privada de las aguas.

Concurrieron a este congreso alrededor de doscientos participantes en los que estaban representados prácticamente todos los estratos sociales interesados directamente

en el tema del agua, desde comunidades de regantes a investigadores y técnicos de la Administración.

Se presentaron en este Congreso un total de siete ponencias. A todas las ponencias se presentaron una serie de Comunicaciones.

La ponencia «Aguas subterráneas» fue desarrollada por Alejandro Niete García, Catedrático de Derecho Administrativo, quien glosó las cuatro comunicaciones presentadas a la misma, destacando especialmente la de Emilio Pérez Pérez sobre «Criterios para una nueva regulación legal de las Aguas Subterráneas», en la que se realiza un análisis jurídico de la explotación de los acuíferos a la vez que se señalan las cuestiones que, a juicio del comunicante, se han de tener en cuenta para una nueva y futura regulación: para determinar si las aguas subterráneas deben ser consideradas públicas o privadas debe entenderse, ante todo, a los intereses concurrentes en la explotación de los acuíferos y la conjugación de los mismos. Que en el análisis de lo que es un acuífero se deduce que la apropiación de las aguas no se puede justificar simplemente en un criterio de accesión (por extensión vertical del dominio del suelo) ni en un criterio de ocupación, ya que se entiende que las aguas subterráneas son «res nullius», lo que equivale a invalidar casi toda la regulación actual de la Ley de Aguas y del Código Civil, relativa a las aguas subterráneas. Se insiste también en esta comunicación en la necesidad de una Administración única del agua y en la continua intervención de la Administración Pública para conseguir un uso «limitado y razonable de las aguas subterráneas». Igualmente hace referencia al llamado «mercado de las aguas» y a la figura del empresario de aguas, «que no son compatibles con las peculiaridades de las subterráneas y su supervivencia favorece a la sobreexplotación de los acuíferos y a la anarquía en el aprovechamiento de los mismos que padecen algunas regiones españolas».

La ponencia del señor Pérez Pérez señaló la necesidad de adoptar una serie de medidas que contribuirían a paliar los problemas hoy existentes, medidas entre las que destacan la expropiación forzosa por incumplimiento de la función social de la propiedad, promoción de asociaciones de usuarios y constitución de asociaciones de titulares.

Las tres comunicaciones restantes presentadas a esta ponencia se referían a aspectos más concretos y localistas del tema: «Influencia del desuso de las aguas subterráneas de Madrid en la Legislación y en la política hidráulica española», presentada por Manuel Ramón Llamas Madurga; «La futura Legislación de Aguas desde el punto de vista del hidrogeólogo español», de Jorge Porrás Martín; y «La legislación especial de Baleares. Experiencias adquiridas cara a una nueva Ley general de Aguas», presentada conjuntamente por Rafael Monsalve y Alfredo Iglesias López.

Esta sesión estuvo presidida y moderada por el Director del Instituto Geológico y Minero, Mariano R. Echevarría, quien destacó la necesidad de reformar la vigente Ley de Aguas de forma que se potencien las aguas subterráneas.

HACEN REFERENCIA A UNAS INVERSIONES TOTALES DE CASI 16.000 MILLONES DE PESETAS

520 MILLONES DE SUBVENCION PARA 52 PROYECTOS MINEROS, APROBADOS EN CONSEJO DE MINISTROS

A cerca de 16.000 millones de pesetas ascenderán las inversiones realizadas por empresas mineras que en su día se acogieron a tres concursos convocados por la Dirección General de Minas. Estas empresas llevan a cabo 52 proyectos mineros, los cuales reciben subvenciones de la citada dirección, de acuerdo con la Ley de Fomento de la Minería. El pasado 14 de mayo se aprobaron en Consejo de Ministros las subvenciones para los proyectos en marcha, cuya cuantía será de 520.468.824 pesetas y que corresponden al año 1982. La mayoría de estos proyectos tienen una duración plurianual.

Correspondientes a un concurso aprobado por consejo de ministros de diciembre de 1978 son cinco proyectos aún no determinados, y que han recibido subvenciones para 1982 por valor de 25.529.454. Estos proyectos corresponden a explotaciones de Hierro, Caolín y Fluorita que se realizan en las provincias de Teruel, Guadalajara y Oviedo (tres), por las empresas Sierra Menera, Caobar, Minersa (dos) y Minas de Villabona.

Diecinueve proyectos corresponden al concurso aprobado en consejo de ministros de 7 de diciembre de 1979. Suponen un total de subvenciones para 1982 de 150.485.295 pesetas y corresponden a explotaciones de Lignito, Antracita, Piritas, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesita, Potasa, Sepiolita, Caolín, Pizarra y Plomo. Las explotaciones se llevan a cabo en las provincias de Ciudad Real, Albacete, Granada, Teruel, León, Huelva, Navarra, La Coruña, Vizcaya, Salamanca, Barcelona, Madrid, Oviedo y Zamora. Las empresas que los realizan son ENDESA (4), Combustibles de Fabero, Compañía Minera de Tharsis, Potasas de Navarra, San Telmo, Rontealde, Interminas, Agruminsa, Magnesitas de Navarra, UERT, Tolsa, Caolines del Norte, Pizarras de Zamora y Río Tinto Minera.

El tercer concurso, en dos fases, tiene en marcha 18 proyectos, cuyas subvenciones para 1982 suman 344.454.075 pesetas. Los proyectos hacen relación a mejoras en explotación y proyectos de investigación, así como de tratamiento. Las empresas favorecidas por las subvenciones son Agruminsa, Altos Hornos de Vizcaya, Igartua Arjona, Minero Beranco, Sierra Menera, Victoria, Sulquisa, Caolines de Vimianzo, Angel Luengo, ENADIMSA, Minas de la Cruz, Minas del Mediterráneo, Penouta, Caobar, Fluoritas Asturianas, Caolines Asturianos, UERT, UNISUR.

INFORME ELABORADO POR LA WESTERN COAL DESTINADO A LAS AUTORIDADES DEL MERCADO COMUN EUROPEO EL FUTURO DEL CARBON EN LA CEE

RETORNO AL CARBON

Hasta la segunda mitad de este siglo el carbón fue con mucho la fuente más importante de energía de Europa Occidental. La industria europea fue construida sobre el carbón a través del último siglo y fue el carbón el que alimentó la industria después de la segunda guerra mun-

dial. Sin embargo, durante los años 60 el carbón perdió gran parte de su mercado, como resultado de la influencia del petróleo barato de Oriente Medio y el relativamente fácil manejo del mismo. Este cambio fue tan rápido que para 1973 el consumo de petróleo de la Comunidad Europea era dos veces y media superior a la del carbón.

Después vino la primera explosión de los precios del petróleo echando por tierra la creencia —mantenida en muchos círculos— de que habría una cantidad abundante de petróleo barato. Después de un período de relativa estabilidad, los sucesivos aumentos de precios que tuvieron lugar en 1979 y 1980 dispararon y agravaron la espiral de la recesión, el desempleo y la inflación. Los riesgos inherentes a la excesiva dependencia del petróleo se hicieron claramente visibles para todos. Con el siempre presente peligro de interrupción de los suministros, y más probables incrementos de los precios en años venideros, la Comunidad Europea se enfrenta ahora con la imperativa necesidad de reducir la proporción del petróleo en el consumo de energía y de hallar otros caminos y medios para diversificar sus fuentes de suministros.

A partir de ahora, la dirección de la política energética de Europa Occidental estará condicionada por los siguientes factores:

— Tasa de nuevos descubrimientos de reservas de petróleo están quedando atrás con respecto al consumo; por lo tanto, a largo plazo, el precio del petróleo continuará una tendencia ascendente, no teniendo en cuenta cualquier fluctuación que pueda ocurrir a corto plazo.

— El gas natural está sujeto a los mismos imperativos y riesgos que el petróleo.

— En la mayor parte de los países, el desarrollo de la energía nuclear está siendo más lenta de lo que se había esperado.

— Se necesitan largos períodos de tiempo para el desarrollo industrial de nuevas fuentes de energía.

A la vista de estos factores, que son de conocimiento común, existe un creciente consenso de que el carbón debe jugar una mayor parte, y de que la sustitución de petróleo por carbón debería incrementarse de ahora en adelante con el fin de asegurar que el suministro de energía a Europa será adecuado durante los próximos veinte años. Si no se hace esto, el futuro suministro de energía puede ser insuficiente para nuestras necesidades; en esencia, lo que está en peligro es el futuro crecimiento económico del mundo industrializado.

Es en este contexto en el que el Estudio Mundial del Carbón (conocido como WOCOL), que se publicó en mayo de 1980, concluía que se requiere urgentemente un esfuerzo masivo para expandir las instalaciones de producción, transporte y uso del carbón para proporcionar incluso un moderado crecimiento económico.

La declaración pública de la Cumbre de Venecia en junio de 1980 fue incluso más específica y concreta:

«Tenemos que romper el vínculo existente entre el crecimiento económico y el consumo de petróleo, y queremos hacerlo en esta década...»

«Durante el mismo período intentamos doblar la producción y el uso de carbón para 1990...»

«Esperamos las recomendaciones de la Coal Industry Advisory Board, serán consideradas con prontitud.»

El informe publicado por la Coal Industry Advisory Board de la Agencia Internacional de la Energía en diciembre de 1980 advertía:

«Existe un gran peligro de que el efecto de la actual recesión elimine el sentido de urgencia del desarrollo de fuentes alternativas de energía. Es necesario mantener el estímulo hacia la reducción de la dependencia del petróleo.»

Estas afirmaciones son la evidencia de que la seriedad de la situación en lo que se refiere al suministro de energía de los países occidentales, y particularmente Europa, ha sido reconocida en su totalidad. Sin embargo, hasta ahora, este reconocimiento del peligro no ha sido traducido en medidas prácticas. Han transcurrido casi ocho años desde la primera crisis del petróleo, y a pesar de ello más del 70 por 100 de las necesidades energéticas de la Comunidad están todavía cubiertas por hidrocarburos (gas natural y petróleo). Además, una parte sustancial de éstos, particularmente en el caso del petróleo, está suministrado por un pequeño número de terceros países que ahora determinan los precios, y que están localizados en áreas políticamente inestables.

El único modo por el que la Comunidad se puede liberar de la excesiva dependencia, o al menos limitarla, es adoptando una estrategia de dos partes:

— Por un lado (el de la demanda), conservar toda la energía que sea posible sin impedir el crecimiento económico ni crear desequilibrio social.

— Por otro lado (el del suministro), incrementar la contribución de la energía del carbón y nuclear tan rápidamente como sea posible, con el fin de reemplazar la importación de gas y petróleo.

Otro factor es el actual y manifiesto desequilibrio entre el tamaño de las reservas de diversas fuentes de energía fósil y el ritmo al que dichas fuentes están siendo consumidas:

— El petróleo y el gas natural representan alrededor del 20 por 100 de las actuales reservas geológicas fósiles conocidas mundialmente, mientras que el carbón representa el 80 por 100.

— Por el contrario, casi el 70 por 100 del consumo mundial de combustibles fósiles está cubierto por gas y petróleo, representando el carbón solamente el 30 por 100.

En general una situación similar existe en la Comunidad, donde el carbón y el lignito representan escasamente el 24 por 100 del suministro total.

Es obvio que este desequilibrio no puede continuar indefinidamente y que debe ser rectificado como un asunto urgente. Por lo tanto, un retorno al carbón es esencialmente e inevitable.

El aumento del recurso del carbón debe ser obviamente uno de los principales objetivos de la Comunidad, debido a la mayor seguridad que ofrece en el suministro. La industria europea del carbón, por su parte, está firmemente comprometida a aportar su contribución con el fin de mejorar la seguridad del suministro a la Comunidad; es perfectamente capaz de hacerlo perfeccionando su potencial, con un mayor desarrollo de su tecnología y empleando del mejor modo posible el personal altamente cualificado de que dispone.

Para satisfacer la creciente demanda durante los próxi-

mos años será también necesario recurrir a las importaciones de carbón de terceros países. Sin embargo, con el fin de mantener la seguridad proporcionada al establecer y salvaguardar la mayor base de carbón factible será importante tomar medidas políticas sobre energía designadas a asegurar que la contribución de las importaciones de carbón están efectivamente dirigidas a su gradual adaptación para desarrollar la demanda.

ASEGURADO EL SUMINISTRO DE CARBÓN A LA COMUNIDAD

El consumo de carbón en la Comunidad durante 1980 ascendió alrededor de 274 m de tec y es probable que aumente a 550-570 m de tec hacia el año 2000. ¿Cómo se puede satisfacer esta demanda?

Es obvio que ni la industria nacional del carbón por sí misma ni las importaciones de carbón por sí mismas serán capaces de cubrir tal crecimiento de la demanda. La política energética de la Comunidad debe, por tanto, estar dirigida principalmente a hacer el mejor uso posible de estas dos fuentes de suministro complementarias.

La producción nacional durante 1980 ascendió a 217 m de tec. El objetivo a largo plazo adoptado por el Consejo de Energía de la Comunidad es de 250 m de tec. Sin embargo, es improbable que este objetivo se alcance hasta el próximo fin de siglo y necesitará una sustancial inversión de capital. En vista del largo tiempo que esto requiere, es esencial que estas inversiones se lleven a cabo tan pronto como sea posible.

El lanzamiento y la búsqueda de programas de inversión de la industria de carbón de la Comunidad debe tener prioridad. Los recientes desarrollos en el mercado mundial del carbón han mostrado cuán importante es la producción nacional en el suministro de Europa. Hacia finales de 1980, el mercado dio un cambio en un corto espacio de tiempo desde un estado de superávit a un estado de extrema tensión. Existen varias razones para que esto sucediera.

En primer lugar, la sustitución del petróleo por carbón en centrales eléctricas ha hecho algún progreso y conducido a un marcado aumento en la demanda de carbón de vapor. El suministro no ha aumentado al mismo ritmo. La disponibilidad ha sido reducida por huelgas en Australia y en Polonia. Además, se ha reducido la semana laboral en la industria de Polonia, lo que ha reducido la cantidad de carbón disponible para exportación durante los próximos años.

En segundo lugar, las deficiencias infraestructurales de Estados Unidos (de ferrocarriles y portuarias) han hecho muy difíciles el transporte y la carga del carbón para exportación. Todo ello ha reflejado un marcado incremento en los precios CIF del carbón importado por Europa. En algunos círculos se puede haber creído que el mercado mundial del carbón sería inagotable, pero los recientes sucesos han demostrado su sensibilidad incluso a ligeras influencias de disponibilidad.

Los encargados de hacer la política energética deben, en consecuencia, tener presente que el mercado mundial del carbón tiene sus riesgos, incluso aunque no sean comparables con los problemas del mercado petrolífero. No debemos repetir con el carbón el error cometido por Europa cuando se hizo demasiado dependiente del petró-

leo por el hecho de una ventaja temporal de precios. La indiscutible necesidad de incluir carbón importado como un elemento para asegurar el suministro de energía a Europa no nos debe conducir nunca a olvidar que las reservas más seguras de carbón son las que existen bajo nuestro propio suelo.

Para concluir este punto, es esencial asegurar que se realizan a tiempo programas destinados a mantener, modernizar, y en lo que sea posible, expandir la capacidad de producción de la Comunidad y que dispone de los necesarios créditos para la inversión en el momento preciso. En esta conexión vale la pena recordar que las inversiones en la capacidad de producción nacional estimula la actividad industrial, y por tanto el empleo, en las regiones que comprende.

El poner una mina subterránea en funcionamiento y situarla en pleno rendimiento lleva de diez a quince años y puede después continuar entre treinta y cien años. La decisión de invertir en nueva capacidad es un compromiso a largo plazo, particularmente en lo que respecta a capital, y es natural que por lo menos los grandes consumidores deban tomar parte en los correspondientes compromisos. Estos pueden tomar la forma de contratos a largo plazo o del acuerdo de un programa coordinado entre productores y consumidores. El carbón es, por su naturaleza, una industria pesada, de modo que no puede reaccionar rápidamente a condiciones de fluctuación de mercado. Se hacen necesarios planes que aseguren que los procedimientos cubren los costes y que los programas de inversión a largo plazo están apoyados en períodos temporales de debilidad en el mercado.

Estos fondos de inversión serán ciertamente grandes en cifras absolutas. Sin embargo, su importancia debería ser evaluada a la luz de su utilidad en términos de seguridad de suministro. La industria del carbón puede proporcionar parte del capital de sus propios recursos, pero indudablemente todos los demás recursos tendrán que ser pedidos al gobierno, a la Comunidad y al exterior.

La estrategia de la industria del carbón del Reino Unido, el mayor productor de la Comunidad, está basada en el Plan de Carbón de la Corporación Británica del Carbón, formulado originalmente en 1974. Los planes de inversión de la Corporación Británica del Carbón son para incrementar la capacidad de extracción de carbón en los años posteriores a 1985. En Alemania, el segundo gran productor de la Comunidad, las empresas del carbón tienen una política de producción, inversión y mano de obra concebida para capacitarles a mantener su producción al nivel actual y para prepararse a un rápido incremento de producción si fuese necesario. En Francia, parece probable que será aprobado algún incremento en el objetivo de la producción nacional, por encima del nivel previamente aprobado. En Bélgica, el objetivo es un modesto incremento de la producción, superior a las cifras de 1980.

En los campos de carbón en los que habrá que cerrar más minas (bien porque estén agotadas o porque son antieconómicas e inadecuadas para ser modernizadas), debe hacerse todo lo posible para mitigar los efectos sociales y para prevenir cualquier tipo de dificultades locales que surjan y que pudieran perjudicar o retrasar la expansión de la producción en áreas que tengan las mejores condiciones geológicas.

La expansión de la industria del carbón debe lograrse

también con un mínimo de perturbación al medio ambiente. Los mayores problemas de preocupación pública son los relativos a hundimientos, gestión de residuos y minas a cielo abierto. Se debe dar prioridad al estudio y solución de estos problemas.

Las importaciones de carbón de terceros países deberían completar la producción nacional; es ésta una contribución esencial que permitirá la adaptación gradual del suministro a la demanda a medida de su expansión. Las importaciones de carbón también ofrecen otras oportunidades a las industrias de la Comunidad: los productores europeos están participando en el desarrollo activo de la producción de carbón en terceros países y los fabricantes de equipos de minería están exportando tecnología y equipos. El desarrollo de la infraestructura necesaria (puertos y transporte) necesitarán nuevas inversiones que crearán puestos de trabajo.

En resumen, tanto el carbón importado como el nacional estimularán la actividad industrial en todas las etapas de la «cadena del carbón» (producción, transporte, utilización) y contribuirá a las perspectivas de empleo, al crecimiento económico y al control de la inflación.

El Estudio Mundial del Carbón (WOCOL), al examinar las conexiones en la «cadena del carbón» y las potenciales dificultades para una expansión metódica, puso de relieve los problemas con los que se enfrentan los potenciales inversores mientras que se resuelven las dificultades asociadas con cualquier inversión en carbón —es decir los largos períodos de tiempo, los costes de capital y la incertidumbre acerca de las futuras tendencias del mercado—. Las decisiones de inversión en cada eslabón de la cadena espera el compromiso de la inversión en otros eslabones para asegurar que sus propias instalaciones serán usadas cuando estén finalizadas.

Tales problemas solamente se pueden resolver mediante el compromiso de todas las partes interesadas a una política determinada y coherente en la que los objetivos sean identificados y realizados. De este modo, la superación de las dificultades será una nueva fuente de progreso —inversión rentable, creación de puestos de trabajo, ayuda a países y regiones en vías de desarrollo— reducirán la excesiva dependencia de Europa del petróleo y gas importado.

INTENSIFICACION DE LA INVESTIGACION

El desarrollo y la investigación tienen un papel importante para superar las dificultades que entorpecen la expansión de la producción y el uso del carbón. Tanto en Estados Unidos como en Europa, se han concedido en años recientes sustanciales subvenciones para investigación y desarrollo de carbón. Esta política debe continuar si el carbón tiene que proporcionar la contribución que del mismo se espera.

La investigación en la ingeniería minera debe tener como objetivo el aumento de la productividad, reduciendo por tanto los costes de producción. El mayor énfasis se debe poner en expandir y mejorar el sistema «longwall», que es probable que continúe siendo el mejor método de arranque profundo durante los próximos veinte a treinta años.

A largo plazo, es necesario intensificar la investigación en el control remoto de extracción u otros métodos que

permitan explotar depósitos más profundos, en los que no se trabaja actualmente, para ser explotados en condiciones que no solamente sean rentables sino también aceptables en condiciones humanas.

Los programas de investigación y desarrollo para la utilización del carbón necesitan concentrarse en aplicaciones de media y gran escala. Se debería poner un énfasis especial en la tecnología de combustión de «fluidised bed» para los mercados industriales, comerciales y domésticos (calefacción de distrito), que actualmente están teniendo un amplio desarrollo. Su aplicación en centrales eléctricas es también importante, a la vista de las ventajas financieras y del medio ambiente.

Otros usos o usos potenciales del carbón donde se espera que la investigación haga una aportación útil incluyen:

- Desarrollo de plantas «combined head and power» (CHP).

- Perfeccionamientos que hagan los equipos convencionales de calderas de carbón más eficientes y de más fácil uso y el desarrollo de nuevos dispositivos.

- Perfeccionamiento de las técnicas de mezcla de carbón, para fabricar coque de buena calidad de carbones previamente considerados como inadecuados.

- El uso de mezclas carbón-petróleo.

El desarrollo de los procesos de licuefacción y gasificación de carbón es una operación a largo plazo cuya importancia se irá haciendo más evidente a medida que los suministros de petróleo sean más escasos y más caros. Esto sucederá cuando el gas natural y el petróleo no puedan satisfacer las crecientes demandas específicas que han cubierto hasta el momento.

La licuefacción del carbón debería primariamente producir productos ligeros, tales como combustibles de transporte y para químicos.

El proceso de gasificación que parece ser el más prometedor en términos económicos y técnicos, hará posible la producción de:

- Un gas de alto valor calorífico adecuado para alimentar directamente el sistema existente de gaseoducto de gas natural.

- Un gas de bajo valor calorífico para generación de energía.

- Un gas de valor calorífico medio para la industria y para la fabricación de productos químicos.

También se requiere la investigación en el perfeccionamiento de técnicas para el transporte por gaseoductos y el manejo neumático del carbón almacenamiento de cenizas. Finalmente, se podrían lanzar nuevas iniciativas para diseños avanzados de barcos alimentados por carbón. Recientemente se han recibido varios pedidos de tales barcos y su reintroducción a gran escala podría proporcionar un nuevo e importante mercado para el carbón en sustitución del petróleo.

RECOMENDACIONES A LA COMISION

La acción a nivel de Comunidad debería cubrir cuatro áreas principales:

1. Estimular la inversión en centrales térmicas de carbón:

- Solicitando a los gobiernos de los estados miembros que reduzcan el consumo de gas y el petróleo en centrales eléctricas promoviendo la construcción de adicionales centrales térmicas de carbón, la modernización de las ya existentes y la conversión a carbón de las centrales que emplean como combustible gas y petróleo, donde sea técnicamente viable. Como la inversión que comprende y los largos tiempos empleados son considerables, es necesario poner en práctica la acción necesaria urgentemente.

- Organizando campañas de información al consumidor sobre lo que la moderna utilización del carbón y sus procesos de combustión tienen que ofrecer.

- Pidiendo a los gobiernos de los estados miembros que proporcionen los incentivos fiscales y financieros para estimular la inversión de la industria en nuevas centrales de carbón.

- Recomendando la concesión de ayuda financiera para la construcción de plantas de carbón de muestra.

- Proporcionando asistencia a la Comunidad en la forma de créditos directos a tasas de interés reducidas.

- Recomendando la conversión a carbón de los sistemas de calefacción en los edificios públicos.

- Recomendando a los gobiernos que deberían adoptar regulaciones consistentes en lo referente a protección del medio ambiente que sean compatibles con el incremento del uso del carbón bajo condiciones económicas normales.

2. Mantener las capacidades de la producción nacional de carbón y estimular la inversión en minas de carbón nacional:

- Persuadiendo a los gobiernos de los estados miembros que ayuden a la industria del carbón nacional, asegurando la disponibilidad de los fondos suficientes para financiar las inversiones necesarias para el mantenimiento y expansión de la actual capacidad de producción y para las correspondientes modificaciones esenciales que se requieran en la infraestructura existente.

- Incrementando sustancialmente los fondos de la Comunidad que se pueden hacer disponibles para la financiación de créditos de interés reducido en favor de la inversión en la industria del carbón nacional.

- Introduciendo un sistema de ayudas de almacenamiento de la Comunidad con el fin de ayudar a la industria del carbón a mantener la capacidad de producción durante períodos de debilidad de mercado.

- Tomando a tiempo las medidas necesarias para prolongar más allá de 1981 la validez del sistema de ayuda de la Comunidad para la coquización de coque y carbón.

3. Alcanzar un razonable balance entre el carbón nacional y las importaciones de carbón a terceros países:

- Reforzando el actual sistema de vigilancia para capacitar a la Comisión intervenir a nivel gubernamental —por recomendación o por otros medios— en el caso que las importaciones de carbón de terceros países se ampliaran a tal extremo que perjudicaran la producción de la Comunidad.

- Estimulando las inversiones adecuadas, donde sea apropiado, con compromisos de la Comunidad en minas de carbón en el exterior.

4. Estimulando la investigación:

- Incrementando la cantidad de ayuda disponible actualmente para investigación sobre el carbón bajo el artículo 55 del Tratado ECSC, en extracción y utilización de carbón.

- Estimulando y acelerando la investigación de gasificación y licuefacción de carbón, con el fin de facilitar la aplicación rápida de esta tecnología a nivel industrial.

RECOMENDACIONES A LA INDUSTRIA

1. Promoción de las calderas de carbón:

- Los grandes consumidores de energía deberían hacer un esfuerzo particular para reducir su consumo de gas y petróleo convirtiendo sus plantas de calefacción a carbón y por la colaboración con los productores de carbón asegurar, en su propio interés, que el cambio al carbón se hace en las mejores condiciones posibles.

- Los fabricantes de equipos para el empleo de carbón deberían intensificar sus esfuerzos para satisfacer la demanda de calderas nuevas automatizadas y de creciente eficacia; en cooperación con los productores de carbón deberían solicitar a los gobiernos que facilitasen este desarrollo esencial para estimular la innovación en este campo.

2. Los fabricantes de maquinaria minera deberían perseguir e intensificar sus esfuerzos actuales para ampliar el uso de la más reciente tecnología minera, tanto en la Comunidad como en otras partes.

3. Mejoras del transporte del carbón.

- Los transportadores de carbón deberían ser estimulados para embarcarse en las inversiones necesarias en infraestructura (puertos, rutas fluviales, ferrocarriles, vagones especiales, etc.) con el fin de proporcionar las mejores condiciones para expandir el comercio del carbón.

Ha emergido un consenso y el objetivo está claro; no debería haber más retrasos, a ningún nivel, al tomar las decisiones y al definir una política adecuada para la financiación de todos los eslabones de la «cadena del carbón» que va desde la mina al consumidor final.

Europa Occidental no puede permitirse el permanecer bajo la horrible amenaza de una crisis de energía que podría poner su bienestar económico en grave riesgo. En lo que sea posible, se debe liberar del peligro tomando las medidas necesarias para asegurar que las esperanzas asociadas con una «Nueva Economía del Carbón» se van a hacer realidad.

CLAUSURA DEL XVI CURSO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGIA «NOEL LLOPIS»

El pasado 22 de junio se celebró en el Salón de Actos de la Facultad de Ciencias Geológicas, la clausura del XVI Curso Internacional de Hidrogeología «Noel Llopis».

Presidió el acto D. Salvador Rivas, Vicerrector de la Universidad Complutense de Madrid en representación

del Rector. Junto a él estaban los siguientes señores: D. José Luis Amorós, Decano de la Facultad de Ciencias Geológicas; D. Adriano García Loygorri-Ruiz, Director General de Minas; D. Mariano R. Echevarría Caballero, Director General del Instituto Geológico y Minero de España; D. Juan Antonio Viguera, Subdirector del Canal de Isabel II; D. Eugenio del Barrio Martín-Gamero, como representante del IRYDA; D. Emilio Muñoz Ruiz, Vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; D. Fernando Martín Westerhausen, como representante del Director General de Cooperación Multilateral Científico-Técnica del Ministerio de Asuntos Exteriores; D. Clemente Sáez Roldán, Director del Servicio Geológico de Obras Públicas, y D.ª Carmina Virgil Rodón, Catedrática de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

El acto se inició con unas palabras del Vicerrector y seguidamente el Jefe de Estudios leyó la memoria académica.

Posteriormente el Vicerrector presentó al conferenciante D. Mariano R. Echevarría Caballero que disertó sobre «Las Aguas Subterráneas en el proceso de planificación hidrológica».

El Director General del Instituto Geológico y Minero de España hizo hincapié en que, en definitiva, no existen aguas superficiales ni subterráneas; son todas las mismas, generadas por un mismo ciclo, que van a ser todas ellas, finalmente, transportadas por los ríos y cedidas al mar perfectamente unidas.

El conferenciante considera que el auténtico protagonista del aprovechamiento de las aguas es el hombre e igualmente, la estructura subterránea o acuífero constituye el medio más económico para conseguir regular el ciclo hidrológico, ya que permite bombear sus reservas en épocas secas con grandes necesidades de agua y restituir los volúmenes explotados por la recarga que suele producirse en las épocas húmedas que coinciden, en la mayoría de los casos, con menores necesidades de utilización del agua.

La Hidrología, afirmó el Sr. Echevarría Caballero, es la parte de la Ciencia que se decía el conocimiento de los embalses subterráneos, como soporte del recurso y como medio físico capaz de regular las aportaciones que en el mismo se infiltran. La Hidrología Subterránea, además de estudiar el acuífero como soporte físico, hace uso de los datos aportados por el clima y la hidrología de superficie para cuantificar los recursos potenciales y, finalmente, «los estudios de aguas subterráneas en sí», engloban todo lo ya dicho incluyendo los métodos de perforación, los estudios económicos e, incluso, los modelos de explotación y la integración de dichas aguas en el marco de la planificación hidrológica global.

Por todo esto, continuó el Director General del IGME, el proceso de investigación dinámica de los acuíferos, mediante el análisis sistemático de las redes de control, tanto en cantidad como en calidad, es el auténtico mecanismo investigador cuando se pretende conocer las posibilidades reales de los embalses subterráneos como elementos reguladores del ciclo hidrológico.

Las cifras de reserva de agua subterránea, señaló el señor Echevarría Caballero, no se conocen y sólo se han estimado a distintas profundidades. Se podría asegurar que son cifras enormemente altas; así, en España, las

reservas almacenadas en los primeros 70 metros de la corteza, han sido estimadas en 200.000 Hm³.

El conferenciante hizo seguidamente hincapié en los peligros de la «sobreeplotación». Esta se produce (o existe el riesgo de que se produzca) si un acuífero se explota por encima de sus recursos potenciales o naturales. Por esto, el Instituto Geológico y Minero de España, dentro del Programa de Estudios para el Control de Acuíferos, efectúa unos 3.500 aforos anuales, repartidos por toda la geografía nacional.

Además, dijo el Sr. Echevarría Caballero, al objeto de ampliar y mejorar el manual de instrucciones para la redacción de los Planes Hidrológicos, se creó por la Comisión de Planificación Hidrológica, el «GRUPO DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE USO CONJUNTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS», cuya misión es integrar nuestras ideas, trabajos y controles para estudios de regulación y utilización conjunta, realizados a lo largo de los últimos años, en un plan a escala nacional, para lograr una gestión optimizada del agua.

El Director General del Instituto Geológico y Minero de España finalizó su conferencia felicitando a los participantes en el curso, en especial al grupo de alumnos de países latinoamericanos.

Seguidamente, luego de unas palabras pronunciadas por el Sr. Amorós, Decano de la Facultad de Ciencias Geológicas, y con la entrega de diplomas a los cursillistas, se clausuró el XVI Curso Internacional de Hidrogeología «Noel Llopis» por el Sr. Salvador Rivas, Vicerrector de la Universidad Complutense de Madrid.

FIRMA DEL CONVENIO-MARCO ENTRE EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y LA JUNTA REGIONAL DE EXTREMADURA

El 23 de junio se firmó en Badajoz un Convenio-Marco de Asistencia y Cooperación para potenciar las investigaciones y los estudios tanto en recursos hidrogeológicos (Aguas Subterráneas) como en Recursos Minerales.

Rubricaron el Convenio, por parte del Instituto Geológico y Minero de España, su Director General, D. Mariano R. Echevarría Caballero; y por parte de la Junta Regional de Extremadura, el Consejero Regional de Obras Públicas y Urbanismo, D. Vicente Sánchez Cuadrado.

Al lado de la firma asistió también, el Director Provincial del Ministerio de Industria y Energía, D. Andrés Herranz.

El Director General del Instituto Geológico y Minero de España estuvo acompañado por D. Jesús Gómez de las Heras, Jefe de la Sección de Investigación de Aguas Subterráneas y Director de los Trabajos de Investigación Hidrogeológicos del Oeste que, en rueda de prensa posterior al acto de la firma del Convenio, señaló su convencimiento de que el Convenio de colaboración va a suponer una actuación integrada para resolver los problemas de abastecimientos de acuerdo con los estudios que durante el año 1981 hizo el IGME. Ahora, afirmó, se tiene la infraestructura del conocimiento básico de algunos de los sistemas acuíferos y se tienen definidas las unidades donde se puede actuar.

Seguidamente, el Director General del Instituto Geológico y Minero de España hizo hincapié en que en Extremadura, ahora que está estudiado un plan hidrológico global y se ha puesto en marcha, no tiene por qué haber déficit de agua para el abastecimiento a los núcleos urbanos. Del mismo modo, continuó, una combinación adecuada de las aguas superficiales y de los recursos subterráneos, dosificándolos coyunturalmente, puede resolver el problema del suministro a los núcleos de población.

A continuación el Sr. Echevarría Caballero, hizo un informe sobre los recursos minerales en Extremadura. Así, señaló, que las investigaciones están dirigidas especialmente hacia los yacimientos de estaño y wolframio; a minerales complejos de plomo y cinc y a estudios de rocas industriales u ornamentales. Igualmente, dijo, son muy interesantes las arcillas especiales, como la ettapulgita, de alto valor para las industrias químicas y cerámica.

Respecto a la minería metálica —estaño y wolframio—, el Director General del IGME indicó la conveniencia de

hallar el procedimiento para concentrar estos minerales. Para ello, dijo, habría que instalar una planta a la que acudieran los minerales de las distintas minas, ya que, en esta zona, la minería está muy diseminada y con una ley baja, pero como hay que aprovecharla, sólo así la explotación se haría rentable.

Además, finalizó, el Sr. Echevarría Caballero, el Instituto está realizando un programa de investigación de sustancias minerales, para seleccionar posibles yacimientos de interés en todo el país, en un programa que tendrá doce años de duración.

Por su parte, el Consejero Regional de Obras Públicas y Urbanismo, D. Vicente Sánchez Cuadrado, resaltó la importancia y alcance del Convenio suscrito con el IGME y señaló el deseo de que esta colaboración no se quede únicamente en la detección y cubicación de los depósitos de minerales, sino también en una labor de apoyo a la pequeña y mediana empresa minera mediante estudios de viabilidad de las explotaciones.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

12144. **Participación española en la génesis de los Congresos Geológicos Internacionales y en la celebración de la primera sesión celebrada en París en 1878.** VIA BOADA, L.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 63-66, ref. 5, esp., bibl. IGME.

* Histórico, Congreso geológico internacional, París, 1878.

12268. **Dr. Artur Candido de Medeiros. 1908-1977.** TEXEIRA, C., y ZBYSZEWSKI, G.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 5-12, port., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Geología.

GEOLOGIA REGIONAL

12212. **Selección de áreas recubiertas con posibilidades mineras en el NO. de España.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10653, 2 vol., esp., CD. IGME.

* Geología regional, Prospección geoquímica, Geomorfología, Mapa tectónico, Mapa gravimétrico, Mapa geomorfológico, Mapa de sismicidad, Mapa geológico, Galicia.

ESTRATIGRAFIA

12221. **O Precámbrico de Portugal.** TEXEIRA, C.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 129-136, ref. 18, port., res. franc., bibl. IGME.

* Antecámbrico, Braquiópodo, Taxón nuevo, Escala estratigráfica, Discordancia, Litofacies, Correlación, Hercínico Centro, Hercínico Sur, Portugal.

12222. **Le Jurassique de l'Algarve (Portugal): Esquisse stratigraphique et evolution paleogeographique.** ROCHA, R. B., y MARQUES, B.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 137-151, ref. 15, port., Bibl. IGME.

* Jurásico, Ciclo sedimentario, Arrecife, Sedimentación lagunar, Sedimentación pelágica, Sedimentación intertidal, Medio lagunar, Medio pelágico, Medio intertidal, Laguna, Datación, K-Ar, Fauna ammonites, Transgresión, Regresión, Paleogeografía, Algarve, Portugal.

12223. **A formação vermelha de Marco Furado (Península de Setubal).** AZEVEDO, T. M.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 153-162, ref. 7, port., res. franc., Bibl. IGME.

* Plioceno, Villafranquiense, Pliegue, Sinclinal, Subsistencia, Canto, Guijarros, Arcilla mineral, Composición mineralógica, Caolinita, Illita, Biorhexistasia, Setúbal, Portugal.

12225. **Vestígios de Praia Calabriana com indústrias da «Pebble Culture» no alto de leiãs - Paço de Arcos.**

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 185-195, ref. 18, port., res., franc., bibl. IGME.

* Superficie erosión, Calabriense, Arqueología, Canto, Paleolítico, Pebble Culture, Lisboa, Portugal.

12232. **O povoado pre-historico de Leceia (Lisboa, Portugal). Nota previa sobre a colecção de Alvaro de Bree.** CARDOSO, J. L.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 265-269, ref. 8, port., res. franc., bibl. IGME.

* Arqueología, Prehistoria, Neolítico, Cerámica, Emplazamiento arqueológico, Lisboa, Portugal.

12236. **Le Lias moyer et superieur de la région de Tomar.** MOUTERDE, R.; ROCHA, R. B., y RUGET, CH.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 55-86, ref. 29, franc., bibl. IGME.

* Lías medio, Lías sup., Corte geológico, Caliza, Dolomía, Marga, Fauna, Tomar, Santarém, Leiria, Portugal.

12253. **Observações micropaleontológicas sobre o Malm do Algarve ocidental (Portugal).** RAMALHO, M. M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 451-470, ref. 6, port., res. ing., port., bibl. IGME.

* Jurásico sup., Malm, Corte geológico, Caliza, Dolomía, Microfósil, Paleogeografía, Portugal, Algarve.

12257. **The stratigraphy and structure of Ordovician an associated rocks around Valongo; north Portugal.** ROMANO, M., y DIGGENS, J. N.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 23-52, ref. 2 p., ing., res. port., bibl. IGME.

* Arenisca, Conglomerado, Limonita, Pista, Corte geológico, Arenigiense, Argilita, Llanvirniense, Cuarzita, Grauvaca, Caradoc, Fauna, Control tectónico, Portugal.

12261. **Le Cretacé inferieur de l'Algarve occidental; Portugal.** REY, J., y RAMALHO, M. M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 155-182, ref. 7, franc., bibl. IGME.

* Cretácico inf., Marga, Dolomía, Caliza, Arenisca, Conglomerado, Fauna específica, Corte geológico, Sedimentación litoral, Medio litoral, Paleografía, Portugal, Algarve.

12263. **O Devonico de Portalegre.** CORREIA PERDIGAO, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 203-225, ref. 12, port., bibl. IGME.

* Gedinense, Siegeniense, Eifeliense, Fauna braquiópodos, Arenisca, Cuarzita, Esquisto, Portugal.

12266. **Le Cenamo-Turonien de l'embouchure du Rio Mondego Beira Litoral, Portugal.** BERTHOV, P. Y., y LAUVERJAT, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 263-301, ref. 4 p., franc., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Cenomaniense, Turoniense, Arena, Arenisca, Conglomerado, Arcilla, Caliza, Corte geológico, Fauna, Microfauna, Microfacies, Portugal.

12274. **Stratigraphie et faune du Lias et de la base du Dogger au Nord du Mondego; Ruiálos et Brenha.** MOUTERDE, R.; ROCHA, R. B., y RUGET, CH.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 83-104, franc., bibl. IGME.

* Sinemuriense, Lotharigiense, Carisiense, Domeriense, Toarciense, Caliza, Marga, Fauna específica, Portugal.

GEOMORFOLOGIA

12224. **A não confirmação de fenomenos glaciarios nas montanhas do norte de Portugal (Peneda-geres).** TEIXEIRA, C., y CARDOSO, J. L.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 163-184, ref. 22, port., res. franc., bibl. IGME.

* Glaciación, Estudio crítico, Morfología glaciario, Viana do Castelo, Portugal.

CUATEÑARIO

12234. **Resultados das escavações na Lapa da Burgalheira; Torres Novas.** DO PAÇO, A.; ZBYSZEWSKI, G., y DA VEIGA FERREIRA, O.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 23-47, port., bibl. IGME.

* Caverna, Morfología, Arqueología, Prehistoria, Eneolítico, Torres Novas, Zibreira, Santarém, Portugal.

12241. **Una oficina de preparação de machados mirenses no Languedocense de Vila Nova de Milfontes.** ZBYSZEWSKI, G.; LEITAO, M., y NORTH, C. T.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 139-164, port., bibl. IGME.

* Arqueología, Artefacto, Duna costera, Playa, Pleistoceno medio, Acheulense, Portugal, Baixo Alentejo.

12248. **Contribuição para o conhecimento do Paleolítico da regio de Torres Novas.** ZBYSZEWSKI, G., y DA VEIGA FERREIRA, O.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 83-100, port., bibl. IGME.

* Paleolítico, Achenliense, Mousteriense, Arqueología, Artefacto, Sílex, Cuarzo, Cuarzita, Torres Novas, Portugal.

12260. **Le monument a coupole de l'âge du bronze final de la Roça do Casal do Meio; Calhariz.** SPINDLER, K.; DE CASTELLO BRANCO, A.; ZBYSZEWSKI, G., y DA VELO FERREIRA, O.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 91-154, ref. 3 p., franc., bibl. IGME.

* Prehistoria, Arqueología, Artefacto, Edad, Datación, Portugal, Algarve.

GEOLOGIA MARINA

12149. **Derrotero de la costa NW de España desde la Estaca de Bares al Río Miño.** INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA MARINA.

Sección Náutica (1975), vol. 1, núm. 2, 1-394, esp., bibl. IGME.

* Morfología costa, Corriente, Marea, Profundidad, Provincia La Coruña, Provincia Pontevedra, Océano Atlántico.

12150. **Derrotero de las costas del Mediterráneo que comprende las Islas Baleares, la costa Norte de Marruecos y la costa de Argelia.** INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA MARINA.

Sección Náutica (1976), vol. 2, núm. 3, 1-361, esp., bibl. IGME.

* Morfología costa, Corriente, Marea, Profundidad, Baleares, Marruecos, Argelia, Africa del Norte, Mar Mediterráneo.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

12151. **Inventarios nacionales de focos industriales contaminadores del medio ambiente.** BARREDA SORLI, J.

Econ. Ind. (1981), núm. 205, 15-25, esp., bibl. IGME.

* Legislación, Protección medio ambiente, Atmósfera, Inventario, Polución, Residuo industrial, Residuo doméstico, Gas anhídrido sulfuroso, Oxido, Azote, España.

12152. **La investigación aplicada en el campo de la protección ambiental: Análisis de avances y necesidades.** JIMENEZ BELTRAN, D.

Econ. Ind. (1981), núm. 205, 39-55, esp., bibl. IGME.

* Investigación científica, Investigación en curso, Protección medio ambiente, Metodología, Polución, Alteración, Ecología, España.

12153. **Criterio para la creación de una bolsa de gestión de residuos.** LIZAUER OTERO, J., y DE ANDRES, F.

Econ. Ind. (1981), núm. 205, 56-65, esp., bibl. IGME.

* Gestión, Residuo industrial, Residuo sólido, Reciclaje, Recuperación, Materia prima, Precio, Financiación, España.

PALEONTOLOGIA DE LOS VERTEBRADOS

12167 **El género Hipparion en España. Nuevas formas de Castilla y Andalucía. Revisión e historia evolutiva.** ALBERDI, M. T.

Trab. Neóg. Cuatren. (1974), núm. 1, 1-146, ref. 117, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Tesis, Hippomorfa, Hippasion, Síntesis bibliográfica, Osamenta, Diente, Morfología funcional, Biometría, Metodología, Estadística, Mioceno sup., Vallesense, España.

12249. **Note sur une mandibule de Deinotherium de l'Helvetien de Lisbonne.** ZBYSZEWski, G.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 101-106, ref. 3, franc., bibl. IGME.

* Deinotherioideos, Helvetiense, Mandíbula, Diente, Biométrico, Lisboa, Portugal, Extremadura.

12250. **Etude des otolithes des teleosteens (Pisces) du Miocene des environs de Lisbonne.** JONET, S.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 107-328, ref. 126, franc., res. franc., port., ing., bibl. IGME.

* Fauna peces, Teleostei, Otolito, Síntesis bibliográfica, Burdigaliense, Helvetiense, Tortoniense, Preparación, Preparación muestras, Paleogeografía, Cuenca sedimentaria fósil, Sedimentación marina, Medio litoral, Medio marino, Variación nivel, Temperatura, Batimetría, Paleocología, Paleoclima, Portugal, Extremadura.

12262. **Etude anthropologique des restes humains trouvés dans la sepulture de Roça do Casal do Meio.** GALLAY, G.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 183-202, ref. 6, franc., bibl. IGME.

* Antropología, Homo sapiens, Anatomía esqueleto, Edad, Comparación, Cráneo, Portugal, Algarve.

12270. **Sur la présence de Gobiidae; poissons Teleosteens, Gobiiformes, dans le Pliocene Saumâtre de Carvide; Extremadura, Portugal.** GAUDANT, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 53-60, ref. 5, franc., res. ing., bibl. IGME.

* Teleosteos, Marga, Plioceno, Portugal, Extremadura.

12275. **Contribution a l'étude anatomique et systematique de l'ichthyofaune Cénomanienne du Portugal. Première partie: Les Acanthopterygiens.** GAUDANT, M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 105-149, ref. 2 p., franc., res. ing., port., bibl. IGME.

* Teleosteos, Taxón nuevo, Cenomanense, Anatomía esqueleto, Portugal, Extremadura.

PALEONTOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS

12237. **Deux espèces nouvelles de Paracymatoceras dans le Jurassique superieur de la Peninsule Iberique.** TINTANT, H.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 87-96, ref. 10, franc., bibl. IGME.

* Nautiloidea, Taxón nuevo, Calloviense, Oxfordiense, Figueira da Foz, Olliete, Provincia Teruel, Portugal.

12240. **Observações micropaleontológicas sobre o Malm a Oeste de Sesimbra, Portugal.** RAMALHO, M. M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 133-138, ref. 4, port., bibl. IGME.

* Microfauna, Caliza, Sedimentación marina, Medio marino, Jurásico sup., Corte geológico, Portugal.

12244. **A fauna dos gres e quartzitas silurico-devonicas de Portalegre e sua posição estratigráfica.** CORREIA PERDIGAO, J.

Com. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 5-32, ref. 20, bibl. IGME.

* Fauna braquiópodos, Fauna gasterópodos, Fauna cefalópodos, Fauna crustáceos, Crinoideos, Vermes, Arenisca, Cuarcita, Silúrico, Devónico, Portalegre, Portugal.

12245. **O Devonico de Barrancos (Paleontología e Estratigrafía).** CORREIA PERDIGAO, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 33-54, ref. 15, port., bibl. IGME.

* Devónico, Litofacies, Fauna braquiópodos, Fauna moluscos, Sedimentación marina, Medio agua profunda, Barrancos, Baixo Alentejo, Portugal.

12247. **Les Nerinees du Cenomanien de l'Estremadure portugaise.** BERTHOUE, P. Y., y TERMIER, G.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 73-82, ref. 8, franc., bibl. IGME.

* Entomotaeniata, Microfósil, Cenomaniense, Anatomía, Nerineas, Portugal, Extremadura.

12251. **Glosario paleontológico (Brachiopoda), I. Parte.** DE FATIMA BEATO, M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 329-420, ref. 22, port., bibl. IGME.

* Glosario, Anatomía, Fauna braquiópodo.

12252. **Modeles mathematiques des facteurs paléocologiques dans quelques gisements du Cretace inferieur d'Estremadure.** BONNET, L., y REY, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 421-450, ref. 7, franc., bibl. IGME.

* Yacimiento fosilífero, Fauna braquiópoda, Fauna gas-

terópodo, Fauna cefalópodo, Cretácico inf., Litofacies, Dato, Paleocología, Paleocanografía, Modelo matemático, Análisis factorial, Coeficiente correlación, Análisis correspondencia, Portugal, Extremadura.

12256. **A contribution to the stratigraphical subdivision of nonmarine sediments of the Portuguese Uper Jurassic.** HELMDACH, F. F.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 5-22, ref. 15, ing., bibl. IGME.

* Ostracoda, Taxón nuevo, Microfauna, Calloviense, Oxfordiense, Kimmeridgiense, Portugal.

12259. **Foraminíferos de plataforma continental e parte superior da vertente Portuguesa entre os Cabos Raso e Espichel.** ESTEVES DE MATOS, J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 61-89, ref. 3, p., port., res. ing., franc., bibl. IGME.

* Fauna foraminífera, Muestreo, Profundidad, Plataforma continental, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Arena, Arcilla, Calcarenita, Glauconita, Paleocología, Cretácico, Mioceno, Plioceno, Portugal.

12265. **Description de quelques Nautilides du Lias Portugais.** TINTAN, H., y COURBOULEIX, S.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 245-260, ref. 17, franc. bibl. IGME.

* Nautiloidea, Nautilus, Taxón nuevo, Jurásico inf., Portugal.

12267. **Chibinozaires, Ostracodes et Trilobites de l'Ordovicien du Portugal, serra de Buçaco, et du massif Armoricaín: essai de comparaison et signification paleogeographique.** THADEU, D.; HENRY, J. L.; NION, J., y PARIS, F.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 303-345, ref. 5 p., franc., bibl. IGME.

* Chitinozoos, Beyrichicopina, Platycopida, Trilobites, Ordovícico, Litofacies, Corte geológico, Correlación, Paleogeografía, Macizo Armoricano, Portugal.

12269. **Le Tortonien superieur des environs de Fonte da Telha; Peninsule de Setubal, et ses faunes.** JONES, S.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 13-51, ref. 11, franc., bibl. IGME.

* Euselachii, Teleosteos, Diente, Cetácico, Fauna molusco, Arena, Arcilla, Arenisca, Derrubios, Tortonense, Portugal.

PALEOBOTANICA

12227. **Les pollens d'angiospermes du Cretace de Vila Flor, Portugal. Geures de forme Atlantopollis et Limaipollenites.** KEDVES, M., y DINIZ, F.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 203-216, ref. 5, port., res. port., ing., bibl. IGME.

* Polen, Angiosperma, Taxón nuevo, Cenomanense, Atlantopollis, Limaipollenites, Bragança, Portugal.

12228. **Etude au microscope electronique a balayage de quelques especes du geure de forme interporopollenites du Cretace d'Arada, Portugal.** KEDVES, M., y DINIZ, F.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 217-226, ref. 21, port., res. port., ing., bibl. IGME.

* Taxón nuevo, Polen, Exina, Angiosperma, Cretácico, Dato MEB, Aveiro, Portugal.

TECTONICA

12229. **Essai de correlation des phases de deformation Hercynienne dans le Nord-Ouest peninsulaire.** NORONHA, F.; RAMOS, J. M. F.; REBELO, J. A.; RIBEIRO, A., y RIBEIRO, M. L.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 227-237, ref. 21, port., res. port., ing., bibl. IGME.

* Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Primario, Deformación, Correlación, Macizo galaico, Arco asturiano.

12235. **La Tectonique du Lias au Nord de Tomar.** ROSSET, J., y MOUTERDE, R.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 49-53, franc., bibl. IGME.

* Tectónica de fractura, Pliegue, Falla, Anticlinal, Sinclinal, Jurásico inf., Tomar, Río Nabão, Santarém, Leiria, Portugal.

12238. **Existence d'une tectonique tangentielle dans le Lias sur les feuilles d'Alvaizere, d'Anciao et d'Espinhal au 25.000 e.** ROSSET, J.; MOUTERDE, R., y ROCHA, R. B.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 97-103, franc., bibl. IGME.

* Cabalgamiento, Escama, Falla, Caliza, Marga, Dolomía, Jurásico, Tectónica tangencial, Portugal.

HIDROLOGIA

11939. **Los abastecimientos de agua a pequeñas poblaciones rurales.** RUIZ GARCIA, F.

Tecniterrae (1971), vol. 7, núm. 38-42, esp., res. fra., ing., bibl. IGME.

* Fuente, conducción de agua, Planificación urbana, Explotación.

11940. **Utilización actual y futura de las aguas subterráneas en las cuencas del sur (Sector occidental). Planificación hidráulica. Regulación.** LOPEZ GETA, J. A.; VALLE, M., y RIVERA, A. M.

Tecniterrae (1981), vol. 7, núm. 40, 28-37, esp., res. fra., ing., ref. (7), bibl. IGME.

* Agua subterránea, Provincia hidrogeológica. Agua disponible, Almacenamiento cuenca, Presa subterránea, Provincia Málaga, Provincia Granada, Provincia Cádiz.

11941. **Riesgos de intrusión marina en el Campo de Dalías.** THAUVIN, J. P.

Tecniterrae (1981), vol. 7, núm. 40, 19-26, esp., res. fra., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Manto agua, Interfase, Intrusión agua salada, Acción preventiva, Metodología, Sondeo, Provincia Almería.

11942. **Sueño de agua en Andalucía.** ABAD, J.

Tecniterrae (1981), vol. 7, núm. 40, 8-13, esp., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Histórico, Informe actividad, Legislación, Política de Estado, Andalucía.

11964. **La vigilancia de la contaminación fluvial. I. Tratamiento de datos de control analítico.** MINGO, J.

Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPU), bibl. IGME.

* Agua de superficie, Análisis de agua, Metodología, Tratamiento de datos, Estadística, Mapa hidroquímico, España.

12139. **Universidad Complutense. Fac. Farmacia. Dep. Microbiología.** MOSSO, M. A.; DE LA ROSA, M. C.; DIAZ ALONSO, F., y GASTON DE IRIARTE, E.

An. R. Acad. Farm. (1981), vol. 47, núm. 3, 327-334, ref. 13, esp., bibl. IGME.

* Agua mineral, Microorganismo, Bacteria, Potabilidad, Calidad del agua, Provincia Madrid.

12140. **Consideraciones sobre el grupo de manantiales mineromedicinales de Carabaña.** LOPEZ DE AZCONA, J. M.

An. R. Acad. Farm. (1981), vol. 47, núm. 3, 313-326, ref. 8, esp., bibl. IGME.

* Agua mineral, Fuente, Graben, Orogenia hercínica, Neógeno, Mioceno, Cretácico sup., Tectónica, Pozos agua, Sulfato sodio, Producción, Hidroquímica, Análisis mayores, Provincia Madrid.

12147. **Un primer análisis de la permeabilidad y el grado de anisotropía de los materiales detríticos de la fosa del Tajo.** MARTINEZ ALFARO, P. E.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 33-36, ref. 6, esp., bibl. IGME.

* Aluvión, Arena, Arcillas, Permeabilidad, Anisotropía, Variación espacial, Estadística, Proceso estocástico, Fosa del río Tajo, Provincia Guadalajara, Provincia Madrid.

MINERALOGIA

12273. **Determination of finite strain undeformed planar fabrics.** RIBEIRO, A., y POSSOLO, A.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 77-81, ref. 4, ing., res. port., bibl. IGME.

* Distorsión, Deformación finita, Plano axial, Método matemático, Ecuación matemática, Estructura planar.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

12142. **Los sedimentos terrígenos del Cretácico medio del sur de la Meseta y norte del Prebético Externo. Hipótesis sedimentológica.** ELIZAGA MUNOZ, E.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 7-26, ref. (2 p.), esp., res. ing., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Arena, Conglomerado, Cuarzita, Sedimentación fluvial, Cono aluviones, Medio fluvial, Albense, Cenomanense, Provincia Ciudad Real, Provincia Albacete.

12226. **Nota sobre paleocorrientes na Formação Vermelha de Marco Furado (Península de Setubal).** AZEVEDO, T. M.; CARDOSO, J. L.; AMORIN, A. B., y FIGUEIRAS.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 197-201, ref. 2, port., res. franc., bibl. IGME.

* Aluvión, Canto, Granulometría, Paleocorriente, Setúbal, Portugal.

12233. **Algunos aspectos petrográficos das rochas carbonatadas do Malm inferior da regio de Santiago do Cacém-Simes.** DA PAZ BAPTISTA, J. A.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 5-22, ref. 2 p., port., bibl. IGME.

* Roca carbonatada, Sedimentación recifal, Medio recifal, Regresión, Sedimentación litoral, Medio litoral, Jurásico sup., Metamorfismo contacto, Dolomitización, Silicificación, Textura afanítica, Caliza oolítica, Sines, Santiago do Cacém, Baixo Alentejo, Portugal.

12239. **Nouvelles observations sedimentologiques et paleobiologiques sur l'Hettangien du Portugal.** FISCHER, J. C., y PALAIN, C.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 105-132, ref. 3 p., franc., bibl. IGME.

* Arenisca, Argilita, Dolomía, Sedimentación litoral, Estructura intraformacional, Medio litoral, Litofacies, Fauna gasterópoda, Fauna pelecípoda, Corte geológico, Hettangense, Portugal.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

12143. **El ortogneis de Ribera del Fresno: un cuerpo granítico intrusivo prehercínico aflorante en el sector central del anticlinorio Portoalegre-Badajoz-Córdoba.** CHACON, J.; MARTIN RUBI, J. A., y PESQUERA, A.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 49-62, ref. 21, esp., res. ing., fra., bibl. IGME.

* Ortogneis, Composición granítica, Microtectónica, Esquistosidad, Lineación, Diaclasa, Petrografía, Cálculo petrográfico, Estadística, Ribera del Fresno, Hinojosa del Valle, Llera, Valencia de las Torres, Provincia Badajoz.

12146. **Un ejemplo de evolución desde estructuras de «buckling» a aplastamiento en los mármoles dolomíticos de Sierra Almirajara. Zona Bética.** ELORZA, J. J.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 1-6, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mármol, Textura, Esquistosidad, Orogenia alpina, Pliegue, Trías medio, Trías sup., Plegamiento por «buckling», Zafarraya, Sierra Almirajara, Provincia Málaga, Zona Bética.

12148. **Comportamiento reológico, fuerza ascensional y deformación en el material granítico: Aplicación al Plutón de Ledesma, Salamanca.** LOPEZ-PLAZA, M.

Bol. Geol. Min. (1980), vol. 91, núm. 5, 37-48, ref. (1 p.), esp., res. ing., bibl. IGME.

* Batolito, Plutón, Granito, Reología, Deformación, Foliación, Control tectónico, Roca encajante, Gneis, Ledesma, Provincia Salamanca, Macizo Hespérico.

12242. **The lajes ignimbrite, Ilha Terceira, Açores.** SELF, S.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 165-180, ref. 16, ing. res. port., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Ignimbrita, Ash flow tuf, Traquita, Piroclástico, Granulometría, Datación, C-14, 2115 ± 115 años, Ilha Terceira, Azores.

12246. **Etude de quelques formations eruptives dans le Cenomanien des Cartes au 150.000 è des environs de Lisbonne (Portugal).** SANTALLIER, D., y BERTHOV, P. Y.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 55-72, ref. 16, franc., bibl. IGME.

* Sill, Dique, Riolita, Traquita, Traquiandesita, Andesita, Cálculo petrográfico, Cenomanense, Lisboa, Extremadura, Portugal.

12258. **Lowes Ordovician Crescent Cast from the «Armo-rican Quartzite» of North Portugal.** ROMANO, M.

Comun. Serv. Geol. Port. (1973-74), vol. 57, 53-59, ref., ing., res. port., bibl. IGME.

* Traza corriente, Cuarzita, Arenig, Portugal.

12271. **Ocorrência de prenite em rochas calco-silicatadas de Rocamondo; Portugal.** FERREIRA PINTO, A. F.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 61-65, ref. 4, port., res. franc. ing., bibl. IGME.

* Prehnita, Corneana, Fluido mineralizador, Alteración hidrotermal, Sustitución, Portugal.

12272. **Sur un cas de dioritisation varisque dans le sud de Portugal: Les Amphibolites de Ventosa; Massif de Beja.** FERREIRA PINTO, A. F.; SOARES DE ANDRADE, A. A., y NABAIS CODE, L. E.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 67-76, ref. 10, franc., res. ing., bibl. IGME.

* Anfibolita, Textura, Estructura, Granitización, Diorita, Foliación, Diópsido, Piroxeno, Granate, Lámina delgada, Análisis mayores, Portugal, Bajo Alentejo.

12276. **Algumas observações sobre o metamorfismo na regio de Tourém; Norte de Portugal.** RIBEIRO, M. L.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 151-169, ref. 1 p., port., res. franc., bibl. IGME.

* Metamorfismo regional, Metamorfismo progresivo, Polimetamorfismo, Roca metamórfica, Asociación mineral, Diagrama equilibrio, Quimismo, Orogenia hercínica, Portugal, Tras os Montes.

YACIMENTOLOGIA. GENERALIDADES

12171. **Bases para la planificación de una investigación minera para lignitos en la inscripción Cuenca-Teruel.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10636, 1-100, ref. 32, esp., C. D. IGME.

* Planificación, Prospección minera, Panorama minero, Geología regional, Mapa Geológico, Mapa de yacimientos minerales, Provincia Cuenca, Provincia Teruel, Provincia Guadalajara, Provincia Valencia.

12175. **Estudio infraestructural de pizarras bituminosas. Zona: Cuenca Carbonífera de Quirós, Teverga y San Emilian (Asturias).**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10659, 1-35, ref., 11, esp., Doc. IGME.

* Esquisto bituminoso, Westfaliense, Pliegue, Pliegue disarmónico, Muestreo, Perfil geodinámico, Ensayo in situ, Asturias.

12177. **Investigación de pizarras bituminosas en el Jurásico de Reinosa (Santander).**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10657, 2 vol., esp., C. D. IGME.

* Jurásico, Litofacies, Corte geológico, Escala estratigráfica, Correlación, Tectónica, Cabalgamiento, Discordancia erosiva, Pliegue, Anticlinorio, Orogenia Hercínica, Orogenia Alpina, Subsistencia, Regresión, Esquisto bituminoso, Muestreo, Ensayo in situ, Génesis, Provincia Santander.

12193. **Investigación geológico-minera de la zona de Guijuelo (Salamanca). Hoja 13-21/528.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10651, 2 vol., esp., C. D. IGME.

* Bibliografía específica, Antecambriano, Cámbrico, Mioceno, Plioceno, Orogenia Hercínica, Tectónica, Roca ígnea, Roca metamórfica, Metamorfismo regional, Índice mineral, Yacimiento, Filón, Casiterita, Estaño sustancia, Galena, Plomo sustancia, Tungsteno sustancia, Scheelita, Yacimiento hidrotermal, Alta temperatura, Microscopía, Provincia Salamanca.

12203. **Proyecto de exploración de pizarras bituminosas en España.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10656, 2 vol., esp., C. D. IGME.

* Esquisto bituminoso, Prospección minera, Proyecto, Planificación, Programa, Índice mineral, Inventario, España.

12211. **Seguimiento y control del mapa metalogénico. Tratamiento y explotación de datos procedentes de diversas fuentes.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), 1-25, ref. 37, esp., C. D. IGME.

* Mapa metalogénico, Metodología, Datos, Tratamiento datos, Metal sustancia, Mina, Inventario, Producción, Reserva, España.

YACIMENTOLOGIA DE METALES

12277. «Controle» structural da mineralização de estanho e volfrâmio no antiforma de Chaves-Miranda do Douro; Tras-os-Montes oriental. BRANDAO, J. M.; DA SILVA, A. R., y RIBEIRO, A.

Comun. Serv. Geol. Port. (1978), vol. 63, 171-178, ref. 8, port., res. ing., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Filón, Fluido mineralizador, Fractura, Control tectónico, Pliegue, Pliegue antiforme, Orogenia hercínica, Portugal, Tras os Montes.

YACIMENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

12145. Mineralogía y mineralogénesis de los depósitos de talco de la Serranía de Ronda. Málaga. Parte III. Mineralogénesis. RODAS, M.; GALAN, E., y LA IGLESIA, A.

Bol. Geol. Minero (1980), vol. 91, núm. 5, 27-32, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Talco sustancia, Filón, Alteración hidrotermal, Cristaloquímica, Paragénesis, Provincia Málaga, Serranía de Ronda.

12176. Exploración regional de las formaciones mesozóicas de la región oriental de la cordillera Cantábrica (Burgos-Santander) para arenas caoliníferas. Zona E.

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10637, 1-77, esp., C. D. IGME.

* Prospección minera, Caolín sustancia, Granulometría, Análisis mayores, Reserva, Trías, Jurásico, Cretácico, Mioceno, Mapa geológico, Anticlinorio, Formación Utrillas, Huidobro, Oña, Provincia Burgos.

CARBON

12183. Investigación geológico-minera de carbón en la cuenca de Barruelo (Palencia).

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10642, 1-123, ref. 24, esp., CD. IGME.

* Carbón, Prospección minera, Estratigrafía, Tectónica, Devónico, Carbonífero, Jurásico, Cuaternario, Corte geológico, Roca clástica, Roca ígnea, Sondeo, Corte sondeo, Fauna específica, Fósil característico, Sedimentación deltaica, Sedimentación fluvial, Sedimentación lacustre, Estructura sedimentaria, Pliegue, Falla, Proyecto, Explotación, Reserva, Provincia Palencia.

12190. Investigación geológico-minera de las pizarras bituminosas de Puertollano, Ciudad Real. Estudio de prefactibilidad. *Geología y Calidades*.

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10658, 1-121, esp., CD. IGME.

* Estudio de factibilidad, Esquisto bituminoso, Estefaniense, Sinclinorio, Explotación, Cielo abierto, Mina, Capa carbón, Calidad minera, Reserva, Coste, Sondeo, Corte sondeo, Diagrafía, Profundidad, Puertollano, Provincia Ciudad Real.

12243. Sobre as primeiras medidas de poder reflector nas perantracitas da bacía carbonífera do Douro; mina de Sao Pedro da Cova-Gondomar; NW de Portugal. LE-MOS DE SOUSA, M. J.

Comun. Serv. Geol. Port. (1971), vol. 55, 181-220, ref. 14 p., port., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Antracita, Poder reflector, Estadística, Programa ordenador, Cuenca carbonífera río Duero, Mina San Pedro da Cova-Gondomar, Duero litoral, Portugal.

SUELOS

12141. Los suelos de la comarca de Carabaña. HOYOS, A., y MONTURIOL, F.

An. R. Acad. Farm. (1981), vol. 47, núm. 3, 339-356, ref. 4, esp., bibl. IGME.

* Suelo, Rendzina, Sierozem, Suelo poco desarrollado, Suelo pardo, Suelo mediterráneo, Suelo esquelético, Perfil suelo, Estructura suelo, Provincia Madrid.

GEOQUIMICA

12230. Idade absoluta pelo metodo do Rb-Sr dos granitos do Porto e de Portalegre (Nota preliminar). ABRANCHES, M. C. B.; CANILHO, M. H., y CANELHAS, M. G. S.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 239, ref. 16, port., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Datación Rb-Sr, Metodología, Datos, Porto, Portalegre.

12231. Estudos isotopicos do U e do Pb no conduto Peace River. ABRANCHES, M. C. B.

Bol. Soc. Geol. Port. (1979), vol. 21, núm. 2-3, 249-264, ref. 27, port., res. ing., bibl. IGME.

* Chondrita, Datación, U - Pb. Pb 207 - Pb 204, Pb 206 - Pb 204, Isótopo, Espectrometría masa, Metodología, Dato.

12254. Seconde datation par le C14 de l'amas coquillier mésolithique de Moita do Sebastião (Muge). JEAN ROCHE, L. A., y DA VEIGA FERRAIRA, O.

Comun. Serv. Geol. Port. (1972-73), vol. 56, 471-474, ref. 10, franc., bibl. IGME.

* Datación, C 14, Masa mineralizada, Concha, Holoceno, Mesolítico, Portugal.

SISMOLOGIA

12255. Periodicidade sísmica nos Açores. MACHADO, F. *Comun. Serv. Geol. Port.* (1972-73), vol. 56, 475-486, ref. 12, port., res. port., ing., bibl. IGME.

* Periodicidad, Frecuencia, Seísmo, Sismotectónica, Contracción, Rift, Distribución estadística, Influencia, Marea terrestre, Azores, Atlántico Nordeste.

12264. Crise sísmica do Pico; Açores. Nov. 1973. MACHADO, F.; TREPA, M. V.; FERIN, C., y NUNES, J. C. *Comun. Serv. Geol. Port.* (1973-74), vol. 57, 229-243, ref. 10, port., res. ing., bibl. IGME.

* Sísmicidad, Epicentro, Anomalía, Intensidad, Ecuación matemática, Falla transformante, Red fractura, Tectónica de placas, Azores.

ENERGIA

12155. Perspectivas de la energía nuclear en la década de los 80. WALKER, W.

Econ. Ind. (1981), núm. 211-212, 14-26, esp., bibl. IGME.

* Energía nuclear, Central nuclear, Política Estado, Perspectiva.

12156. Otros recursos energéticos en las Comunidades. QUILEZ, J. L.

Econ. Ind. (1981), núm. 211-212, 37-44, esp., bibl. IGME.

* CEE, Energía, Legislación, Europa.

12157. Las restantes energías españolas ante la CEE.

Econ. Ind. (1981), núm. 211-212, 45-56, esp., bibl. IGME.

* Energía, Histórica, Electricidad, Hidrocarburo, Economía de la energía, Legislación, España.

12160. España: Más sondeos que nunca para buscar hidrocarburos.

Minerpress (1980), núm. 8, esp., bibl. IGME.

* Prospección, Hidrocarburo, Inventario, Actual, Sondeo, Profundidad, Producción, Reserva, Investigación, España.

12165. El Plan Energético Nacional.

Minerpress (1981), núm. 69, esp., bibl. IGME.

* Energía, Financiación, Economía de la energía, Política de Estado, España.

12166. Balance de actuaciones en el sector del carbón relativos al PEN, a fecha de julio de 1981.

Minerpress (1981), núm. 70, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Energía, Política de Estado, Importación, Prospección minera, Financiación, Producción, España.

ECONOMIA

12154. Estaño, Wolframio. MARCOS ZAMBUDIO, E. P. *Econ. Ind.* (1981), núm. 210, 45-53, esp., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Producción, Consumo, Precio, Política Estado, Legislación, Financiación, España.

12158. Incidencia de la explotación de rocas industriales en la zona sur de Madrid. ORDOÑEZ DELGADO, S.; CALVO SORANCHO, J. P.; GARCIA DEL CURA, M. A.

Estudios territoriales (1981), núm. 2, 117-129, ref. 6, esp., bibl. IGME.

* Estudio impacto medio, Inventario, Explotación, Cielo abierto, Roca sedimentaria, Producción, Valor producción, Sur de Madrid, Provincia Madrid.

12159. Primeras Jornadas Mineras sobre el panorama de los recursos geológico-mineros de Galicia.

Minerpress (1980), núm. 6, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Panorama minero, Metal sustancia, Sustancia no metálica, Inventario, Sociedad, Mina, Galicia.

12161. Hierro, cobre, cinc, fosfato y estaño, algunos de los productos minerales en alza.

Minerpress (1980), núm. 29, esp., bibl. IGME.

* Hierro sustancia, Cobre sustancia, Cinc sustancia, Fosfato sustancia, Estaño sustancia, Producción, Valor producción, Demanda, Mundo.

12162. Potasa, plata, plomo, bauxita y níquel, otros productos minerales en alza.

Minerpress (1980), núm. 30, esp., bibl. IGME.

* Potasa, Plata sustancia, Plomo sustancia, Bauxita, Níquel sustancia, Producción, Valor producción, Demanda, Mundo.

12163. Importantes perspectivas mineras de Australia. *Minerpress* (1980), núm. 31, 6-7, esp., bibl. IGME.

* Uranio sustancia, Hierro sustancia, Aluminio sustancia, Producción, Reserva, Exportación, Perspectiva, Australia.

12164. Siberia: En su seno descansan las tres cuartas partes de los recursos soviéticos de petróleo, gas y carbón. *Minerpress* (1980), núm. 31, esp., bibl. IGME.

* Petróleo, Gas natural, Carbón, Metal sustancia, Producción, Reserva, Productividad, Transporte, Siberia, URSS.

12168. Actualización y mejora del Inventario Nacional de Rocas Industriales. Provincia de Zamora.

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10640, 2 vol., ref. 25, esp., C. D. IGME.

* Inventario, Sustancia útil, Roca, Mapa sustancia útil, Provincia Zamora.

12169. **Actualización y mejora del Inventario Nacional de Rocas Industriales. Provincia de Zamora. Memoria.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10640, 1-91, ref. 25, esp., bibl. IGME.

* Inventario, Sustancia útil, Roca, Reserva, Cantera, Mina, Mapa sustancia útil, Provincia Zamora.

12170. **Actualización y mejora del Inventario Nacional de Rocas Industriales. Provincia de Zamora. Anexo 1: Fichas.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10640, esp., C. D. IGME.

* Inventario, Dato, Localización, Producción, Reserva, Sustancia útil, Roca, Mina, Cantera, Análisis químico, Provincia Zamora.

12174. **Estudio de la sistematización de la normativa a seguir por las Empresas colaboradoras del IGME en la actualización del Inventario Nacional de Rocas Industriales.**

Instituto Geológico y Minero de España (1980), Doc. 10641, 1-118, esp., C. D. IGME.

* Normativa, Proyecto, Inventario, Sustancia útil, Roca, España.

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)