

En este número:

- Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya).
- La distensión plio-cuaternaria en la Cadena Ibérica oriental. Mapa de contornos estructurales en la penillanura fundamental deformada.
- Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz).
- Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría.
- Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España).
- Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. XCIV, Sexto Fascículo. Noviembre-Diciembre 1983

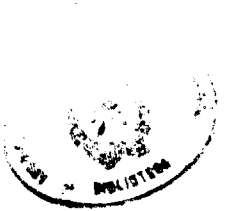
boletín geológico y minero

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



Tomo 94
Fascículo VI
Noviembre - Diciembre 1983

Boletín Geológico y Minero



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

SUMARIO

Geología	I. ANTIGÜEDAD, J. CRUZ-SANJULIÁN, P. A. FERNÁNDEZ-MENDIOLA y J. GARCÍA-MONDÉJAR: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	3
	J. L. SIMÓN GÓMEZ: La distensión plio-cuaternaria en la Cadena Ibérica oriental. Mapa de contornos estructurales en la penillanura fundamental deformada	10
Minería	J. TENA y E. MINGARRO: Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz)	17
Geofísica	J. L. PLATA TORRES: Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría	24
Estudio de Minerales y Rocas	J. GUIJARRO, M. A. HOYOS, J. CASAS y J. L. MARTÍN DE VIDALES: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	35
	F. BELLIDO MULAS, J. L. BRANDLE MATESANZ, L. GARCÍA CACHO y M. MARTÍNEZ RIPOLL: Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	44
Información	Recursos y reservas mundiales de minerales	52
	Noticias y Notas bibliográficas	60
	Índice de Materias	73
	Índice de Autores	76

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.

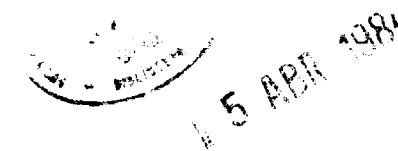
EXPLICACION DE LA PORTADA

Yeso con dolomita de estructura laminar con microglandulaciones e indicios de estructuras neísicas s.l. (Ordóñez, S.; García del Cura, M. A., y Menduïña, J.)

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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



Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya) (*)

Por ANTIGÜEDAD, I. (1),
CRUZ-SANJULIAN, J. (1); FERNANDEZ-MENDIOLA, P. A. (2), y GARCIA-MONDEJAR, J. (2)

R E S U M E N

Los estudios sedimentológicos e hidrogeoquímicos del área de Dima han mostrado una importante convergencia de criterios respecto a la existencia en dicha área de un diapirismo de larga historia. Esta estructura, cuyo núcleo no ha llegado a aflorar, viene también sugerida por otros criterios cartográficos, estructurales y geomorfológicos. El análisis de las calizas urgonianas del Duranguesado ha permitido identificar un alto paleogeográfico en el Albiense Inferior (Aramotz-Amboto), en el cual debió individualizarse una intumescencia con relaciones de «plataforma-cuenca» en sus bordes (Domo de Dima). La morfología y características sedimentarias de este domo sugieren fuertemente un origen diapírico. El análisis químico del agua de los manantiales del núcleo del anticlinal de Dima ha puesto de manifiesto contenidos muy altos en sulfatos, sólo explicables si se acepta la existencia en las proximidades de la superficie de yesos triásicos, cuyo emplazamiento hubo de ser forzosamente diapírico. Finalmente, el domo estructural que se observa hoy en Dima, con inversión de su flanco sur en algún punto y abundantes fallas distensivas dispuestas radialmente, junto con la anomalía que supone el carácter divergente de la red de drenaje superficial local, en relación con la red general de la región, refuerzan la hipótesis de la existencia de un diapirismo. Las primeras manifestaciones de éste datan del Aptiense, aunque parece probable su reactivación en los movimientos orogénicos alpinos y posteriores.

A B S T R A C T

Sedimentological and hydrogeochemical studies in the Dima area (province of Vizcaya, north Spain), have coincided in the proposal of a diapiric hypothesis for explaining both, the origin and the configuration of the materials there present. The outcropping urgonian limestones show to have been deposited on a paleogeographical high (Aramotz-Amboto), in which the Dima dome, with shelf-basin transition margins, differentiated (specially in the Lower Albian). Because of its attributes, that dome must be supposed to have been formed through diapiric action. Hydrogeochemical analysis of some of the spring-water of the area have exhibited anomalous contents in sulphate ions, particularly the analysis of the springs that appear near the Dima anticline nucleus. Discarding sulphurous points of departure, a triassic gypsum source coming from diapiric action seems to provide the most suitable explanation for that anomaly. To these two studies, cartographic (structural dome in Dima area), tectonic (upturned southern dome flank in some points, radial faults trend) and geomorphologic (divergent superficial drainage) criteria must be added, which strengthen the hypothesis of a long-history diapir.

(*) En lo que se refiere a los datos hidrogeológicos, este trabajo se ha realizado en el marco de un Estudio hidrogeológico del Señorío de Vizcaya, actualmente en curso, con la financiación de la Excm. Diputación Foral de Vizcaya. Los autores agradecen a esta última su colaboración y la autorización para la publicación de esta información.

(1) Departamento de Geotectónica.

(2) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Apartado 644. Bilbao (Spain).

1. INTRODUCCION

Los estudios que miembros de los grupos de trabajo de Estratigrafía e Hidrogeología de la Facultad de Ciencias de Bilbao llevan a cabo desde hace varios años en el País Vasco han permitido llegar a ambos colectivos, de forma simultánea, a la hipótesis de la existencia de una estructura diapírica en el área de Dima (Duranguesado, Vizcaya). El hecho de que esta coincidencia se haya producido a través de métodos tan diversos

como los sedimentológicos e hidrogeoquímicos, siguiendo vías de investigación en gran medida independientes, acrecienta las posibilidades de certidumbre de la hipótesis emitida: proximidad a la superficie de materiales salinos, verosíblemente triásicos (Keuper), emplazados allí a través de una larga historia de evolución diapírica.

Los componentes del grupo de trabajo de Hidrogeología vienen desarrollando una labor sistemática de análisis químicos del agua de los manantiales del área, los cuales provienen, en su mayoría, de acuíferos ligados a las calizas urgonianas. La presencia de manantiales de composición hidroquímica anómala (concretamente con elevados contenidos en sulfatos, no procedentes, en apariencia, de oxidación de sulfuros de hierro), junto a la estratégica localización superficial de tales manantiales, hacia la parte central del anticlinal de Dima, les han llevado a la conclusión de que la fuente de iones sulfato debe ser achacada a las evaporitas intercaladas en materiales triásicos diapíricos que no llegan a aflorar, aunque deben encontrarse próximos a la superficie.

Paralelamente a estas investigaciones, los componentes del grupo de Estratigrafía han venido estudiando los materiales de los complejos aflorantes en el área (Purbeck-Weald, Urgoniano y Supraurgoniano), en vista a descubrir sus caracteres sedimentológicos y a establecer la paleogeografía de sus etapas más representativas. El análisis del episodio urgoniano, sobre todo, ha mostrado la existencia de un alto paleogeográfico en el Albiense Inferior, de orientación NO-SE (Alto de Aramotz-Aranguio). En él se diferenció una intumescencia local que, por su geometría, se ha llamado Domo de Dima; los caracteres de esta estructura, que se encontró rodeada por pendientes sinsedimentarias en sentido casi totalmente radial, sugieren fuertemente un origen ligado a movimientos halocinéticos, los cuales habrían actuado a través de materiales poco densos infra-yacentes, probablemente triásicos (Keuper).

Además de los datos citados, que coinciden en proponer la existencia de un diapiro de larga historia, los análisis cartográficos estructurales y geomorfológicos (estos últimos actualmente en elaboración) de la misma área, aportan otros argumentos a favor de idéntica hipótesis. Mediante ellos se refuerzan las conclusiones de los estudios sedimentológicos e hidrogeoquímicos, a la vez

que se abren perspectivas de colaboración entre ambas líneas en áreas donde pueden existir estructuras similares.

2. CARACTERES SEDIMENTOLOGICOS DE LOS MATERIALES AFLORANTES

El área de Dima representa un pliegue anticlinal menor, dentro del flanco NE del gran anticlinorio vizcaíno. En su núcleo afloran materiales «wealdenses», o del Complejo Purbeck-Weald según la terminología de PUJALTE (1967). Se trata de lutitas negras esencialmente, con areniscas de grano fino dispuestas en bancos poco potentes, a menudo con ripples simétricos en los techos; acompañan a estos materiales delgados niveles de calizas oscuras, caracterizados por una laminación de probable origen algal. Fósiles marinos, calma energética, ripples de oscilación y, circunstancialmente, mallas de algas sugieren un ambiente marino somero, cenagoso, probablemente de llanura mareal. El Complejo Urgoniano (RAT, 1959), del Aptiense-Albiense Inferior, está muy bien representado en este sector y ha sido el estudio de sus afloramientos el que ha suministrado la información fundamental para considerar la hipótesis de existencia de un diapiro discutida en este trabajo (fig. 1). Comienza por lutitas y areniscas oscuras, a veces no diferenciables bien de las «wealdienses», con algunos ejemplares de Ammonites (*Deshayesites*) que datan la transgresión Bedouliense. Sigue un primer nivel de calizas típicamente urgonianas, discontinuo, que pasa lateralmente a facies margosas, sólo distinguible de la masa principal urgoniana suprayacente en aquellos afloramientos en los que existen entre ambos materiales terrígenos intercalados. Consta de grandes biostromos de Rudistas, así como de abundantes Corales y Orbitolinas, entre otros fósiles. En el afloramiento de este nivel, que constituye la prolongación NO de la base de la Sierra de Aramotz, se observa un cambio de facies a calizas margosas y margas; además, en las proximidades de dicho tránsito aparecen construcciones carbonatadas de tipo «montículo» (mud mounds), con superficies principales de progradación en sentido NO. Estos montículos presentan facies de núcleo y de flanco características, de manera que se pueden considerar «montículos arrecifales» (reef mounds) en el sentido de JAMES (1978). Los esquemas establecidos por WILSON

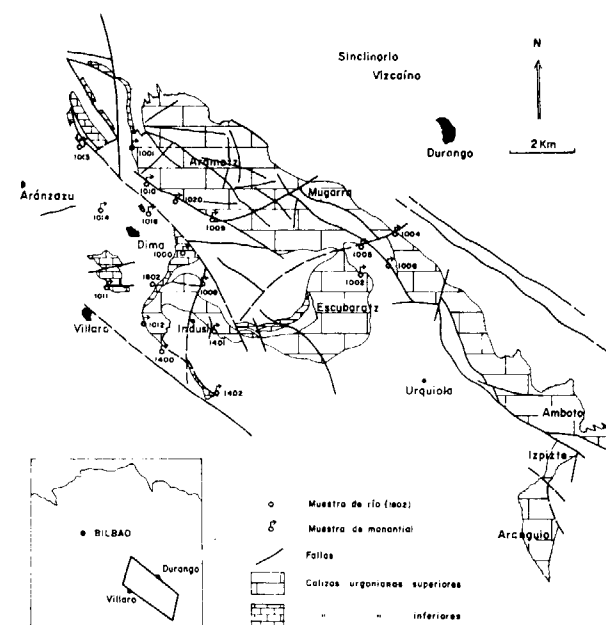


Figura 1.—Mapa geológico simplificado de las calizas urgonianas del Duranguesado y situación de las muestras de agua.

(1975) sobre la localización paleogeográfica preferente de este tipo de estructuras, muestran que los montículos suelen aparecer en áreas de tránsito «plataforma-cuenca», presentando un talud principal abierto a las pendientes sindeposicionales más fuertes. En la zona de Aranzazu, en el flanco SO del anticlinal de Dima, el equivalente de este primer nivel calizo contiene megabrechas de clastos calizos con Rudistas que alcanzan, en ocasiones, varios metros cúbicos de volumen; se encuentran intercaladas entre lutitas negras de «cuenca», a través de desplomes sinsedimentarios (grandes flujos de derrubios).

Asociando los datos de los afloramientos citados, la primera unidad caliza urgoniana testifica un ambiente marino en el Aptiense Superior, en el que ya existían diferenciaciones batimétricas suficientes para la creación de montículos arrecifales, así como para la producción intermitente de flujos de derrubios a gran escala, en el área de Aranzazu. La procedencia de estos derrubios podría haber sido el área ocupada por el núcleo del anticlinal de Dima, ahora dismantelada de calizas urgonianas.

Después de una breve interrupción por llegada de terrígenos, se depositó en el área la unidad principal urgoniana, con más de 1.000 metros de caliza en alguno de los cortes (Aramotz, Escubaratz). Esta unidad presenta frecuentes cambios laterales de facies a sedimentos terrígenos, destacando el que se produce en el frente de Aramotz-Amboto (fig. 2). Un análisis detallado de este frente muestra que está constituido por montículos arrecifales, cuyo talud principal se dirige hacia el eje del actual sinclinal vizcaíno (NE); allí, las lenguas calizas, de frecuente constitución brechoide, cambian a lutitas negras de «cuenca». Similares relaciones, aunque no tan espectaculares, se encuentran en el NO de la Sierra de Aramotz (talud hacia el NO), en Escubaratz (talud hacia el S) y en Indusi (talud hacia el SO). El afloramiento del monte Amboto, situado en el extremo SE del frente anteriormente citado, presenta facies de flanco principales (taludes primitivos), no solamente hacia el sinclinal vizcaíno (NE), sino también hacia el SE. Los montes Izpizte y Aranguio, que constituyen la prolongación hacia el sur del Amboto, muestran, por su parte, una estructura interna a base de taludes principales progradantes hacia el Sur, además de montículos

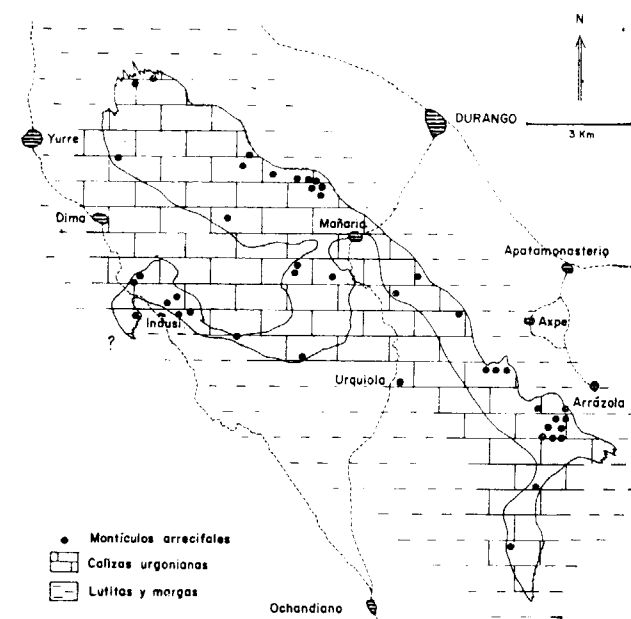


Figura 2.—Esquema paleogeográfico del Albiense Inferior, con transitos de facies de tipo «plataforma-cuenca», subrayados por abundantes montículos arrecifales (círculos negros).

de escala métrica a techo, cuyos taludes principales están dirigidos hacia el NO y O.

Todos estos datos del episodio principal urgoniano (Aptiense final-Albiense Inferior) permiten llegar a la conclusión de que durante su etapa de formación existió un alto relativo, que llamamos de Aramotz-Aranguio (fig. 3), elongado en dirección NO-SE, rodeado de taludes prácticamente en todas las direcciones y con una ensilladura en el área del puerto de Urquiola (delimitada ésta por los frentes a pequeña escala de Escubaratz e Izpizte-Aranguio). En la zona de alto relativo destacó la intumescencia de Dima, en forma de domo aproximadamente, constituida por calizas, en cuyos bordes proliferaron las construcciones de montículos, y rodeada por taludes en los que se produjeron frecuentes procesos de flujo de derrubios.

En el Albiense Superior, la sedimentación del Complejo Supraurgoniano siguió reflejando la existencia de pendientes, sobre todo en el área situada al NE del frente de Aramotz-Amboto, donde se

seguían produciendo frecuentes episodios de deslizamientos sinsedimentarios. En el área del puerto de Urquiola, la menor abundancia de lutitas respecto a areniscas, junto a la granulometría gruesa de éstas (incluso conglomerática) y a la riqueza en ellas de estructuras tractivas, sugieren un ambiente también marino aunque más somero y proximal, al menos en parte, relacionado de alguna forma con el alto de Aramotz-Aranguio del episodio precedente.

Tanto los datos del primer episodio calizo como los expuestos en el segundo y principal, así como los relativos al Complejo Supraurgoniano, sugieren la existencia de subsidencias diferenciales en el área durante el Aptiense y el Albiense. Del primer episodio urgoniano solamente se ha podido deducir la posible procedencia oriental de las megabrechas de Aránzazu; el segundo ha permitido asociar el alto de Aramotz-Aranguio y, sobre todo, el Domo de Dima, a las «áreas positivas en plataformas» de WILSON (1975, p. 32), aunque con mucho mayor relieve debido a una más acusada diferencia de subsidencia entre el centro y los bordes. La geometría del Domo de Dima sugiere fuertemente un origen diapírico y algo parecido podría pensarse también, al menos en parte, para el alto en el que se encuentra; diferencias en la concentración de material salino en dicho alto habrían producido una «burbuja» creadora del Domo de Dima; como consecuencia, un pequeño «vacío» adyacente habría dado lugar a la ensilladura de Urquiola.

3. HIDROGEOLOGIA E HIDROGEOQUIMICA

Las características hidrogeológicas de este sector ya fueron descritas en un trabajo anterior (ANTIGÜEDAD, CRUZ-SANJULIÁN, GÓMEZ y GRACIA, 1979). Se puede resumir al respecto (fig. 1) que el acuífero de mayor interés es el ligado a las calizas urgonianas, drenadas por numerosos manantiales situados en los bordes de los afloramientos, algunos de los cuales (1.001, por ejemplo, controlado actualmente en vertedero dotado de limnógrafo) tienen caudales medios de varias decenas de litros por segundo. Son mucho más numerosos los manantiales ligados a niveles privilegiados, de pequeño espesor, en los materiales wealdenses y en la base del complejo urgoniano o, so-

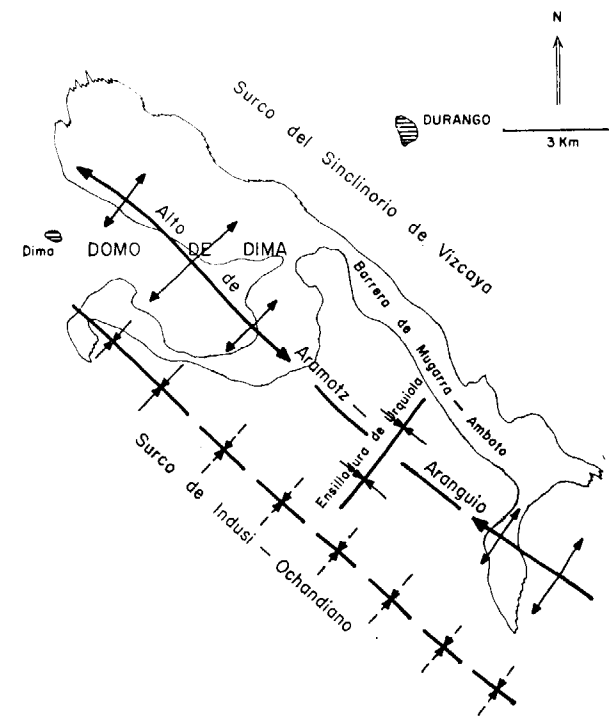


Figura 3.—Esquema paleoestructural del Albiense Inferior, en el que el alto de Aramotz-Aranguio presenta una intumescencia (Domo de Dima), de probable origen diapírico.

bre todo, a recubrimientos, poco importantes en conjunto, desarrollados sobre ellos (por ejemplo, número 1.014); los caudales son pequeños, generalmente inferiores a 1 litro por segundo, y no son raros los que se extinguen en los estiajes prolongados. En la figura 1 se facilita la situación de los manantiales más importantes inventariados en la región, así como de una muestra de agua superficial analizada.

Cada uno de los manantiales es muestreado trimestralmente; los análisis efectuados incluyen 39 determinaciones (constituyentes principales, secundarios, menores y traza, así como algunas características complementarias contempladas en las Normas de potabilidad para consumo humano de la O. M. S. y del Código Alimentario Español). En la tabla 1 se resumen los resultados hidroquímicos de mayor interés para la discusión presentada en este trabajo.

A la vista de tales datos se concluye que prácticamente todos los manantiales del sector tienen bajos contenidos salinos (conductividades comprendidas en prácticamente todos los casos entre 200 y 425 $\mu\text{mho/cm.}$) y facies bicarbonatadas cálcicas; al mismo tiempo, son pequeñas las concen-

traciones en sulfatos, magnesio e hierro y relativamente alto el pH (normalmente por encima de 7,5 y en bastantes muestras mayor de 8).

Existen, sin embargo, notables excepciones, sobre todo las muestras 1.016, 1.014 y 1.012, que difieren en una o varias de estas características hidroquímicas comunes (fig. 4).

Los caracteres diferenciales del manantial 1.014 pueden ser achacados a las peculiaridades litológicas de los materiales en los que surge; en efecto, este manantial surge en materiales wealdenses y presenta un marcado carácter ferruginoso; al mismo tiempo, se detecta un relativamente alto contenido en sulfatos (0,91 meq/l.) y un pH ácido (6,8), precisamente el menor de todos los relacionados en la tabla 1. La existencia de mineralizaciones de piritita en los materiales wealdenses permite atribuir estas peculiaridades a la oxidación de sulfuros, lo que suministraría cantidades relativamente altas de sulfatos y un pH ácido. Obsérvese que en esta muestra el contenido en magnesio es comparable al de las restantes muestras del sector.

El manantial 1.016 surge en los niveles basales del complejo urgoniano, ligado a una estructura

TABLA 1
Características hidroquímicas de las muestras

Número muestra	pH	Conduct. $\mu\text{mho/cm.}$	$\text{CO}_3 + \text{CO}_3\text{H}^-$ meq/l.	SO_4 meq/l.	Ca^{++} meq/l.	Mg^{++} meq/l.	Fe mg/l.
1000	8,00	340	3,10	0,97	3,81	0,22	0,14
1001	7,75	300	3,13	0,16	3,17	0,11	0,06
1002	8,15	230	2,34	0,16	2,58	0,19	0,41
1004	8,15	250	2,57	0,11	2,81	0,10	0,07
1005	8,15	245	2,73	0,04	2,90	0,14	0,07
1006	8,15	290	2,82	0,35	3,12	0,18	0,05
1008	7,95	300	2,60	0,03	2,76	0,08	0,30
1009	8,00	345	3,21	1,06	3,90	0,22	0,06
1010	8,05	295	2,57	0,47	3,05	0,15	0,06
1011	8,05	355	2,87	0,79	3,48	0,32	0,08
1012	8,30	890	4,99	4,59	8,23	1,60	0,07
1013	8,30	425	3,90	0,57	4,32	0,57	0,05
1014 *	6,80	338	3,16	0,91	2,90	0,54	8,43
1016	7,70	1.325	3,68	12,01	12,18	4,37	0,48
1020	7,60	565	4,32	1,49	5,10	0,43	0,13
1400 *	8,10	236	2,12	0,45	2,20	0,10	0,31
1401 *	8,20	239	2,63	0,57	2,60	0,51	0,04
1402 *	8,10	268	2,34	0,71	1,90	0,85	0,11
1802	8,05	275	2,61	0,14	2,39	0,47	0,20

* Las muestras así indicadas fueron tomadas y analizadas en el período enero-junio de 1979. Las restantes, en septiembre-octubre de 1982.

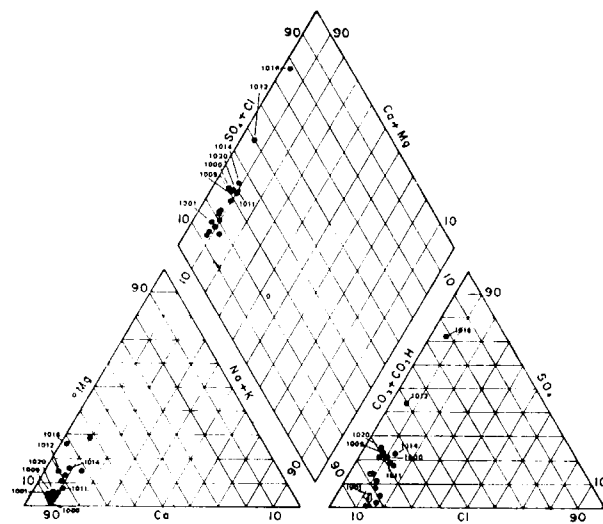


Figura 4.—Diagrama de Piper.

de fractura de importancia relevante. Este manantial es el único, entre los descritos en este trabajo, con una facies sulfatada cálcica y con un contenido salino superior al gramo por litro (conductividad, 1.325 $\mu\text{mho/cm.}$). El contenido en sulfatos es tres veces mayor que el de bicarbonatos y va acompañado de una concentración en magnesio sensiblemente superior a las del resto de las muestras. El pH, por otra parte, parece descartar que los sulfatos procedan de la oxidación de sulfuros, aun a pesar del contenido relativamente alto en Fe. Todo ello obliga a admitir la presencia de yesos, no observables en superficie. Si bien se ha citado la presencia de finos niveles de yeso en materiales wealdenses (RAT, 1959), tal circunstancia no parece explicar satisfactoriamente este hecho; en cuanto al carácter moderadamente sulfhídrico de esta muestra, habría que achacarlo a fenómenos de reducción de sulfatos, llevados a cabo, verosíblemente, por la materia orgánica acumulada en delgados niveles carbonosos incluidos en los materiales de la base del complejo urgoniano.

Pero es necesario advertir que, además del ya citado, son numerosos los manantiales, entre los incluidos en la tabla 1, que presentan contenidos relativamente altos en sulfatos: 1.020, 1.011, 1.000, 1.009 y, sobre todo, el 1.012. Se trata, en todos los casos, de manantiales que drenan las calizas urgonianas; las surgencias se localizan, en los niveles superiores o inferiores, en relación con fracturas importantes, en las proximidades del núcleo

del anticlinal de Dima. El caso del manantial número 1.012 es particularmente representativo: el contenido salino es elevado (conductividad=890 $\mu\text{mh/cm.}$), y, si bien la facies es bicarbonatada cálcica, el contenido en sulfatos es similar al de bicarbonatos (4,59 y 4,99 meq/l., respectivamente). Por otra parte, el pH es elevado (8,30) y el contenido en hierro muy bajo (0,072 mg/l.), caracteres todos que permiten descartar una explicación del quimismo basada en fenómenos de oxidación de piratas; estas características, unidas a la concentración relativamente alta en magnesio (1,6 meq/l.), evocan la presencia de evaporitas (yeso) próximas a la superficie, lo que sería coherente con la posible existencia de materiales triásicos diapíricos, verosíblemente inyectados a lo largo de fracturas. Esta interpretación, por otra parte, está perfectamente de acuerdo con los datos sedimentológicos comentados en el epígrafe anterior.

4. CONCLUSIONES

La existencia de montículos arrecifales y brechas de talud en los primeros niveles calizos urgonianos, sugieren diferenciaciones batimétricas en el fondo marino en el Aptiense Superior. Los tránsitos laterales de facies puestos de manifiesto en la masa caliza principal urgoniana, propios de modelos de plataforma-cuenca con numerosos montículos arrecifales, caracterizan un alto paleogeográfico en el Albiense Inferior del sector Aramotz-Aranguio. En dicho alto se individualizó una intumescencia (Domo de Dima), acompañada de taludes dispuestos radialmente, cuyo origen puede ser atribuido al diapirismo sinsedimentario de los materiales triásicos infrayacentes.

Los datos hidrogeoquímicos, por su parte, evidencian altos contenidos en sulfatos en las aguas de los manantiales que drenan las calizas urgonianas de este sector. Tales contenidos no parecen provenir de la oxidación de piratas (hipótesis admisible en otros casos en la misma región), sino que sugieren la presencia de yesos próximos a la superficie. La explicación más verosímil consiste en suponer la inyección diapírica de materiales triásicos a lo largo de fracturas.

Ambos criterios (sedimentológicos e hidrogeoquímicos) coinciden, pues, en invocar fenómenos diapíricos, iniciados en el Aptiense Superior y reactivados en épocas más recientes; esta convergencia

de información, acorde además con datos morfo-métricos y estructurales actualmente en elaboración, abre sin duda nuevas vías para la investigación en este campo.

ADENDA

Estudios detallados recientes en las megabrechas de Aránzazu han permitido precisar que su edad es Albiense inferior (FERNÁNDEZ-MENDIOLA y GARCÍA-MONDÉJAR: *Kobie*, núm. 13, 1983). Deben ser atribuidas, por tanto, al segundo episodio urgoniano en vez de al primero.

BIBLIOGRAFIA

ANTIGÜEDAD, I.; CRUZ-SANJULIÁN, J.; GÓMEZ, G., y GRACIA, I.: *Estudio hidroquímico preliminar de la cuenca del río*

Arratia (Vizcaya). Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, vol. IV (II Simposio Nacional de Hidrogeología; Sección 2.ª: Hidroquímica y Contaminación), pp. 503-524 (1979).

JAMES, N. P.: *Facies models 10. Reefs*. Geoscience, Canada, vol. 5, núm. 1, pp. 16-26 (1978).

PUJALTE, V.: *Posibilidad de una nueva división estratigráfica de los sedimentos no marinos del Jurásico superior y Cretácico inferior, en la provincia de Santander*. Bol. Geol. Min., vol. 87, pp. 101-108 (1976).

RAT, P.: *Les pays Crétacés basco-cantabriques (Espagne)*. Thèse Fac. Sci. Publ. Univ. Dijon, vol. XVIII, 525 pp. (1959).

WILSON, J. L.: *Carbonate facies in geologic history*. Springer-Verlag, Berlin, 471 pp. (1975).

Recibido: Febrero de 1983.

La distensión plio-cuaternaria en la Cadena Ibérica oriental.

Mapa de contornos estructurales de la penillanura fundamental deformada (*)

Por J. L. SIMON GOMEZ (**)

R E S U M E N

La *penillanura fundamental* es una superficie de erosión-depósito cuya elaboración culmina en el Plioceno Superior, siendo entonces afectada por una fase distensiva en la que domina la deformación de componente vertical. En este artículo se discuten los problemas metodológicos que entraña el uso de esta penillanura como marcador de dichas deformaciones y se presenta un mapa de contornos estructurales de la misma. Dicho mapa refleja la geometría de las morfoestructuras resultantes de la distensión del Plioceno Superior-Cuaternario (domos de Gúdar y Javalambre; depresiones de Teruel, Sarrión-Mijares y Maestrazgo oriental), que constituyen la base de los grandes rasgos del relieve actual.

R E S U M E

La *penillanura fundamental* est une surface d'érosion-dépôt dont l'élaboration finit au Pliocène supérieur, étant affectée alors par une phase distensive dans laquelle domine la déformation à composante verticale. Dans cet article on discute les problèmes méthodologiques qui entraîne l'usage de cette peneplaine comme référence pour marquer ces déformations, et on présente sa carte de contours structuraux. Cette carte exprime la géométrie des morfostructures résultantes de la distension du Pliocène supérieur-Quaternaire (dômes de Gúdar et Javalambre; dépressions de Teruel, Sarrión-Mijares et Maestrazgo oriental), qui sont à l'origine des grands traits du relief actuel.

1. INTRODUCCION

La compresión alpina en la Cadena Ibérica oriental finaliza, al parecer, en el Vindoboniense, dando inmediatamente paso, sin solución de continuidad (SIMÓN GÓMEZ, 1983), al importante proceso distensivo generador del sistema de fosas de Teruel, de la fracturación paralela al litoral levantino y del hundimiento de la cuenca de Valencia (BRINKMANN, 1931; GAUTIER et al., 1972; CAPOTE, 1978).

Los relieves que quedaron elevados como consecuencia de esa actividad tectónica comenzaron a sufrir el desmantelamiento erosivo, pasando las fosas a rellenarse por una serie sedimentaria que constituye la última gran unidad tectoestratigrá-

fica del Neógeno. La serie, fundamentalmente detrítica en sus tramos basales, suele culminar con una formación carbonatada (caliza del Páramo) que representa la colmatación de las cuencas y enrasa con una extensa superficie de erosión. Si bien esta última ha sido denominada durante bastante tiempo superficie *finipontiense* (RIBA, 1959), las dataciones efectuadas en los últimos años en las calizas terminales de la Serie Blanca de Teruel (equivalente a la caliza del Páramo) apuntan a una edad más reciente: comienzo del Plioceno Superior (ADROVER et al., 1976, 1978, 1982). Por tanto, es más aconsejable para ella un término sin referencia cronológica, como el de *penillanura fundamental* (SOLÉ SABARÍS, 1978).

Tras su elaboración, la penillanura fundamental es deformada por una nueva fase distensiva en el Plioceno Superior-Pleistoceno. Las estructuras resultantes de ella constituyen el origen de los principales rasgos del relieve actual. Por un lado

(*) Este artículo es un resumen parcial de la Tesis Doctoral presentada por el autor en la Universidad de Zaragoza en octubre de 1982.

(**) Dep. Geomorfología y Geotectónica. Universidad de Zaragoza.

se producen los grandes abombamientos de Gúdar y Javalambre (BIROT, 1959; GUTIÉRREZ y PEÑA, 1975); por otro, los sistemas de fallas preexistentes, especialmente los que delimitaban las depresiones miocenas, son reactivados, adquiriendo los sistemas de fosas su configuración definitiva (MOISSENET y GAUTIER, 1971; GAUTIER et al., 1972; VIAL-LARD, 1973; MOISSENET, 1980).

La penillanura fundamental fosiliza, por tanto, las deformaciones prepliocenas, y es afectada por la fase distensiva posterior. Dado el grado de arrasamiento que debió de alcanzar, a juzgar por el aspecto de los retazos que se han conservado de ella, puede constituir una superficie de referencia lo suficientemente plana para poder ser usada como marcador de las deformaciones que corresponden a esta última. Dentro de la Cadena Ibérica, este método es ya aplicado por SOLÉ y RIBA (1952) y RIBA (1959) en la Sierra de Albaracín, y por SOLÉ SABARÍS (1978), reelaborando datos de BRINKMANN (1931), en el área de Sagunto.

El objetivo de este trabajo es discutir los problemas metodológicos que plantea la elaboración del mapa de contornos estructurales de la penillanura fundamental deformada (mapa de *tectonomorfoisohipsas* de los autores rusos: BASHENINA et al., 1972), así como exponer los resultados obtenidos por este procedimiento en la reconstrucción precisa de las estructuras generadas por la distensión plio-cuaternaria.

2. PROBLEMAS METODOLOGICOS

Dos son las dificultades principales que se plantean a la hora de intentar usar la penillanura fundamental como un verdadero marcador o nivel de referencia para registrar la tectónica posterior. La primera de ellas estriba en la discriminación de esta superficie respecto a otras de edades diferentes, que se han reconocido en nuestra región o en el ámbito de la Meseta. La segunda dificultad viene del hecho de que esta superficie, obviamente, no puede considerarse como absolutamente plana, y habrá que discutir la envergadura de sus ondulaciones y la medida en que pueden enmascarar los efectos de la deformación.

2.1. La discriminación de la penillanura fundamental respecto a otras superficies erosivas

Los riesgos principales que existen de cara a la caracterización precisa de la penillanura fundamental son tres: la existencia de superficies de erosión intramiocenas con las que puede confundirse, la existencia de glaciares más recientes y su posible desdoblamiento en dos superficies de diferente edad.

El problema de la discriminación entre superficies intramiocenas y superficie «pontiense» ha estado en la base de muchas discusiones clásicas en torno a la morfogénesis de la Meseta española y del Sistema Central, dando lugar a interpretaciones diferentes como son la de SOLÉ SABARÍS et al. (1952), por un lado, y las de SCHWENZNER (1943) y GLADFELTER (1971), por otro. Hay que admitir la existencia de tal superficie intramiocena en numerosas áreas de la Península, y en concreto en la Cadena Ibérica, donde es identificada por GUTIÉRREZ y PEÑA (1976). Sin embargo, al menos en la región estudiada por nosotros, no creemos que exista un riesgo serio de confusión entre ésta y la penillanura fundamental. Tanto los trabajos de GLADFELTER (1971) y GUTIÉRREZ y PEÑA (1976) como nuestras propias observaciones restringen decisivamente la importancia de los relieves o superficies anteriores preservados del arrasamiento mio-plioceno. En nuestra área no hemos reconocido vestigio alguno de verdadera superficie en la que la penillanura fundamental se halle encajada: los escasos relieves residuales que resaltan sobre ella aparecen perfectamente individualizados y no conservan restos de arrasamiento en sus cumbres, si bien la constancia en su diferencia de cota respecto a la penillanura sí hace pensar en la existencia de esa superficie antigua, hoy totalmente degradada.

La posibilidad de una confusión entre la penillanura fundamental y las superficies pliocuaternarias encajadas no existiría si no se hubiese dado la fracturación posterior, y el consiguiente peligro de tomar por glaciares encajados lo que es un bloque hundido tectónicamente, o viceversa. Como criterio general de campo resulta útil considerar el hecho de que la penillanura fundamental se presenta en casi toda su extensión como una superficie desnuda que arrasa y bisela las capas mesozoicas —o bien se identifica con el techo de la facies Páramo en las cuencas—, mientras las su-

perfiles plio-cuaternarios son casi siempre glaciares de acumulación, con una cubierta detrítica de espesor variable. En los pocos casos en que estas últimas superficies se han observado carentes de toda cubierta detrítica (áreas de Vilafranca-La Iglesuela del Cid y de Tirig - Barranco de la Vall-torta) no existe ninguna duda acerca de su relación de encajamiento respecto a los retazos de la penillanura fundamental. Por tanto, salvo algún problema de detalle que pueda plantearse localmente, se considera perfectamente factible la diferenciación entre unas y otras superficies.

El tercer riesgo planteado es, según hemos dicho, el de la posible existencia no de una, sino de dos superficies de edad Plioceno Superior. Dos son, en efecto, las que cita SCHWENZNER (1943) entre la *Dachflache* intramiocena y las *rañas* de la Meseta, confirmadas por GLADFELTER (1971) con un encajamiento relativo de unos 50 m. Esta duplicidad en las etapas de arrasamiento tiene su traducción más notoria, dentro de la secuencia estratigráfica que rellena las cuencas del Duero y del Tajo, en la aparición de dos unidades carbonatadas (Páramo 1 y Páramo 2) separadas por una facies fluvial roja, consecuencia esta última del rejuvenecimiento producido en el relieve por la llamada fase Iberomanchega. No creemos, sin embargo, que este mismo esquema sea aplicable a la Cadena Ibérica Oriental, puesto que, aunque han sido citados dos paquetes de margocalizas, a los que se denomina también Páramo 1 y 2 (OLIVE et al., 1982), éstos no se corresponden en edad con los de la Meseta. Por el contrario, corresponden conjuntamente al Páramo 1 descrito allí, no acusándose ya la presencia del verdadero Páramo 2 del Villafranquense medio: las series detríticas rojas dominan la región a partir del primer gran impulso tectónico que deforma la penillanura fundamental. A juzgar por el infra y el supradato que constituyen, respectivamente, los yacimientos de Escorihuela y del Cerro de los Espejos de Sarrión (ambos muy próximos entre sí y pertenecientes a la biozona MN 16 a: R. ADROVER, comunicación personal), dicho episodio tectónico se situaría al comienzo del Villafranquense, coincidiendo exactamente con la edad asignada a la fase Iberomanchega (AGUIRRE et al., 1976). Todo hace pensar, pues, que dicha fase tiene en nuestra región una incidencia tal que trunca definitivamente la elaboración de la penillanura fundamental e imposibilita prácticamente que se desarrollen otras superficies encajadas que no sean los glaciares villa-

franquienses elaborados sobre depósitos de piedemonte.

2.2. El relieve original de la penillanura fundamental

Aun contando con los criterios expuestos hasta aquí para poder caracterizar e individualizar la penillanura fundamental, surge un nuevo problema a la hora de usarla como superficie marcadora: dicha penillanura, por elevado que fuese el grado de elaboración en que se encontrase en el Plioceno Superior, no sería un plano horizontal y, por tanto, no puede considerarse su topografía actual como un reflejo exacto de la geometría de las deformaciones posteriores.

Por un lado está el gradiente regional hacia el mar que sin duda tuvo; por otro, los relieves residuales que quedaron preservados del arrasamiento general. Ni uno ni otro problema es, en realidad, grave. El gradiente regional no constituye en sí mismo una merma del carácter plano de la penillanura y no enmascara las morfoestructuras posteriores. Los relieves residuales son fácilmente detectables y distinguibles de los *horstens*; basta entonces con aislarlos y no usarlos como *datum* en la elaboración del mapa de contornos estructurales.

Un tercer problema, más difícil de neutralizar que los anteriores, lo representan las pendientes de enlace de la superficie de erosión con los relieves residuales. Estos sí constituyen elementos que pueden dar lugar a un desajuste entre el diseño de isohipsas del mapa elaborado y la verdadera geometría de las deformaciones. En general, su influencia debe de quedar soslayada por la equidistancia de 100 m. elegida para las isohipsas, pero parece seguro que el fuerte gradiente de éstas que se observa, por ejemplo, en torno al relieve residual de Penyagolosa es en buena medida reflejo de la orografía original.

3. EL MAPA DE CONTORNOS ESTRUCTURALES

Una vez salvados, en la medida de lo posible, los problemas anteriores, la elaboración del mapa de isohipsas de la penillanura fundamental en su disposición actual parte de la identificación sobre



Figura 1.—Mapa de contornos estructurales de la penillanura fundamental deformada. 1: Isohipsas de la penillanura con equidistancia de 100 m.—2: Fallas presuntamente activadas durante la distensión plio-cuaternaria.—3: Fallas.—4: Plioceno Superior-Cuaternario.

fotografía aérea de los retazos conservados en la misma, y su cartografía posterior sobre un mapa a escala 1:50.000. Este proceso debe ser apoyado, lógicamente, por cuantas observaciones de campo sean precisas. Las manchas cartografiadas son usadas, finalmente, como *datum* para la reconstrucción de la geometría de la superficie a una escala más reducida, mediante un mapa de isohipsas con equidistancia de 100 m. (fig. 1), en el que se sitúan asimismo las fallas presuntamente responsables de su dislocación.

Hay que advertir que el grado de fiabilidad que puede concederse a este mapa no es homogéneo para toda la región, debido a las diferencias en la calidad de la información que ofrecen unas áreas y otras. Así, existen zonas en los macizos de Gúdar y Javalambre en las que la penillanura fundamental aflora sin interrupción a lo largo de muchos kilómetros cuadrados. Otras, por el contrario, no ofrecen apenas ningún dato, bien sea por tratarse de *horstens* profundamente disecados por la erosión posterior (Desierto de las Palmas, Sierra de Espadán), o bien por ser depresiones en las que la penillanura se halla fosilizada por piedemontes detríticos de espesor desconocido (depresión de Sarrión).

Una vez completado el mapa de contornos estructurales, éste constituye una buena aproximación a la geometría exacta de las deformaciones plio-cuaternarias. En él aparecen perfectamente nítidas las grandes morfoestructuras creadas, que han dado lugar a los rasgos básicos del relieve actual:

a) Los domos de Gúdar y Javalambre, alargados, especialmente este último, en dirección *ibérica*. En ambos la penillanura fundamental queda elevada a más de 2.000 metros.

b) El borde oriental de la semifosa de Alfambra-Teruel-Ademuz.

c) Las depresiones *ibéricas* de Sarrión, Mijares y Palancia, separadas estas dos últimas por el *horst* de Espadán.

d) Las fosas del Maestrazgo oriental, que se extienden, alargadas paralelamente al litoral mediterráneo, a partir del importante escalón morfoestructural de Tortosa-Onda (SIMÓN GÓMEZ y PÉREZ CUEVA, 1980).

Los cortes de la figura 2 contribuyen a ilustrar

este esquema estructural, en el que, por otra parte, se advierte un notable paralelismo con el que resultó de la primera fase distensiva miocena: los sistemas citados de depresiones ya constituían, aproximadamente en su misma disposición actual, las cuencas neógenas.

En las articulaciones entre las áreas elevadas y deprimidas se combinan tanto la deformación continua que conllevan los abombamientos como la deformación discontinua de las fracturas. Caídas suaves y sin bruscos escalones de la penillanura fundamental se producen entre el domo de Javalambre y la depresión de Sarrión, entre la Sierra Calderona y el llano de Casinos y, muy especialmente, en el flanco septentrional del domo de Gúdar. Por el contrario, se registran desniveles bruscos en el borde oriental de la fosa de Alfambra-Teruel, en la caída meridional de Gúdar, en las fosas del Maestrazgo oriental y al pie de las sierras de Espadán y del Desierto de las Palmas, en torno a la Plana de Castellón. En algunos lugares (NE de Gúdar) la deformación se manifiesta también por grandes flexuras, seguramente determinadas por la presencia y reactivación de accidentes del zócalo.

4. CONCLUSIONES

La penillanura fundamental, superficie con la que culmina en el Plioceno el ciclo erosivo-sedimentario desencadenado a partir de los procesos tectónicos del Mioceno Inferior-Medio, arrasa y fosiliza las estructuras anteriores y es deformada, a su vez, por los movimientos distensivos plio-cuaternarios. El cese de su elaboración y el inicio de las deformaciones ha sido datado exactamente en el comienzo del Villafranquiense (biozona MN 16 a).

Dada su edad y grado de madurez, esta superficie puede ser usada como marcador cuasi-plano para las deformaciones posteriores. Criterios geomorfológicos permiten en todos los casos distinguirla de otras superficies anteriores o posteriores. Las escasas irregularidades de la topografía original pueden soslayarse, por un lado, aislando los relieves residuales que se detecten y, por otro, usando una equidistancia de isohipsas de 100 metros que neutralice las ondulaciones de escala media. El mapa de contornos estructurales resultantes constituye una imagen aceptable de la geo-

BIBLIOGRAFIA

- ADROVER, R.; GUTIÉRREZ, M., y PEÑA, J. L.: *Geología y Paleontología de los alrededores de Teruel*. XVI Curso Geol. Práct. Teruel (1982).
- ADROVER, R.; MEIN, P., y MOISSENET, E.: *Mise en évidence du Pliocène Moyen continental dans le Nord du Fossé de Teruel (Espagne): le gisement de Villalba Alta*. Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon (14), 11-14 (1976).
- ADROVER, R.; MEIN, P., y MOISSENET, E.: *Nuevos datos sobre la edad de las formaciones continentales neógenas de los alrededores de Teruel*. Est. Geol., 34, 205-214 (1978).
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A.: *Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur española*. Trab. Neóg. Cuatern. CSIC, 5, 7-29 (1976).
- BASHENINA, N. V.; ARISTARKHOVA, L. B., y LUKASHOV, A. A.: *Methods of morphostructural analysis in geomorphological mapping*. En J. Demek (ed.): *Manual of detailed Geomorphological Mapping*, pp. 83-88, Academia Prague (1972).
- BIROT, P.: *Esquisse morphologique des Monts Celtibériques orientaux*. Bull. Comité Trav. Hist. et Scient. Sect. Géogr., 72, 101-130 (1959).
- BRINKMANN, R.: *Betikum und Keltiberikum im Sudostspanien*. Beitr. zur. Geol. der West-Mediterranengebiet, 6, 305-434, Berlín. Trad. J. Gómez de Llarena. Pub. Exter. Geol. España, CSIC, 4, 307-439 (1931).
- CAPOTE, R.: *Tectónica española*. Seminario criterios sísmicos aplicados a instalaciones nucleares y obras públicas. Asoc. Est. Ing. Sísmica. Madrid (1978).
- GAUTIER, F.; MOISSENET, E., y VIALLARD, P.: *Contribution a l'étude stratigraphique et tectonique du fossé néogène de Teruel (Chaînes Ibériques, Espagne)*. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris (3), 77, 179-198 (1972).
- GLADFFELTER, B. G.: *Meseta and Campiña Landforms in Central Spain*. Univ. Chicago. Dep. Geogr. Research Paper núm. 130, 204 pp. (1971).
- GUTIÉRREZ, M., y PEÑA, J. L.: *Karst y periglacialismo en la Sierra de Javalambre (prov. de Teruel)*. Bol. Geol. y Min., 86 (6), 561-572 (1975).
- GUTIÉRREZ, M., y PEÑA, J. L.: *Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra (prov. de Teruel)*. Bol. Geol. y Min., 87 (6), 561-570 (1976).
- MOISSENET, E.: *Relief et déformations récentes: trois transversales dans les fossés internes des chaînes Ibériques orientales*. Rev. Géogr. Pyrénées et Sud-Ouest, 51 (3), 315-344 (1980).
- MOISSENET, E., y GAUTIER, F.: *La région de Rubielos de Mora (province de Teruel, Chaînes Ibériques Orientales)*. Contribution a l'étude géologique et morphologique. Mélanges Casa Vélázquez, 7, 5-28 (1971).
- OLIVE, A.; PORTERO, J. M., y GUTIÉRREZ, M.: *Fosas del Jiloca y de Teruel-Alfambra*. XVI Curs. Geol. Práct. Teruel (1982).

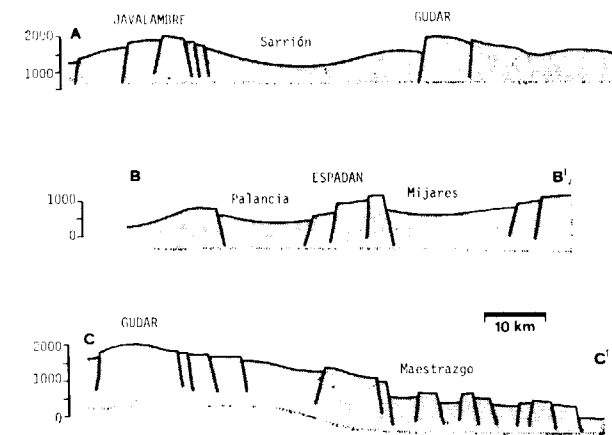


Figura 2.—Cortes esquemáticos mostrando la deformación de la penillanura fundamental (ver situación en fig. 1).

metría de las deformaciones plio-cuaternarias, pudiendo definirse en él las siguientes grandes morfoestructuras: domo de Gúdar, domo de Javalambre, fosa de Teruel, depresión de Sarrión, depresiones del Mijares y Palancia (separadas por el *horst* de Espadán) y fosas del Maestrazgo oriental.

Hay que decir que el primer impulso tectónico del Villafranquiense Inferior (fase Iberomanchega de AGUIRRE et al., 1976) no hubo de ser necesariamente el responsable de todas estas deformaciones. El análisis de las relaciones entre la fracturación y los sedimentos y formas del Plioceno Superior y Cuaternario pone de manifiesto el hecho de que en las áreas próximas al litoral (depresiones del Mijares, Palancia y Maestrazgo oriental) se registra todavía una importante etapa tectónica hacia el Pleistoceno Inferior. Estos movimientos deforman ostensiblemente los glacis del Villafranquiense Inferior y articulan de forma definitiva el esquema de bloques hundidos y elevados (*etapa de fracturación del Maestrazgo*: SIMÓN GÓMEZ, 1983). Sólo en las áreas más hacia el interior parece que la morfoestructura queda prácticamente conformada tras la fase Iberomanchega, si bien no faltan sectores en los que la actividad tectónica intracuaternaria es notable (PEÑA et al., 1981). Todo ello supone una cierta limitación a la utilidad de nuestro mapa de contornos estructurales: no es representativo de la deformación correspondiente a una sola etapa tectónica sino a varias, que deberán ser discriminadas en todo caso por el análisis detenido de las relaciones neotectónica-morfogénesis pliocuaternaria.

RIBA ARDERIU, O.: *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*. Tes. Doct. Monografías Inst. «Lucas Mallada». CSIC, 16, 283 pp. (1959).

SCHWENZNER, J. E.: *La morfología de la región montañosa central de la Meseta española*. Trad.: C. Vidal Box. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 41, 121-148 (1943).

SIMÓN GÓMEZ, J. L.: *Compresión y distensión alpinas en la Cadena Ibérica oriental*. Tes. Doct. Publ. Inst. Estudios Turolenses (CSIC) (en prensa) (1983).

SIMÓN GÓMEZ, J. L., y PÉREZ CUEVA, A.: *El Trias extrusivo al Norte de la Sierra de Espadán: aspectos tectónicos y morfotectónicos*. Cuad. Geogr., 27, 143-156 (1980).

SOLÉ SABARÍS, L.: *Los rebordes oriental y meridional de*

la Meseta: Cordillera Ibérica y Sierra Morena. En M. de Terán et al.: *Geografía General de España*. Ed. Ariel, 74-85 (1978).

SOLÉ SABARÍS, L.; FONT, P.; LLOPIS, N., y MASACHS, V.: *España. Geografía Física*. En M. de Terán: *Geografía de España y Portugal*. Tomo I. Ed. Montaner y Simón. Barcelona, 500 pp. (1952).

SOLÉ SABARÍS, L., y RIBA, O.: *El relieve de la Sierra de Albarracín y zonas limítrofes de la Cordillera Ibérica*. Teruel, 7, 7-22 (1952).

VIALARD, P.: *Recherches sur le cycle Alpin dans la Chaîne Ibérique Sud-Occidentale*. Thès. Doct. Univ. Paul Sabatier. Toulouse, 445 pp. (1973).

Recibido: Febrero de 1983.

Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz)

Por J. TENA (*) y E. MINGARRO (**)

RESUMEN

El análisis estadístico de asociaciones y regresiones entre los parámetros ley - Eh - pH, determinados en muestras pertenecientes a un yacimiento de uranio, han permitido diferenciar cinco agrupaciones muestrales distintas con una probabilidad mayor del 99 por 100. El análisis comparativo con las ecuaciones teóricas de NERNST para la relación Eh - pH en el sistema uranio - agua permiten identificar los estados estables o metaestables de las formas U^{4+} y U^{6+} en cada una de las agrupaciones muestrales definidas y en el conjunto del yacimiento. Como resultado final, se obtienen precisiones sobre la génesis y evolución del yacimiento.

ABSTRACT

Associative and regressional statistic analysis for the clarke - Eh - pH parameters determined on samples from an uranium ore deposit has permitted the identification of five different sample groups and discrimination with more than 99 per 100 probability. The comparative analysis with the NERNST teoric equations for the Eh - pH relation on the uranium - water system permit considerations of the stable or metastable species of U^{4+} and U^{6+} on every one of the defined sample groups and the ore accounted. The final conclusion is a better knowledge of the genesis and evolution of this ore.

INTRODUCCION

El yacimiento de uranio conocido como «El Lobo» u «Hoya del Lobo» se sitúa en la aureola de metamorfismo de contacto del plutón granodiorítico de la Haba-Magacela, al sur de Don Benito, y su litología se acomoda a la secuencia típica de gran parte de Extremadura, con la trilogía granitoides-cuarzitas-pizarras y recubrimiento de rañas pliocuaternarias. El yacimiento arma en pizarras y cuarzitas, con predominio de las primeras, en el borde del contacto con el granito.

La mineralogía de las pizarras corresponde a un metamorfismo térmico de bajo grado sobreimpuesto a otro dinamotérmico, distinguiéndose esquistos andalucíticos, biotíticos, moscovíticos, biotítico-andalucíticos, moscovítico-andalucíticos, filitas mosqueadas y corneanas. Las cuarzitas y

el conjunto de pizarras de los diferentes tipos constituyen una alternancia continua de estratos, en general de poca potencia, y con pasos laterales graduales e insensibles que dificultan la definición de una columna litológica generalizada.

Las rocas granitoideas están en contacto mecánico con los metasedimentos por falla inversa en unas zonas y normal en otras, y presentan texturas muy variadas, desde la porfídica con grandes fenocristales de feldespatos, turmalinas, etcétera, a las aplíticas y microgranudas, pasando por la holocristalina granuda con grano medio o grueso.

Los resultados obtenidos en la prospección e investigación del yacimiento (RAMÍREZ, E., 1969; PLAZA, J., 1971-1974) plantearon serias dudas en cuanto al posible condicionamiento de la mineralización por las características intrínsecas de la roca de caja. El estudio de R. SOLA (1974) mostró de forma coherente la relación existente entre la forma y ubicación del yacimiento actual y la superposición de sucesivos ciclos erosivos, la si-

(*) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias. Zaragoza.

(**) Laboratorio de Mineralogía. Junta de Energía Nuclear. Madrid.

tuación de la penillanura extremeña y la fosilización de los metasedimentos por las rañas.

Estos dos hechos, uno positivo (buena correlación entre los datos geomorfológicos y la ubicación del yacimiento) y otro negativo (aparente independencia entre las características de la roca de caja y la mineralización), nos ha hecho suponer que en la concentración del primitivo uranio disperso ha sido fundamental la acción de las aguas meteóricas oxidantes y el ambiente reductor de las filitas encajantes.

Como comprobación de la hipótesis se decidió efectuar un estudio de las correlaciones entre ley pH - Eh (*) sobre muestras recogidas en diferentes niveles de las zonas mineralizadas y de la roca de caja estéril, constituyendo la exposición de resultados el objeto de esta publicación.

METODOLOGIA

Como medio objetivo de trabajo se utilizó un tratamiento estadístico con ordenador de los parámetros Eh, pH y contenido en U₃O₈ determinados sobre muestras del yacimiento, siendo el primer paso la identificación y diferenciación de las posible agrupaciones muestrales mediante un análisis CLUSTER.

El óptimo de asociación entre muestras con la máxima diferenciación entre agrupaciones, se ha alcanzado con los datos transformados por aplicación de la función y=L(X), utilizando el coeficiente de Imbrie, cos Θ, y ponderando. De este modo se han diferenciado cinco agrupaciones muestrales, de las cuales cuatro se sitúan en la zona de ambiente oxidante y transicional reductor-oxidante, a las que llamamos A, B, C y D, y una en zona netamente reducida, a la que denominamos E.

Identificadas las muestras agrupadas en cada población se observa que su localización se ajusta, en líneas generales, a la representación esquematizada en la figura 1. Las escasas excepciones que se han encontrado a esta distribución responden fundamentalmente a cuarcitas y pizarras muy arenosas, cuyas características físico-químicas serán resultado de la interacción de las suyas propias con las de las rocas del entorno

(*) Los valores del potencial de oxidación-reducción se expresan en milivoltios en todo el desarrollo del trabajo.

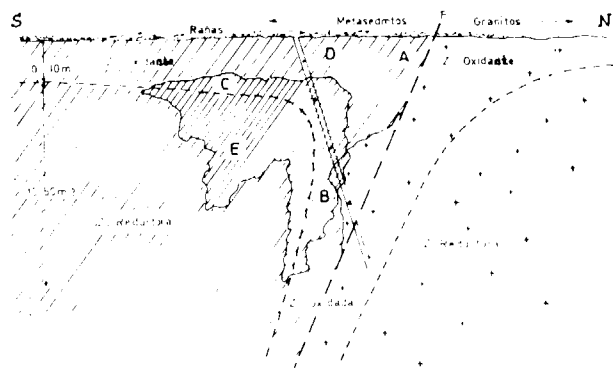


Figura 1.—Corte esquemático en dirección aproximada N-S del yacimiento «El Lobo», con indicación de la situación correspondiente a las agrupaciones muestrales diferenciadas estadísticamente.

o de las aguas para las que constituyen la vía principal de circulación.

Los estadísticos correspondientes al conjunto muestral y a cada una de las agrupaciones muestrales son los de la tabla 1, en la que se expresa la media \bar{x} desviación típica s y coeficiente de variación, $cv=s/\bar{x}$. Hay que resaltar la gran acidez del medio, que en ocasiones toma valores tan pequeños que sitúa las muestras fuera de las condiciones consideradas como normales en los medios naturales (pH=4-9); esta extrema acidez consideramos que puede ser producida por la alteración de los abundantes sulfuros (piritas), identificados en gran cantidad prácticamente en todas las litologías presentes.

Los valores obtenidos para los estadísticos se ajustan a condiciones que cabe esperar según la ubicación de las agrupaciones muestrales indicadas en la figura 1, en cuanto que:

- La agrupación A es la más oxidada, con pH muy bajo y conteniendo muy poco uranio, características que indudablemente se deben a su situación, próximas a la superficie y por tanto con una intensa lixiviación por aguas meteóricas.
- La agrupación B, de leyes máximas, está también muy oxidada y tiene un pH inferior a la media del universo muestral. Las muestras se sitúan siempre próximas a fallas, fracturas, diaclasas, etc., en zonas de gran

TABLA 1
Estadísticos correspondientes al Universo Muestral y a cada una de las agrupaciones

	\bar{x}	s	cv
Universo muestral			
pH	3,81	1,11	0,29
Eh	474,73	299,23	0,30
U ₃ O ₈	0,29	0,48	1,04
Agrup. A			
pH	3,19	0,46	0,14
Eh	590,83	45,81	0,07
U ₃ O ₈	0,80	0,26	0,33
Agrup. B			
pH	3,41	0,73	0,21
Eh	552,30	62,73	0,11
U ₃ O ₈	0,27	0,06	0,21
Agrup. C			
pH	3,42	0,63	0,18
Eh	525,45	146,31	0,02
U ₃ O ₈	0,18	0,27	0,17
Agrup. D			
pH	4,35	1,23	0,28
Eh	472,35	122,45	0,25
U ₃ O ₈	0,05	0,03	0,53
Agrup. E			
pH	5,82	0,77	0,13
Eh	-255,0	81,85	0,23
U ₃ O ₈	0,13	0,32	1,29

circulación de aguas, pero a las que llegan tras haber atravesado previamente otras más superiores y que por tanto serán portadoras de elevadas concentraciones de uranio en formas diversas de disolución. Al alcanzarse las zonas de más bajo pH el uranio disuelto precipitará, bien por sobrepasarse el producto de solubilidad en las nuevas condiciones, bien por haberse alcanzado una barrera físico-química de cualquier otro tipo.

- Las agrupaciones C y D, de características semejantes en cuanto a Eh y pH, sólo se diferencian por el contenido en uranio. Por su ubicación en la estructura general del yacimiento debemos suponer que se corresponden, bien con zonas no mineralizadas inicialmente y en las que sólo en procesos muy posteriores ha podido concentrarse un poco de uranio (agrupación C), o bien no hubo precipitación o fue lixiviado (agrupa-

ción D), de forma análoga a lo ocurrido en la agrupación A.

- Por último, la agrupación E corresponde a las que suponemos zonas de precipitación y concentración primaria, con pH ácidos, aunque no tanto como en las agrupaciones anteriores, Eh negativos, y con contenidos de uranio próximos a la media del universo muestral. Responde litológicamente a las pizarras organógenas, sin ningún tipo de alteración importante y a las que suponemos fuente original de uranio disperso y zona de concentración posterior del uranio lixiviado de otras partes del yacimiento y vehiculado por las aguas meteóricas.

El grado de definición de cada una de las agrupaciones muestrales respecto a todas las demás se ha testificado mediante un análisis multivariante con la función discriminante de Mahalanobis, con la que, además, hemos obtenido el aporte de uno de los parámetros al valor del discriminante a la distancia generalizada D².

Los resultados obtenidos han mostrado que la probabilidad asociada a la diferenciación ha sido en todos los casos mayor del 99 por 100, alcanzándose en la mayoría el 100 por 100. En cuanto al porcentaje de aporte de cada parámetro al discriminante, hay que señalar que tal como era de esperar dados los valores de las medias y desviaciones respectivas, el Eh es el parámetro característico de la agrupación E con aportes a la diferenciación con el resto de agrupaciones, que nunca es inferior al 50 por 100. El pH alcanza su valor máximo como parámetro significativo en la comparación de las agrupaciones C y D con 35,48 por 100, y de B-D con 26,15 por 100. Las agrupaciones A y B se diferencian exclusivamente en el contenido en U₃O₈, con un aporte a la diferenciación del 90,41 por 100, por lo que podemos suponer que mientras una está enriquecida (A), la otra está lixiviada o en período de lixiviación (B).

Como el objetivo buscado es la relación existente entre el contenido de uranio y los parámetros Eh y pH, hemos efectuado una correlación entre parámetros mediante un programa de regresión múltiple escalonada. Primero se analizó el conjunto del Universo muestral y posteriormente cada una de las agrupaciones muestrales definidas, obteniéndose los resultados de las tablas 2 y 3.

TABLA 2
Coeficientes de correlación entre parámetros

Coefficiente de correlación	Universo muestral	A	B	C	D	E
$U_3O_8 - pH$	-0,31	-0,20	-0,20	-0,08	-0,47	0,75
$U_3O_8 - Eh$	0,34	-0,17	0,08	-0,04	-0,26	-0,82
$Eh - pH$	-0,67	-0,35	-0,48	-0,75	-0,67	-0,85

TABLA 3
Rectas de regresión

Universo muestral	$U_3O_8 = -0,212728 + 0,00097 Eh$ $U_3O_8 = 0,141236 - 0,05171 pH + 0,00066 Eh$ $Eh = 808,8142 - 76,2224 pH$	$P=0,9974$ $P=0,5080$ $P=1,00$
Agrup. A	$U_3O_8 = -0,716287 + 0,1748 pH + 0,00164 Eh$ $Eh = 701,015732 - 34,97854 pH$	$P=0,42$ $P=0,70$
Agrup. B	$U_3O_8 = 0,336399 - 0,01739 pH$ $Eh = 695,195381 - 41,83649 pH$	$P=0,38$ $P=0,92$
Agrup. C	$U_3O_8 = 0,228869 - 0,012118 pH - 0,00005 Eh$ $Eh = 1120,456553 - 173,60802 pH$	$P=0,11$ $P=0,99$
Agrup. D	$U_3O_8 = 0,005202 + 0,01221 pH$ $Eh = 164,612968 - 67,05021 pH$	$P=0,96$ $P=0,99$
Agrup. E	$U_3O_8 = -0,647758 - 0,00186 Eh + 0,06073 pH$ $Eh = 271,90869 - 90,45643 pH$	$P=0,99$ $P=0,99$

? = Probabilidad asociada.

A la vista de los resultados obtenidos para el Universo muestral, podemos decidir que es el Eh el parámetro que regula el comportamiento físico-químico del conjunto del yacimiento. Efectivamente, no sólo en la correlación de Eh con pH se alcanzan valores máximos de probabilidad cuando se consideran estos dos parámetros exclusivamente (cosa que era de esperar dada la relación lineal expresada genéricamente por la ecuación de Nernst), sino que para la recta de regresión del uranio obtenemos la máxima probabilidad ($P > 0,99$) cuando se establece la relación con Eh, descendiendo hasta lo que podemos considerar mínimo coeficiente aceptable ($P > 0,50$) si se hace intervenir el pH.

Los resultados de la tabla 3 muestran la baja correlación entre el contenido en uranio y los parámetros Eh y pH en las muestras de todas las poblaciones correspondientes a las zonas oxi-

dadas, mientras que la correlación es buena para la agrupación situada en ambiente reductor. Esto puede indicar en principio que la presencia del uranio en las zonas oxidadas se deberá a condiciones de depósito diferentes a las que regulan su existencia en la zona reducida, o bien que lo que realmente está ocurriendo es que una primitiva mineralización ligada a un ambiente reductor está movilizándose por el cambio hacia condiciones ácidas y oxidantes, en cuyo caso su presencia en ambientes oxidados quedará restringida a los minerales preformados y aún no lixiviados, o a redepositos posteriores en un estado de oxidación más elevado.

Si establecemos una relación entre los coeficientes de correlación obtenidos para cada agrupación muestral y la localización en el yacimiento (que condiciona unos determinados aspectos de lixiviación) vemos que:

a) La agrupación A, la más somera y oxidada, y a la que suponemos sometida a intensa lixiviación, tiene coeficientes de correlación muy pequeños.

b) La agrupación B, que como hemos indicado tiene el máximo contenido en uranio, corresponde a seguras vías de circulación de aguas y por tanto la cantidad de uranio presente no estará en relación con las características físico-químicas de la roca sino más bien con la capacidad de disolución y precipitación de las aguas circulantes y, en definitiva, de la posibilidad de que se sobrepase en un momento determinado el producto de solubilidad.

c) La agrupación C, para la que hemos supuesto una ausencia inicial de mineralización, el contenido en uranio actual será debido a contaminación por aguas circulantes procedentes de la superficie y se caracteriza por tener los coeficientes de correlación U_3O_8 -Eh-pH más bajos, mientras que la correlación Eh-pH es buena, corroborando la supuesta lixiviación.

d) Para la agrupación D habíamos supuesto que no hubo mineralización o ha sido lixiviada. De aquí que los coeficientes de correlación, aún siendo mayores, no alcanzan a ser significativos.

e) Es en la agrupación E donde se comprueba que existe una buena relación entre el uranio y el Eh y en menor proporción con pH, por lo que debemos suponer que son éstos los condicionantes de la mineralización principal.

Idénticas conclusiones pueden obtenerse de la observación de las rectas de regresión, con órdenes de probabilidad crecientes desde la agrupación A hasta E, y con relaciones que condicionan el contenido en uranio con el pH en todas ellas, excepto para la agrupación E, donde influye mucho más el Eh.

Para estudiar las posibles formas de uranio en el yacimiento se han proyectado las agrupaciones obtenidas en los diagramas Eh-pH de relación uranio-agua (A. TALLOS, 1970), y se ha efectuado un análisis comparativo entre las ecuaciones obtenidas en el tratamiento estadístico y las teóricas deducidas de la ecuación de Nernst.

En principio, a partir de la observación de los gráficos de los campos de estabilidad de las diferentes agrupaciones muestrales (fig. 2), y puesto que el pH no se sitúa para ninguna muestra del

Universo Muestral por debajo del valor 1,16, podemos asegurar la inexistencia de formas U^{4+} en solución en cualquier punto del sistema.

Es en la agrupación E donde la ecuación obtenida estadísticamente se corresponde en su coeficiente angular con la teórica que define campos de estabilidad de fases sólidas, tanto en el estado U^{4+} como U^{6+} . Como los límites de su campo de estabilidad y la recta de relación Eh-pH se sitúan en el campo correspondiente al uranio tetravalente (formas $U(OH)^{3+}$, UO_2), podemos asegurar que existen formas estables de minerales tetravalentes en esta agrupación muestral.

La ecuación correspondiente a la agrupación A se aproxima en su coeficiente angular a la teórica obtenida como límite de dominios de estabilidad de fases sólidas en formas U^{4+} y U^{6+} , pero

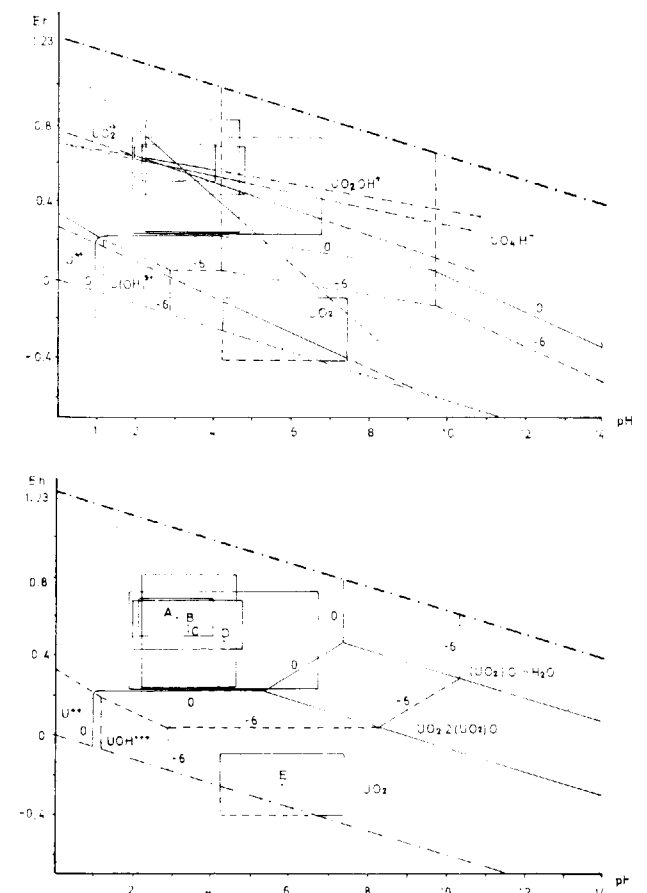


Figura 2.—Situación de las agrupaciones muestrales definidas en los diagramas Eh-pH (para el sistema U-H₂O, TALLOS, 1970) y localización de las rectas de regresión.

como su campo de estabilidad se sitúa (aun en el caso extremo de $U_{6+}^{4+} = 1$) siempre en el dominio de las formas oxidadas, debemos suponer que solamente podrán ser estables minerales de uranio hexavalente.

Las muestras correspondientes a la agrupación B presentan un coeficiente angular que también se asemeja un poco al de la ecuación teórica de equilibrio para fases sólidas, pero está bastante alejada de las condiciones de equilibrio, por lo que las posibles fases minerales serán de U^{6+} y en todo caso estarán en equilibrio metaestable.

También, y por la misma razón, sólo serán posibles formas metaestables de U^{6+} en la agrupación D, y especialmente en la C, cuyo coeficiente angular es el que está en mayor disconformidad con cualquiera de las teóricas. Sólo serán posibles aquí formas en netas condiciones de no equilibrio.

CONCLUSIONES

El estudio estadístico cuyo desarrollo ha quedado reflejado en los puntos anteriores nos ha servido para obtener un mejor conocimiento del yacimiento y apoyar de forma objetiva las siguientes conclusiones:

1) Se ha alcanzado la definición de cinco agrupaciones muestrales independientes, cuatro correspondientes a un ambiente de transición y una en reductor, cuya ubicación se ha observado corresponde a zonas bien definidas dentro del conjunto del yacimiento.

2) Con el estudio de coeficientes de correlación entre parámetros y cálculos de rectas de regresión hemos obtenido que el uranio sólo mantiene una estrecha relación con el Eh en la agrupación correspondiente al ambiente reductor, mientras que la relativa independencia entre los parámetros, obtenida para las muestras de las zonas más oxidadas, induce a pensar en la incidencia de agentes extraños al litotopo que imponen sus caracteres físico-químicos, y que nosotros suponemos es la inundación por aguas meteóricas circulantes.

3) La síntesis comparativa efectuada entre los coeficientes de correlación y las rectas de regresión obtenidas, con la ubicación de las agrupaciones muestrales en la morfología del yacimiento, nos permite asegurar que en la actualidad éste está sometido a condiciones oxidantes por percolación de aguas meteóricas y que se encuentra por tanto fuera de las condiciones de equilibrio y en período de lixiviación.

4) La localización en los diagramas Eh - pH de las muestras analizadas nos señala que en las zonas más profundas, dominio de filitas organógenas que proporcionan un ambiente netamente reductor (agrupación E), se pueden encontrar formas de equilibrio de U^{4+} , o, en el caso de que la concentración de uranio sea muy pequeña ($< 10^{-6}$), podrán darse formas estables de U^{6+} .

5) En las zonas oxidadas por percolación de aguas meteóricas, solamente en dominios restringidos (las correspondientes a las agrupaciones muestrales A, y en menor grado, B) pueden ser estables las formas U^{6+} . Fuera de estos dominios, y especialmente para el caso de las agrupaciones C y D, todas las formas serán metaestables y el uranio se presentará como disoluciones saturadas de U^{6+} con paso del estado tetravalente al hexavalente por lixiviación de formas sólidas.

Todo lo anterior avala la hipótesis de que el proceso concentrador de la mineralización uranífera está condicionado por disolución y transporte del uranio y reprecipitación posterior en la superficie o zona de separación entre el ambiente oxidante y el reductor, o cuando se alcance la sobresaturación y se sobrepase el producto de solubilidad. La formación del yacimiento sería en cierto modo semejante a los conocidos yacimientos de tipo «roll», pero con la salvedad de que mientras éstos se tipifican en areniscas s.l. y como proceso formativo, aquí se trata de pizarras y nos encontraríamos en realidad en un paso intermedio para la lixiviación total de un «yacimiento» (en sentido estricto, una anomalía positiva generalizada) originalmente constituido por formas dispersas en filitas organógenas.

BIBLIOGRAFIA

- MARTÍN CALVO, M.: *Notas sobre la mineralogía del uranio y sus yacimientos*. Informe interno. J. E. N., Lab. Mineralogía. Madrid (1975).
- MINGARRO, E.: *Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos*. I. Notas y Comunicaciones del IGME, 73, 171-199 (1964).

MINGARRO, E.: *Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos*. II. Inst. Inv. Geol. de la Dip. Prov. Barcelona, 21, 51-73 (1967).

MINGARRO, E., y MARTÍN, C.: *Los yacimientos uraníferos en las pizarras paleozoicas de Ciudad Rodrigo. Sobre la posible existencia de nuevas mineralizaciones*. Informe J. E. N., 207-SIG/16 (1969).

PLAZA, J. M.: *Informes diversos de circulación interna en la J. E. N.* Madrid y comunicaciones personales (1971-1974).

RAMÍREZ, E.: *Estudio geológico de los yacimientos uraníferos «Mesa de Poyato» y «Hoya del Lobo», La Serena (Badajoz)*. Bol. Geol. y Min., 80, 547-563 (1969).

RECREO, F.; SOLÁ, R., y TENA, J. M.: *Determinación de ciclos geomorfológicos mediante análisis estadístico. Aplicación a la zona de Don Benito (Badajoz)*. Bol. Geol. y Min., 91 (4), 32-41 (1980).

RECREO, F.; SOLÁ, R., y TENA, J. M.: *El análisis de paelorreliques en la prospección metalogénica*. Resúmenes 26.º Congreso Int. Geol., París (1980).

SOLÁ, R.: *Un ensayo de aplicación de los acontecimientos geomorfológicos al análisis metalogénico*. Trabajo para optar al grado de Licenciado en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias Geológicas, Madrid (1972).

TALLOS, A.: *Síntesis de los arseniatos de uranio y cálculo de sus estabilidades*. Tesis de licenciatura. Fac. de C. Geológicas. Madrid (1970).

TALLOS, A., y TENA, J. M.: *Memoria sobre una introducción a la geología de la zona de El Lobo (Don Benito, Badajoz)*. Informe interno, J. E. N., Madrid (1970).

TENA, J. M.: *Análisis estadístico de las formaciones uraníferas del yacimiento de El Lobo, en Don Benito (Badajoz)*. Tesis Doctoral. Fac. de C. Geológicas. Madrid (1977).

Recibido: Febrero de 1983.

Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría

Por J. L. PLATA TORRES (*)

RESUMEN

El método de cálculo de densidad de reducción gravimétrica propuesto en este trabajo, presenta dos importantes novedades respecto de métodos analíticos anteriores: 1) No se impone ninguna restricción a la disposición de las medidas que forman cada muestra de cálculo.

2) No se utiliza el criterio de mínima correlación topográfica, si no el de anulación de la anomalía gravimétrica residual donde no haya contraste de densidades.

Se presenta un programa de cálculo en FORTRAN IV, y un ejemplo de aplicación, así como un análisis de las diversas variables que intervienen.

El método propuesto ha dado buenos resultados en todas las zonas donde se ha ensayado.

ABSTRACT

The method for the determination of the density for reduction of gravimeter measurements, proposed in this paper, introduces two important differences with other methods: 1) There is no restriction about the geometry of the stations in the sample.

2) The residual anomaly is minimized when there is no density variations, regardless of the topography of the surface.

A FORTRAN IV program for the calculations is given, as well as an application and discussion of the different parameters.

This new method has been tested in several surveys with good results.

INTRODUCCION

Los métodos actualmente empleados para la determinación de la densidad de las rocas en gravimetría, pueden clasificarse en tres grupos:

a) Los que se basan en efectuar mediciones, bien en laboratorio, sobre muestras procedentes de afloramientos, sondeos mecánicos, galerías de mina, etc., o bien de forma indirecta por testificación gamma-gamma de sondeos mecánicos.

Estas mediciones proporcionan unos valores locales de la densidad de una roca, pudiendo obtenerse valores medios de densidades de formaciones y funciones de densidad. En cualquier caso, este método trata de responder directamente al concepto de densidad como masa por unidad de volumen de la muestra.

La obtención de medidas suficientes para que la densidad media tenga un valor estadístico es difícil de conseguir, y lo más probable es que la mayoría de las muestras provengan de afloramientos, poco representativos de la densidad en profundidad.

b) Métodos de cálculo con mediciones gravimétricas tomadas especialmente para estos fines: perfiles de Nettleton, mediciones de gravedad a dos alturas (en sondeo o en minas), método de Siegert, Sissons, etc.

Excepto en la medición de gravedad a dos alturas, que por otra parte es un sistema muy poco accesible en la mayoría de las prospecciones gravimétricas, lo que se obtiene con estos métodos es la densidad como parámetro de cálculo de anomalía de BOUGUER, que consigue la mínima correlación entre la anomalía gravimétrica y el

(*) Sección de Geofísica del IGME.

relieve topográfico. Siempre queda la incertidumbre de que el accidente del terreno no coincida con un cambio en la densidad de las rocas que lo forman o subyacentes.

Estos métodos responden más a la idea de que las medidas efectuadas con el gravímetro se reducen a una superficie plana y que, por tanto, la única dependencia de la anomalía de BOUGUER debe ser respecto de la densidad, que al hecho real de que son las gravedades teóricas sobre el geoide las que se reducen a valores sobre una superficie de cota variable (superficie del terreno).

Por otra parte, la obtención de datos con valor estadístico en estos métodos, exige un considerable trabajo de toma de medidas.

c) Métodos de cálculo, sin necesidad de tomar mediciones expresas para ello, utilizando las mismas de la campaña gravimétrica: PARASNIS, JUNG, tripletes, LEGGE, etc.

El método de PARASNIS tiene la dificultad de que la dispersión de valores suele ser demasiado elevada para que pueda ajustarse una recta [$x - B = y$, con $x = g - g_0 + fz$, $y = (bz - T)\sigma$] con suficiente grado de confianza, aparte de tener que darse la condición de que el valor de anomalía se mantiene constante en todos los puntos considerados en el cálculo.

Los otros métodos exigen una disposición de las estaciones gravimétricas no siempre fáciles de conseguir (alineación, equidistancias, etc.). La densidad que se obtiene sigue respondiendo a la idea de mínima correlación entre anomalía de BOUGUER y topografía.

El tratamiento estadístico con estos métodos es más fácil de realizar que con los anteriores, ya que se dispone de todas las estaciones de medida de la campaña gravimétrica para efectuar los cálculos.

El método que se propone en este trabajo pertenece, por su operatividad, a este grupo, con unas importantes novedades:

- 1) No se impone ninguna restricción a la disposición de las medidas que forman la muestra de cálculo.
- 2) El criterio no es el de mínima correlación con la topografía, si no el de anular la anomalía gravimétrica allí donde no exista la razón de contraste de densidad para que la haya, con independencia de los accidentes del terreno.

TEORIA DEL METODO PROPUESTO

La anomalía de BOUGUER B, es el resultado de comparar el valor de gravedad g medido en un punto de la superficie, con el que teóricamente le corresponde. El valor teórico se obtiene por el cálculo a partir de la gravedad normal en el geoide g_0 :

$$B = g - (g_0 - fz + b\sigma z - T)$$

siendo z la altura del punto sobre el geoide, f y b los coeficientes de FAYE y BOUGUER, T el efecto de relieve, y σ la densidad de un casquete esférico limitado por el geoide y la superficie de la Tierra, y con radio tal que su efecto gravimétrico en la estación calculada sea el mismo que el de una placa plana de radio infinito y del mismo espesor z ($2\pi k\sigma z$).

En principio, esta densidad difícilmente puede evaluarse por mediciones de muestras de rocas.

La anomalía de BOUGUER surge como resultado de que la distribución de masas de las rocas en el subsuelo no es homogénea y presenta variaciones sobre la densidad teórica σ . Si la distribución de masas entorno de la estación gravimétrica fuera tal que la densidad real, representativa de su conjunto, no presentara contraste respecto de la densidad de placa σ , no habría anomalía de BOUGUER.

En general, podrá expresarse para una estación:

$$g - [g(\sigma)] = K + e + B$$

donde k es una constante motivada por emplear valores relativos en la determinación de g o niveles relativos de cotas; e es un error introducido por simplificaciones utilizadas en los modelos de base para los cálculos teóricos y sistema de medición, y B es la anomalía de BOUGUER. Esta, puede descomponerse en una parte regional, debida a masas muy amplias, profundas, equilibrio isostático, etc., y en una parte residual. Para extensiones pequeñas (hasta varios kilómetros cuadrados en la mayoría de los casos), la regional puede admitirse como la superficie de un plano, por lo que

$$B = \text{Reg} + \text{Res} = Ax + By + C + \text{Res}$$

y englobando la constante K en la del plano y despreciando los errores e , puede ponerse

$$\text{Res} = g - g_0 + fz - b\sigma z + T - Ax - By - C$$

Un conjunto de puntos próximos, bajo los cuales la distribución de densidad (o al menos la densidad «superficial») sea la misma, no definirán ninguna anomalía, y por tanto podrá ponerse

$$\sum \text{Res}_i^2 = 0$$

El valor de densidad σ que haga que se cumpla esta condición, será la densidad idónea de reducción, representativa de las masas en torno de la estación gravimétrica central del conjunto considerado.

Si bajo este conjunto de estaciones existe un contraste de densidad respecto de las masas circundantes, obviamente

$$\sum \text{Res}_i^2 \neq 0$$

y la densidad obtenida para imponer la condición de minimización no tendrá significado geológico. Es equivalente esta situación a la del perfil de NETTLETON en el caso de que el accidente topográfico elegido sea además una masa anómala: la densidad de mínima correlación no será representativa del terreno.

La posibilidad de efectuar un muestreo muy variado, con todas las distintas agrupaciones de las estaciones de la zona prospectada, hace que, estadísticamente, se darán más situaciones en que no hay anomalía residual que situaciones anómalas. El tratamiento estadístico permite la obtención de valores representativos.

PROGRAMACION DE LOS CALCULOS

El cumplimiento de la condición

$$\sum \text{Res}_i^2 = 0$$

equivale en definitiva a ajustar un plano a los valores de anomalía de BOUGUER de un conjunto de estaciones, de tal forma que se obtenga la densidad como un parámetro de cálculo, para el que el plano ajustado minimiza la suma de los cuadrados de las anomalías residuales (calculadas con esa densidad) como desviaciones de dicho plano. Esta densidad será la de reducción si el conjunto de puntos considerado no definen una anomalía (fig. 1).

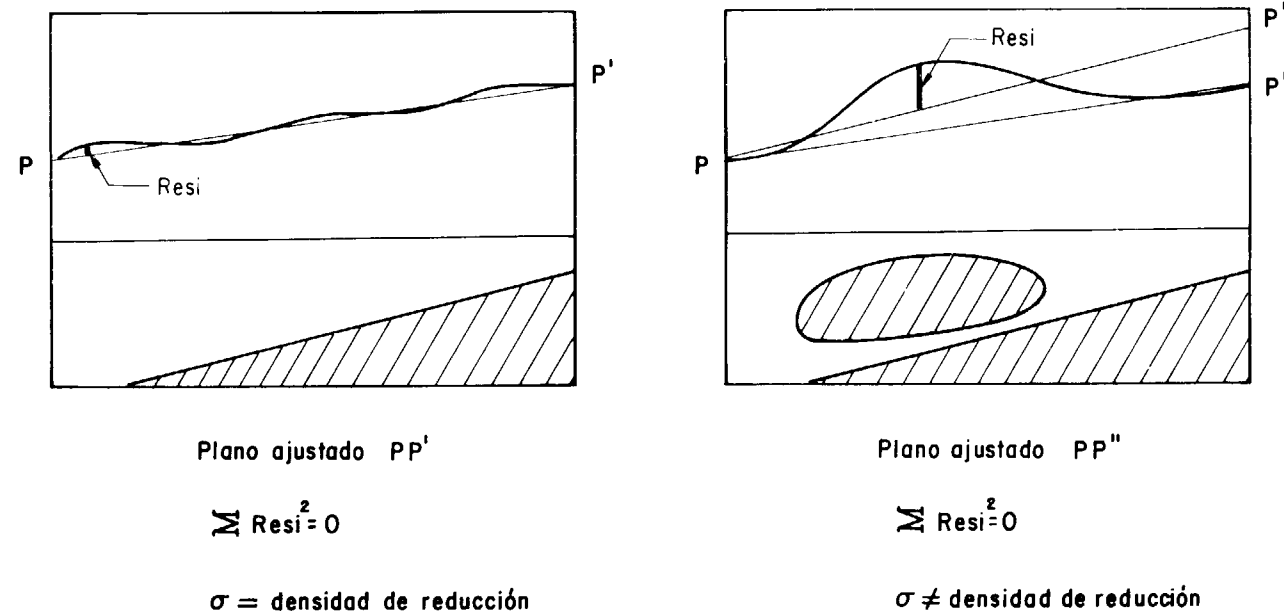


Figura 1

Para el cálculo se resuelve el sistema formado de las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial \sum \text{Res}_i^2}{\partial A} = 0 \quad \frac{\partial \sum \text{Res}_i^2}{\partial B} = 0$$

$$\frac{\partial \sum \text{Res}_i^2}{\partial C} = 0 \quad \frac{\partial \sum \text{Res}_i^2}{\partial \sigma} = 0$$

ya que las variables A, B, C y σ son las independientes.

Llamando

$$\begin{aligned} P &= zb - T \\ Q &= g - g_0 + fz \\ N &= \text{Número de puntos de la muestra} \end{aligned}$$

se obtiene

$$\begin{vmatrix} \sum x^2 & \sum xy & \sum x & \sum xP \\ \sum xy & \sum y^2 & \sum y & \sum yP \\ \sum x & \sum y & \sum N & \sum P \\ \sum xP & \sum yP & \sum P & \sum P^2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} A \\ B \\ C \\ \sigma \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} \sum xQ \\ \sum yQ \\ \sum Q \\ \sum QP \end{vmatrix}$$

Para su resolución se ha elegido el método de eliminación de GAUSS, tomando como pivotes los elementos de la diagonal principal.

Para cada iteración se comprueba que el pivote no sea inferior a una cierta cantidad de precisión de cálculo, ya que, por ejemplo, si todos los puntos de una muestra estuvieran alineados, el sistema es indeterminado, o bien, la densidad obtenida por cociente de cifras inferiores a la precisión de los datos (coordenadas y valores de gravedad) no son significativas.

Para efectuar el muestreo, se define un punto origen de la zona y de la primera muestra, que comprenderá todas las estaciones en un entorno de radio R. Este centro de muestra se irá desplazando según unas cantidades elegidas Δx e Δy hasta recorrer la zona completamente.

Para cada muestra se forman los elementos de la matriz del sistema y se procede a su resolución. Se pueden limitar los valores aceptables de densidad para que tengan significado geológico, y así, del total de muestras tomadas, sólo se admitirán aquellos cuya matriz tenga solución y

cuya solución esté dentro de los límites indicados y con la precisión requerida. Con estas densidades se forma un fichero, con indicación del origen de cada muestra, número de estaciones que la componen y densidad calculada.

Finalmente se obtiene una distribución de las frecuencias de las densidades calculadas, para unos intervalos marcados.

Estos cálculos se han programado en FORTRAN IV, según el siguiente listado del programa DENSAD.

Cálculo de densidad de reducción gravimétrica por muestreo de sectores circulares.

```

DIMENSION X(500),Y(500),Z(500),DX(500),DY(500),ZP(500),
1,X(500),Y(500),Z(500)
REAL*8 B(500),C(500),S(500),DEN(500),Z01,Z02,Z03,P(50)
INTEGER*2 FM

ENTERADA DE DATOS INICIALES E IMPRESION DE BOTON
551 READ(1,51)Z01,Z02,Z03,X01,Y01,P01
51 FORMAT(3A8,2F7.0,5A8)

LECTURA Y FORMACION DEL FICHERO DE DATOS
111
1 READ(1,FM),END,90X(1,5)Z(1),Z(1),X(1),Y(1)
111
GO 50 1
9 NTP=1

950 READ(1,50)FREQ,DE,DS,1,1,1,X,Y,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N,N
50 FORMAT(1F3.3,2F2.1,1F3.3,21A,1F5.0)
WRITE(3,12)Z01,Z02,Z03,X01,Y01,XN,YN,R,DE,DS,FREQ,FM
12 FORMAT(1H1,'CALCULO DE DENSIDAD DE LA ZONA',3A8,' PUNTO ORIGEN
DE COORDENADAS X',1F7.0,4X,'Y',1F7.0,1F7.0,' LONGITUD DEL ENTORNO
DE AVANTE DE',1F4.1,' M EN X Y DE',1F4.1,' M EN Y',1F7.0,' RADIO DE
MUESTREO',1F5.0,' DENSIDAD LIMITADA ENTRE',1F5.1,' Y',1F5.1,' TR
ABEJACION DE',1F4.3,' DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS CADA',1F4.3)

AJUSTE DE CONTADORES Y VARIABLES
NMA=0
NM=0
NR=0
FM=1

AVANCE DEL ORIGEN DE LA MUESTRA
DO 11 1=1,XX
DO 11 2=1,LY

LISTA DE VALORES DE LA MATRIZ A CERO PARA NUEVA MUESTRA
DO 2 K=1,4
DO 2 J=1,5
2A(K,J)=0.

ADMISION DE PUNTOS A LA MUESTRA
XO=X01+INX*(11-1)
YO=Y01+INY*(12-1)
DO 4 I=1,NTP
DX=X(I)-XO
DY=Y(I)-YO
RP=SQRT(DX*DX+DY*DY)
DR=R-RP
TE(DR)4,3,3
    
```

```

3 B(PM,1) DX
B(PM,2) DY
B(PM,3) L
B(PM,4) Z(1)*.0419-T(1)*.5
B(PM,5) G(1)-GN(1)*.3086*Z(1)
PM PM+1
4 CONTINUE
PM PM-1
CALCULO DE ELEMENTOS DE LA MATRIZ Y RESOLUCION
DO 8 K 1,PM
DO 8 J 1,4
DO 8 I 1,5
8 AC(I,J) AC(J,I) = B(K,1)*B(K,2)
NM NM+1
I I
36 FECDARS(A(I,1))-PREC(130,5,5)
50 J J
35 J J+1
FECDARS(1,1),11,31
31 FECDARS(A(I,1))-PREC(135,54,54)
34 DO 6 K 1,5
AA(I,K) A(J,K)
A(J,K) A(I,K)
6 A(I,K) AA(I,K)
5 K 1
I K+1
DO 7 M 1,4
DO 7 J 1,5
7 ACM(I) ACM(J) = A(M,K)*A(J,K)
I I+1
FECDARS(4,56),57,56
VALORACION DE LA MUESTRA Y FORMACION DEL ARCHIVO DE DENSIDADES
57 FECDARS(A(4,4))-PREC(11,58,58)
58 FECDARS(A(4,5))-PREC(11,59,59)
59 DEL A(4,5) A(4,4)
Z(1) DEL-D(1),100,100
101 FECDARS(DS),100,100,11
100 NMA NMA+1
DENSMA DEL
X(NMA) XO
Y(NMA) YO
M(NMA) XM
11 PM+1

```

```

SALIDA DEL ARCHIVO DE DENSIDADES
WRITE(5,13)
13 FORMAT(1H,3A1,10H,ORIGEN=MUESTRA,10M,0, DENSIDAD=)
DO 66 I 1,NMA,5
WRITE(3,14) XMO(I),YMO(I),MPO(I),DEN(I),XMO(I),YMO(I),MPO(I),DEN(I)
14 FORMAT(1H,3A1,10H,ORIGEN=MUESTRA,10M,0, DENSIDAD=)
KR KR+1
FECDARS(53),66,901,901
901 KR 0
WRITE(5,13)
66 CONTINUE
CALCULO Y SALIDA DE LA DISTRIBUCION DE DENSIDADES
WRITE(3,210) Z(1),Z(2),Z(3)
210 FORMAT(1H,10H,DISTRIBUCION DE DENSIDADES DE LA ZONA,1,5A8,/)
I MK (DS-D(1)),1
DO 203 K 1,5
203 KO(K) 0
DO 202 K 1,5
DO 202 I 1,NMA
DEP DEN(I) = D(I)-NMA
IF (DEP) 204,202,202
204 FECDARS(DEP) = A(I),201,201,202
201 KO(K) KO(K)+1
202 CONTINUE
DO 205 K 1,5
DEL D(I) A(I)*K=1
DES D(I) A(I)*K
205 WRITE(3,206) DEL,DES,KO(K)
206 FORMAT(1H,10H,SENERAS COMPRENDIDAS ENTRE,1,4,2,1 Y,1,4,2,1 =,1,14,1)
CALCULO Y SALIDA DE DATOS DEL MUESTREO
SUMI 0
DO 207 I 1,NMA
207 SUMI SUMI+DEN(I)
FOR NMA*100 NM
DENM SUMI/NMA
WRITE(3,21) NM,I,NM,NMA,LPOR
WRITE(3,209) DENM
209 FORMAT(1H,0,25N, DENSIDAD MEDIA,1,1,4,2)
21 FORMAT(1H,0,15,1, PUNTOS DE LA ZONA SE HAN TOMADO,1,6, MUEST
JAS,1,1, SIENDO ADMITIDAS,1,6,1,1,14,1 POR CIENTO,1)
READ(1,55) ICP
550 FORMAT(2)
I I+1
555 STOP
END

```

EJEMPLO DE APLICACION DEL METODO

De los diferentes ensayos realizados con este método se presenta como ejemplo el de la zona de Onteniente (Hoja núm. 820 de la cartografía MAGNA 1:50.000) por sus especiales características. La zona de Onteniente comprende tectónicamente una extensa franja (fig. 2) de anticlinales y sinclinales de gran continuidad lateral y con inversiones en los dos flancos. La serie litostratigráfica presenta una gran continuidad de sedimentación desde el Cretácico Inferior al Plioceno, estando representados prácticamente todos los pisos del Cretácico y Terciario. Este último cubre las zonas sinclinales, aflorando las dolomías del Cretácico en los ejes de los anticlinales. Topográficamente, estos anticlinales presentan zonas montañosas de hasta 200 m. de desnivel respecto de los valles.

La zona reúne, pues, las suficientes dificultades para experimentar sobre ella la aplicación del método propuesto de cálculo de densidad de reducción.

Las estaciones de gravimetría están tomadas por itinerarios, según la red vial, cada 500 metros, con un total de 592 estaciones. La figura 3 es el plano de anomalías de BOUGUER (calculado para una densidad estándar de 2.4 g/cm³), y en la figura 4 se representa un corte geológico con su perfil de anomalía de BOUGUER correspondiente, que da buena idea de las características conjuntas de la zona.

El muestreo se ha realizado para diferentes radios y avances del centro de la muestra con los resultados globales indicados en el siguiente cuadro:

I	R	P	NMT	NMA	P/M	dM	dF
3.000	4.000	.001	40	38	65	2.87	
2.000	3.000	.001	84	73	40	2.66	2.5 a 2.7
1.000	5.000	.001	375	367	95	2.91	2.6 a 3.0
1.000	4.000	.001	375	349	65	2.85	2.6 a 2.7
1.000	3.000	.001	375	327	40	2.70	2.5 a 2.7
1.000	2.000	.001	375	304	17	2.49	2.5 a 2.7
1.000	2.000	.01	375	303	17	2.48	2.5 a 2.7
1.000	2.000	.1	375	283	17	2.51	2.5 a 2.7

I=Intervalo de avance del centro de muestra en metros.

R=Radio de la muestra en metros.

P=Parámetro de precisión de cálculo.

NMT=Número total de muestras tomadas.

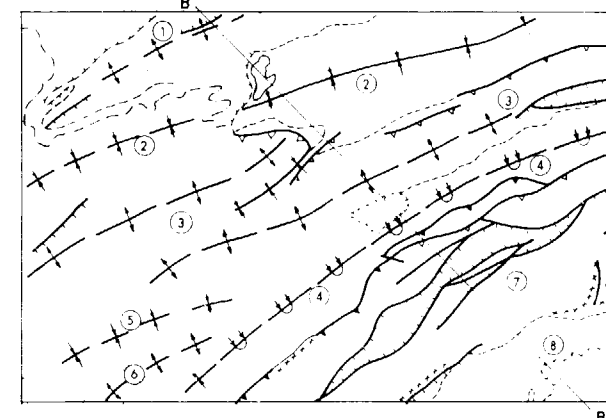
NMA=Número de muestras cuya solución de densidad se admite.

P/M=Puntos por muestra (valor medio).

dM=Densidad media aritmética resultado del muestreo.

dF=Intervalo de densidades de mayor frecuencia en el muestreo.

ESQUEMA TECTONICO DE LA HOJA N° 820



- Contactos mecánicos fossilizados (Sinsedimentarios intratortonienses)
- xxxxxx Base del Mioceno
- Discordanias --- Langhiense-Serravallense
- Intratortoniense
- Plio-cuaternario (Rip-Sin-Clain)
- ① Anticinal diapírico Sierras Grossa-Corda
- ② Area sinclinal Fontaneres-Onteniente-Albaida-Puebla del Duc
- ③ Tren Anticinal la Solana-Benicadell
- ④ Sinclinal de Vinalopó
- ⑤ Sinclinal de Benejama
- ⑥ Dorsal de Cañada
- ⑦ Anticinal sierra Mariola
- ⑧ Area sinclinal Biar-El Troncal-Bca del Sil. Estructura la Fontrocha ?

Figura 2

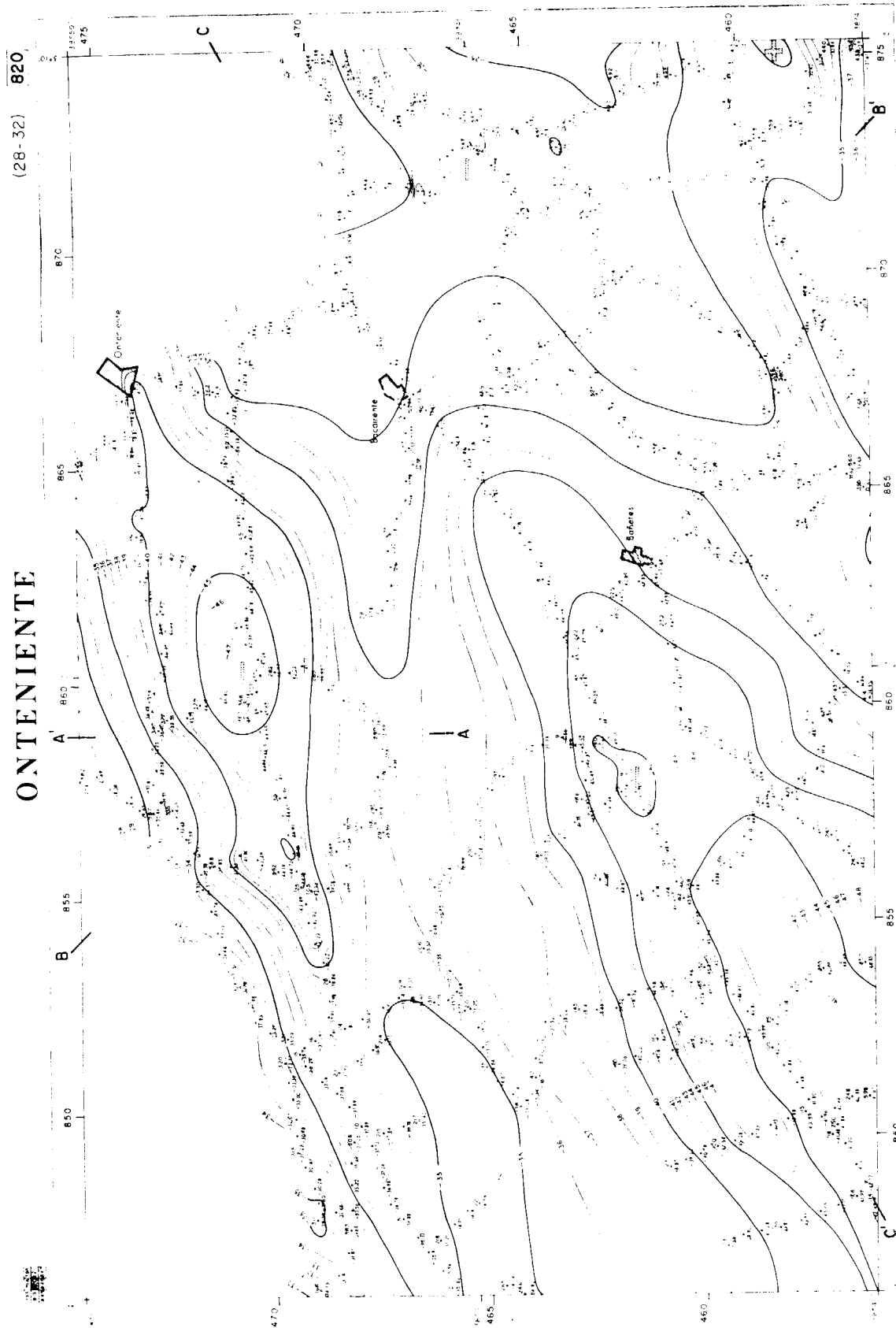
Para cada muestreo se ha obtenido el gráfico de distribución por frecuencias de las densidades calculadas. La figura 5 es el histograma para un avance del origen de 3.000 m.; es evidente que el número de muestras conseguidas no es suficiente para que el resultado tenga valor estadístico. Sin embargo, la reducción del intervalo a 1.000 m. consigue agrupaciones más de acuerdo con las leyes estadísticas (fig. 6).

En los gráficos de las figuras 7 y 8 se resume el análisis de los resultados obtenidos con los diferentes muestreos.

El intervalo de avance debe ser de 1.000 m. para que se consiga suficiente número de muestras. El número de muestras admitidas depende del radio de muestreo una vez fijado el intervalo de avance, ya que con el radio varían los puntos por muestra y las características gravimétricas (geológicas) de la muestra, aunque, en cualquier caso, su influencia sobre el número de muestras admitidas no es muy importante. Sin embargo, el tamaño de la muestra (en su extensión ocupada) sí que es definitivo para el valor medio aritmético de la densidad calculada. El aumento del radio hace que, en general, el histograma de densidades se desplace hacia valores más elevados (en esta zona), manteniéndose no obstante el intervalo de densidades más frecuentes. El análisis de los mapas de densidad explica este hecho.

En el mapa de densidad obtenido para los valores calculados adjudicados al punto central de cada muestra, en el caso de emplear un radio de 3.000 m. (fig. 9), puede observarse, por comparación con el mapa de anomalías de BOUGUER, o con la cartografía geológica, que las zonas de densidades «anómalas» (superiores a 3 g/cm³ e inferiores a 2 g/cm³) o correspondientes a muestras de resultado no admitido (fuera de los límites de 1 y 4 g/cm³ o sin solución del sistema de ecuaciones), cubren las áreas donde existen anomalías de BOUGUER de fuerte gradiente. Al aumentar el radio de la muestra, aumenta la extensión ocupada por estas zonas de densidad anómala (figura 10), ya que es más probable que en este caso la mayor parte de las estaciones de la muestra definan una anomalía. Si las rocas son menos densas, la manera de conseguir reducir a un plano su anomalía gravífica, es aumentar la densidad de reducción.

Por tanto, el mapa de distribución de densidades, indica cuales son las muestras que deben consi-



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INDUSTRIA

MAPA DE ANOMALIAS
DENSIDAD 2.4
Escala 1/50.000

Figura 3

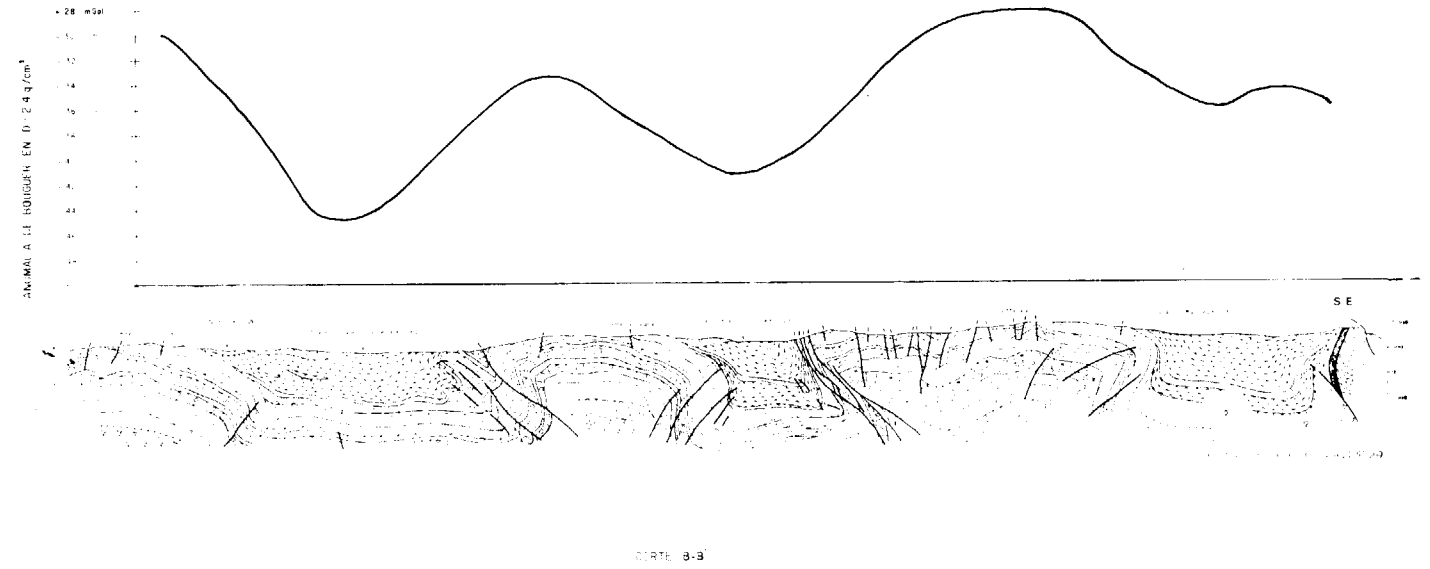


Figura 4

Zona Onteniente nº 820			
nº estaciones	592	Radio	4000
avance origen	3000	nº muestras tomadas	40
densidad media p.p.		admitidas	38 (95%)

Zona ALBUJENIEN nº 821			
nº estaciones	701	Radio	4000
avance origen	3000	nº muestras tomadas	50
densidad media p.p.		admitidas	48 (96%)

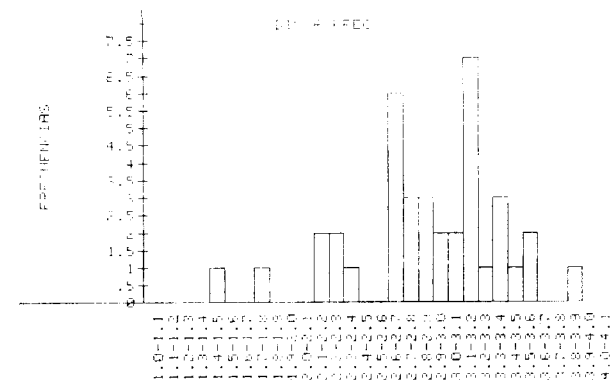


Figura 5

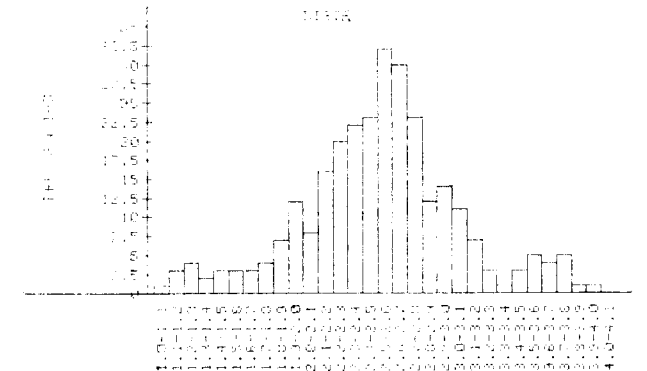


Figura 6

derarse para la elección de la densidad. En el intervalo de densidades «no anómalas», es la densidad más frecuente, y no la media aritmética, la más representativa del conjunto de la zona, y la que, por tanto, debe emplearse como densidad de reducción.

La figura 11 reproduce el perfil gravimétrico AA'

calculado para ocho diferentes densidades de reducción, en intervalos de 0.4 g/cm³ junto con su altimetría. Según el criterio de la mínima correlación topográfica, sólo podrían seleccionarse la densidad de 2.2 para la estación 5, 2.6 para las estaciones 8 a 12 y 3 g/cm³ para la estación 16. Estos valores muestran una dispersión bastante elevada y, además, sólo tienen una aplicación

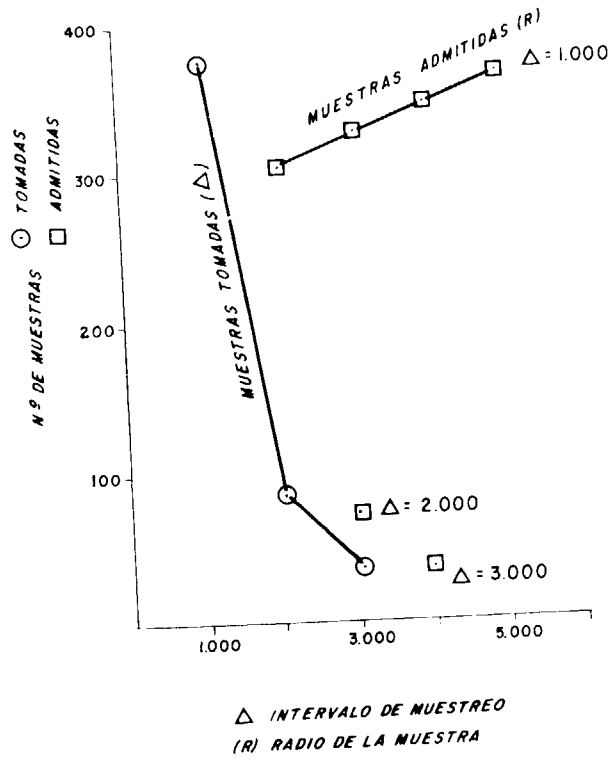


Figura 7

Influencia del intervalo y radio de las muestras en el número de muestras admitidas al sistema de cálculo.

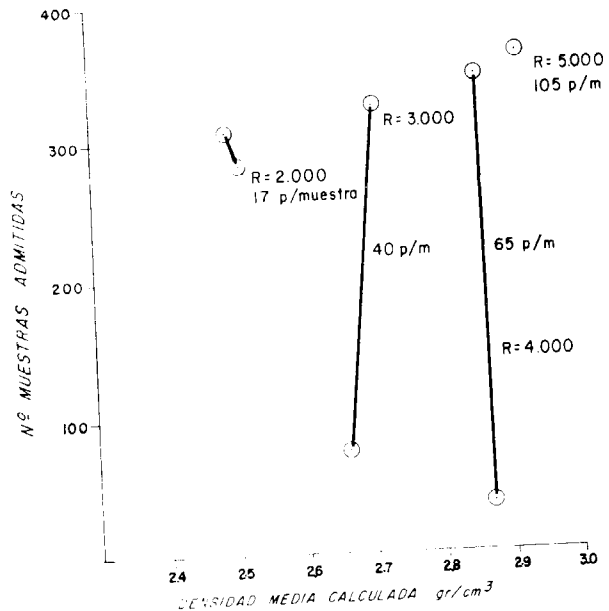


Figura 8

Influencia del número de muestras y del tamaño de muestra en la densidad media calculada.

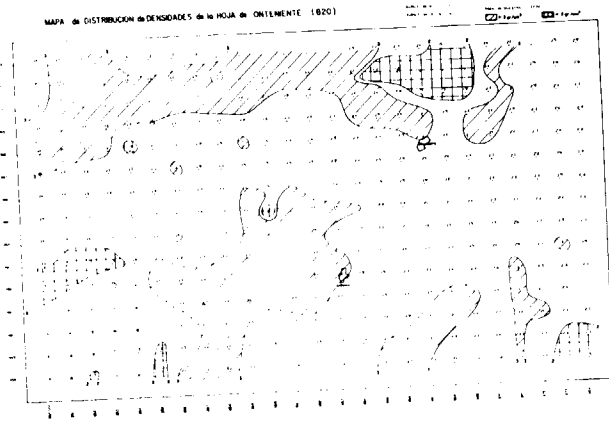


Figura 9

Avance de $x=1.000$ m.
Avance de $y=1.000$ m.
Radio de muestreo 3.000 m.
Zona rayada: mayor de 3 gr/cm^3 .
Zona cuadriculada: menor de 2 gr/cm^3 .

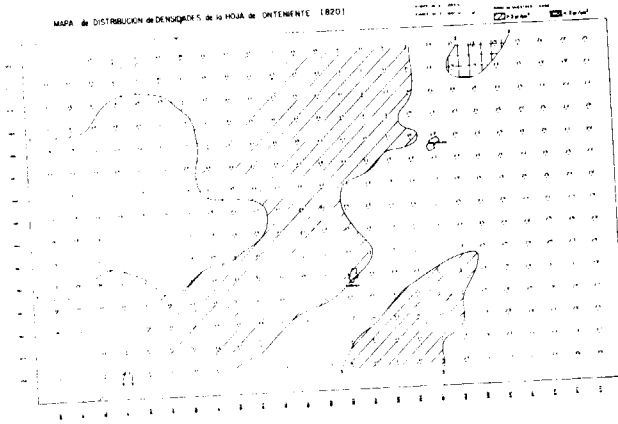


Figura 10

Avance de $x=1.000$ m.
Avance de $y=1.000$ m.
Radio de muestreo 5.000 m.
Zona rayada: mayor de 3 gr/cm^3 .
Zona cuadriculada: menor de 2 gr/cm^3 .

local. En comparación, la densidad obtenida por el sistema propuesto, presenta mejor agrupación; si se consideran solamente los resultados obtenidos para valores que representen más del 4 por 100 de las muestras, el intervalo del histograma queda reducido a los márgenes comprendidos entre 2.1 y 2.8, correspondiendo el 50 por 100 de estas muestras al intervalo 2.5 a 2.7 g/cm^3 . El intervalo 2.1 - 2.8 se corresponde bien con el

X	Y	D	P	D	P	D	P	D	P
1	1	2.5	17	2.6	10	2.7	5	2.8	3
1	2	2.6	10	2.7	5	2.8	3	2.9	2
1	3	2.7	5	2.8	3	2.9	2	3.0	1
1	4	2.8	3	2.9	2	3.0	1	3.1	1
1	5	2.9	2	3.0	1	3.1	1	3.2	1
1	6	3.0	1	3.1	1	3.2	1	3.3	1
1	7	3.1	1	3.2	1	3.3	1	3.4	1
1	8	3.2	1	3.3	1	3.4	1	3.5	1
1	9	3.3	1	3.4	1	3.5	1	3.6	1
1	10	3.4	1	3.5	1	3.6	1	3.7	1
1	11	3.5	1	3.6	1	3.7	1	3.8	1
1	12	3.6	1	3.7	1	3.8	1	3.9	1
1	13	3.7	1	3.8	1	3.9	1	4.0	1
1	14	3.8	1	3.9	1	4.0	1	4.1	1
1	15	3.9	1	4.0	1	4.1	1	4.2	1
1	16	4.0	1	4.1	1	4.2	1	4.3	1
1	17	4.1	1	4.2	1	4.3	1	4.4	1
1	18	4.2	1	4.3	1	4.4	1	4.5	1
1	19	4.3	1	4.4	1	4.5	1	4.6	1
1	20	4.4	1	4.5	1	4.6	1	4.7	1
1	21	4.5	1	4.6	1	4.7	1	4.8	1
1	22	4.6	1	4.7	1	4.8	1	4.9	1
1	23	4.7	1	4.8	1	4.9	1	5.0	1
1	24	4.8	1	4.9	1	5.0	1		
1	25	4.9	1	5.0	1				
1	26	5.0	1						
1	27								
1	28								
1	29								
1	30								

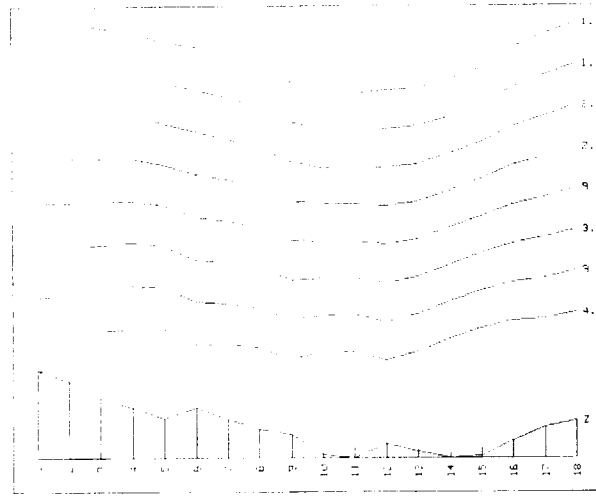


Figura 11
Perfil gravimétrico A-A'.

indicado de zonas no anómalas por el mapa de distribución de densidades. Para el conjunto de las 283 muestras representadas en el histograma de la figura 5, el intervalo 2.5 a 2.7 representa el 22 por 100 de las muestras. Si se ampliara el intervalo al margen 2.4 - 2.8, estas muestras supondrían el 40 por 100 sobre las totales y el 70 por 100 sobre las que representan, a más del 4 por 100 de la población estudiada.

Significa esto, que la densidad de 2.6 g/cm^3 , con una precisión de ± 0.1 ó ± 0.2 g/cm^3 , es un valor bien agrupado, con margen de precisión universalmente admitido como lo más realista a que se puede llegar en evaluación de este parámetro, y calculado no de forma local, sino de conjunto de la zona prospectada.

CONCLUSIONES

El método de cálculo propuesto se ha ensayado en varias zonas de distintas características. Se

han empleado datos de prospecciones gravimétricas tipo minero, con medidas tomadas en cuadrícula de 100×50 m. y extensiones de 10 a 13 Km^2 , en lugares de distintas condiciones topográficas y geológicas, y datos de prospecciones estructurales, con medidas tomadas cada 500 m. y extensiones de 500 a 600 Km^2 con 1 a 3 estaciones por Km^2 .

Para todas estas zonas se han realizado los cálculos del programa DENSAD, haciendo variar para cada muestreo el radio, el avance del centro de muestra y la precisión de cálculo.

En todos los casos se han limitado las densidades aceptadas para su incorporación a la distribución de frecuencias entre 1 y 4 g/cm^3 , obteniéndose dicha distribución con intervalo de 0.1 g/cm^3 .

El único parámetro que define el número de muestras tomadas en una zona, es evidentemente el avance del centro de la muestra. Sin embargo, el número de muestras no afecta al valor encontrado para la densidad media, aunque la distribución o histograma de densidades presente mejores agrupaciones cuanto mayor es el número de muestras.

Sobre las muestras tomadas, el número de muestras no admitidas bien porque la matriz no tenga solución única, bien porque los valores estén por debajo de la precisión marcada o bien porque la densidad calculada esté fuera de los límites impuestos, parece depender exclusivamente de la zona, es decir, de las anomalías y su extensión; la topografía influye principalmente en el sentido de que en las zonas llanas y sin anomalías gravimétricas, cualquier solución de las matrices es válida, hecho evidente si se analiza el concepto de la anomalía de BOUGUER.

En general, se admiten siempre más del 70 por 100 de las muestras tomadas. Para cada zona, es el radio de muestreo (número de puntos por muestra), el que marca este porcentaje.

De acuerdo, por tanto, con el radio de muestreo, puede variar el aspecto del histograma y la densidad media, aunque se mantenga el margen de densidades más frecuentes. Esto es una consecuencia lógica del planteamiento teórico del método.

La densidad media aritmética obtenida de los histogramas no es la más adecuada para utilizar como densidad de reducción. En efecto, de los

histogramas hay que eliminar un fondo constituido por las densidades con una frecuencia inferior, p. e., al 5 por 100 de las muestras, por su falta de representatividad, y unas colas, formadas por las densidades sin significación geológica (p. e., inferiores a 1.7 y superiores a 3.4 g/cm³). Estos fondos y colas suelen coincidir en la mayoría de los casos.

La densidad que debe adoptarse es, en principio, la de mayor frecuencia, pudiendo ampliarse el intervalo hasta ± 0.1 g/cm³.

De los listados de localización de muestras y densidades calculadas obtenidas en el programa DENSAD, se han dibujado mapas de distribución de densidad. En ellos se aprecia que las muestras no admitidas corresponden casi totalmente a las zonas de anomalías gravimétricas o a aquellas muestras que tienen la mayoría de sus estaciones sobre dichas anomalías. Igualmente, las anomalías de densidad se corresponden con anomalías de Bouguer y cambios litológicos importantes, aunque dicha densidad anómala carezca de significado. El examen de estos mapas de densidad permite estimar mejor la densidad calculada para las zonas, que viene a corresponderse con las más frecuentes del histograma, pudiéndose fijar mejor los márgenes de aplicación de éste.

En todas las zonas ensayadas se han obtenido diversos perfiles de anomalías de BOUGUER, para varias densidades. No se corresponden rigurosamente con lo que serían perfiles de NETTLETON, ya que no se han buscado accidentes topográficos que cumplan las condiciones exigidas por dicho método, pero sí son una buena aproximación. La densidad que obtiene la menor correlación con la topografía, no siempre está dentro de los márgenes de la densidad más frecuente de los histogramas, y los resultados no son buenos salvo para perfiles con cambios topográficos muy acusados. Esto hace que para la generalidad de las zonas no puedan utilizarse los datos de la prospección

para obtener densidades siguiendo el criterio de la mínima correlación topográfica más que en unas pocas estaciones, obteniendo valores locales y no de clara extrapolación al conjunto de la zona.

En definitiva, el método propuesto permite obtener de manera rápida una estimación de la densidad o intervalo de densidades de reducción. El radio de muestreo debe elegirse de acuerdo con las características de la zona, de tal forma que el área abarcada por cada muestra se solape en las mínimas situaciones con zonas presumiblemente anómalas aunque esta elección no es crítica para los resultados. El histograma y el mapa de densidades, derivados de este método de cálculo, son dos valiosas ayudas en la elección de la densidad final a adoptar. El método ha dado buenos resultados en todas las zonas ensayadas.

BIBLIOGRAFIA

- Determination of density for reduction of gravimeter observations.* Nettleton, 1939, Geophysics, IV, p. 176.
- Determination of the Bouguer correction constant.* Siegert, 1942, Geophysics, VII, p. 29.
- A proposed least square method for the determination of the elevation factor.* Legge, 1944, Geophysics, IX, p. 175.
- Density determinations by underground gravity measurement.* Hammer, 1950, Geophysics, XV, p. 637.
- A generalized form of Nettleton's density determination.* Lincer, 1963, Geophysical Prospecting, XIII, p. 247.
- A confirmation by gravity measurements of underground density profile based on core densities.* McCulloh, 1965, Geophysics, XXX, p. 11313.
- A Fortran program for calculating rock densities from gravity survey data.* Beattie, 1975, Technical Communication 56, Mineral Research Laboratories CSIRO.
- Densities determined from surface and subsurface gravity measurements.* Sissons, 1981, Geophysics, XLVI, p. 1568.

Recibido: Febrero de 1983.

Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)

Por GUIJARRO, J. (*); HOYOS, M. A. (*); CASAS, J. (**), y MARTIN DE VIDALES, J. L. (*)

R E S U M E N

En el stockwerk filoniano que atraviesa la apófisis adamellítica del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España) se han observado cuatro generaciones de fracturas que, por posterior relleno de soluciones mineralizadoras, generan filones cuyo orden de aparición es: filones del tipo I, estériles, con dirección NO-SE; filones del tipo II, débilmente mineralizados en sulfuros, con dirección N-S; filones del tipo III, abundantemente mineralizados en sulfuros y casiterita, con dirección NE-SO; filones del tipo IV, estériles, con dirección E-O.

Las temperaturas relativas de homogeneización de las inclusiones fluidas primarias aumentan desde los filones del tipo I (228 °C-242 °C) a los filones del tipo II (332 °C-345 °C) para alcanzar en los filones del tipo III más de 350 °C. Posteriormente desciende la temperatura en los filones del tipo IV (318 °C-338 °C). Las temperaturas relativas de homogeneización de las inclusiones fluidas secundarias en las distintas generaciones filonianas, son bastante semejantes, ya que oscilan entre 236 °C y 254 °C.

A B S T R A C T

In the stockwerk running across the adamellitic apex of Cerro de San Cristóbal (Logrosán, Spain) we have distinguished four generations of fractures which were refilled by mineralizing solutions. This process originated veins whose appearing order is: Type I veins, unproductive with NW-SE direction; Type II veins, with N-S direction slightly mineralized in sulphides; Type III veins with NE-SW direction and strongly mineralized in sulphides and cassiterite; Type IV veins, E-W direction and unproductive.

Homogeneization temperatures of the primary fluid inclusions increase from Type I veins (228-242 °C) to Type II (332-345 °C) and reached in Type III veins a temperature up to 350 °C. Thereafter temperature falls in Type IV veins (318-338 °C).

Relative homogeneization temperatures of the secondary fluid inclusions are quite similar in the diverse vein generations because they are ranging between 236 and 254 °C.

ESTRUCTURA REGIONAL

Desde 1897, E. HERNÁNDEZ PACHECO observa dos alineaciones estructurales preferentes en las masas graníticas del macizo hercínico español, con direcciones NW-SE y N-S a las que denominó, respectivamente, direcciones hespérica e hispánides. Posteriormente, F. LOTZE (1945) divide el macizo hespérico en seis zonas estructurales (fig. 1).

J. R. PARGA (1966) observa que en el macizo hespérico las principales fracturas son tardi-hercínicas (Carbonífero-Pérmico) con reactivaciones al-

pídicas, siendo las principales direcciones NE-SW, NNE-SSW, WNW-ESE, N-S y E-W.

R. CAPOTE (1972), M. J. FERNÁNDEZ CASALS (1976) y F. GONZÁLEZ LODEIRO (1981), observan en el Sistema Central Ibérico tres fases bien diferenciadas de la formación hercínica. El metamorfismo es también de edad hercínica y según R. CAPOTE, C. CASQUET y M. J. HERNÁNDEZ CASALS (1982), está relacionado con dichas fases tectogenéticas tanto en el tiempo como espacialmente. Las fracturas con dirección NE-SW son a veces fallas de tipo cortical, siendo éstas, según A. G. UBANELL (1981), las que limitan los bloques principalmente del Sistema Central Ibérico, y pertenece a este grupo la falla meridional del Sistema Central con el valle del río Tajo y la falla de Alentejo-Plasencia,

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

(**) Instituto de Edafología y Biología Vegetal. C.S.I.C. Madrid.

que por relleno posterior dio lugar a un dique de diabasas estudiado por L. GARCÍA FIGUEROLA (1963).

ESTUDIO DE STOCKWERK

La apófisis adamellítica del Cerro de San Cristóbal (Logrosán), forma parte de la zona Centro-Ibérica del macizo hespérico español (fig. 1). Se halla atravesada por una serie de filones en stockwerk en los que J. GUIJARRO (1982) ha identificado cuatro generaciones.

Primera generación (I). Está representada por filones estrechos, con espesores de 1 a 5 cm., de poca longitud, subverticales, con direcciones de N 32° W a N 40° W, siendo poco numerosos (aproximadamente el 10 por 100 del total de filones) y siempre estériles. Se hallan desde nada turmalinizados a fuertemente turmalinizados y son los primeros en producirse, pues se encuentran cortados por las generaciones filonianas segunda, tercera y cuarta (fig. 1, zonas 8 y 10 y tablas I, II y III).

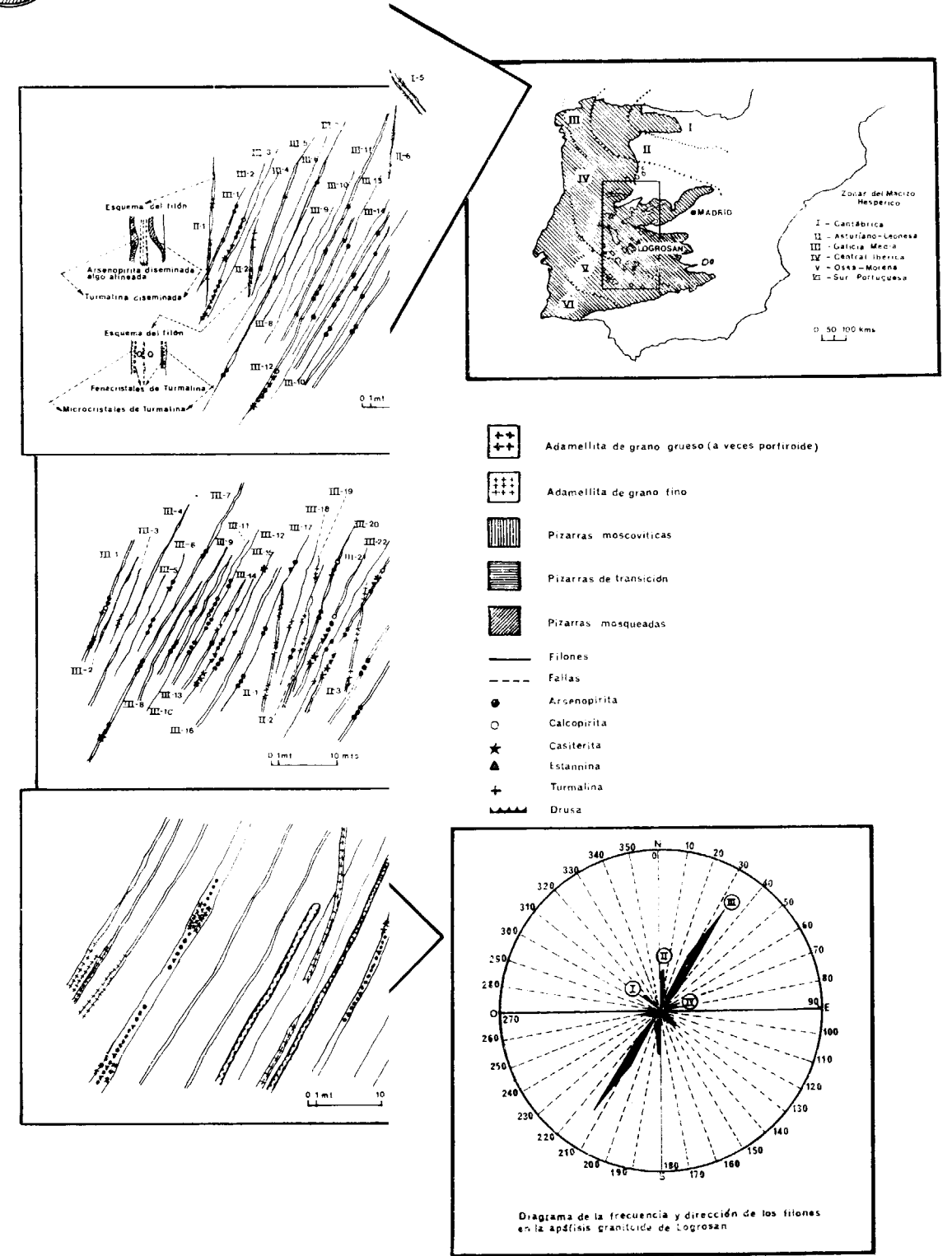
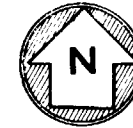
Segunda generación (II). Se caracteriza por estar compuesta de filones anchos de 5 a 40 cm., con longitudes pequeñas y grandes de 1 m. a más de 20 m., subverticales, y con direcciones de N-S a N 10° E, siendo más numerosos que los de la primera generación (aproximadamente el 20 por 100 del total de filones). Están formados por cuarzo lechoso, son estériles o débilmente mineralizados en sulfuros y a veces presentan indicios de casiterita, hallándose desde débilmente turmalinizados a fuertemente turmalinizados, pudiendo producir en este caso incluso turmalinización de la roca encajante. Algunas veces se dispone la turmalina en alineaciones paralelas a las paredes del filón, lo que da un aspecto bandeado característico a dichos filones. En otras ocasiones se disponen en las paredes del filón microcristales de turmalina y hacia el interior pasan a formar fenocristales de dicho mineral (fig. 1, zona 2), produciéndose una estructura zonada simétrica de dichos filones.

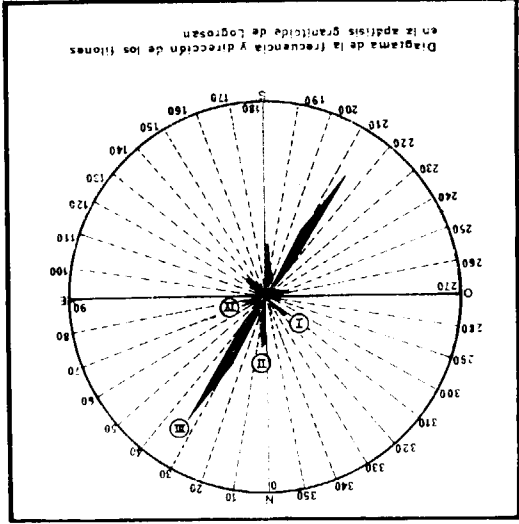
Los filones de la segunda generación son posteriores a los de la primera generación, pues los cortan (fig. 1, zona 8), siendo por el contrario anteriores a las generaciones tercera y cuarta, ya que son cortados por los filones de dichas generaciones (fig. 1, zonas 2 y 8), aunque algunas veces los filones de la segunda generación cortan a los

de la tercera generación (fig. 1, zona 2); por tanto las generaciones segunda y tercera son bastante simultáneas, aunque lo más frecuente es que la tercera generación se produzca con cierta posterioridad (tablas I, II y III).

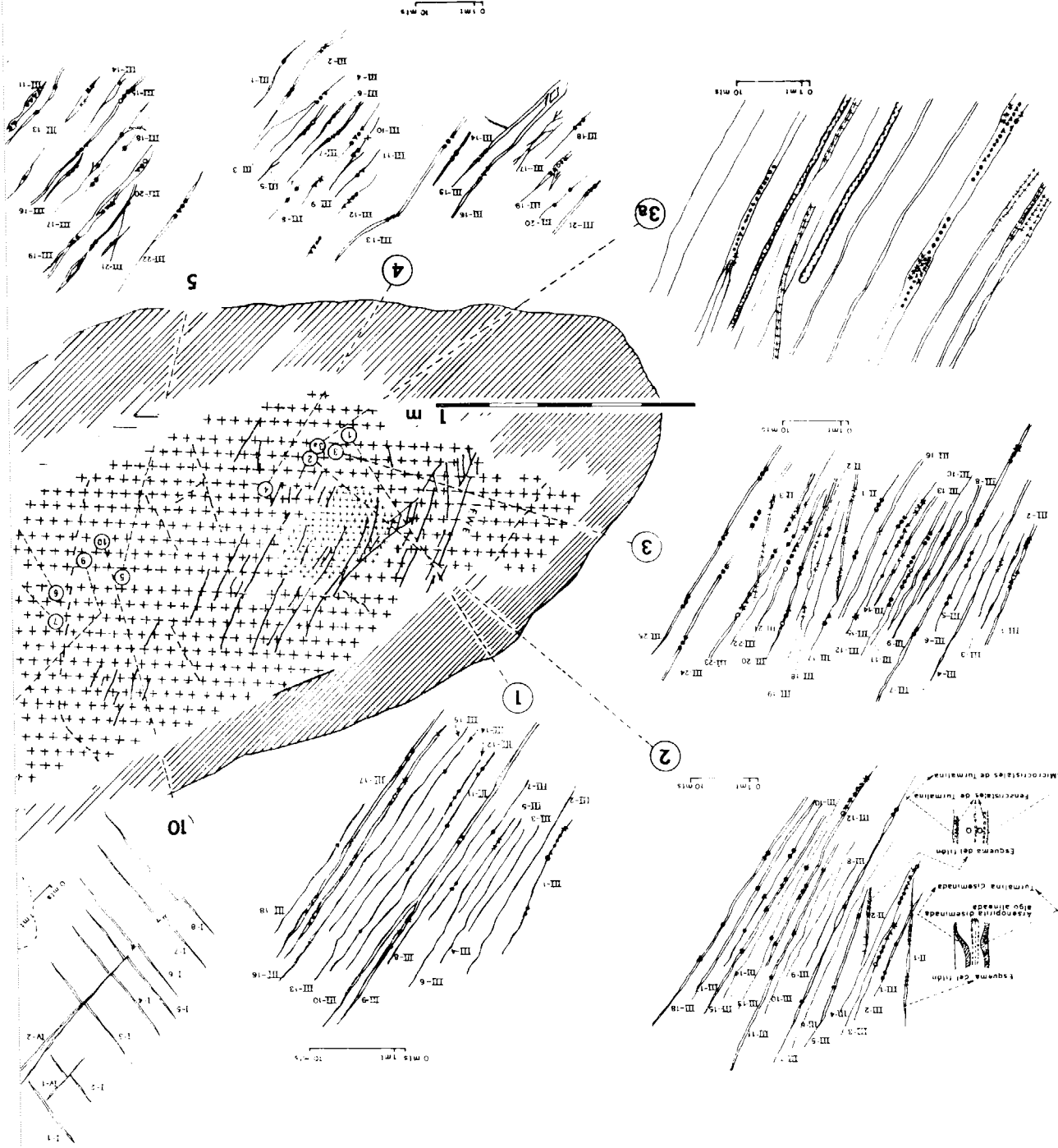
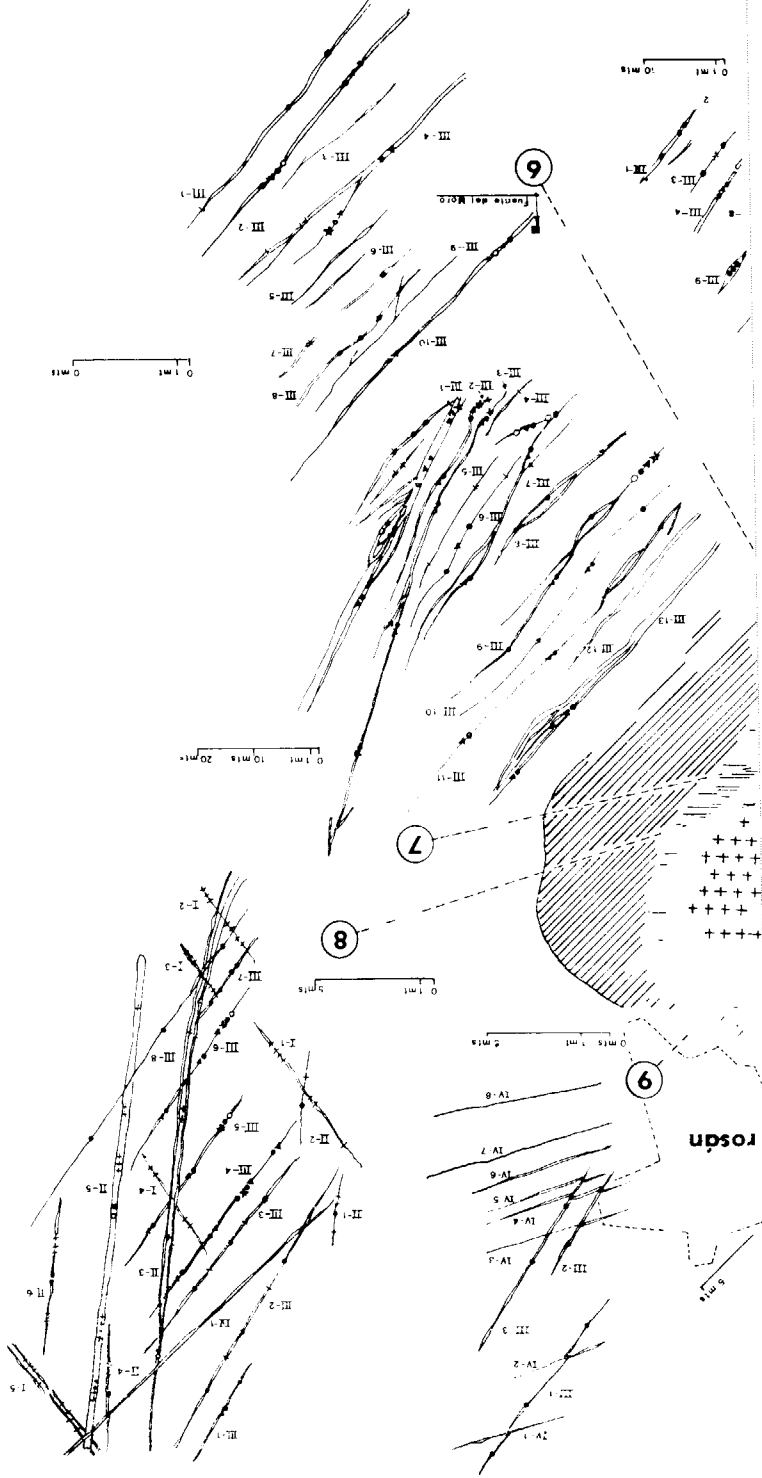
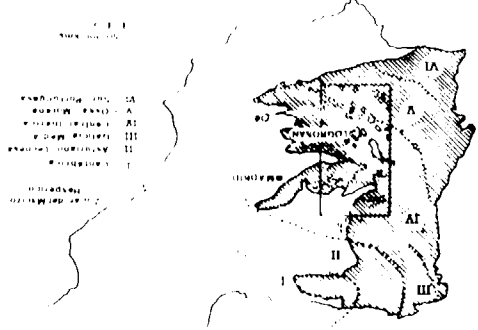
Tercera generación (III). Está representada por filones de anchura variable desde menos de 1 cm. hasta más de 40 cm., con longitudes importantes de 10 m. hasta más de 20 m., subverticales, con direcciones de N 20° E a N 45° E, son los más abundantes (aproximadamente el 60 por 100 del total de los filones) y están formados por cuarzo transparente con mineralizaciones importantes de sulfuros y casiterita, constituyendo el yacimiento estannífero de Logrosán y se presentan sin turmalina o débilmente turmalinizados. La mineralización tiene en algunos filones una estructura zonada simétrica, disponiéndose la casiterita en las paredes del filón, mientras los sulfuros o la turmalina (cuando existe), aparecen en el centro del mismo. Otras veces se observa el crecimiento del cuarzo en forma de drusas, por relleno de fracturas preexistentes (fig. 1, zona 3a). En esta misma zona se observa que en los filones de la tercera generación, la turmalina que se dispone en la parte central, a veces sale del filón cortándolo y tomando dirección N-S, lo cual nos indica cierta simultaneidad en los procesos de turmalinización en los filones del tipo II y III, otras veces la turmalina se dispone en las paredes del filón y en ocasiones en la roca encajante, en bandas paralelas a las paredes del mismo filón.

El orden de aparición de esta tercera generación de filones es: posterior a los de la primera generación, simultáneos (algunas veces) y posteriores (más frecuentemente) a los de la segunda generación y anteriores a los de la cuarta generación (fig. 1, zonas de 1 a 9, y tablas I, II y III). Hay que resaltar que algunos filones de la tercera generación producen en la roca encajante una greisenificación variable en espesor, pero sin sobrepasar nunca los 20 cm., e independiente del espesor de dichos filones, es decir, que hay filones estrechos que producen una greisenificación patente y otros más anchos de esta misma generación no producen greisenificación alguna. Sólo estos filones de la tercera generación producen (y no siempre) fenómenos de greisenificación, observándose en el greisen mineralización de casiterita y menos abundante de sulfuros.





- Drusa
- Turmalina
- Estammina
- Castierita
- Calcopirita
- Arsenopirita
- Fallas
- Filones
- Pizarras mosqueadas
- Pizarras de transición
- Pizarras moscovíticas
- Adarnelita de grano fino
- Adarnelita de grano grueso (a veces porfirífero)



Filones Tipo		III																	
Número de Filones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Dirección		H10E	H20E	H30E	H40E	H50E	H60E	H70E	H80E	H90E	H10E	H11E	H12E	H13E	H14E	H15E	H16E	H17E	H18E
MOSAFS	< 1cm			+	+	+	+	+	+										
	1-5 cm	+	+	+	+		+												+
	5-10 cm					+	+	+	+	+	+	+							
	10-40 cm												+	+	+	+	+	+	+
	> 40 cm																	+	+
LADPOT	< 1mt																		
	1-10 mt							+				+							
	10-20 mt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+			+	+
	> 20 mt		+											+	+		+	+	
MOSAFS	Sin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Débil											+							
	Medio		+																
	Fuerte																		
LADPOT	Sin			+															+
	Débil	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Medio	•						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Fuerte	•																	

1

Filones Tipo		II		III																		
Número de Filones		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Dirección		H1E	H2E	H3E	H4E	H5E	H6E	H7E	H8E	H9E	H10E	H11E	H12E	H13E	H14E	H15E	H16E	H17E	H18E	H19E	H20E	
MOSAFS	< 1cm																					+
	1-5 cm					+	+	+		+	+	+									+	+
	5-10 cm		+	+						+				+							+	+
	10-40	+						+							+							
	> 40																					
LADPOT	< 1mt																					
	1-10 mt																					
	10-20 mt		+	+	+							+										
	> 20 mt	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MOSAFS	Sin			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Débil																					
	Medio																					
	Fuerte	+	+																			
LADPOT	Sin		+					+			+	+										
	Débil	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Medio	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Fuerte																					

2

Filones Tipo		II		III																										
Número de Filones		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	
Dirección		H1E	H2E	H3E	H4E	H5E	H6E	H7E	H8E	H9E	H10E	H11E	H12E	H13E	H14E	H15E	H16E	H17E	H18E	H19E	H20E	H21E	H22E	H23E	H24E	H25E	H26E	H27E	H28E	
MOSAFS	< 1cm																													
	1-5 cm		+												+	+														
	5-10 cm	+				+	+	+						+																
	10-40cm		+	+																										
	> 40cm																													
LADPOT	< 1mt																													
	1-10 mt																													
	10-20mt	+	+		+	+																								
	> 20mt			+																										
MOSAFS	Sin			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Débil																													
	Medio	+	+	+																										
	Fuerte	+	+	+																										
LADPOT	Sin	+	+	+																										
	Débil				•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Medio				•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Fuerte																													

3

• Arsenopirita ○ Calcopirita ★ Casiterita ▲ Estannina

Tabla I.—Características de los filones en las zonas 1, 2 y 3 de la figura 1.

Cuarta generación (IV). Está constituida por filones estrechos con espesores de menos de 1 cm. a 5 cm., longitud mediana de 1 a 20 m., subverticales y con dirección de N 45° E a N 76° E; son poco abundantes (aproximadamente el 10 por 100 del total de los filones), siempre estériles y no presentan turmalinización. Esta generación es claramente posterior a las anteriormente citadas, pues cortan a todos los demás filones (fig. 1, zonas 9 y 10 y tablas I, II y III).

Podemos concluir que en la apófisis adamelítica de Logrosán existen cuatro tipos de fracturas que por relleno posterior de soluciones han dado lugar a las distintas generaciones de filones. Fracturas de dirección NW-SE, primera generación de filones (tipo I), fracturas de dirección N-S, segunda generación de filones (tipo II), fracturas con dirección NE-SW, tercera generación de filones (tipo III, productores del yacimiento de Sn) y, por último, fracturas de dirección E-W, cuarta generación de filones (tipo IV). La frecuencia y direcciones de dichos filones está representado en la figura 1.

ESTUDIO DE LAS INCLUSIONES FLUIDAS

Se ha realizado de acuerdo con los criterios enunciados por G. DEICHA (1955), P. BARTHOLOME (1966) y E. ROEDDER (1967). En el estudio de las inclusiones fluidas primarias de las cuatro generaciones de filones citadas se observan los siguientes hechos resumidos en las figuras 2 y 3:

En cuanto a la forma de dichas inclusiones; cuando son microscópicas pequeñas suelen ser redondeadas, subredondeadas o alargadas; cuando son microscópicas medianas o grandes son más variadas, redondeadas, subredondeadas, alargadas, triangulares, poligonales y sin forma determinada.

El movimiento de la burbuja dentro de la inclusión varía de la siguiente forma: cuando la relación burbuja/inclusión tiene valores 1/50 ó 1/100, el movimiento es de rápido a muy rápido, cuando la relación es 1/5, 1/10 ó 1/25 el movimiento es de lento a muy lento.

En cuanto al tamaño de las inclusiones, observando los histogramas se ve que existen dos máximos, lo que nos hace pensar en dos generaciones de inclusiones: una primera muy abundante en inclusiones, con tamaños entre 1 y 10 μ (microscópicas pequeñas) y otra segunda más escasa y a

veces inexistente, con tamaños entre 50 y 100 μ (microscópicas medianas). También se observan proporciones menores dentro de las inclusiones microscópicas medianas con tamaños de 10 a 25 μ y de 25 a 50 μ, así como inclusiones microscópicas grandes con tamaños entre 100 y 150 μ y de 150 a 200 μ, siendo éstas bastante escasas y no sobrepasando nunca el tamaño de 200 μ.

La frecuencia de las inclusiones es bastante regular, oscilando entre abundantes, con una separación media entre 1 y 10 μ, y frecuentes, con una separación media entre 10 y 100 μ.

Se ha observado la existencia de inclusiones fluidas secundarias, alineadas en planos de fractura. Los histogramas revelan la existencia de un único máximo, excepto en los filones del tipo II, por tanto consideramos que existió una sola generación de inclusiones secundarias, con un desarrollo mucho mayor que en las primarias de los tamaños entre 1 y 10 μ (microscópicas pequeñas), existiendo cantidades muy pequeñas de inclusiones microscópicas medianas con tamaños entre 10 y 25 μ, de 25 a 50 μ y de 50 a 100 μ, siendo muy escasas y casi siempre inexistentes inclusiones con tamaños superiores a 100 μ.

La frecuencia de las inclusiones secundarias es más regular que la de las primarias, pues su separación media oscila siempre entre 1 y 10 μ, es decir, son abundantes. Las temperaturas de homogeneización han sido medidas con una platina caliente Leitz modelo 350, debido a las limitaciones de dicha platina, no podemos considerar los valores de la temperatura como absolutos, pero nos han dado resultados interesantes en las diferentes generaciones de filones, obteniendo los siguientes datos:

- Filón tipo I*
Inclusiones primarias, entre 228° C y 242° C.
Inclusiones secundarias: No observadas.
- Filón tipo II*
Inclusiones primarias: Entre 332° C y 345° C.
Inclusiones secundarias: Entre 236° C y 254° C.
- Filón tipo III*
Inclusiones primarias: Más de 350° C.
Inclusiones secundarias: Entre 238° C y 242° C.
- Filón tipo IV*
Inclusiones primarias: Entre 318° C y 338° C.
Inclusiones secundarias: Entre 238° C y 240° C.

Cuarzo-filón tipo I (Logrosán)									
zona	número inclusiones	superficie total	distancia media	superficie media μ ²	relacion burb./inclu	movimiento rápido	movimiento lento	temperatura homogeneización	forma
1	36	20 mm ²	8 μ						
	3R			6	1/8 . 1/10	+	+	230°	
	6			20	1/10 . 1/15	+	+	229°	
	4			30	1/10	+	+	231°	
	2			70	1/20	+	+	239°	
	4			125	1/25 . 1/30	++	+	230°	
	4			180	1/30	++	+	228°	
2	42	20 mm ²	10 μ						
	22			6	1/5 . 1/10	+	+	240°	
	4			20	1/5 . 1/10	+	+	239°	
	2			40	1/1 . 1/15	+	+	242°	
	10			80	1/10	++	+	242°	
	2			120	1/20	+++	+	240°	
	2			175	1/30	+++	+	242°	
3	27	14 mm ²	12 μ						
	10			8	1/5 . 1/10	++	+	239°	
	2			15	1/10	+	+	237°	
	3			35	1/10	++	+	238°	
	10			70	1/15	++	+	242°	
	2			110	1/20 . 1/100	+++	++	240°	
	2			110	1/20 . 1/100	+++	++	240°	
4	18	2 mm ²	5 μ						
	14			5	1/5 . 1/10	+	+	237°	
	1			40	1/15	++	+	242°	
	3			60	1/20	++	+	240°	

Cuarzo-filón tipo II (Logrosán)									
zona	número inclusiones	superficie total	distancia media	superficie media μ ²	relacion burb./inclu	movimiento rápido	movimiento lento	temperatura homogeneización	forma
1	69	6 mm ²	5 μ						
	55			5	1/20 . 1/50	+++	+		
	2			40	1/10 . 1/15	+	+		
	12			70	1/10	++	+		
2	57	20 mm ²	1 μ						
	30			6	1/5 . 1/10	+	+		
	2			20	1/10	+	+		
	3			40	1/15	+	+		
	10			60	1/15	++	+		
	2			120	1/20	+++	+		
	2			180	1/30	+++	+		
3	45	5 mm ²	6 μ						
	34			5	1/5 . 1/10	+	+		
	3			20	1/8 . 1/10	++	+		
	8			60	1/10 . 1/15	++	+		
4	32	15 mm ²	14 μ						
	20			8	1/10	+	+		
	2			15	1/10	+	+		
	2			30	1/10 . 1/15	++	+		
	7			70	1/15	++	+		
	1			120	1/20	+++	+		

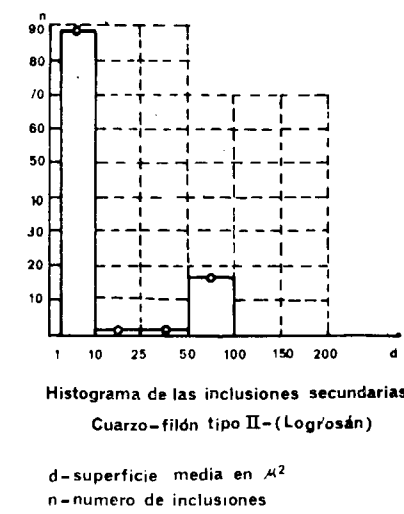
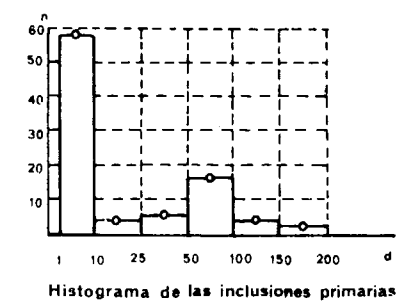
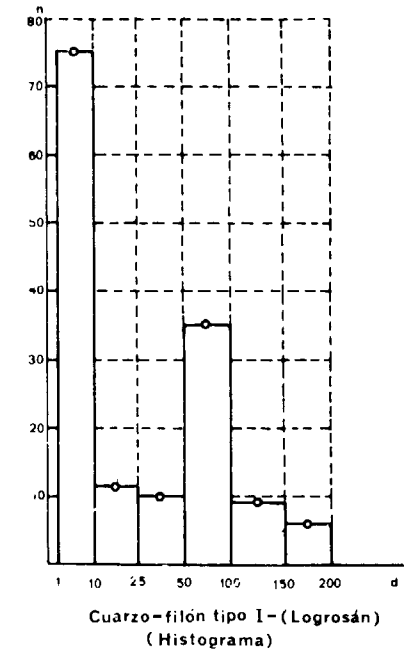
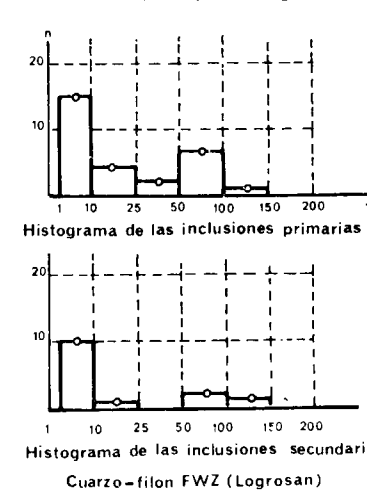
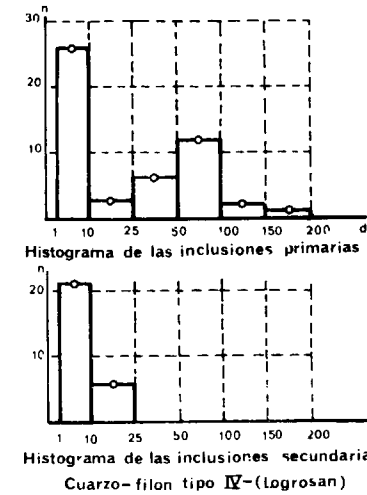
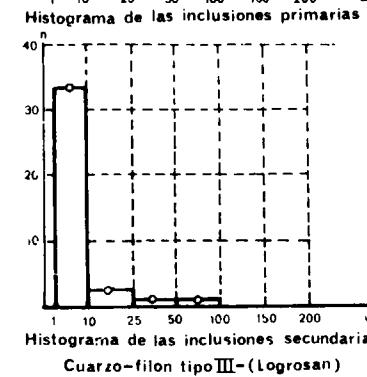
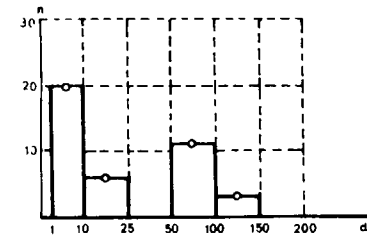


Figura 2.—Tablas e histogramas de las inclusiones fluidas en los filones del tipo I y II.

Cuarzo-filón tipo III (Logrosan)									
zona	numero inclusiones	superficie total μ^2	distancia media μ	superficie media μ^2	relacion burb./inclu.	movimiento rapido	movimiento lento	temperatura homoge-neizada	forma
1	37	2 mm ²	7 μ						
alineadas secundarias	35			3	1/50	+++		238°	o o o
	2			15	1/100	+++	+	239°	o o o
	1			30	1/10		+	240°	o o o
	1			90	1/200	+++		242°	o o o
2	24	10 mm ²	14 μ						
alineadas secundarias	12			4	1/5	+++	+	> 350°	o o o
	4			20	1/10		+	> 350°	o o o
	6			60	1/10		++	> 350°	o o o
	2			110	1/20	+++		> 350°	o o o
3	18	7 mm ²	12 μ						
alineadas secundarias	10			5	1/5		+	> 350°	o o o
	5			15	1/10		+	> 350°	o o o
	2			60	1/10	++		> 350°	o o o
	1			120	1/15	+++		> 350°	o o o

Cuarzo-filón tipo IV (Logrosan)									
zona	numero inclusiones	superficie total μ^2	distancia media μ	superficie media μ^2	relacion burb./inclu.	movimiento rapido	movimiento lento	temperatura homoge-neizada	forma
1	32	20 mm ²	15 μ						
alineadas secundarias	18			7	1/5	+	+	328°	o o o
	2			15	1/10		+	330°	o o o
	3			30	1/10		+	320°	o o o
	7			80	1/10		++	318°	o o o
	1			130	1/10		+++	332°	o o o
	1			195	1/25		+++	320°	o o o
2	18	13 mm ²	20 μ						
alineadas secundarias	1			8	1/5	+	+	225°	o o o
	1			20	1/10		+	338°	o o o
	3			30	1/10		+	320°	o o o
	5			60	1/15		++	330°	o o o
	1			120	1/20		+++	325°	o o o
3	27	3 mm ²	10 μ						
alineadas secundarias	21			5	1/5	++	+	240°	o o o
	6			20	1/10		+	238°	o o o

Cuarzo-filón FWZ (Logrosan)									
zona	numero inclusiones	superficie total μ^2	distancia media μ	superficie media μ^2	relacion burb./inclu.	movimiento rapido	movimiento lento	temperatura homoge-neizada	forma
1	14	3 mm ²	8 μ						
alineadas secundarias	10			5	1/5	+	+	233°	o o o
	1			20	1/10		+	240°	o o o
	2			80	1/10		++	250°	o o o
	1			105	1/15		+++	245°	o o o
2	18	10 mm ²	14 μ						
alineadas secundarias	8			8	1/5	+	+	345°	o o o
	2			15	1/10		+	348°	o o o
	2			30	1/10		+	340°	o o o
	5			70	1/15		++	348°	o o o
	1			135	1/20		+++	342°	o o o
2	11	6 mm ²	20 μ						
alineadas secundarias	7			8	1/5	+	+	311°	o o o
	2			15	1/10		++	318°	o o o
	2			80	1/15		+++	> 350°	o o o



d=superficie media en μ^2
n=numero de inclusiones

En particular, el filón FWZ (fig. 3), que ha sido explotado para aprovechar el Sn y que pertenece a los del tipo III presenta las siguientes temperaturas de homogeneización:

Inclusiones primarias: Entre 340° C y más de 350° C.

Inclusiones secundarias: Entre 238° C y 250° C.

CONCLUSIONES

1. El sistema de fracturas-filonos en la apósisis adamellítica del Cerro de San Cristóbal (Logrosán) es el siguiente:

- Fracturas de dirección NW-SE, filones tipo I.
- Fracturas de dirección N-S, filones tipo II.
- Fracturas de dirección NE-SW, filones tipo III.
- Fracturas de dirección E-W, filones tipo IV.

2. Basándonos en las zonas observadas el orden de fracturación y posterior relleno es I, II, III y IV. Existió cierta simultaneidad entre los tipos II y III, lo que favoreció la ascensión de fluidos mineralizadores.

3. Sólo los filones del tipo III son productores de casiterita, causando a veces greisenificación de la roca encajante.

4. Se ha producido fuerte turmalinización en los filones del tipo I y II, débil en los del tipo III y nula en los del tipo IV.

5. Las temperaturas relativas de homogeneización de las inclusiones fluidas primarias en las diferentes generaciones de filones, indica que la temperatura de formación de dichos filones aumentó progresivamente desde los del tipo I a los del tipo III, pasando de 238° C-242° C (tipo I, estériles) a 332° C-345° C (tipo II, mineralizados en sulfuros), para alcanzar más de 350° C (tipo III, mineralizados en sulfuros y casiterita); después la temperatura descendió a 318° C-338° C (tipo IV, estériles).

6. Las temperaturas relativas de homogeneización de las inclusiones fluidas secundarias, tienen en las distintas generaciones de filones, valores bastante semejantes; tipo II (236° C-254° C), tipo III (238° C-242° C) y tipo IV (238° C-240° C). Así, pues, son debidas a soluciones tardías,

que produjeron alteraciones de los minerales primarios de la paragénesis (casiterita → varlamofita, arsenopirita → escorodita, calcopirita → covellina, etc.).

BIBLIOGRAFIA

BARTHOLOME, P.: *Les inclusions fluides des mineraux et leur enseignements en metallogénie*. R.U.M., Liege (1966).

CAPOTE, R.: *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del norte de la provincia de Avila*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense (1972).

CAPOTE, R.; CASQUET, C., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: Modelo de evolución tectonometamórfica*. R. Ac. de Cienc. Ex. Fis. y Nat. de Madrid, tomo LXXVI, cuaderno núm. 2 (1982).

DEICHA, G.: *Les lacunes des cristaux et leur inclusions fluides*. Masson et Cie., París (1955).

FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Estudio meso y microtectónico de la zona de tránsito paleozoico-metamórfica de Somosierra (Sistema Central de España)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense (1976).

GARCÍA DE FIGUEROA, L. C.: *El dique diabásico del Norte de Extremadura*. Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España (1963).

GONZÁLEZ LODEIRO, F.: *Estudio geológico estructural de la terminación oriental de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense (1981).

GUIJARRO, J.: *Las mineralizaciones de W-Sn ligadas a los plutones graníticos de Trujillo y Logrosán (Cáceres, España)*. Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Madrid (1982).

GUIJARRO, J.; HOYOS, M. A., y CASAS, J.: *Estudio de las inclusiones fluidas en los filones wolframíferos de Trujillo (Cáceres, España)*. Bol. Soc. Esp. de Miner., número 6 (1982).

HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *El gneis de la Sierra de Montánchez*. Act. Soc. Esp. Hist. Nat., tomo XXVI (1897).

LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta*. Geotekt, 6 (1945).

PARGA, J. R.: *Sistemas de fracturas tardihercínicas del Macizo Hespérico. Lage (La Coruña)*. Trabajos del Laboratorio Geológico de Lage, núm. 37 (1969).

ROEDDER, E.: *Fluid inclusions as samples of ore fluids*. H. L. BERNES (Ed.), New York (1967).

UBANELL, A. G.: *Estudio de la fracturación en el segmento del Sistema Central Español*. Tesis Doct. Univ. Complutense (1981).

Figura 3.—Tablas e histogramas de las inclusiones fluidas en los filones del tipo III, IV y FWZ.

Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera

Por BELLIDO MULAS, F. (*); BRANDLE MATESANZ, J. L. (**);
GARCIA CACHO, L. (*), y MARTINEZ RIPOLL, M. (***)

RESUMEN

El estudio de las pegmatitas asociadas a los granitos de grano grueso del Plutón de La Cabrera (Sistema Central español), ha permitido la identificación y caracterización de una variedad de lepidolita manganesífera. La asociación y relaciones de crecimiento de esta lepidolita, con biotita y feldespatos y la presencia de granates espartánicos, pone de manifiesto el importante papel que han jugado los fluidos residuales ricos en Li, F y Mn en la evolución geoquímica de los procesos tardipostmagmáticos de los granitos de este plutón.

ABSTRACT

The study of pegmatitic rocks related with coarse grained granites in La Cabrera pluton, has allowed to identify an high-Mn lepidolitic mica. The relationship of this mica with biotite and feldspar minerals, evidences the important role played by Li, F and Mn rich residual liquids in the geochemical evolution of late and postmagmatic stages in this plutonic body.

ENCUADRE GEOLOGICO

La presencia de un número relativamente elevado de bolsadas y venas pegmatíticas en el plutón granítico de La Cabrera, unido a una mineralogía significativa, y en ocasiones inédita, de las mismas, ilustran una serie de fenómenos tardíos y postmagmáticos sufridos por los granitos en su evolución geoquímica, que justifican sobradamente el interés de su estudio.

El plutón de La Cabrera constituye el emplazamiento granítico más oriental del Sistema Central español e intruye discordantemente en una serie de rocas metamórficas (esquistos y neises) de grado medio y alto. Está constituido en su mayor parte por granitos biotíticos de grano grueso, granitos de grano fino y proporciones más restringidas en granodioritas biotíticas y biotítico-anfibólicas, en áreas marginales del plutón (BELLIDO, 1979; BELLIDO y BRANDLE, 1979).

La relativa abundancia de aplitas y pegmatitas en este plutón apoya su alto grado de diferenciación y es un indicador de elevados contenidos en H₂O con notable repercusión en los procesos geoquímicos. No obstante, la profundidad de intrusión ha sido bastante somera ($\approx 1,7$ Kb, BELLIDO, 1979) condicionando que el muy limitado desarrollo de moscovita haya quedado restringido a las etapas post-pegmatíticas.

El quimismo de las rocas graníticas asociadas a los yacimientos pegmatíticos estudiados en este trabajo no presenta ninguna anomalía significativa frente al conjunto de rocas de grano medio-grueso de este plutón. No obstante, al comparar su composición respecto a la media de estas rocas (tabla 1) se observa un desplazamiento hacia los términos más evolucionados.

PEGMATITAS

a) Estructura y mineralogía

Los afloramientos pegmatíticos estudiados se localizan entre los pueblos de Bustarviejo y Val-

TABLA 1

	A	B
SiO ₂	74.40	72.99
Al ₂ O ₃	13.33	14.04
Fe ₂ O ₃	0.45	0.54
FeO	1.20	1.40
MnO	0.05	0.04
MgO	0.33	0.54
CaO	1.20	1.45
Na ₂ O	3.28	3.20
K ₂ O	4.43	4.37
TiO ₂	0.19	0.22
P ₂ O ₅	0.05	0.07
H ₂ O	0.70	0.87
	99.61	
Ba	372	432
Ce	33	65
Ga	17	18
Pb	24	47
Rb	263	228
Sr	99	117
Th	14	20
Zr	127	134

A.—Granito de grano grueso con pegmatitas con lepidolita (Plutón de La Cabrera).

B.—Media de granitos de grano medio-grueso del plutón de La Cabrera (BELLIDO, BRANDLE, 1979).

demanco. Se sitúan en los granitos biotíticos de grano grueso, formando en ellos bolsadas, cavidades y venas irregulares con dimensiones que varían de decimétricas a métricas, con muy fuertes variaciones en el tamaño de los cristales constituyentes. A pesar de la marcada irregularidad de los yacimientos y en orden a sistematizar su descripción estructural y mineralógica, se pueden considerar tres zonas características: zona de borde en el tránsito a los granitos encajantes, núcleo central de la pegmatita y conjunto más o menos masivo gradacional entre los dos anteriores.

Los minerales constituyentes esenciales son siempre cuarzo, feldespato potásico, albita y biotita. En menor proporción, pero en cantidades muy variables, aparecen granate y lepidolita. De forma accesoria y muy esporádica se han detectado casiterita y algún otro mineral metálico, tan fuertemente oxidado que no es posible su identificación.

En la zona más externa de las bolsadas o venas pegmatíticas, el tránsito al granito se realiza me-

dante unas facies aplitoides, sacaroideas y gráficas, muy leucocráticas. Estas facies aumentan gradual, pero rápidamente, el tamaño de los cristales hacia el interior, constituyendo un agregado gráfico cuarzo-feldespático de grandes cristales, entre los que destacan finas láminas de biotita y biotita cloritizada (fig. 1).

Poco antes de alcanzarse el núcleo de la pegmatita, las masas gráficas se independizan en dominios de albita-cuarzo y feldespato potásico-cuarzo, y por último, en la parte más interna, se individualizan las distintas fases minerales. En ocasiones las masas albiticas de estas zonas centrales adquieren una ligera tonalidad azulada característica.

El granate, cuando aparece, suele situarse en puntos próximos al núcleo de la bolsada o cavidad, formando por lo general intercrecimientos simplectíticos con cuarzo o agregados monominerales de idiomorfismo muy variable.

La lepidolita aparece bien como cristales tabulares independientes o bajo la forma de agregados microcristalinos que tapizan las superficies libres de otros minerales, generalmente feldespato potásico y albita. También se observa con frecuencia pseudomorfizando o sustituyendo total o parcialmente antiguos cristales de biotita.

b) Caracteres petrográficos

En la gran mayoría de secciones delgadas estudiadas se pone de manifiesto un predominio de intercrecimientos simplectítico-gráficos de albita-cuarzo y feldespato potásico-cuarzo, aunque también existen, en menor proporción, conjuntos heterogranulares de las tres fases minerales.

Las masas de albita levemente azulada están constituidas por infinidad de individuos maclados en damero, o por agregados plumosos de cristales (figura 2), en tanto que los cristales individuales de albita o los de los crecimientos gráficos presentan siempre maclado polisintético normal. No obstante, se encuentran transiciones entre ambos tipos de maclado.

El feldespato potásico es siempre pertítico, con gruesas venas de albita. Si la albitización es muy pronunciada, el desarrollo de grandes parches albiticos llega a reducir el feldespato potásico a pequeños islotes inmersos en una densa retícula

(*) Instituto de Geología, CSIC.

(**) Instituto de Geología Económica, CSIC.

(***) Instituto Rocasolano, Departamento Rayos X, CSIC.

de albita. Tanto el feldespato potásico como la albita pueden estar sustituidos por un agregado micáceo microcristalino, a causa de los procesos de transformación hidrotermal. De forma muy esporádica se han detectado pequeños cristales de adularia con maclas dentadas.

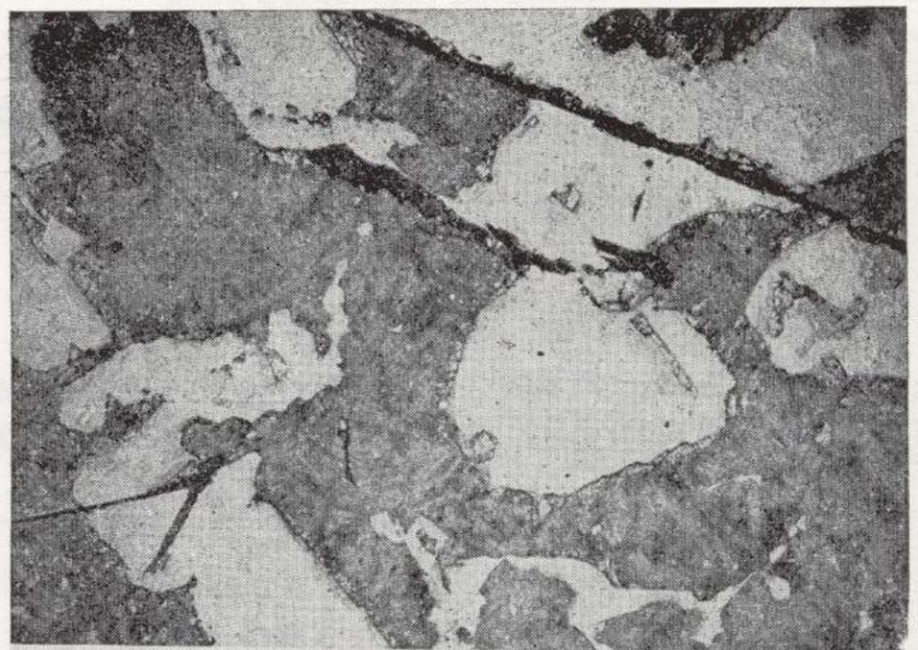
La biotita, en general, aparece totalmente transformada en un conjunto cristalino constituido, casi totalmente, por clorita parda oscura y, en menor proporción, minerales opacos y lepidolita. La biotita cloritizada aparece como grandes láminas de pequeño espesor que dan secciones aciculares. A su vez, la lepidolita también se desarrolla sobre láminas de biotita cloritizada, sustituyéndolas parcialmente bajo la forma de placas gruesas de tono amarillento claro y colores de interferencia similar a la moscovita. En general, suele conservar la orientación y morfología del primitivo cristal de biotita. No obstante, aunque menos frecuentes, se observan sustituciones irregulares constituidas por agregados cristalinos de lepidolita, a veces radiales, tanto sobre biotita como sobre feldespato potásico y albita (siendo microgranulares en los últimos casos) (fig. 3). Los valores de ángulo de ejes ópticos medidos ($2V=34,5$) corresponden con los términos lepidolíticos más ricos en Mn y Fe (DEER, HOWIE y ZUSMAN, 1966).

c) Quimismo y estructura mineralógica

Se han analizado químicamente los minerales más significativos desde el punto de vista de la evolución química de las pegmatitas. En este sentido se consideran los términos cloríticos de transformación de la biotita, la lepidolita y el granate. Por otro lado, se ha verificado un preciso control estructural de estos minerales, excepto de la clorita, debido a la heterogeneidad del proceso de transformación biotita-clorita, que no permite la obtención de cristales idóneos para las determinaciones.

Las técnicas empleadas en el estudio del quimismo han sido el análisis químico, por microsonda electrónica (*), y la espectrometría de fluorescencia de rayos X.

(*) Microsonda JEOL JXA 50A. Condiciones experimentales: tensión 15 kv; corriente absorbida 2.10^{-8} A. Standards utilizados: biotita, cuarzo, corindón, óxido ferroso, óxido magnésico, rodonita, oligoclasa y rutilo. Programa de corrección: BENCE & ALBEE (1968).



1



2



3

Figura 1.—Lámina de biotita cloritizada en matriz gráfica cuarzofeldespática de grano grueso. NP×4.

Figura 2.—Agregados policristalinos de albita junto a cuarzo (albitas azuladas). NC×4.

Figura 3.—Lepidolita microcristalina creciendo sobre feldespato potásico. NC×10.

de albita. Tanto el feldespato potásico como la albita pueden estar sustituidos por un agregado micáceo microcristalino, a causa de los procesos de transformación hidrotermal. De forma muy esporádica se han detectado pequeños cristales de adularia con maclas dentadas.

La biotita, en general, aparece totalmente transformada en un conjunto cristalino constituido, casi totalmente, por clorita parda oscura y, en menor proporción, minerales opacos y lepidolita. La biotita cloritizada aparece como grandes láminas de pequeño espesor que dan secciones aciculares. A su vez, la lepidolita también se desarrolla sobre láminas de biotita cloritizada, sustituyéndolas parcialmente bajo la forma de placas gruesas de tono amarillento claro y colores de interferencia similar a la moscovita. En general, suele conservar la orientación y morfología del primitivo cristal de biotita. No obstante, aunque menos frecuentes, se observan sustituciones irregulares constituidas por agregados cristalinos de lepidolita, a veces radiales, tanto sobre biotita como sobre feldespato potásico y albita (siendo microgranulares en los últimos casos) (fig. 3). Los valores de ángulo de ejes ópticos medidos ($2V=34,5$) corresponden con los términos lepidolíticos más ricos en Mn y Fe (DEER, HOWIE y ZUSMAN, 1966).

c) Quimismo y estructura mineralógica

Se han analizado químicamente los minerales más significativos desde el punto de vista de la evolución química de las pegmatitas. En este sentido se consideran los términos cloríticos de transformación de la biotita, la lepidolita y el granate. Por otro lado, se ha verificado un preciso control estructural de estos minerales, excepto de la clorita, debido a la heterogeneidad del proceso de transformación biotita-clorita, que no permite la obtención de cristales idóneos para las determinaciones.

Las técnicas empleadas en el estudio del quimismo han sido el análisis químico, por microsonda electrónica (*), y la espectrometría de fluorescencia de rayos X.

(*) Microsonda JEOL JXA 50A. Condiciones experimentales: tensión 15 kv; corriente absorbida 2.10^{-8} A. Standards utilizados: biotita, cuarzo, corindón, óxido ferroso, óxido magnésico, rodonita, oligoclasa y rutilo. Programa de corrección: BENICE & ALBEE (1968).



Figura 1.—Lámina de biotita cloritizada en matriz gráfica cuarzofeldespática de grano grueso. NP \times 4.

Figura 2.—Agregados policristalinos de albita junto a cuarzo (albitas azuladas). NC \times 4.

Figura 3.—Lepidolita microcristalina creciendo sobre feldespato potásico. NC \times 10.

La identificación estructural se ha llevado a cabo mediante técnicas de difracción de rayos X, utilizando la metodología del cristal único con cámara de precesión y difractómetro de cuatro círculos. En los casos del granate y de la lepidolita se pudieron aislar sendos monocristales de buena calidad, mediante los cuales se pudo realizar una precisa identificación cristalográfica. La simetría del espectro tridimensional correspondiente a la lepidolita y la determinación de las extinciones sistemáticas, conducen a una red monoclinica centrada, compatible con los grupos espaciales $C2/m$, Cm o $C2$. Por otra parte, las observaciones en el caso del granate conducen al esperado grupo espacial cúbico $Ia3d$. Los parámetros reticulares de estos dos minerales fueron determinados a partir del ajuste por mínimos cuadrados de los ángulos de difracción para el granate y 21 para el caso de la lepidolita. Dichas medidas se realizaron utilizando un difractómetro de cuatro círculos y radiación monocromática $CuK\alpha$ ($\lambda=1.54178$ Å), promediando las observaciones para ángulos de difracción positivos y negativos. El parámetro de red de granate resultó ser $a=11.581$ (2) Å, y los correspondientes a la lepidolita se muestran en la tabla 2 acompañados de sus desviaciones típicas (entre paréntesis). En el caso de la clorita sólo pudo aislarse una muestra monocristalina de muy baja calidad y bajo poder de difracción. Los espectros de difracción obtenidos con una cámara de precesión y radiación filtrada de $CuK\alpha$, mostraron la existencia de parámetros reticulares muy similares a los normalmente encontrados para este mineral ($a=5.1$, $b=9.0$, $c=14.2$ Å).

En la tabla 2 figuran los resultados analíticos y cristalográficos de estos minerales. A la vista de los datos analíticos correspondientes a la clorita y, de acuerdo con TULLOCH (1979) y DODGE (1973), la biotita original de la pegmatita debe ser muy rica en Fe y pobre en Mg, ya que la transformación biotita-clorita no implica grandes variaciones en la relación $Fe/Fe+Mg$ entre ambos términos minerales. Además, el alto valor de $Fe/Fe+Mg$ de la clorita (biotita cloritizada) correspondería al punto final de la evolución de esta relación, considerando la variación de la misma en biotitas correspondientes a diversos tipos graníticos del plutón, frente al índice de diferenciación de estos últimos (fig. 4 b).

Por otro lado, el contenido en Mn de la clorita es relativamente elevado, pero no anómalo, ya que

comparando la relación $Mg/Mg+Fe$ en la clorita con los correspondientes a otros minerales micáceos en rocas menos evolucionadas de este plutón (fig. 4 a), se sitúa dentro de las pautas normales de evolución.

TABLA 2

	Lepidolita		Clorita (La Cabrera)
	Lepidolita (La Cabrera) A	FOSTER, EVANS, 1962 B	
SiO ₂	47.36	52.06	23.36
Al ₂ O ₃	20.69	15.76	22.05
Fe ₂ O ₃	—	2.24	—
FeO	3.47	7.58	37.20
MnO	6.15	0.26	3.53
MgO	—	—	0.68
CaO	—	0.07	—
Na ₂ O	0.44	0.08	0.23
K ₂ O	8.74	10.04	0.46
Li ₂ O	5.06	5.25	0.70
Ca ₂ O	0.53	0.03	—
Rb ₂ O	0.64	0.64	—
TiO ₂	—	0.12	0.10
H ₂ O	0.31	1.39	10.50
F	8.80	—	0.10

Otros elementos determinados:

A: Ba: —, Ce: —, Sr: —, Zr: —, Pb: 16 ppm, La: 947 ppm, Ni: 169 ppm. B: ZnO: 0,42 %.

Fórmulas	24 (0)	24 (0)	36 (0)
Si	6.65	7.22	5.32
Al ^{IV}	1.35	0.78	2.68
	8.00	8.00	8.00
Al ^{VI}	2.08	1.78	3.24
Fe ³	—	0.24	—
Fe ²	0.41	0.88	7.08
Mn	0.73	0.02	0.68
Mg	—	—	0.23
Ti	—	0.02	0.02
Zn	—	0.04	—
Li	2.86	2.92	0.64
	6.08	5.90	
Na	0.12	0.02	0.10
K	1.57	1.78	0.13
Rb	0.06	0.06	—
Cs	0.03	—	—
	1.78	1.86	12.12
F	3.91	—	0.07
OH	0.29	—	15.96
	4.20	4.00	16.03
Grupo espacial	C 2/m	C 2/m	?
a	5.241 (3) Å	5.25 Å	5.2 Å
b	9.055 (3) Å	9.18 Å	9.0 Å
c	10.110 (4) Å	10.02 Å	14.2 Å
β	100.63° (4)	100.67°	

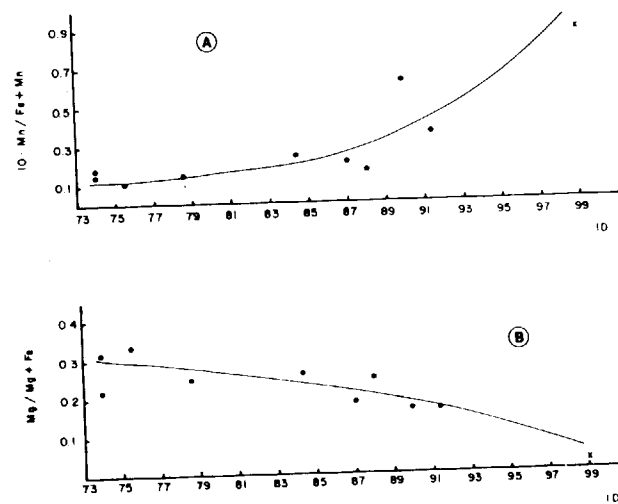


Figura 4.—Variación de las relaciones Mn/(Mn+Fe) y Mg/(Mg+Fe) en los minerales micáceos respecto al índice de diferenciación de la roca huésped (Macizo de La Cabrera) (•, biotitas; x, biotita cloritizada en pegmatita).

El resto de los elementos de la clorita se encuentran dentro de intervalos de fluctuación normales. No obstante, se puede destacar el relativamente alto contenido en Li, conectado con la también relativamente alta concentración de este elemento en la pegmatita, necesaria para la cristalización de lepidolita. Siguiendo las pautas de HEY (1954), la clorita analizada correspondería aproximadamente a una ripidolita, en base a los contenidos en sílice y hierro total pero, sin embargo, la relación Fe/Fe+Mg es demasiado elevada para este tipo de mica.

El análisis químico correspondientes a la lepidolita (tabla 2) presenta un alto contenido en MnO. Igualmente alto es el contenido en F, aunque dentro de los rangos propios de este mineral. En cuanto al agrupamiento de los elementos en la fórmula, cabe destacar que el grupo Y se encuentra ajustado pero, por el contrario, los cationes del grupo X son ligeramente deficitarios respecto de su cantidad teórica. A parte de posibles anomalías o transformaciones debidas a procesos hidrotermales, lixiviaciones, etc., que pudieran provocar dicho déficit, es preciso tomar en consideración que los valores de Rb y Cs se han calculado por XRF y en condiciones no óptimas por la escasez de muestras disponibles, por lo que las concentraciones calculadas pueden ser in-

feriores a las reales. Por el contrario, resulta muy notable la elevada concentración de Ni, considerando la escasez de este elemento en los diferenciados primitivos. Respecto a este punto, merece la pena destacar que se han detectado también en prehenitas procedentes de pegmatitas de estos granitos (GARCÍA GUINEA et al., 1981) unos contenidos de Ni muy elevados. Este hecho induce a pensar que este enriquecimiento en Ni en estadios pegmatíticos-postpegmatíticos puede encontrarse conectado con procesos de lixiviación de minerales precoces por estos fluidos, acumulándose posteriormente el Ni en algunos de los minerales cuya génesis tiene lugar en estas etapas tardías.

La pobreza en Ba concuerda plenamente con las tendencias observadas en los granitos, cuyos términos más diferenciados están empobrecidos en este elemento.

El granate (tabla 3) es muy rico en espesartina y algo menos en almandino. Tiene grandes semejanzas composicionales con los granates de los granitos aplíticos de este plutón (BELLIDO y BARRERA, 1979) y con los granates de las aplitas de otros puntos del Sistema Central español (LÓPEZ RUIZ y GARCÍA CACHO, 1975).

En el diagrama triangular de la figura 5 se han proyectado todas las composiciones disponibles de los granates de rocas graníticas del Sistema Central español, observándose una clara tendencia de evolución desde términos almandínicos a espesartínicos, al pasar de rocas graníticas a aplíticas y pegmatíticas concordantemente con los fundidos graníticos que aumentan sus relaciones Mn/Fe en estados de evolución progresivos, culminando en las rocas pegmatíticas.

Los parámetros de la celdilla unitaria del granate analizado (tabla 3) presentan valores norma-

TABLA 3
Granate (análisis parcial)

		%
FeO	19.47	Almandino ... 45.32
MnO	21.92	Espesartina ... 51.67
MgO	0.72	Piropo ... 3.01
CaO	—	Grosularia ... 0.00
Grupo espacial Ia3d. a=11.581 (2) Å.		

les dentro del rango composicional y pertenecen al grupo espacial Ia3d.

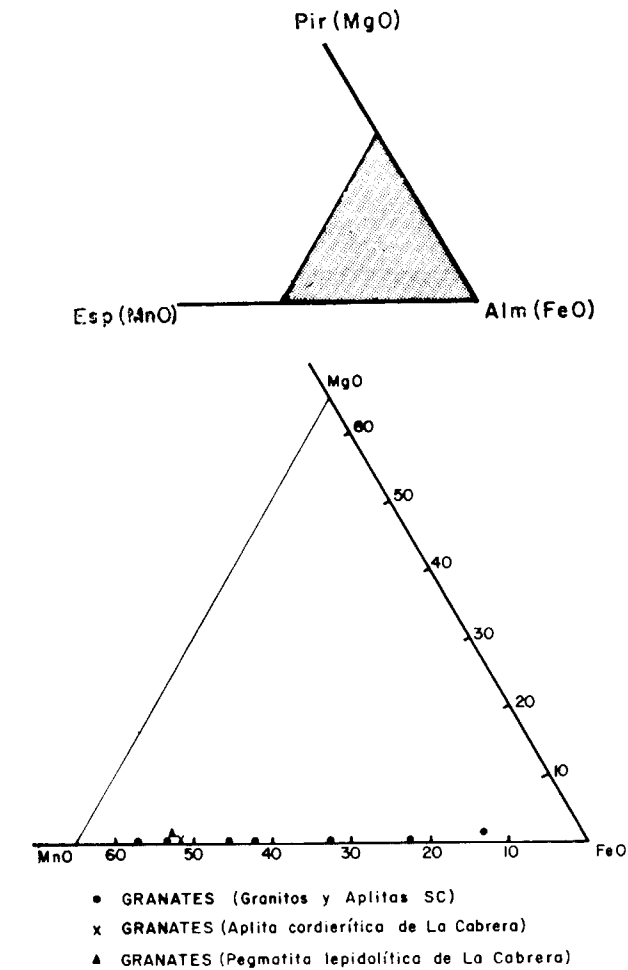


Figura 5.—Composiciones del granate de las pegmatitas estudiadas frente a la de otros granates de rocas graníticas del Sistema Central español.

CONCLUSIONES

El estudio petrológico y mineralógico de las pegmatitas con lepidolita que aparecen como resultado de la diferenciación de algunos granitos de grano grueso del plutón de La Cabrera, evidencian los siguientes hechos:

- La ausencia generalizada de moscovita pone de manifiesto que estas pegmatitas han desarrollado su estadio de cristalización principal a presiones de agua inferiores a las del campo

de estabilidad de este mineral. La intersección entre las curvas de mínima fusión de los materiales pegmatíticos y la banda de desestabilización de la moscovita (fig. 6) marcan el tope máximo de presiones (P≈1,8 Kb) durante el citado estadio de cristalización de las pegmatitas. Este límite bórico coincide plenamente con la profundidad establecida para la intrusión granítica, tomando como términos de referencia las transformaciones mineralógicas por metamorfismo de contacto durante la intrusión en la serie metamórfica encajante (BELLIDO, 1979).

- Tomando en consideración los caracteres de yacimiento y los datos de observaciones petrográficas, parece posible establecer una génesis de lepidolita posterior a la cristalización de las fases minerales esenciales de la pegmatita. La lepidolita se formó por cristalización directa a partir de los fluidos residuales y/o por reacción entre estos fluidos y las fases mineralógicas cristalizadas (sustitución de biotita y feldspatos por lepidolita).

- A partir de los datos de observación, tanto petrográficos como de yacimiento, y así como de las diferencias de quimismo entre los términos

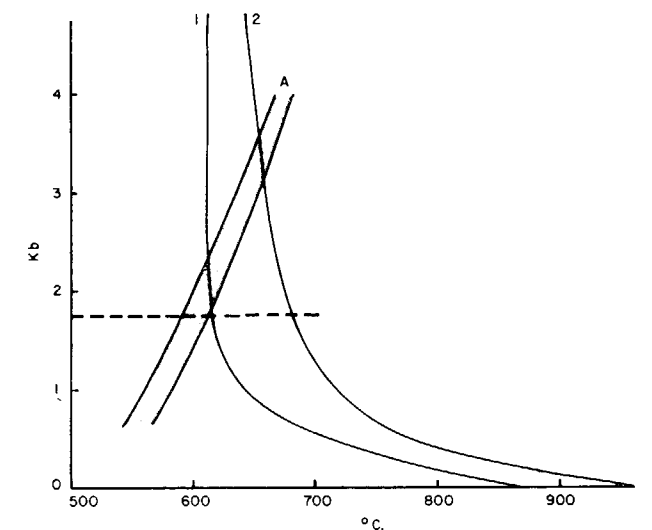


Figura 6.—Proyección de la franja límite de estabilidad de la moscovita (A) y de las curvas de mínima fusión de pegmatitas (1) y granitos (2). La línea de trazos marca el límite de presión superior sugerido para la génesis de estas pegmatitas. (Datos de VAUGHAN, 1963, en PIWINSKII y WYLLIE, 1970; LUTH et al., 1964; ALTHAUS et al., 1970; HAACHK en WINKLER, 1976.)

cloríticos y lepidolíticos parece evidente el desarrollo de un proceso de cloritización independiente de la génesis de lepidolita. Por otra parte y teniendo en cuenta los datos de otros yacimientos pegmatíticos de La Cabrera (sin lepidolita) el proceso de cloritización está en estrecha conexión con otros procesos, tales como prehnitización y epidotización (GARCÍA GUINEA et al., 1981).

- La presencia de lepidota junto a masas albiticas en las zonas internas de las pegmatitas de La Cabrera concuerda con la asociación de los procesos de albitización y génesis de lepidota (GRUBB, 1973), reflejados en la conexión entre Li y Na (VLASOV, 1966), en los estadios tardíos del proceso pegmatítico. El mecanismo de albitización fundamental consiste en el reemplazamiento total o parcial del feldespato potásico.
- En el proceso de transformación de biotita a lepidolita se parte de términos biotíticos ricos en Fe y Mn. La transformación implica una notable pérdida de Fe, así como considerables aportes de Mn, F y Li y en menor proporción de Si, Rb y Cs. El excedente de Fe se puede justificar, dada la escasa cantidad de lepidolita, por la existencia de opacos dispersos en la pegmatita o por la incorporación a otros minerales como epidotas generadas en procesos residuales más tardíos.
- La lepidolita estudiada corresponde a un polimorfo tipo 1M con celdilla de dimensiones muy similares a las determinadas por LEVINSON (1953) en una lepidolita de Topsham (Maine) y a las determinadas por FOSTER y EVANS (1962) en una lepidolita ferrosa de Rockport (Mass. USA). Respecto a este último, la lepidolita de La Cabrera presenta una fuerte sustitución de Fe por Mn y de Si por Al (tabla 2). En este sentido y según las observaciones de HEINRICH y LEVINSON (1953) el color débilmente rosado de la lepidolita de La Cabrera sería debido a que la mayor parte del manganeso incorporado está en forma de Mn^{2+} , ya que el Mn^{3+} es un potente cromófono que en concentraciones apreciables conferiría intensa coloración purpúrea al mineral.
- El manganeso desempeña un papel considerable en la evolución geoquímica de los estadios tardíos y postmagmáticos de las rocas graní-

ticas del Sistema Central Español, observándose un progresivo aumento de la relación Mn/Mn+Fe de la biotita al aumentar el índice de diferenciación y alcanzando concentraciones muy elevadas en algunas fases minerales (granate, biotita, cordierita y lepidolita) de los granitos muy evolucionados y pegmatitas.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a José Arroyo, José L. Casaseca, Tirso Ruiz y Julia de la Puente por la colaboración prestada en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ALTHAUS, E.; KAROTKE, E.; NITSCH, H. K., y WINKLER, H. G. F.: *An experimental re-examination of the upper stability limit of muscovite plus quartz*. Neues. J. Miner., 7361, 325-336 (1970).
- BELLIDO, F.: *Estudio petrológico y geoquímico del plutón granítico de La Cabrera (Madrid)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 331 pp (1979).
- BELLIDO, F., y BRANDLE, J. L.: *An application of Q-mode factor analysis to the geochemical study of a granitic pluton (La Cabrera, Sistema Central español)*. Sci. de la Terre. Serie Informat. Geol., 13, 111-123 (1979).
- BELLIDO, F., y BARRERA, J. L.: *Nódulos cordieríticos en el granito de La Cabrera (Sistema Central español)*. Estudios Geol., 35, 279-284 (1979).
- BENCE, A. E., y ALBEE, A. L.: *Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides*. Jour. Geol., 76, 382-403 (1968).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., y ZUSSMANN, J.: *An introduction to the rock forming minerals*. Longmans, Green and Co. London (1966).
- DODGE, F. C. W.: *Chlorites from granitic rocks of the central Sierra Nevada Batholith, California*. Mineral Mag., 39, 58-64 (1973).
- FOSTER, M. D., y EVANS, H. T.: *New study of criophyllite*. Amer. Miner., 47, 344-352 (1962).
- GARCÍA GUINEA, J.; BELLIDO, F., y GALÁN, E.: *La Prehnita de La Cabrera (Madrid). Características, génesis e interés gemológico*. Bol. Soc. Esp. Mineralogía, pp. 29-41 (1982).
- GRUBB, P. L. C.: *Paragenesis of spodumene and other lithium minerals in rocks Rhodesian pegmatites*. Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr., 3, 201 (1973).

- HEY, M. H.: *A new review of the chlorites*. Mineral Mag., 30, 277-292 (1954).
- LEVINSON, A. A.: *Studies in the mica group; relationship between polymorphism and composition in the muscovite-lepidolite series*. Amer. Miner., 38, 88-207 (1953).
- LÓPEZ RUIZ, J., y GARCÍA CACHO, L.: *Origen de los granates de las rocas graníticas y aplíticas de la Sierra de Guadarrama, Sistema Central español*. Bol. Geol. y Min., 86, 614-618 (1975).
- LUTH, W. C.; JAHNS, R. H., y TUTTLE, O. F.: *The granite system at pressure of 4 to 10 Kb*. Jour. of Geophysical Research, 69, 759-773 (1964).

- PIWINSKII, A. J., y WYLLIE, P. J.: *Experimental studies of igneous rock series: A zoned pluton in the Wallowa batholith, Oregon*. Jour of Geol., 76, 205-234 (1970).
- TULLOCH, A. J.: *Secondary Ca-Al silicates as Low-grade alteration products of granitoid biotite*. Contrib. Mineral. Petrol., 69, 105-117 (1979).
- VLASOV, K. A.: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Elements and Genetic Types of Their Deposits*. Israel Proj. for Sci. Trans., 688 pp. (1966).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks* (4th edition). Springer-Verlag, Berlin (1976).

Recibido: Diciembre de 1982.

INFORMACION

La cuantificación de las reservas mundiales de minerales ha sido siempre objeto de diversas interpretaciones en función de los criterios empleados para su determinación.

En el siguiente informe, elaborado sobre la base de una ponencia redactada por P. C. F. CROWSON, se examinan las recientes estimaciones de recursos y reservas mundiales, que tienden a crecer en función del índice de consumo de minerales.

CROWSON, de Río Tinto Zinc Corporation, de Londres, elaboró la ponencia sobre la que se basa este informe para una conferencia del Instituto de compra y suministro sobre «Materiales para la industria».

LAS RESERVAS MUNDIALES DE MINERALES CRECEN CON EL CONSUMO

Hace unos nueve años que el Club de Roma publicó su informe sobre «Límites de Crecimiento», pero los planteamientos expuestos entonces han desembocado en muchas equivocaciones acerca de la suficiencia de los recursos. El Maltusianismo —el concepto de que el crecimiento económico tropezará en la roca de recursos finitos— tiene un ciclo de vida de algún modo similar a los productos, pero al contrario que muchos productos disfruta también de una reencarnación periódica. En la esfera minera las estimaciones estadísticas de reservas mundiales se comparan con frecuencia bien con la producción existente, o con la producción acumulativa durante el resto de siglo. El resto de la vida de las reservas restantes incluso sobre la definición anterior puede parecer breve, pero el prodigio de los intereses compuestos es tal que la última definición puede aterrizar. A pesar de que se

acusa a los economistas, en cierto modo atípicamente, de ser demasiado optimistas acerca de la suficiencia de recursos, es importante conservar un sentido de perspectiva.

El familiar diagrama McKelvey (figura 1) pone de relieve la incertidumbre que rodea cualquier definición de reservas, y la necesidad de tomar totalmente en cuenta la dimensión económica. Las reservas no son magnitudes determinadas objetivamente, sino altamente subjetivas. Debido a que, en último caso, las reservas sólo pueden ser definitivamente probadas por medio de costosa perforación, el recto límite está restringido a lo que las compañías mineras requieren para justificar sus inversiones.

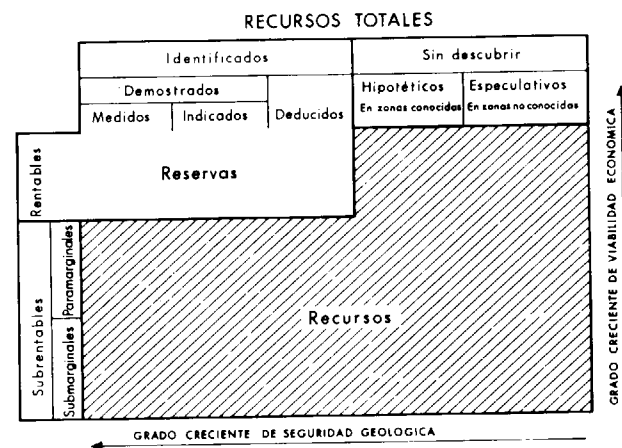


Figura 1.—Definición de reservas y recursos minerales.

Este límite está influido por las diferentes condiciones geológicas, provisiones legales y sistemas de impuestos. El límite más bajo fluctúa con la relación entre precios y costes de extracción. Mejoras tecnológicas de todo tipo pueden incrementar las reservas, mientras que el incremento de costes no absorbidos, tales como los de materiales energéticos en los últimos años, pueden ser la causa de que disminuyan. Los cambios en demanda y precios puede tener efectos similares. Las estimaciones citadas con más frecuencia de las reservas y recursos mundiales son las producidas por el Bureau de Minas de Estados Unidos. Estas cifras, que están basadas en la deducción estadística, están inevitablemente coloreadas por la experiencia y prácticas de Estados Unidos, pero otras organizaciones no siempre están de acuerdo. Por ejemplo, hay diferencias importantes entre las estimaciones de Estados Unidos de las reservas de Sudáfrica y las estimaciones oficiales sudafricanas (en el ejemplo del vanadio, Estados Unidos estima que Sudáfrica tiene unas reservas de 1,8 millones de toneladas, mientras que las estimaciones sudafricanas las sitúan en 7,8 millones de toneladas).

Debería ser obvio en la figura número 1 que las estimaciones de recursos minerales son en el mejor de los casos altamente provisionales; un descubrimiento casual, hasta ahora desconocido, puede alterar dramáticamente las estadísticas. La tabla número 1 muestra las estimaciones del Bureau de Minas de Estados Unidos de reservas y recursos identificados de minerales seleccionados en 1976. Estamos tratando solamente aún el lado izquierdo de la figura número 1.

TABLE 1
Reservas mundiales y recursos identificados de minerales seleccionados en 1976 (en millones de toneladas)

Minerales	Reservas	Recursos identificados
Aluminio (sólo bauxita) ...	5.090	8.800
Cobre ...	456	2.225
Mineral de hierro ...	93.000	195.000
Plomo ...	123	277
Níquel ...	54	207
Estaño ...	9	33
Cinz ...	150	1.505

La imprecisión de las reservas estimadas puede ilustrarse de diversos modos. La tabla número 2 muestra que las reservas estimadas de cobre, plomo, cinz y bauxita han crecido progresivamente en el período de postguerra, y a un ritmo más rápido que la producción. Cifras similares se podrían preparar para los primeros años de siglo. Las estimaciones de las reservas están basadas en parte en la deducción de estadísticas, pero incluyen también las estimaciones de las compañías mineras. Los costes de exploración significan que las compañías mineras raramente prueban todas sus reservas antes de comenzar las operaciones. La figura número 2 muestra la longitud de vida de las reservas de níquel de Canadá de la Compañía Internacional de Níquel durante un período de

TABLE 2
Crecimiento de las reservas mundiales (en millones de toneladas próximo al final de la década relevante)

	Cobre	Plomo	Cinz	Bauxita (peso bruto)
1940-49 ...	91	30-40	50-70	1.605
1950-59 ...	124	45-54	77-86	3.224
1960-69 ...	280	86	106	11.600
1970-79 ...	543	157	240	22.700
Porcentaje de crecimiento anual 1950-1970 ...	7 ¹ / ₄	5 ⁵ / ₄	4 ¹ / ₂ -5 ¹ / ₄	9 ² / ₄
Porcentaje de crecimiento anual de producción minera 1950-1970 ...	3 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	2 ² / ₄	7

cuarenta años para ilustrar este punto. El cambio técnico y los desarrollos de mercado han posibilitado la explotación de minerales más difíciles y más inaccesibles. A medida que disminuye el grado medio de extracción rentable, un mayor número de yacimientos se hace susceptible al desarrollo. La tabla número 3 muestra el grado medio del mineral de cobre extraído en Estados Unidos en el siglo pasado. La sustitución de métodos de trabajo intensivo por equipos de capital, y la total explotación de economías de escala han sido factores importantes en el declive del grado medio extraído. La disponibilidad de abundante suministro de energía ha sido también crucial, y esto presenta algunos interrogantes acerca de futuros desarrollos.

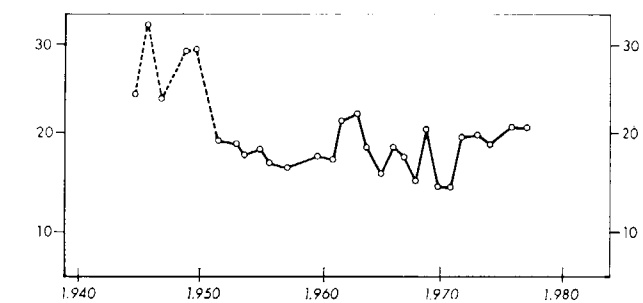


Figura 2.—Duración de las reservas de níquel de la compañía Internacional Níquel de Canadá.

Con una o dos pequeñas excepciones, las reservas tienden a crecer al paso del consumo de la mayor parte de los metales. Por supuesto, a la larga, hay límites finitos, pero los niveles de extracción están en la mayoría

de los casos sustancialmente por encima de las concentraciones corticales medias. No es válido hablar de reservas sin hacer referencia a la rentabilidad de su extracción. Los puntos centrales para el futuro no son la disponibilidad física de minerales, sino las restricciones políticas y económicas para su extracción.

Existe otro punto relevante para algunos de los minerales más nuevos y más especializados. Puede que sólo haya espacio para la explotación de unas pocas minas que suministren la total demanda mundial, y ello puede impedir la exploración. Un incremento repentino de precios puede acelerar nuevos descubrimientos o desarrollos de yacimientos conocidos que pueden convertir un déficit temporal en una incipiente saturación. Los últimos cinco años de la industria del cobalto proporcionan una buena lección en este respecto, pero existen muchos otros.

TABLA 3
Grados medios del mineral de cobre extraído en Estados Unidos

Fecha	Contenido de cobre (%)
1880	3,0
1889	3,0
1902	2,7
1905-1910	2,1
1911-1920	1,7
1921-1930	1,6
1931-1940	1,6
1941-1950	1,0
1951-1960	0,81
1961-1970	0,68
1971-1975	0,52

Movilización de recursos

Se supone generalmente que los yacimientos de mayor riqueza se extraen en primer lugar, y que hay un movimiento gradual hacia la explotación de los yacimientos más difíciles. La tabla 3 puede apoyar este punto de vista. En realidad, los minerales explotados en primer lugar son los más accesibles y el grado es solamente un aspecto de esa accesibilidad. Los volúmenes medios de mineral extraído varían ampliamente. Hay una tendencia hacia el grado medio de nivel de extracción en un país que variará con su grado de desarrollo. En la industria del cobre, por ejemplo, el grado medio ponderado de mineral extraído en los países desarrollados es de alrededor del 0,66 por 100 comparado con el 1,12 por 100 en los menos desarrollados. La disponibilidad de infraestructura, servicios y mano de obra especializada, y la relativa proximidad a los mercados, contrarresta los grados más

bajos de los países desarrollados. Las tablas 4, 5 y 6 muestran la diversidad de grados medios extraídos entre continentes en las minas existentes, proyectos en desarrollo y yacimientos que están aún siendo explorados. Las cifras se derivan de informes de compañías de todo tipo y su precisión no es tan exacta como la tabla sugiere.

TABLA 4
Grados medios ponderados de diferentes categorías de yacimientos de cobre

	Minas en producción	Yacimientos en desarrollo	Proyectos de exploración
Africa	1,67	0,88	1,33
Asia	0,54	0,71	0,65
Europa	0,73	0,48	1,78
América del Norte ...	0,67	0,62	0,57
América Latina	1,03	1,33	0,76
Australasia	0,91	2,42	0,68
Total Occidente ...	0,89	0,69	0,72

TABLA 5
Grados medios ponderados de diferentes categorías de yacimientos de níquel

	Minas en producción	Yacimientos en desarrollo	Proyectos de exploración
Africa	0,24	—	1,30
Asia	1,65	—	1,36
Europa	1,06	1,27	0,66
América del Norte ...	1,40	1,45	0,98
América Latina	1,57	2,45	1,80
Australasia	2,25	—	1,32
Total Occidente ...	1,03	1,89	1,29

Fuente: Sistema de Información minera de Río Tinto Cinz. Porcentaje de metal indicado contenido en las reservas. Se ignoran los subproductos.

No se tiene en cuenta en ninguna de las tablas los subproductos asociados que pueden ser de extrema importancia. Los grados medios ponderados de todos los metales de yacimientos que están siendo desarrollados son superiores a los de las minas existentes, y a los de empresas de exploración. Esto refleja claramente algunos de los actuales problemas de inversión en nuevas minas.

TABLA 6
Grados medios ponderados de diferentes categorías de yacimientos de plomo y cinz

	Minas en producción	Yacimientos en desarrollo	Proyectos de exploración
Plomo			
Africa	4,02	6,45	1,26
Asia	2,09	5,82	4,98
Europa	1,91	2,0	1,09
América del Norte ...	3,08	4,98	2,67
América Latina	2,28	1,34	2,43
Australasia	5,54	6,9	4,15
Total Occidente ...	2,69	5,07	2,43
Cinz			
Africa	4,18	2,81	4,10
Asia	5,07	6,22	5,03
Europa	3,98	3,84	3,92
América del Norte ...	4,71	7,62	5,00
América Latina	4,98	2,18	1,77
Australasia	7,10	9,26	9,76
Total Occidente ...	4,71	5,79	5,15

Fuente: Sistema de Información minera de Río Tinto Cinz. Porcentaje de metal indicado contenido en las reservas. Se ignoran los subproductos.

TABLA 7
Clasificación de las reservas de mineral de metal base (en millones de toneladas de metal contenido)

	Minas en producción	Yacimientos en desarrollo	Proyectos de exploración
Cobre			
Países desarrollados...	80	9	59
Países menos desarrollados ...	160	23	112
Total Occidente ...	240	32	171
Plomo			
Países desarrollados...	32	7	28
Países menos desarrollados ...	13	2	1
Total Occidente ...	45	9	29
Cinz			
Países desarrollados...	65	15	75
Países menos desarrollados ...	25	4	4
Total Occidente ...	90	19	79
Níquel			
Países desarrollados...	12	2	5
Países menos desarrollados ...	12	2	50
Total Occidente ...	24	4	55

Fuente: Sistema de Información minera de Río Tinto Cinz.

Usando las mismas medidas de reservas que en las que están basados estos grados medios, la tabla 7 subdivide las reservas occidentales de cobre, plomo, cinz y níquel entre las tres categorías —en producción, en desarrollo, o siendo exploradas— y entre los países desarrollados y menos desarrollados. Los países industriales están a la cabeza en cuanto a plomo y cinz, pero en cobre los países menos desarrollados tienen sustanciales mayores reservas que los países desarrollados en todas las tres categorías. El panorama está más equilibrado en lo que se refiere al níquel, exceptuando que los países menos desarrollados controlan la mayor parte de las reservas en la categoría de exploración. A causa de los costes de energía de los últimos años, muchos de estos yacimientos puede que no se sigan calificando como reservas, ya que la extracción de níquel de lateritas es de energía intensiva. La figura número 3 comprende una gama de minerales más amplia que muestra la proporción de reservas y producción mundial de ocho grandes minerales que tienen los países menos desarrollados y las economías planificadas. De modo empírico, estos últimos están agotando sus reservas con bastante rapidez (que, por supuesto, pueden estar subestimadas), pero los países menos desarrollados producen menos de lo que sus reservas aparentemente garantizan.

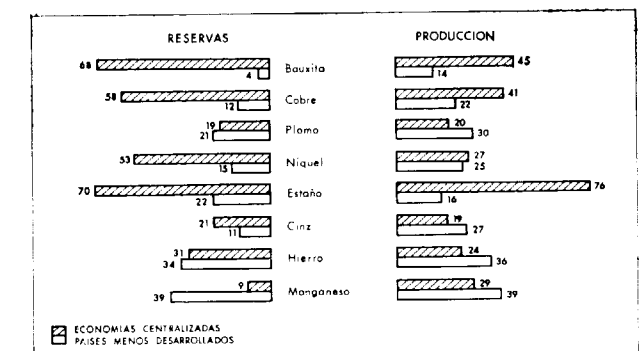


Figura 3.—Producción y reservas de los países menos desarrollados y de las economías centralizadas (porcentaje de producción mundial y reservas).

Simple comparaciones como estas, juntamente con consideraciones de grados medios de minerales, conducen a razonamientos de que ha habido una localización geográfica equivocada de inversiones en minerales hacia los países industriales. Se demuestra además que esta localización equivocada es el resultado de las expropiaciones totales o progresivas de la pasada década, de cambios repentinos y posiblemente arbitrarios en impuestos y en otras condiciones, y de riesgos políticos, concebidos en general en los países menos desarrollados. Estas dificultades se combinan con el superávit producido cíclicamente, disminución de la demanda y perspectivas de beneficios y rápidos incrementos de los costes de capital. El resultado, según cabe suponer, es una disminución de las inversiones que a su vez provocarán déficit de mine-

rales y precios elevados. Estos diferentes argumentos son de algún modo contradictorios; las perspectivas más bajas de tasas de crecimiento reducen la necesidad de nuevas inversiones, y los precios de mercado son meramente las señales por las que este proceso se traduce en acciones. Hay, ciertamente, alguna esencia de mito, pero esto sólo puede ser discernido mediante un estudio cuidadoso de minerales individuales, en lugar de grandes generalizaciones. Este no es, por supuesto, el sitio para volver a un terreno de sobra conocido con otra enumeración de los diversos argumentos o sus refutaciones. Basta simplemente reconocer que el clima de inversiones con que se enfrentan las compañías mineras privadas se ha deteriorado durante la pasada década, particularmente donde las compañías son de propiedad extranjera. Este deterioro ha sido tan marcado en países desarrollados como Australia y Canadá como en el Tercer Mundo, aunque la retórica del último ha sido mucho más estridente. Por lo que se refiere al incremento de impuestos sobre proyectos de recursos establecidos, por ejemplo, pocos países pueden rivalizar con el tratamiento de Gran Bretaña sobre el petróleo del Mar del Norte, sin tener en cuenta qué Gobierno está en el poder. Los proyectos de recursos naturales han sido ampliamente considerados como la puesta de un abundante suministro de huevos de oro para subvencionar gastos públicos de todo tipo. La marca más elevada de posibles impuestos se produjo en los años 70, sin embargo, y existe una creciente realización en muchos países de que pesados impuestos indebidos matarán la gallina de los huevos de oro.

A pesar de que las compañías mineras privadas se han hecho más cautelosas acerca de las inversiones en proyectos mineros en zonas vírgenes desde el «boom» de 1972-73, su lugar ha sido al menos parcialmente cubierto por una diversidad de otros inversores que pueden preocuparse menos acerca de la perspectiva del nivel de beneficios. Entre éstos se incluyen, sin un orden particular:

- Minas existentes, que se expanden con el fin de mantener bajos o reducir los costes de la unidad. Las presiones para tal expansión con frecuencia aumentan en recesión cuando las disminuciones de beneficios son más agudas. Dichas expansiones normalmente requieren menos capital que los proyectos en zonas vírgenes. Su potencial contribución al suministro total puede ser importante; en cobre, por ejemplo, cerca de las dos quintas partes del proyectado incremento de capital de 0,8 millones de toneladas en el período 1980-1984 será de expansiones.
- Minas que producen más de un metal, y normalmente no pueden variar, significativamente, las proporciones de los diferentes productos. Su producción de subproductos puede afectar su rentabilidad de modo crucial, sin tener en cuenta su influencia sobre los balances equilibrio/demanda.
- Compañías de refinación/fundición, o comerciantes ansiosos de obtener minerales y concentrados para cargar sus plantas de procesado, o consumidores que quieren salvaguardar sus suministros. Sus fuentes de suministro establecidas pueden estar amenazadas de agotamiento o dispersión y se ven forzados a buscar alternativas.

- Gobiernos que desean establecer nuevas industrias con el fin de diversificar sus economías, o para explotar recursos no explotados previamente con el objetivo de ampliar ingresos y empleo. Omán es un ejemplo en cobre. Sudáfrica puede ser un ejemplo más interesante en ferroaleaciones.
- Países deseosos de reducir sus importaciones y de ser más autosuficientes en empleo, divisas, o razones estratégicas. Brasil es un ejemplo, pero incluso Estados Unidos está influenciado a veces por tales presiones.
- Compañías que tratan de diversificar sus negocios establecidos introduciéndose en la minería, que pueden aceptar beneficios más bajos, o que tienen una visión más amplia que las compañías mineras tradicionales. Las compañías petrolíferas son las citadas con más frecuencia en este respecto, pero hay otros muchos ejemplos.
- Las compañías mineras tradicionales tienen directores con objetivos y niveles de beneficios necesarios muy diferentes. Siempre habrá compañías más arriesgadas que están preparadas para tomar mayores riesgos y perspectivas de beneficios más elevados que la media de la industria. Cualquiera que sean sus motivaciones, son invariablemente, con mucho, inversores más probables de lo que aconseja la prudencia tradicional. Incluso a pesar de que algunos proyectos resultasen un fracaso comercial, aún expansionan su capacidad mundial en muchos casos, minas de nuevo desarrollo que están dispuestas a aceptar pérdidas con el fin de lograr establecerse.

Las diferentes motivaciones de posibles inversores significan que los costes de capital de los nuevos proyectos comprenden un aspecto muy amplio. Este está claramente representado en la tabla número 8 que muestra los costes de capital por tonelada anual de capacidad instalada de las minas de cobre que deben comenzar en el período 1980-1984. La tabla distingue entre expansiones y proyectos nuevos. Se indica el número de proyectos en cada escala de costes, así como la capacidad en términos de tonelaje.

Los costes medios de expansiones, excluyendo la capacidad de refinación y fundición, es de 2.500 dólares/tonelada, y para los nuevos proyectos se aproximan a 3.600 dólares por tonelada. Ambas cifras son mucho más bajas que los costes de nuevos proyectos que se dan como ejemplo. Esto se debe en parte a que los costes de capital de minas de diversos productos han sido propagados a los diferentes metales en términos generales en proporción a su parte de posibles beneficios. Más importante, pocos de los grandes yacimientos de cobre que se encuentran en estudio han alcanzado aún la etapa de desarrollo. Cuando lo hagan, es probable que se incremente la escala de los costes de capital. Esta tabla indica incluso que es probable que comience la producción en los próximos años de un tonelaje importante de nueva capacidad de cobre. Se pueden preparar tablas similares para la mayor parte de otros minerales. Incluso si hay escasez de inversiones, están muy lejos de ser nulas. Desafortunadamente, los datos sobre inversiones mundiales en minerales son escasos.

TABLA 8
Proyectos de desarrollo minero de cobre 1980-1984, costes de capital por tonelada anual de capacidad

Coste/ton. anual (\$/ton.)	Número de pro- yectos	Capa- cidad (10 ³ ton.)	Media ponde- rada coste/ton. anual (\$/ton.)
Expansiones			
< 1.000	2	27	680
1.000-2.000	4	45	1.246
2.000-3.000	5	60	2.303
3.000-4.000	2	32	3.281
4.000-5.000	2	79	4.304
5.000-6.000	1	20	5.000
6.000-7.000	2	12	6.077
> 7.000	1	32	9.375
Total expansiones ...	19	208	2.500 (media)
Minas nuevas			
< 1.000	3	18	897
1.000-2.000	5	26	1.565
2.000-3.000	7	80	2.689
3.000-4.000	3	72	3.541
4.000-5.000	7	110	4.323
5.000-6.000	3	45	5.188
6.000-7.000	2	24	6.779
7.000-8.000	1	20	7.500
8.000-9.000	2	30	8.594
> 9.000	1	60	12.333
Total nuevas minas ...	34	485	3.570 (media)
Total global	53	793	3.000 (media)

Fuente: Sistema de Información minera de Río Tinto Cinz. Proyecto de desarrollo 1980-1985.

TABLA 9
Inversiones de capital en minerales en Occidente

	Estudio 1980. Número de proyectos	En miles de millones \$	Estudio 1981. Número de proyectos	En miles de millones \$
Aluminio	60	24.070	55	25.550
Cobre	49	14.280	72	16.200
Plomo y cinc	21	2.390	27	2.000
Mineral de hierro	17	5.530	18	6.430
Níquel	14	3.200	10	1.700
Oro	9	450	30	4.680
Uranio	23	3.510	28	3.000
Otros metales	35	2.230	52	2.350
Fosfatos	26	7.380	18	6.000
Otros no metales	30	3.670	25	5.300
Total	285	66.710	335	75.500
Pizarras y arcas petrolíferas	10	7.900	17	29.300

Fuente: Boletín de Ingeniería y Minería. Estudios anual 1980-1981.

Las tablas 9 y 10 están basadas en una de las principales fuentes —Estudio Anual del Engineering and Mining Journal—. Estas están polarizadas hacia Norteamérica y sus clasificaciones están incompletas. Sin embargo, dan una valiosa indicación general de las tendencias de la inversión.

Los estudios comprenden el proceso de algunos metales primarios, tales como la fundición de aluminio, así como la extracción. Estos estudios excluyen el carbón pero incluyen uranio y petróleo de pizarra. La tabla número 9 muestra el desglose de productos de proyectos comprendidos en los dos últimos estudios. Debido a que los costes de capital no siempre son publicados, el número de proyectos no corresponde necesariamente a los costes de capital. Los estudios comprenden proyectos más bien que gastos anuales, de modo que hay una importante coincidencia entre años diferentes. Hay, sin embargo, algunos cambios importantes incluso entre uno y otro año. A la larga, los movimientos en el número de proyectos han dado una buena indicación del grado de interés en inversiones en un metal particular; oro, cobre y uranio han sido fascinantes en este aspecto.

Los dos últimos estudios de E/MJ incluyen grandes sumas para petróleo de pizarra y arenas, principalmente en Australia y América del Norte. A pesar de que estos proyectos harán grandes demandas de industrias de equipos de capital, han sido excluidas de la tabla 10 con el fin de permitir comparaciones con principios de los años 70. Los costes globales de los proyectos se han multiplicado por cinco. Más interesantes aún son los cambios en su distribución geográfica. Es difícil discernir la marcada orientación opuesta de los países menos desarrollados considerados como grupo. Esta es solamente parcial debido a la caída de inversiones europeas en plantas de procesado primario.

Desafortunadamente, las estadísticas de costes de capital son particularmente difíciles de obtener en los países menos desarrollados. La figura 4, sin embargo, intenta mostrar la tendencia de las inversiones occidentales en minerales desde 1966 y los cambios en la contribución de los

TABLA 10
Inversiones de capital en proyectos mineros en Occidente

	Estudio 1972	Estudio 1973	Estudio 1980	Estudio 1981
Años comprendidos			1980-1984	1984-1985
Número de proyectos			285	335
Costes totales anunciados (en miles de millones \$)	15,6	16,4	66,7	75,5
Distribución (%)				
Estados Unidos	9,25	9,75	7	5,75
Canadá	11	10	5,25	12,5
Europa	12	17,25	5,5	2,5
Sudáfrica	0,75	2	2	5
Japón	8,25	1	—	—
Australia y Nueva Zelanda	17	9,75	12,5	14,25
Total países desarrollados	58,25	49,75	32,25	40
América Central y Sur	18	20	34,75	33,75
Africa	9,25	9,75	13,50	10,5
Asia y Oceanía	14,5	20,50	19,50	19,5
Total países menos desarrollados	41,75	50,25	67,75	60

Nota: Se incluyen plantas de algunos metales primarios. Se excluyen carbón, pizarra y arenas petrolíferas.
Fuente: Boletín de Ingeniería y Minería. Estudio anual 1972, 1973, 1980 y 1981.

países menos desarrollados. Los datos básicos de países tomados de diversas fuentes que sin duda no concuerdan, han sido convertidos de moneda nacional a dólares USA y reducidos después a los términos constantes de 1980 con el índice de precios al por mayor de Estados Unidos en lo que se refiere a maquinaria menor. El total de inversiones identificadas se estima provisionalmente en casi 15.000 millones de dólares en 1980, de los que 3.000 millones representan la industria de Estados Unidos. Esto se compara favorablemente con la media de 12.500 millones de dólares por año en 1977 (aproximadamente 17.000 millones de dólares en 1980) que el profesor Mikesell ha estimado que serán necesarios a lo largo del período 1977-2000 para cubrir las necesidades mundiales de minerales, tomando en cuenta la disminución de contaminación y exploración. La cifra no incluye los gastos de exploración y es razonable esperar un gasto menor próximo al principio de un período de veintitrés años que la media del período.

La figura 4 presenta un ciclo bien desarrollado en las inversiones de capital de Occidente en la futura industria minera. Esto refleja en parte la «torpeza» de inversiones en grandes proyectos, pero también refleja el ciclo del comercio internacional. La inversión de capital fue ciertamente floja en el período 1976-79. Sin embargo, un importante porcentaje de inversión en este período habría sido aplicado a la reducción de contaminación y a la reducción de costes más bien que a la expansión de capacidad. La

línea más baja de la figura 4 muestra la contribución de los países menos desarrollados al total. A pesar de que la cobertura de los países menos desarrollados es escasa, sí es coherente. No obstante, se inclina hacia el cobre y níquel que continúa con exceso de provisión; la experiencia de los tres últimos años es tal vez motivo de preocupación, pero no indica un declive de la contribución

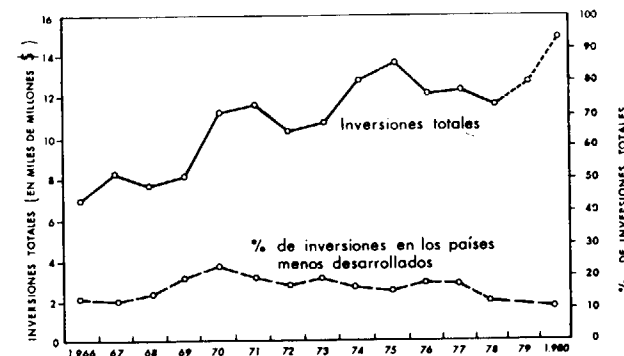


Figura 4.—Inversiones totales identificadas de Occidente en minerales 1966-1980 (miles de millones de dólares USA en términos relativos a 1980).

Nota: La cobertura para Europa y países menos desarrollados es incompleta.

a largo plazo. La figura 5 muestra la cobertura geográfica de cifras en años seleccionados. No se han convertido a dólares 1980. Las tendencias en Sudáfrica reflejan sólo parcialmente cambios en la industria del oro; ha habido una considerable potenciación en otros minerales, con algunas implicaciones estratégicas que no entran dentro del campo de este artículo.

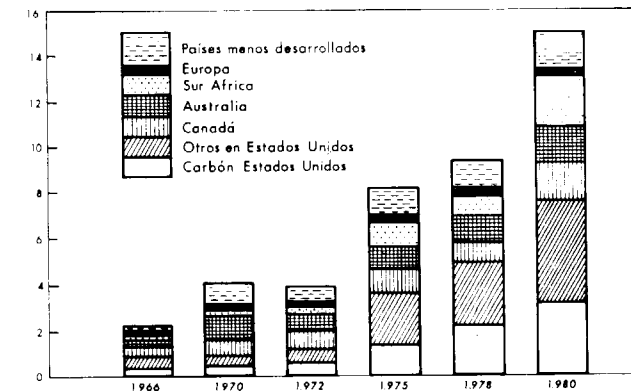


Figura 5.—Inversiones en minerales en Occidente (en miles de millones de dólares USA en años seleccionados en grandes áreas).

Nota: La cobertura para Europa y países menos desarrollados es incompleta.

OBSERVACIONES FINALES

Los apartados anteriores han tocado muchos temas. Ellos sugieren que hay más inversiones mineras en marcha de lo que sugieren los comentaristas más pesimistas. No hay, ni nunca ha habido, déficit de inversiones, a pesar de que la calidad de muchos proyectos en desarrollo pueden estar lejos de ser ideal. Aunque los consumidores de minerales no deberían preocuparse indebidamente acerca de la suficiencia de suministros en las condiciones económicas en perspectiva de debilidad económica durante los próximos años, no hay campo para la autosatisfacción. Los grandes márgenes de exceso de capacidad de mediados a finales de los años 80 están siendo erosionados, y hay muestras muy frecuentes de los efectos de las interrupciones por mano de obra y otras causas en los mercados de minerales. Es sin duda difícil obtener los fondos necesarios para financiar grandes proyectos similares a los de finales de los años 60 y principios de los 70. Los suministros de muchos minerales podrían hacerse difíciles si hubiera un fuerte «boom» concentrado en los países industrializados a mediados de los años 80. Esto podría llevar, al menos temporalmente, a déficit y precios elevados similares a los del período 1972-73. Debido a las crecientes dificultades relacionadas con el desarrollo de minerales, los consumidores de Gran Bretaña podrían tener que tomar un interés más activo en la provisión de suministros del que han tomado en el pasado. En este aspecto, en general, han estado muy por debajo de los japoneses, y posiblemente también de sus colegas alemanes.

Noticias

HA FINALIZADO EL PROYECTO DE INVESTIGACION SOBRE EL SOSTENIMIENTO DE GALERIAS REALIZADO POR EL IGME EN HUNOSA

Este proyecto se inició en julio de 1981 y su objetivo era la optimización del sostenimiento de las galerías de minas de hulla. El proyecto se basa en una amplia campaña de medidas geotécnicas que se ha desarrollado en las galerías de los pozos «María Luisa», «Samuño», «Venturo», «Sotón», «El Entrego», «San Mamés», «Carrío» y «Cerezal» de Hunosa. A lo largo de la campaña de campo se han obtenido 27.457 datos geotécnicos que se han almacenado y procesado por medio de un banco de datos que se ha manejado con un ordenador IBM 370 sistema 4431.

A título anecdótico cabe señalar que el equipo encargado de realizar las mediciones ha debido recorrer más de 6.600 kilómetros por el interior de las minas del área estudiada.

A partir de las medidas de deformación de los terrenos, realizadas mediante extensómetros mecánicos en 170 estaciones, con la ayuda del paquete de programas BMDP, se ha establecido una relación estadística entre un índice que caracteriza la calidad de los macizos rocosos, llamado IGME-83, la densidad de sostenimiento y la convergencia de la galería que permite dimensionar el sostenimiento con cuadros metálicos en este tipo de galerías.

Aualmente se trazan en HUNOSA unos 51 kilómetros de galerías en carbón a las que podrán aplicarse los criterios derivados de la investigación realizada con una apreciable mejora en los costes de sostenimiento.

A raíz de un trabajo sobre esta investigación que se presentó en el V Congreso de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, el IGME ha recibido sendas comunicaciones del Dr. Everling, del Bergbau-Forschung en Alemania Federal, y del profesor Arioglu de la Universidad de Estambul, que avalan las esperanzas que se han puesto en los resultados que pueden derivarse de esta investigación.

DEPOSITOS MINERALES DE ESPAÑA

Fernando Vázquez Guzmán, Doctor Ingeniero de Minas

En 1978, las características geológico-mineras de las principales explotaciones mineras españolas en producción fueron publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España en un pequeño volumen, «Depósitos Minerales de España», con muy breves descripciones y escasas ilustraciones y mapas.

La favorable acogida por parte de mineros, geólogos, empresas de investigación interesadas en temas mineros,

así como la revisión y nuevos trabajos de investigación y estudios sobre minas españolas, han propiciado la publicación de una más actualizada visión de los yacimientos españoles, aunque manteniendo el mismo título anterior.

Se incorporan a estos nuevos depósitos minerales de España sustancias minerales no tratadas anteriormente, tales como manganeso, fosfatos y olivino, nuevas o mejoradas concepciones genéticas, un mayor número de ilustraciones que faciliten una mejor comprensión del texto y ayuden a identificar las explotaciones mineras tanto geográfica como geológicamente. Los recientes trabajos realizados por el Instituto Geológico y Minero de España, para inventariar las principales sustancias del país, han permitido incluir los correspondientes cuadros de las distintas categorías de recursos existentes: medidos, indicados, inferidos, hipotéticos y especulativos. De esta manera se completa la visión sobre la potencialidad minera de la nación.

Se mantiene la misma estructura en la descripción de los yacimientos, tratando de conseguir la mayor uniformidad e incluso una más abundante bibliografía, habiendo seleccionado aquellos trabajos más característicos de cada depósito mineral en concreto, en la que el lector interesado puede encontrar una más amplia información.

Siguen excluidos los recursos energéticos y algunas rocas y minerales industriales.

El día 21 de diciembre se celebró en el Salón de Actos del Ministerio de Industria y Energía la conferencia coloquio que sobre el tema «Política de Desarrollo minero y organismos públicos», pronunció don Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla, Director General de Minas.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MECANICA DE LAS ROCAS

VIII SIMPOSIO NACIONAL RECONOCIMIENTO DE MACIZOS ROCOSOS

La Sociedad Española de Mecánica de las Rocas organiza su VIII Simposio Nacional con el título: RECONOCIMIENTO DE MACIZOS ROCOSOS.

Este Simposio se celebrará en Madrid los días 5, 6 y 7 de diciembre de 1984 en el auditorio del Centro de Estudios Hidrográficos, sede de la Sociedad.

Dentro del Simposio tendrán cabida todos los aspectos relacionados con el Reconocimiento y Caracterización de Macizos Rocosos con cualquier objeto. Se desarrollarán los siguientes temas:

— *Trabajos de campo en macizos rocosos*, incluyendo sondeos, toma de muestras, ensayos en sondeo, en-

sayos «in situ», geofísica, galerías, instrumentación, etcétera.

- *Caracterización de macizos rocosos*, incluyendo clasificaciones, ensayos de laboratorio, tratamiento informático de los datos, etc.
- *Reconocimiento para taludes y túneles*, que comprende la planificación y realización de campañas de reconocimiento y control de túneles, minería de interior, obras subterráneas, taludes y cortas.
- *Reconocimientos para presas y cimentaciones*, que comprende la planificación y realización de campañas de reconocimiento y control de cimentación y tratamiento de presas, aliviaderos; puentes, estructuras singulares; exploración de canteras para áridos o escollerados, etc.

Se celebrarán cuatro *Sesiones Técnicas*:

- 1) Trabajos de campo en macizos rocosos.
- 2) Caracterización de macizos rocosos.
- 3) Reconocimientos para taludes y túneles.
- 4) Reconocimientos para presas y cimentaciones.

Se dictarán dos *Conferencias Especiales* para presentar técnicas específicas de reconocimiento poco utilizadas en España y un especialista de la máxima categoría cerrará el Simposio con una *Conferencia de Clausura*.

Durante todo el Simposio estará abierta una *Exposición Técnica*.

PROGRAMA PROVISIONAL

Día	Mañana	Tarde
5	Conferencia especial Sesión núm. 1	Sesión núm. 2 Cena
6	Conferencia especial Sesión núm. 3	Visitas técnicas Cine técnico
7	Sesión núm. 4 Conferencia de clausura	

Se fomentará la asistencia al Simposio de estudiantes de especialidad, postgrado o doctorado. Para ellos se establecerá una cuota reducida.

Las personas o instituciones que deseen presentar comunicaciones deben enviar lo antes posible a la sede de la Sociedad Española de Mecánica de las Rocas: Título y Resumen.

La fecha límite para la recepción de resúmenes es el 30 de junio de 1984 y de comunicaciones el 29 de septiembre de 1984.

La correspondencia relacionada con el Simposio debe enviarse a la siguiente dirección: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MECANICA DE LAS ROCAS. VIII SIMPOSIO NACIONAL. Paseo Bajo de la Virgen del Puerto, núm. 3. MADRID-5.

BALNEARIO DE ALHAMA DE ARAGON

Por los Drs. J. M. López de Azcona, A. Hoyos, F. Monturiol, M. C. de la Rosa Jorge, F. Díaz Alonso, M. A. Mosso Romeo, E. Gastón de Iriarte y A. de Fuentes Castells. R. Academia de Farmacia. Madrid, 1983, 66 páginas.

La «Comisión para el estudio de los manantiales de

INFORMACION

aguas minero-medicinales», presidida por nuestro compañero López de Azcona, acaba de editar su nueva monografía, dedicada a los manantiales y establecimientos balnearios de Alhama de Aragón.

En sus cuatro capítulos, tratan los temas siguientes: geografía, historia geológica, establecimientos balnearios, análisis de las aguas, clima, litología, suelos, microbiología y farmacodinamia. Cada capítulo contiene una bibliografía amplia.

Como conclusión de este estudio, se destacan algunas deficiencias en la captación y en la conducción del agua mineral, las que superadas conducirían a un incremento del abundantísimo caudal, de la temperatura de emergencia, y a una mejor calidad de las aguas hipertermales.

La Comisión tiene actualmente en la imprenta la monografía sobre Caldas de Montbuy, preparada para editar la de Chiclana y en ejecución la de Archena.

Todos estos trabajos científicos, a razón de uno por curso, los realiza la Comisión gratuitamente, sin percepción de remuneración alguna por los autores; sólo abonan directamente las entidades propietarias de los establecimientos balnearios los gastos de desplazamiento de los autores de los diversos capítulos, desde su residencia al balneario.

PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO DE GALICIA Y DEL SECTOR ORIENTAL DE LA CORDILLERA CANTABRICA

El Instituto Geológico y Minero de España, al iniciar esta nueva serie de publicaciones, pretende poner al alcance de todos, los aspectos geológicos de mayor interés que nos ofrece la Naturaleza en la geografía española, con la intención de facilitar el conocimiento del Patrimonio Natural Geológico, potenciando así su utilización y la protección que supone su mejor conocimiento.

El deseo y misión del IGME es poder aportar, mediante la divulgación del conocimiento geológico, un profundo respeto al Patrimonio Natural. Por tanto, solicita la colaboración de todos los lectores para hacerle llegar sus sugerencias y así proyectar este tipo de publicaciones de la forma que resulte más útil para todos.

Hasta el momento se han publicado dos ejemplares:

- «Puntos de Interés Geológico de Galicia».
- «Puntos de Interés Geológico del Sector Oriental de la Cordillera Cantábrica».

Estas publicaciones incluyen tanto la metodología del Inventario de Puntos de Interés Geológico, que a nivel nacional el IGME está llevando a cabo, como dibujos y fotografías de algunos lugares de puntos inventariados. Todo ello descrito en los siguientes capítulos:

1. Introducción.
2. Base metodológica de los estudios de puntos de interés geológico.
3. Aplicación de la metodología a los puntos de la región correspondiente.
4. Geología de la región.
5. Descripción de puntos y singularidades.
6. Recomendaciones a visitantes.
7. Bibliografía.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

21723. **Els illots del litoral des País Valencià i llur poblament microfauistic.** GADEA, E.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 542-544, ref. 8, cat., res. esp., ing. bibl. IGME.

* Línea, Isla, Fauna, Flora, Biocenosis, Mar Mediterráneo Oeste, Región Valenciana.

21727. **Toponimia y formas de relieve en el centro del valle del Ebro.** MENSUA, S., e IBÁÑEZ, M. J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 576-579, ref. 4, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Relieve, Nomenclatura, Toponimia, Cuenca Ebro.

21749. **Labor del Servicio de Investigación Prehistórica y su Museo en el año 1980.**

Diputación Provincial de Valencia (1982), 1-111, esp., bibl. IGME.

* Informe actividad, Informe anual, Institución, Sociedad científica, Museo, Arqueología, Valencia, Provincia Valencia.

21898. **Sentido de la ordenación territorial de la España actual.** SAENZ DE BURUAGA, G.

Estudios Territoriales (1982), núm. 7, 17-24, esp., bibl. IGME.

* Planificación, Planificación urbana, Utilización terreno, Legislación, Política de Estado, España.

21912. **Ondas cortas atmosféricas con interacciones aire-mar en el Mediterráneo.** BALLESTER, M.; JANSÁ, A., y RAMIS, C.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 3, 692-698, ref. 6, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Agua mar, Fluctuación, Seiche, Interfase aire-mar, Atmósfera, Presión barométrica, Oscilación, Modelo matemático, Mar Mediterráneo oeste, Baleares.

21913. **Microturbulencia en la atmósfera.** CANO, J. L.; MAQUEDA, G., y GÓMEZ, M. C.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 3, 698-702, ref. 7, esp., res. ing. bibl. IGME.

* Atmósfera, Viento, Acción climática, Análisis-varianza.

GEOLOGIA REGIONAL

21682. **Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides.** ANADON, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P.; SOLE SUGRANES, LL.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 242-270, ref. 113, esp., res. ing., cat., bibl. IGME.

* Triás, Jurásico, Cretácico inf., Cretácico sup., Paleógeno, Neógeno, Tectónica, Cadena Costera Catalana.

21683. **Contribución a la geología de la zona axial pirenaica, Valles del Cinca y Esera, provincia Huesca.** RIOS, L. M.; BELTRAN, F. J.; LANAJA, J. M., y MARIN, F. J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 271-279, ref. 39, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Primario, Orogenia hercínica, Granitización, Metamorfismo, Orogenia alpina, Valle del Cinca, Valle del Esera, Provincia Huesca, Pirineos españoles.

21684. **Les Pyrenees Catalanes dans la region de l'Empordá. Relations entre zones isopiques cretacees et unites structurales.** BILOTTE, M.; PEYBERNEJ, B., y SOUQUET, P.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 280-288, ref. 30, franc., res. esp., bibl. IGME.

* Mapa geológico, Cretácico, Tectónica tangencial, Autoc-tonía, Manto, Despegue, Pirineos españoles, Ampurdán, Cataluña.

ESTRATIGRAFIA

21672. **Interrupcions sedimentaries; paleoalteracions.** VIRGILI, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 185-189, ref. 30, cat., res. esp., ing., bibl. IGME.

* Laguna estratigráfica, Discontinuidad, Alteración me-teórica, Actualismo, Paleogeografía, Paleoclima.

21673. **Relaciones entre los sedimentos neógenos de Galicia y las alteraciones de su substrato. Interpretación paleoclimática.** BRELL, J. M., y DOVAL, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 190-194, ref. 14, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Neógeno, Paleogeografía, Cuenca sedimentaria, Palco-clima, Alteración, Galicia, Macizo Galaico.

21676. **Rasgos sedimentológicos del Carbonífero inferior de Montalbán, Provincia de Teruel.** VILLENA, J.; PEN-DON, J. G.; PARDO, G., y MELENDEZ, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 208-212, ref. 22, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Carbonífero inf., Carbonífero, Namuriense, Westfaliense, Corte geológico, Estructura sedimentaria, Turbiditas, Sedimentación pelágica, Medio pelágico, Litofacies, Flora, Montalbán, Provincia Teruel.

21677. **Algunos datos sobre el carbonifero del borde sur del Montseny (La Garriga-Cánoves, Barcelona).** VALENCIA-NO, A., y SANZ FUENTES, F.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 213-215, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Carbonífero, Corte geológico, Fauna, Medio marino, Medio continental, Provincia Barcelona.

21679. **Nueva interpretación estratigráfica del Complejo Urgoniano en el área SW de la región Vasco-Cantábrica.** GARCIA MONDEJAR, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 223-228, ref. 21, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Aptiense, Albiense, Discontinuidad, Correlación, Fauna Foraminífera, Ciclo sedimentario, Transgresión, Regresión, Tectónica placa, Complejo Urgoniano, Región Cantábrica.

21736. **Características sedimentológicas de la terminación del ciclo marino del Eoceno superior en el sector oriental de la Depresión del Ebro, Catalunya. NE de España.** BAR-NOLAS, A.; BUSQUETS, P., y SERRA-KIEL, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 215-221, ref. 18, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación deltáica, Medio deltáico, Sedimentación recifal, Medio recifal, Evaporita, Ciclo sedimentario, Variación nivel, Eoceno sup., Paleogeografía, Cuenca del Ebro, Cataluña.

21773. **Presencia del Vallesiense en el Mioceno continental de la Depresión del Ebro.** SANTAFE-LLOPIS, J. V.; CASANOVAS-CLADELLAS, M. L.; ALFEREZ DELGADO, F.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 277-284, ref. 11, esp., res. ing., franc., bibl. IGME.

* Ceratomorpha, Rhinocerotidae, Dicerorhinus, Diente, Mioceno sup., Vallesiense, Provincia Logroño, Cuenca Ebro.

21914. **El Cretácico inferior de la región noroccidental de la provincia de Valencia.** MAS MAYORAL, J. R.

Semin. estratigr. Ser. monogr. (1981), núm. 8, 1-408, ref. 315, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Tesis, Valanginiense, Hauteriviense, Aptense, Albense, Cenomanense, Fauna, Estructura sedimentaria, Ciclo sedi-mentario, Corte geológico, Litofacies, Medio litoral, Sedi-mentación litoral, Bioturbación, Isopaca, Provincia Va-lencia, Macizo Ibérico.

GEOMORFOLOGIA

21706. **Mapas geomorfológicos, ¿por qué?** TRICART, J. L. F.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 416-420, esp., bibl. IGME.

* Teoría, Cartografía, Geomorfología.

21707. **La cartografía geomorfológica de Catalunya anterior a 1979.** CALVET, J.; CLOTET, N.; GALLART, F., y MAS, D.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 421-432, ref. 12, cat., res. ing., esp., bibl. IGME.

* Cartografía, Geomorfología, Clasificación, Inventario, Mapa, Cataluña.

21708. **Els diposits d'origen glacial de la cubeta de La Massana-Ordino, Andorra: llur significació paleo-geografica.** VILLAPLANA, J. M., y SERRAT, D.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 433-440, ref. 16, cat., res. ing., esp., bibl. IGME.

* Glaciación, Depósito glacial, Medio glacial, Medio fluvioglacial, Medio glaciolacustre, Mapa geomorfológico, Paleogeografía, La Massana, Ordino, Andorra.

21709. **Nuevas observaciones sobre glaciario y periglaciario en el NW de la Península Ibérica: La Galicia sudoriental.** PEREZ ALBERTI, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 441-444, ref. 8, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Morfología glacial, Periglacial, Derrubios, Medio glacial, Pleistoceno sup., Wurm, Provincia Orense.

21710. **Algunos problemas de geomorfología glacial en la España atlántica.** MARTINEZ DE PISON, E., y ARENILLAS PARRA, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 445-450, ref. 25, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Morfología glacial, Acción frío, Proceso exógeno, Glaciación, Cuaternario, Mapa geomorfológico, Castro Valne-ra, Provincia Santander, Provincia Burgos.

21711. **Morfogénesis del valle de Sant Miguel de Campmajor.** PALLI BUXO, L., y TRILLA ARRUFAT, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 451-456, ref. 2, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mapa geomorfológico, Valle, Morfodinámica, Socavón, Relieve estructural, Neotectónica, Mapa geológico, Eoceno, Cuaternario, Provincia Gerona.

21712. **Geomorfología de la cuenca alta del río Tordera.** SALA, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 457-461, ref. 17, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Río, Terraza, Aba-nico fluvial, Aluvión, Morfología fluvial, Río Tordera, Pro-vincia Barcelona.

21713. **Els diposits anomenats «glaciàrics» per Almera, a Samalús, i l'evolució del relleu en el quaternari.** LLOBET, S.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 462-465, ref. 6, cat., res. esp., franc., bibl. IGME.

* Morfología glaciár, Estudio crítico, Morfodinámica, Glacis, Terraza, Soliflucción, Mioceno, Plioceno.

21717. **Los grandes poljes del sureste de la provincia de Valencia.** PULIDO-BOSCH, A., y FERNANDEZ-RUBIO, R.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 482-486, ref. 18, esp., res. franc., ing., bibl. IGME.

* Morfología Karst, Depresión, Caverna, Polje, Falla, Roca carbonatada, Control tectónico, Provincia Valencia.

21793. **Geomorfología de Mallorca: El relieve y la forma de sus montañas.** COLOM CASASNOVAS, G.

Año 1982, 1-165, ref. 110, esp., bibl. IGME.
* Geomorfología, Isla, Erosión fluvial, Línea costa, Erosión litoral, Erosión glaciár, Geología regional, Baleares, Mallorca.

CUATERNARIO

21714. **Les facies d'alteration des terrasses alluviales de la moyenne vallee du Duerna (Prov. León): Un exemple de l'evolution des nappes alluviales silicenses du nord ouest de la Vieille Castille.** HERAIL, G.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 466-477, ref. 17, franc., res. esp., bibl. IGME.

* Cuaternario, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Terraza, Alteración, Suelo, Suelo pardo, Suelo fersialítico, Ultisol, Perfil suelo, Granulometría, Análisis químico, Capacidad carga catión, Provincia León.

21716. **Aproximación cuantitativa de los procesos erosivos en la Costa del Sol (Granada).** QUIRANTES, J., y CHICANO, J. L.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 477-481, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Erosión suelo, Erosión fluvial, Erosión eólica, Red de drenaje, Proporción material erosionado, Cuaternario, Rambla de Albalá, Provincia Granada, Zona Bética.

21718. **Els espai, albuferens del País Valencià.** ROSELLÓ, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 487-493, ref. 41, cat., res. esp., ing., bibl. IGME.

* Cuaternario, Línea costa, Medio lagunar, Laguna, Génesis, Acción hombre, La Albufera, Provincia Valencia.

21720. **Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca.** POMAR, L., y CUERDA, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 505-513, ref. 43, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pleistoceno, Medio marino, Fauna, Yacimiento fosilífero, Datación, Th-V, Escala absoluta, Eustatismo, Neotectónica, Baleares, Mallorca.

GEOLOGIA MARINA

21719. **Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares.** SERRA-RAVENTOS, J.; MALDONADO, A., y RIBA, O.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 494-504, ref. 60, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Off shore, Margen continental, Plataforma continental, Basamento, Sísmica reflexión, Perfil geofísico, Eustatismo, Control tectónico, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Mar Mediterráneo Oeste, España, Francia, Africa del Norte.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

21725. **Bases per l'ordenació del territori de Catalunya.** SERRATOSA, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 550-556, cat., res. ing., esp., bibl. IGME.

* Teoría, Planificación, Planificación regional, Cataluña.

21726. **L'acció antròpica en el marjal de Nules.** DOMINGO PEREZ, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 557-562, ref. 15, cat., res. franc., bibl. IGME.

* Acción hombre, Ciénaga, Planificación, Planificación regional, Mapa topográfico, Nules, Provincia Castellón.

21740. **Comportamiento de una arcilla compactada en procesos de carga cíclica sin drenaje.** PASTOR, M., y URIEL, A.

Bol. Inf. Lab. Carret. Geotec. (1982), núm. 149, 3-23, ref. 4, esp., bibl. IGME.

* Carga, Carga cíclica, Arcilla, Presión poros, Compresión triaxial, Límite Atterberg, Modelo, Modelo Respuesta Armónica, Guadalix, Provincia Madrid.

21741. **Influencia del tratamiento con cemento y cal en la resistencia de un suelo arcilloso típico del Valle del Guadalquivir.** AYUSO MUÑOZ, J., y PEREZ GARCIA, F.

Bol. Inf. Lab. Carret. Geotec. (1982), núm. 149, 25-33, ref. 22, esp., bibl. IGME.

* Estabilización, Suelo, Suelo arcilloso, Cemento industrial, Resistencia compresión, Compresión uniaxial, Deformación bajo tensión, Módulo elasticidad, Cuenca Guadalquivir.

21750. **Instrumento de adhesión de España al Convenio Internacional de Constitución de un Fondo Internacional de Indemnización de Daños Causados por la Contaminación de Hidrocarburos.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Leg. ind. (1982), núm. 3, p. 8, esp., bibl. IGME.

* Legislación, Contaminación, Agua mar, Hidrocarburo, Acuerdo internacional, Política de Estado, España.

21900. **Los Planes Directores de gestión de residuos sólidos.** GARCIA LOZANO, E.

Estudios Territoriales (1982), núm. 7, 127-143, bibl. IGME.

* Residuo sólido, Vertedero, Planificación, Reciclaje, Legislación, Programa, Previsión, Protección medio ambiente, España.

21901. **La depuración de las aguas residuales y su incidencia en la ordenación territorial del Area Metropolitana de Madrid.** LOPEZ ASIO, C.

Estudios Territoriales (1982), núm. 7, 147-172, ref. 7, esp., bibl. IGME.

* Aguas residuales, Depuración, Planificación, Entropía, Nitrógeno, Fósforo, Análisis químico, Programa, Provincia Madrid.

PALEONTOLOGIA. GENERALIDADES

21903. **Estudio del yacimiento infracretácico del Montsec de Rubies, La Pedrera de Meia.** LACASA RUIZ, A. ILLERDA (1981), núm. 42, 61-159, ref. 180, esp., bibl. IGME.

* Yacimiento fosilífero, Síntesis bibliográfica, Inventario, Caliza, Algas, Pteridophita, Gymnospermas, Artrópodo, Insectos, Peces, Anfibios, Reptiles, Paleocología, Cretácico inf., Provincia Lérida, Montsec.

PALEONTOLOGIA DE LOS VERTEBRADOS

21691. **Yacimiento de huellas de pisadas de reptil en el Cretácico Superior prepirenaico.** LLOMPART, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 333-336, ref. 13, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pista, Fauna reptil, Anatomía locomoción, Maestrichiense, Milla, Valle Ager, Provincia Lérida.

21694. **Insectívoros (Nyctitheriidae, Soricidae, Apatemyidae) del Paleógeno catalán.** GIBERT CLOLS, J., y AGUSTI BALLESTER, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 347-350, ref. 3, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Insectívora, Saturninia, Soricidae, Apatemyidae, Heterosorex, Heterohyus, Mandíbula, Diente, Paleógeno, Campins, Sossis, Fons, Encet, Coanac, Escamps, San Cugat, Montalbán, Cataluña.

21696. **Novetats paleomastològiques del Valles-Penedes. Nota preliminar.** CRUSAFONT, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 354-355, ref. 3, cat., bibl. IGME.

* Mioceno, Medio continental, Pongidae, Ruminantia, Hipomorpha, Hiparion, Macrotherium, Deinotheroidea, Pliopithecus, Deinotherium, Osamenta, Diente, Mandíbula, Provincia Barcelona.

21697. **Datos sobre el Vallesiense medio-superior de los alrededores de Terrassa.** GOLPE, J. M.; SANTAFAE, J., y CASANOVAS, M. L.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, ref. 5, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Yacimiento fosilífero, Mioceno sup., Vallesiense, Corte geológico, Medio continental, Pongidae, Seriformes, Rodentia, Carnívora, Mustelidae, Hyaenidae, Proboscidea, Deinotheroidea, Fauna vertebrada, Mandíbula, Osamenta, Diente, Provincia Barcelona.

21698. **Roedores e insectívoros (Mammalia) del Mioceno superior de la Seo d'Urgell (Cataluña, España).** AGUSTI, J.; GIBERT, J.; MOYA, S., y CABRERA, L.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 362-369, ref. 15, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mioceno sup., Vallesiense, Rodentia, Insectívoros, Critetidae, Muridae, Gliridae, Sciurorompha, Eomyidae, Sciuridae, Erinaceidae, Talpidae, Diente, Biometría, Datación, Provincia Lérida.

21699. **Distribución geográfica y cronoestratigráfica de Pallialum (Lissochlamys) excisum (Mollusca, Pectinidae) en España.** DE PORTA, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 370-374, ref. 35, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pectinacea, Palliolium, Inventario, Mioceno sup., Plioceno, Datación, España.

21730. **Datos comparativos de tres formas viverrinas del Vindoboniense superior y Vallesiense medio del Valles-Penedes. Depresión prelitoral catalana, España.** GOLPE-POSSE, J. M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 191-194, ref. 6, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Fissipedia, Semigenetta, Viverra, Morfología, Mandíbula, Mioceno medio, Vindoboniense, Mioceno sup., Vallesiense, Hostalets de Piñola, Castell de Barberá, Can Llobateres, Provincia Barcelona.

21731. **Hallazgo de un molar de Mammut borsoni (Hays) en el Plioceno del Baix Empordà, Provincia Girona.** VILLALTA, J. F., y LLOMPART, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 195-197, ref. 12, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Elephantoidea, Mammutus, Mammut borsoni, Diente, Plioceno sup., Provincia Girona.

21732. **Presencia de Equus caballus aff. gallicus, Prat 1968, Mammalia, Equidae en el Pleistoceno superior de la cuenca del Tajo.** ALFEREZ DELGADO, F.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 199-201, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Hippomorpha, Equus, Equus caballus, Mandíbula, Diente, Pleistoceno sup., Wurm, Valdelobos, Cuenca Tajo.

21733. **Un nuevo *Allophaiomys* (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Pleistoceno inferior del sur de España.** ALCALDE, G.; AGUSTI, J., y VILLALTA, J. F.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 203-205, ref. 3, esp., res. ing., bibl. IGME.

* *Allophaiomys*, *Myomorpha*, Arvicolidae, Diente, Pleistoceno inf., Cueva Victoria, San Ginés de la Jara, Provincia Murcia.

PALEONTOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS

21688. **Sur quelques Cystoïdes cites par les Drs. J. Almera et M. Faura dans l'Ordovicien de Barcelone.** MENENDEZ, B., y CHAUVEL, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 318-321, ref. 17, franc., res. ing., esp., bibl. IGME.

* Cystoidea, Caryocritines europeos, Echinospaerites, Helicrinites, Ordovícico sup., Montcada, El Papiol, Gracia, Aiguafreda, Provincia Barcelona.

21689. **Sobre la naturaleza original, orgánica o inorgánica de las lórigas de los Tintinnidos fósiles.** COLOM, G.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 322-326, ref. 36, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Tintinnida, Concha, Microestructura, Síntesis bibliográfica, Loriga.

21692. **Metodologia per a l'estudi de les poblacions de macroforaminífers, aplicació a l'us bioestratigràfic dels Nummulites i Assilines.** REGUANT, S., y SERRA-KIEL, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 337-343, ref. 17, cat., res. ing., esp., bibl. IGME.

* Filogenia, Bioestratigrafía, Análisis multivariable, Análisis canónico, Nummulitidos, Nummulites, Assilinas.

21693. **L'evolució intraespecífica del *Nummulites striatus* (BRUG.) 1972.** MASACHS ALAVEDRA, V.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 344-346, ref. 2, cat., res. franc., cat., bibl. IGME.

* Nummulitidos, Nummulites, Nummulites striatus, Población, Biometría, Evolución, Enrollamiento concha, Eocono, Igualada, Els Mollons, Provincia Barcelona.

21700. **Estudio de Muricidae del Plioceno del Empordà (Cataluña, España). Descriptiva y sistemática.** MARTINELL, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 375-384, ref. 40, esp., res. ing., cat., bibl. IGME.

* Neogastropoda, Muricidae, Plioceno, Inventario, Concha, Biometría, Provincia Gerona.

21701. **Microfauna del Plioceno de «La Plaça de les Bruixes» (Molins de Rei, Barcelona).** CIVIS, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 385-390, ref. 11, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Fauna Foraminíferos, Ostrácodo, Inventario, Plioceno, Corte geológico, Provincia Barcelona.

21737. **Euthyneura del Plioceno del Empordà (Girona). Descriptiva y sistemática.** MARTINELL, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 223-233, ref. 46, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Gastropoda, Euthyneura, Taxinomia, Concha, Ornamentación exterior, Plioceno, Ampurdán, Provincia Gerona.

PALEOBOTANICA

21690. **Estudio de la flora cretácica de Pola de Siero.** ALVAREZ-RAMIS, C., y LORENZO, P.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 327-332, ref. 16, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Yacimiento fosilífero, Flora angiosperma, Flora gymnosperma, Pteridophyta, Biocenosis, Cretácico inf., Pola de Siero, Asturias.

21695. **Contribución a la palinología del Oligoceno en la región de Calaf (Barcelona).** SOLÉ DE PORTA, N., y DE PORTA, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 351-353, ref. 21, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Palinología, Polen, Espora, Pteridophyta, Flora angiosperma, Flora gymnosperma, Oligoceno inf., Sannoissense, Provincia Barcelona.

21774. **Estudio paleobioquímico de la materia orgánica de restos fosilizados de *Frenelopsis* procedentes del Supracretácico de Torrelaguna, Madrid.** ALMENDROS, G.; ALVAREZ-RAMIS, C., y POLO, A.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 285-302, ref. 26, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Gimnospermas, *Frenelopsis*, Cretácico sup., Bioquímica, Histología, Materia orgánica, Acido húmico, Acido fúlvico, Microscopio electrónico, Espectrometría, Torrelaguna, Provincia Madrid.

21902. **Nouveau genre de ginkgophytes dans les calcaires lithographiques du Cretace superieur de la Sierra de Montsech, Espagne.** BARALE, G.

Iberda (1981), núm. 42, 51-60, ref. 21, franc., res. esp., cat., bibl. IGME.

* Ginkgoales, *Eretmoglossa lacasae*, Taxon nuevo, Morfología, Caliza, Calizas litográficas, Cretácico inf., Pedrera de Rubies, Montsech, Provincia Lérida.

TECTONICA

21678. **Control tectónico de la sedimentación «purbeckweald» en las provincias de Santander y N de Burgos.** PUJALTE, V.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 216-222, ref. 16, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Jurásico sup., Cretácico inf., Corte geológico, Discordancia, Falla, Falla horizontal, Graben, Horst, Rejuvenecimiento relieve, Ciclo sedimentario, Control tectónico, Provincia Santander, Provincia Burgos.

21685. **Aportación a la geología de la región de Barbasastro.** PARDO, G., y VILLENNA, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 289-292, ref. 17, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pliegue, Anticlinal, Micropliegue, Microtectónica, Manto corrimiento, Mecánica, Evaporita, Terciario, Síntesis bibliográfica, Provincia Huesca.

21687. **Presencia d'olistolits a la sedimentació burdigaliana de la Serra Nord de Mallorca.** BATLLE, A.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 311-317, ref. 14, cat., res. esp., ing., bibl. IGME.

* Olistolito, Corrimiento gravedad, Tectónica tangencial, Keuper, Jurásico, Burdigaliense, Baleares, Mallorca.

21776. **Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: Modelo de evolución tectonometamórfica.** CAPOTE, R.; CASQUET, C., y FERNANDEZ CASALS, M. J.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 313-331, ref. 3 pp., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cadena intracontinental, Cabalgamiento, Pliegue tumbado, Orogenia hercínica, Metamorfismo regional, Esquistosidad, Litofacies, Cordillera Central, Hercínico Centro.

21783. **Los modelos evolutivos del relieve del Sistema Central Ibérico, sectores de Gredos y Guadarrama.** GARZON HEYDT, M. G.; DE PEDRAZA GILSANZ, J., y UBANELL, A. G.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 475-496, ref. 3 pp., esp., bibl. IGME.

* Macizo montañoso, Rifting, Morfodinámica, Relieve estructural, Rejuvenecimiento relieve, Tectónica de fractura, Movimiento vertical, Mioceno, Plioceno, Sierra de Gredos, Sierra de Guadarrama, Provincia Madrid, Provincia Segovia, Provincia Avila, Provincia Toledo, Hercínico Centro.

HIDROLOGIA

21702. **El estudio hidrogeológico de los manantiales y su aplicación geológica caso de las aguas termales, carbónicas y sulfhídricas de Cataluña.** ALBERT, J. F.; COROMINAS, J., y PARIS, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 391-394, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

Hidrogeología, Fuente termal, Hidroquímica, Geotermia, Gas carbónico, Gas sulfhídrico, Inventario, Cataluña.

21703. **Estudio del transporte de solutos en las aguas subterráneas del sistema acuifero de Madrid mediante un modelo digital de celdas de mezcla.** LLAMAS, M. R., y SIMPSON, E. S.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 395-404, ref. 8, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Modelo, Simulación numérica, Materia solución, Transporte solución, C 14, Hidrodinámica, Régimen permanente, Agua subterránea, Acuifero, Roca detrítica, Terciario, Provincia Madrid.

21704. **Variaciones de la piezometría en el acuifero del Terciario detrítico de Madrid.** LOPEZ VERA, F.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 405-409, ref. 18, esp., bibl. IGME.

* Acuifero, Piezometría, Terciario, Roca clástica, Sistema multicapa, Medio heterogéneo, Anisotropía, Permeabilidad, Provincia Madrid, Cuenca Tajo.

21705. **Aspects of hydrochemical balance of «Las Tablas de Daimiel» (C. Real, Spain).** PORTA, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 410-415, ref. 7, ing., res. esp., bibl. IGME.

* Ecosistema, Medio lacustre, Medio fluvial, Hidroquímica, Agua, Análisis químico, Cation, Anión, Dato, Caudal río, Provincia Ciudad Real.

21721. **El clima húmedo del norte de Cataluña según la clasificación de Köppen.**

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 514-523, ref. 17, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Clima, Clasificación, Humedad, Región mediterránea, Cataluña.

21722. **Aportació a l'estudi del clima del Montseny.** PANAREDA CLOPES, J. M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 524-528, ref. 10, cat., res. franc., bibl. IGME.

* Clima, Provincia Barcelona, Provincia Gerona.

21782. **La importancia de las aguas subterráneas del acuifero de Madrid.** MARTINEZ ALFARO, P. E.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1932), vol. 76, núm. 2, 467-474, ref. 17, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Manto libre, Sedimentación detrítica, Terciario, Recurso agua, Planificación cuenca hidrogeológica, Cuenca río Tajo, Provincia Madrid.

21942. **Resúmenes de las comunicaciones presentadas al Simposio Internacional Agua Siglo XXI.**

Centro Estudios Hidrográficos (1980), 1-181, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Reunión, Gestión recurso agua, Agua superficie, Agua subterránea, Planificación, Perspectiva.

MINERALOGIA. SILICATOS

21775. **Cambios electrónicos de elementos cromóforos en turmalinas tratadas térmicamente.** GARCIA GIMENEZ, R., y LEGUEY JIMENEZ, S.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 303-311, ref. 8, esp., res. ing., bibl. IGME.
* Albita, Dravita, Turmalina, Análisis térmico diferencial, Entropía, Orden desorden, Espectrometría absorción.

MINERALOGIA. NO SILICATOS

21728. **Fe-dolomite (Teruelite) from the Keuper of the southern sector of the Iberian Mountain Range, Spain.** ARRIORTJA, M.; AMIGO, J. M.; BESTEIRO, J.; DE-CLERCQ, J. P., y GERMAIN, G.
Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 187-188, ref. 15, ing., res. esp., bibl. IGME.

* Mineral nuevo, Carbonato, Dolomita, Teruelita, Composición rica en hierro, Dato mineral, Análisis químico, Hábito, Índice refracción, Estructura cristalina, Difracción RX, Keuper, Monte Calvario, Barranca del Salobrel, Provincia Teruel.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

21675. **Motlles naturals de microperforacions a eolianites del Pleistocè i Pliocè mallorquí.** CALVET, F., y FONTARNAU, R.
Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 198-207, ref. 34, cat., res. ing., bibl. IGME.

* Vaciado, Perforación, Microorganismo, Roca clástica, Eolianita, Diagénesis, Aragonito, Plioceno, Pleistoceno sup., Baleares, Mallorca.

21680. **Relación entre sedimentos terrígenos costeros, facies arrecifales y evaporitas. El modelo de Centelles y su aplicación regional.** SANTISTEBAN, C., y TABERNER, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 229-236, ref. 13, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Eoceno, Sedimentación litoral, Sedimentación deltaica, Medio litoral, Medio deltaico, Medio alta energía, Modelo, Cono aluvión, Línea costa, Barrera arrecifal, Barra, Laguna, Estructura sedimentaria, Provincia Barcelona.

21681. **Facies y control tectónico de la cuenca Eocena Subpirenaica Catalana.** SANTISTEBAN, C., y TABERNER, C.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 237-241, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Eoceno inf., Graben, Horst, Turbiditas, Orogenia alpina, Medio agua poco profunda, Corriente turbidita, Estructura sedimentaria, Evaporita, Control tectónico, Línea

costa, Surco, Barra, Laguna, Tectónica zócalo, Provincia Gerona, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

21686. **La evolución tectonosedimentaria de las Baleares. Análisis crítico.** POMAR, L.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 293-310, ref. 148, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estudio crítico, Bibliografía, Primario, Secundario, Eoceno medio, Eoceno sup., Oligoceno, Neógeno, Medio agua poco profunda, Surco, Escama, Cabalgamiento, Olistostroma, Falla, Falla horizontal, Control tectónico, Ciclo sedimentario, Paleogeografía, Baleares.

21734. **Los arenales costeros de la isla de Menorca.** SAINZ-AMOR, E.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 207-210, ref. 3, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Arena, Línea costa, Grano, Granulometría, Dimensión grano, Composición carbonato, Mineral pesado, Mineral ligero, Mapa geológico, Menorca, Baleares.

21738. **Fábricas cristalinas de la anhidrita nodular y laminada.** ORTI CABO, F., y ROSSEL ORTIZ, L.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 235-253, ref. 69, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Anhidrita, Evaporita, Fábrica, Hábito, Litofacies, Medio sebkha, Diagénesis, Triás, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Villarrubia de Santiago, Bajo Ebro, Cuenca Tajo, Provincia Tarragona, Navarra.

21744. **Nota sobre la constitución de las denominadas «Tierras especiales» de Almoría (Málaga).** BARCELO SIERRA, G., y CARRASCO CANTOS, F.

Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. (1982), vol. 21, núm. 3, 189-191, ref. 8, esp., bibl. IGME.

* Arcilla, Silúrico, Difracción RX, Composición mineralógica, Análisis químico, Paragénesis, Metamorfismo epizonal, Provincia Málaga.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

21715. **Consideraciones sobre la rubefacción de algunos granitos ibéricos.** SAAVEDRA, J., y ARENILLAS, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 474-476, ref. 23, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Rubefacción, Composición alcalina, Alteración, Metasomatismo, Diagrama de equilibrio, Estabilidad, Presión, Temperatura.

21739. **El metamorfismo del sector El Vellón-Pedrezuela, Sistema Central Español.** LOPEZ RAMOS, M. C., y NAVIDAD, M.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 255-261, ref. 22, esp., bibl. IGME.

* Metamorfismo, Metamorfismo mesozonal, Metamorfismo progresivo, Roca metasedimentaria, Gnesis, Gnesis ojoso, Orogenia hercínica, Esquistosidad, Metamorfismo

regional, Metamorfismo de contacto, Facies metamórfica, Blastesis, Cristalización, Mapa geológico, Hercínico Centro, Provincia Madrid.

21777. **Metamorfismo de contacto en el borde Norte del Plutón de Santa Olalla de Cala, Huelva, Badajoz, con especial énfasis en las rocas carbonatadas.** CASQUET MARTIN, C.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 333-363, ref. 44, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Batolito, Plutón, Metamorfismo de contacto, Aureola metamórfica, Facies metamorfismo, Zonalidad, Mármol, Composición mineralógica, Paragénesis, Geotermometría, Diagrama de equilibrio, Provincia Huelva, Provincia Badajoz.

YACIMENTOLOGIA DE METALES

21735. **Los filones plumbíferos de Linares, Jaén, son continuos hasta el paleocaliche de la base del Triás.** FONT, X., y THIBIEROZ, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 16, núm. 4, 211-213, ref. 14, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Campo filoniano, Plomo sustancia, Dinantiense, Culim, Índice mineral, Yacimiento estratiforme, Paleosuelo, Triás inf., Linares, Provincia Jaén.

21770. **Estudios sobre la estructura y consideraciones sobre la génesis de menas de mercurio: V.—Yacimiento del Entredicho, Almadenejos. Ciudad Real.** CALVO, F. A.; GUILLEMANY, J. M., y GOMEZ DE SALAZAR, J. M.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 215-229, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mercurio sustancia, Cinabrio, Yacimiento impregnación, Yacimiento exhalativo, Cuarzita, Microestructura, Espectrometría fluorescencia, Microscopio electrónico, Mineralurgia, Almadenejos, Mina Entredicho, Provincia Ciudad Real.

21771. **Experimentos de síntesis de menas de mercurio: I.—Chovar. Impregnación en fase vapor.** CALVO, F. A.; GUILLEMANY, J. M., y GOMEZ DE SALAZAR, J. M.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 231-247, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mercurio sustancia, Cinabrio, Ensayo laboratorio, Yacimiento impregnación, Argilita, Sulfuro, Fase gaseosa, Metodología, Provincia Castellón.

YACIMENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

21743. **Génesis de pizarras arcillosas en el Devónico.** CABANAS PAREJA, R.; TIRADO COELLO, J. L., y PAFLOQUE GUERRERO, G.

Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. (1982), vol. 21, núm. 3, 185-187, ref. 5, esp., res. ing., franc., alem., bibl. IGME.

* Génesis yacimiento, Pizarra sustancia, Arcilla, Devónico, Difracción RX, Composición mineralógica, Hinojosa del Duque, Provincia Córdoba.

SUELOS

21674. **Precisions sobre la determinació de la fracció argila a sediments i sòls arenosos.** BALLBE, E., y BECH, J.

Acta Geol. Hisp. (1981), vol. 14, 195-197, ref. 20, cat., res. franc., bibl. IGME.

* Metodología, Dato mineral, Separación, Preparación, Fracción fina, Arcilla, Difracción RX, Suelo.

GEOQUIMICA

21987. **Os microfossils vegetals como possíveis indicadores de uranio.** AZEVEDO, F. F.

Boletim Paraneense de Geociencias (1981), núm. 34, 15-25, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Materia orgánica, Microfósil, Indicador geoquímico, Uranio, Radiactividad, Muestreo, Preparación, Preparación muestra.

GEOFISICA: GENERALIDADES

21779. **El fenómeno de difusión de ondas elásticas y la atenuación asociada para el caso de ondas sísmicas planas longitudinales y transversales resuelto por el método de «aproximaciones sucesivas de Born».** CADAVID, C.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 379-401, ref. 43, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teoría, Propagación onda, Difusión onda, Atenuación, Onda superficie, Onda volumen, Onda P, Onda S, Medio elástico, Medio heterogéneo, Método matemático, Método aproximaciones de Born.

21780. **Análisis en el dominio temporal de los efectos de filtrado, con referencia especial a los registros sísmicos.** CADAVID, C.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 403-439, ref. 22, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teoría, Registro sísmico, Filtrado, Alta resolución, Método matemático, Play Back inverso, Integral de superposición, Operador lineal.

21781. **El equipo teluromagnético: su versatilidad, calibrado, procesamiento de datos e interpretación.** CADAVID, C.; BERGAMIN DE LA VIÑA, J. J., y MERINO DEL RIO, J.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 441-465, ref. 32, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teoría, Método telúrico, Método magnetotelúrico, Calibración, Tratamiento datos, Interpretación.

FISICA DEL GLOBO

21778. **Estructura cortical del Levante español en base a datos gravimétricos.** GARBO GOROSABEL, A.

Rev. R. Acad. Cienc. Exactas. Fis. Nat. Madr. (1982), vol. 76, núm. 2, 365-378, ref. 23, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Corteza terrestre inf., Corteza terrestre sup. Modelo, Método iterativo, Anomalía gravimétrica, Anomalía Bouguer, Discontinuidad Conrad, Rifting, Provincia Valencia, Provincia Albacete.

21899. **Zonas homoclimáticas de la Región Murciana.** ALBADALEJO, J., y DIAZ, S.

Estudios Territoriales (1982), núm. 7, 71-87, esp., bibl. IGME.

* Clima, Zonalidad, Homogeneidad, Precipitación atmosférica, Método estadístico, Dendrograma, Evapotranspiración, Provincia Murcia.

ENERGIA

21745. **Datos comparativos de la minería del carbón.** CARBUNION.

Datos comp. min. carbón refino pet. (1982), núms. 3-4, 1-9, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Sustancia útil, Antracita, Lignito, Producción, Utilización sustancia, España.

21761. **Investigación de lignitos en las cuencas límnicas gallegas (Cuenca de Ginzo de Limia).**

Minerpress (1982), núm. 112, 6 pp., esp., bibl. IGME.

* Prospección, Método geofísico, Lignito, Sondeo, Sondeo eléctrico, Poder calorífico, Reserva, Ginzo de Limia, Provincia Orense.

21763. **La biomasa: una fuente de energía alternativa.** JARABO FRIEDRICH, F.; FERNANDEZ GONZALEZ, J., y DIAZ MARTIN, M.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 445-450, ref. 10, esp., bibl. IGME.

* Energía, Biomasa, Metodología.

21764. **Electricidad por energía solar fotovoltaica.** HERNANDEZ FRAILE, G.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 453-455, esp., bibl. IGME.

* Energía solar, Energía solar fotovoltaica, Células fotovoltaicas, Electricidad.

21765. **El binomio agua-energía.** GONZALEZ MA-TEOS, F.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 459-467, esp., bibl. IGME.

* Energía, Recurso natural, Agua, Biomasa.

21766. **Almacenaje de carbón.** GRILLOT DE CERCHAR, R.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 471-473, esp., bibl. IGME.

* Almacenaje, Carbón, Oxidación, Combustión.

21767. **Posibilidades de ahorros de energía en la industria química.** LOSTE PAÑO, R.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 475-478, esp., bibl. IGME.

* Economía de energía, Industria química, Refino, España.

21768. **Obtención de energía a partir de productos amiláceos.** AVENDAÑO, M. C., y CORNEJO, I.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 481-482, ref. 19, esp., bibl. IGME.

* Energía, Biomasa, Economía de energía.

21769. **Panorama energético desde el carbón y su necesario protagonismo.** SIERRA LOPEZ, J.

Química e industria (1982), vol. 28, núm. 6, 483-486, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Carbón térmico, Mercado, Sociedad del Estado, CARBOEX, España.

21784. **Gas suficiente para las generaciones futuras.** BRECHT, CH.

Rutas gas (1982), núm. 23, 5-12, esp., bibl. IGME.

* Gas natural, Producción, Consumo, Utilización sustancia, Perspectiva, Importación, Política aprovisionamiento, Pipeline, Mundo.

21787. **La gasificación del carbón y su viabilidad económica.** VELA LUMBRERAS, A.

Rutas gas (1982), núm. 23, 37-47, ref. 8, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Gasificación, Histórico, Metodología, Subterráneo, Inversión económica, Rentabilidad, Industria, Inventario, Política de Estado, Mundo, España.

21788. **Nuevas tecnologías para la conversión del carbón en combustibles gaseosos y líquidos.** ANONIMO.

Rutas gas (1982), núm. 23, 48-49, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Gasificación, Licuefacción, Histórico.

21789. **La gasificación del carbón en el mundo.** BARCELO MATUTANO, G., y BARCELO RICO-AVELLO, G.

Rutas gas (1982), núm. 23, 51-55, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Sustancia útil, Gasificación, Hidrocarburo, Síntesis, Histórico, Mundo.

21790. **Ventajas e inconvenientes de la gasificación del carbón.** GARCIA CONDE, J. R.

Rutas gas (1982), núm. 23, 56-57, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Sustancia útil, Gasificación, Estudio crítico, Coste, España.

21791. **El carbón en el P. E. N. (Plan Energético Nacional).** BUSTAMANTE, J.

Rutas gas (1982), núm. 23, 58-63, esp., bibl. IGME.

21792. **El carbón no es la panacea energética.** NAVARRRO, A.

Rutas gas (1982), núm. 23, 64-66, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Sustancia útil, Reserva, Mundo.

* Legislación minera, Concesión minera, Cobre sustancia, Plomo sustancia, Zinc sustancia, Plata sustancia, Oro sustancia, Molibdeno sustancia, Manganeso sustancia, Provincia Badajoz.

21753. **Propuesta de Reserva provisional a favor del Estado para la investigación de yacimientos de recursos minerales de Cu, Pb, Zn, Fe, Ag, Au, Sn, en un área denominada «Zona Lomo de Bas», provincia de Murcia.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 3, p. 12, esp., bibl. IGME.

* Legislación minera, Concesión minera, Cobre sustancia, Plomo sustancia, Zinc sustancia, Hierro sustancia, Plata sustancia, Oro sustancia, Estaño sustancia, Provincia Murcia.

21754. **Propuesta de Reserva provisional a favor del Estado para la investigación de recursos minerales de Ag, Pb, Zn, Mo, Nb, Tl, en un área denominada «Noya», provincia de La Coruña.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 3, p. 12, esp., bibl. IGME.

* Legislación minera, Concesión minera, Plata sustancia, Plomo sustancia, Zinc sustancia, Molibdeno sustancia, Niobio sustancia, Talio, Provincia La Coruña.

21755. **Propuesta de Reserva provisional a favor del Estado para investigación de recursos de Ag, Pb, Zn, Mo, Nb, Tl, en un área denominada «Fervenza», provincia de La Coruña.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 3, p. 12, esp., bibl. IGME.

* Legislación minera, Concesión minera, Plata sustancia, Plomo sustancia, Zinc sustancia, Molibdeno sustancia, Niobio sustancia, Talio, Provincia La Coruña.

ECONOMIA

21751. **Propuesta de Reserva provisional a favor del Estado para la investigación de recursos minerales de hierro y cobre en un área denominada «Río Chanzas», provincia de Huelva.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 3, p. 12, esp., bibl. IGME.

* Legislación minera, Concesión minera, Hierro sustancia, Cobre sustancia, Río Chanzas, Provincia Huelva.

21752. **Propuesta de Reserva provisional a favor del Estado para la investigación de Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Mo, Mn, en un área denominada «Matachel», provincia de Badajoz.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 3, p. 12, esp., bibl. IGME.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua española irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificación alguna, adición o supresión al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3

INDICE DE MATERIAS

	Páginas
GEOLOGIA	
A. GARBÓ GOROSABEL: Estudio de los movimientos de compensación isostática en una zona del Levante español	3
J. SOLDEVILA: Estudio geológico-estructural de la terminación occidental del sinclinal de Almadén	93
P. A. SELDEN y M. ROMANO: First Palaeozoic arachnid from Iberia: <i>Aphantomartus areolatus</i> Pocock (basal Stephanian; prov. León, NW Spain), with remarks on aphantomartid taxonomy	106
F. DÍAZ DEL OLMO y M. GUTIÉRREZ ELORZA: Observaciones sobre la geomorfología del batolito de Santa Olalla	179
JOSÉ LUIS SIMÓN GÓMEZ: La compresión alpina y el tránsito a la distensión en la Cadena Ibérica oriental	281
J. J. DOZY: La geología del sureste de la provincia de Lugo (Noroeste de España)	383
I. ANTIGÜEDAD, J. CRUZ-SANJULIÁN, P. A. FERNÁNDEZ-MENDIOLA y J. GARCÍA-MONDÉJAR: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	489
J. L. SIMÓN GÓMEZ: La distensión plio-cuaternaria en la Cadena Ibérica oriental. Mapa de contornos estructurales de la penillanura fundamental deformada	496
MINERIA	
P. GUMIEL y E. VINDEL: Estudio de las mineralizaciones filonianas plomo-antimoníferas de la cobertera en la Sierra de la Demanda. Mina Santa Rufina, Urrez (Burgos)	10
J. M. MARTÍN POZAS, J. MARTÍN-VIVALDI y M. SÁNCHEZ CAMAZANO: El yacimiento de Sepiolita Paligorskita de Sacramenia, Segovia	113
J. FERNÁNDEZ y L. C. PÉREZ GARCÍA: Las mineralizaciones de cobre en ríos arenosos de baja sinuosidad (Triásico al N de la provincia de Jaén. España)	121
E. PERCONIG, F. VÁZQUEZ, F. VELANDO y F. LEYVA: Sobre el descubrimiento de fosfatos sedimentarios en el Precámbrico Superior de España	187
R. CASTROVIEJO BOLÍVAR y F. MORENO SERRANO: Estructura y metalogenia del campo filoniano de Cierco (Pb-Zn-Ag), en el Pirineo de Lérida	291
M. ARCE, J. BOQUERA, V. CALDERÓN, C. DABRIO y M. A. ZAPATERO: Posibilidades lignitíferas de la Cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415
J. TENA y E. MINGARRO: Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz)	503

	Páginas
AGUAS SUBTERRANEAS	
C. ALVAREZ, F. DE PEDRO HERRERA, R. GALLEGRO y E. VILLANUEVA: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica a las aguas de la zona de Soria correspondiente a la Hoja 408-Torrijo de la Cañada (Soria)	20
J. SANCHEZ, A. MAQUIEIRA y J. A. SERRA: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. I. Composición química de las aguas subterráneas	32
J. SANCHEZ, A. MAQUIEIRA y J. A. SERRA: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. II. Relación entre la composición química de las aguas subterráneas y las características litoestructurales de la zona	129
C. ALVAREZ, F. DE PEDRO, E. LUCAS, R. GALLEGRO y M. ^a E. GARCÍA: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja geológica núm. 348, Fuenteargemil (Soria)	141
J. VENAVENTE HERRERA y R. FERNÁNDEZ-RUBIO: Hidrogeología del acuífero de la Vega de Almuñécar (Granada)	208
I. MORENO CALVILLO, A. PULIDO BOSCH y R. FERNÁNDEZ-RUBIO: Hidrogeología de las sierras de María y del Maimón (provincia de Almería)	321
C. ALVAREZ, F. DE PEDRO, M. MOLINA, M. R. SOL, N. VELÁZQUEZ y R. GALLEGRO: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja Geológica núm. 348 de Fuentearmegil (Soria)	426
GEOFISICA	
A. GRANDA SANZ: Consideraciones sobre algunos métodos geofísicos aplicables en la Faja pirítica	220
GRUPO DE TRABAJO DE PERFILES SÍSMICOS PROFUNDOS: Perfiles sísmicos profundos en España 1981	339
J. L. PLATA TORRES: Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría	510
GEOQUIMICA	
C. ALVAREZ RAMIS, G. ALMENDROS y A. POLO: Naturaleza y propiedades de los materiales turbosos de la serie holocénica del río Tajuña (Guadalajara)	348
GEOTECNIA	
C. MANERA BASSA: Método para el estudio de inestabilidades creadas por bloques rígidos en excavaciones subterráneas	49
J. ORDAZ, R. M. ESBERT y L. M. SUÁREZ DEL RÍO: Análisis del sistema poroso en materiales graníticos	236
F. GASCÓN y M. BALBAS: Dilatación lineal térmica del granito	441
ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS	
J. M. UGIDOS: Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila (Sistema Central español). Réplica a F. BEA	63
A. ACOSTA, A. GARCÍA-CERVIGÓN y M. RODRÍGUEZ: Estudio mineralógico y genético de los talcos de la Sierra de las Estanterías (Cordilleras Béticas)	150

	Páginas
A. GARCÍA-CERVIGÓN, E. M. SEBASTIÁN y M. RODRÍGUEZ: Mineralogía y génesis del yacimiento de azufre nativo de Benamaurel (Granada)	160
J. TORRES-RUIZ y J. FERNÁNDEZ: Génesis de las mineralizaciones de cobre en las capas rojas triásicas del sector de Navas de San Juan (provincia de Jaén)	244
A. APARICIO YAGÜE y L. GARCÍA CACHO: Relaciones entre el quimismo mineral y la intensidad del metamorfismo experimentada por los niveles calcáreos preordovícicos de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)	354
E. SENTCHORDI y R. MARFIL: Estudio petrológico de las facies Saxoniense y Buntsandstein de la zona de El Pobo de Dueñas (Cordillera Ibérica)	448
J. GUIJARRO, M. A. HOYOS, J. CASAS y J. L. MARTÍN DE VIDALES: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	521
F. BELLIDO MULAS, J. L. BRANDLE MATE SANZ, L. GARCÍA CACHO y M. MARTÍNEZ RIPOLL: Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	530

INDICE DE AUTORES

	Páginas
ACOSTA, A.; GARCÍA-CERVIGÓN, A., y RODRÍGUEZ, M.: Estudio mineralógico y genético de los talcos de la Sierra de las Estanterías (Cordilleras Béticas)	150
ALMENDROS, G.; ALVAREZ RAMIS, C., y POLO, A.: Naturaleza y propiedades de los materiales burbosos de la serie holocénica del río Tajuña (Guadalajara)	348
ALVAREZ, C.; DE PEDRO HERRERA, F.; GALLEG0, R., y VILLANUEVA, E.: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica a las aguas de la zona de Soria correspondientes a la Hoja 408-Torrijo de la Cañada (Soria)	20
ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; LUCAS, E.; GALLEG0, R., y GARCÍA, M. ^a E.: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	141
ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; MOLINA, M.; SOL, M. R.; VELÁZQUEZ, N., y GALLEG0, R.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	426
ALVAREZ RAMIS, C.; ALMENDROS, G., y POLO, A.: Naturaleza y propiedades de los materiales burbosos de la serie holocénica del río Tajuña (Guadalajara)	348
ANTIGÜEDAD, I.; CRUZ-SANJULIÁN, J.; FERNÁNDEZ-MENDIOLA, P. A., y GARCÍA-MONDÉJAR, J.: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	489
APARICIO YAGÜE, A., y GARCÍA CACHO, L.: Relaciones entre el quimismo mineral y la intensidad del metamorfismo experimentada por los niveles calcáreos preordovícicos de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)	354
ARCE, M.; BOQUERA, J.; CALDERÓN, V.; DABRIO, C., y ZAPATERO, A.: Posibilidades lignitíferas de la cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415
BALBAS, M., y GASCÓN, F.: Dilatación lineal térmica del granito	441
BELLIDO MULAS, F.; BRANDLE MATESANZ, J. L.; GARCÍA CACHO, L., y MARTÍNEZ RIPOLL, M.: Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	530
BOQUERA, J.; ARCE, M.; CALDERÓN, V.; DABRIO, C., y ZAPATERO, M. A.: Posibilidades lignitíferas de la cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415
BRANDLE MATESANZ, J. L.; BELLIDO MULAS, F.; GARCÍA CACHO, L., y MARTÍNEZ RIPOLL, M.: Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	530
CALDERÓN, V.; ARCE, M.; BOQUERA, J.; DABRIO, C., y ZAPATERO, M. A.: Posibilidades lignitíferas de la cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415
CASAS, J.; GUIJARRO, J.; HOYOS, M. A., y MARTÍN DE VIDALES, J. L.: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	521
CASTROVIEJO BOLÍVAR, R., y MORENO SERRANO, F.: Estructura y metalogenia del campo filoniano de Cierco (Pb-Zn-Ag) en el Pirineo de Lérida	291
CRUZ-SANJULIÁN, J.; ANTIGÜEDAD, I.; FERNÁNDEZ-MENDIOLA, P. A., y GARCÍA-MONDÉJAR, J.: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	489

	Páginas
DABRIO, C.; ARCE, M.; BOQUERA, J.; CALDERÓN, V., y ZAPATERO, M. A.: Posibilidades lignitíferas de la cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415
DÍAZ DEL OLMO, F., y GUTIÉRREZ ELORZA, M.: Observaciones sobre la geomorfología del batolito de Santa Olalla	179
DOZY, J. J.: La geología del sureste de la provincia de Lugo (Noroeste de España).	383
ESBERT, R. M.; ORDAZ, J., y SUÁREZ DEL RÍO, L. M.: Análisis del sistema poroso en materiales graníticos	236
FERNÁNDEZ, J., y PÉREZ GARCÍA, L. C.: Las mineralizaciones de cobre en ríos arenosos de baja sinuosidad (Triásico al N de la provincia de Jaén (España)	121
FERNÁNDEZ, J., y TORRES-RUIZ, J.: Génesis de las mineralizaciones de cobre en las capas rojas triásicas del sector de Navas de San Juan (provincia de Jaén).	244
FERNÁNDEZ-MENDIOLA, P. A.; ANTIGÜEDAD, I.; CRUZ-SANJULIÁN, J., y GARCÍA-MONDÉJAR, J.: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	489
FERNÁNDEZ-RUBIO, R., y VENAVENTE HERRERA, J.: Hidrogeología del acuífero de la Vega de Almuñécar (Granada)	208
FERNÁNDEZ-RUBIO, R.; MORENO CALVILLO, I., y PULIDO BOSCH, A.: Hidrogeología de las sierras de María y del Maimón (provincia de Almería)	321
GALLEG0, R.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; LUCAS, E., y GARCÍA, M. ^a E.: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	141
GALLEG0, R.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; MOLINA, M.; SOL, M. R., y VELÁZQUEZ, N.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	426
GALLEG0, R.; VILLANUEVA, E.; ALVAREZ, C., y DE PEDRO HERRERA, F.: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica a las aguas de la zona de Soria correspondientes a la Hoja 408-Torrijo de la Cañada (Soria)	20
GARBO GOROSABEL, A.: Estudio de los movimientos de compensación isostática en una zona del Levante español	3
GARCÍA, M. ^a E.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; LUCAS, E., y GALLEG0, R.: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	141
GARCÍA CACHO, L., y APARICIO YAGÜE, A.: Relaciones entre el quimismo mineral y la intensidad del metamorfismo experimentada por los niveles calcáreos preordovícicos de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)	354
GARCÍA CACHO, L.; BELLIDO MULAS, F.; BRANDLE MATESANZ, J. L., y MARTÍNEZ RIPOLL, M.: Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	530
GARCÍA-CERVIGÓN, A.; ACOSTA, A., y RODRÍGUEZ, M.: Estudio mineralógico y genético de los talcos de la Sierra de las Estanterías (Cordilleras Béticas)	150
GARCÍA-CERVIGÓN, A.; SEBASTIÁN, E. M., y RODRÍGUEZ, M.: Mineralogía y génesis del yacimiento de azufre nativo de Benamaurel (Granada)	150
GARCÍA-MONDÉJAR, J.; ANTIGÜEDAD, I.; CRUZ-SANJULIÁN, J., y FERNÁNDEZ MENDIOLA, P. A.: Argumentos sedimentológicos e hidrogeoquímicos sobre la existencia de un diapirismo de materiales triásicos en el área de Dima (Vizcaya)	489

	Páginas
GASCÓN, F., y BALBAS, M.: Dilatación lineal térmica del granito	441
GRANDA SANZ, A.: Consideraciones sobre algunos métodos geofísicos aplicables en la Faja pirítica	220
GRUPO DE TRABAJOS DE PERFILES SÍSMICOS PROFUNDOS: Perfiles sísmicos profundos en España, 1981	339
GUIJARRO, J.; HOYOS, M. A.; CASAS, J., y MARTÍN DE VIDALES, J. L.: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	521
GUMIEL, P., y VINDEL, E.: Estudio de las mineralizaciones filonianas plomo-antimoníferas de la cobertera en la Sierra de la Demanda, Mina Santa Rufina, Urrez (Burgos)	10
GUTIÉRREZ ELORZA, M., y DÍAZ DEL OLMO, F.: Observaciones sobre la geomorfología del batolito de Santa Olalla	179
HOYOS, M. A.; GUIJARRO, J.; CASAS, J., y MARTÍN DE VIDALES, J. L.: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	521
LEYVA, F.; PERCONIG, E.; VAZQUEZ, F., y VELANDO, F.: Sobre el descubrimiento de fosfatos sedimentarios en el Precámbrico Superior de España	187
LUCAS, E.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; GALLEGRO, R., y GARCÍA, M. ^a E.: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	141
MANERA BASSAL, C.: Método para el estudio de inestabilidades creadas por bloques rígidos en excavaciones subterráneas	49
MAQUIEIRA, A.; SANCHEO, J., y SERRA, J. A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. I. Composición química de las aguas subterráneas ...	32
MAQUIEIRA, A.; SANCHEO, J., y SERRA, J. A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. II. Relación entre la composición química de las aguas subterráneas y las características litoestructurales de la zona	129
MARFIL, R., y SENTCHORDI, E.: Estudio petrológico de las facies Saxoniense y Buntsandstein de la zona de El Pobo de Dueñas (Cordillera Ibérica)	448
MARTÍN POZAS, J. M.; MARTÍN VIVALDI, J., y SÁNCHEZ CAMAZANO, M.: El yacimiento de Sepiolita Paligorskita de Sacramenia, Segovia	113
MARTÍN VIVALDI, J.; MARTÍN POZAS, J. M., y SÁNCHEZ CAMAZANO, M.: El yacimiento de Sepiolita Paligorskita de Sacramenia, Segovia	113
MOLINA, M.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; SOL, M. R.; VELÁZQUEZ, N., y GALLEGRO, R.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja Geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	426
MORENO CALVILLO, I.; PULIDO BOSCH, A., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: Hidrogeología de las sierras de María y del Maimón (provincia de Almería)	321
MORENO SERRANO, F., y CASTROVIEJO BOLÍVAR, R.: Estructura y metalogenia del campo filoniano de Cierco (Pb-Zn-Ag), en el Pirineo de Lérida	291
MARTÍN DE VIDALES, J. L.; GUIJARRO, J.; HOYOS, M. A., y CASAS, J.: Estudio de las inclusiones fluidas en los filones del stockwerk estannífero del Cerro de San Cristóbal (Logrosán, España)	521

	Páginas
MARTÍNEZ RIPOLL, M.; BELLIDO MULAS, F.; BRANDLE MATESANZ, L., y GARCÍA CACHO, L.: Estudio de Pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera	530
MINGARRO, E., y TENA, J.: Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz)	503
ORDAZ, J.; ESBERT, R. M., y SUÁREZ DEL RÍO, L. M.: Análisis del sistema poroso en materiales graníticos	236
PEDRO HERRERA, F. DE; ALVAREZ, C.; GALLEGRO, R., y VILLANUEVA, E.: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica a las aguas de la zona de Soria correspondientes a la Hoja 408 - Torrijo de la Cañada (Soria)	20
PEDRO, F. DE; ALVAREZ, C.; LUCAS, E.; GALLEGRO, R., y GARCÍA, M. ^a E.: Estudio hidrogeoquímico del tercio oriental de la Hoja Geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	141
PEDRO, F. DE; ALVAREZ, C.; MOLINA, M.; SOL, M. R.; VELÁZQUEZ, N., y GALLEGRO, R.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja Geológica núm. 348, Fuentearmegil (Soria)	426
PERCONIG, E.; VÁZQUEZ, F.; VELANDO, F., y LEYVA, F.: Sobre el descubrimiento de fosfatos sedimentarios en el Precámbrico Superior de España	187
PÉREZ GARCÍA, L. C., y FERNÁNDEZ, J.: Las mineralizaciones de cobre en ríos arenosos de baja sinuosidad (Triásico al N de la provincia de Jaén, España)	121
PLATA TORRES, J. L.: Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría	510
POLO, A.; ALMENDROS, G., y ALVAREZ RAMIS, C.: Naturaleza y propiedades de los materiales burbosos de la serie holocénica del río Tajuña (Guadalajara)	348
PULIDO BOSCH, A.; MORENO CALVILLO, I., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: Hidrogeología de las sierras de María y del Maimón (provincia de Almería)	321
RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA-CERVIGÓN, A., y ACOSTA, A.: Estudio mineralógico y genético de los talcos de la Sierra de las Estanterías (Cordilleras Béticas)	150
RODRÍGUEZ, M.; SEBASTIÁN, E. M., y GARCÍA-CERVIGÓN, A.: Mineralogía y génesis del yacimiento de azufre nativo en Benamaurel (Granada)	160
ROMANO, M., y SELDEN, P. A.: First Palaeozoic arachnid from Iberia: Aphantomartus areolatus Pocock (basal Stephanian; prov. León, NW Spain) with remarks en aphantomartid taxonomy	106
SÁNCHEZ CAMAZANO, M.; MARTÍN POZAS, J. M., y MARTÍN VIVALDI, J.: El yacimiento de Sepiolita Paligorskita de Sacramenia, Segovia	113
SANCHEO, J.; MAQUIEIRA, A., y SERRA, J. A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. I. Composición química de las aguas subterráneas ...	32
SANCHEO, J.; MAQUIEIRA, A., y SERRA, J. A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. II. Relación entre la composición química de las aguas subterráneas y las características litoestructurales de la zona	129
SEBASTIÁN, E. M.; GARCÍA-CERVIGÓN, A., y RODRÍGUEZ, M.: Mineralogía y génesis del yacimiento de azufre nativo de Benamaurel (Granada)	160
SELDEN, P. A., y ROMANO, M.: First Palaeozoic arachnid from Iberia: Aphantomartus areolatus Pocock (basal Stephanian; prov. León, NW Spain) with remarks en aphantomartid taxonomy	106

	Páginas
SENTCHORDI, E., y MARFIL, R.: Estudio petrológico de las facies Saxoniense y Buntsandstein de la zona de El Pobo de Dueñas (Cordillera Ibérica)	448
SERRA, J. A.; SANCHE, J., y MAQUIEIRA, A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. I. Composición química de las aguas subterráneas ...	32
SERRA, J. A.; SANCHE, J., y MAQUIEIRA, A.: Contribución al estudio hidrogeológico de la provincia de Valencia. II. Relación entre la composición química de las aguas subterráneas y las características litoestructurales de la zona	129
SIMÓN GÓMEZ, J. L.: La compresión alpina y el tránsito a la distensión en la Cadena Ibérica oriental	281
SIMÓN GÓMEZ, J. L.: La distensión plio-cuaternaria en la Cadena Ibérica oriental. Mapa de contornos estructurales de la penillanura fundamental deformada	496
SOL, M. R.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; MOLINA, M.; VELÁZQUEZ, N., y GALLEGO, R.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja Geológica núm. 348, Fuente-armegil (Soria)	426
SOLDEVILA, J.: Estudio geológico-estructural de la terminación occidental del sinclinal de Almadén	93
SUÁREZ DEL RÍO, L. M.; ORDAZ, J., y ESBERT, R. M.: Análisis del sistema poroso de materiales graníticos	236
TENA, J., y MINGARRO, E.: Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito (Badajoz)	503
TORRES-RUIZ, J., y FERNÁNDEZ, J.: Génesis de las mineralizaciones de cobre en las capas rojas triásicos del sector de Navas de San Juan (provincia de Jaén)	244
UGIDOS, J. M.: Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del batolito de Avila (Sistema Central español). Réplica a F. BEA	63
VÁZQUEZ, F.; PERCONIG, E.; VELANDO, F., y LEYVA, F.: Sobre el descubrimiento de fosfatos sedimentarios en el Precámbrico Superior de España	187
VELANDO, F.; PERCONIG, E.; VÁZQUEZ, F., y LEYVA, F.: Sobre el descubrimiento de fosfatos sedimentarios en el Precámbrico Superior de España	187
VELÁZQUEZ, N.; GALLEGO, R.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; MOLINA, M., y SOL, M. R.: Hidrogeoquímica de la zona occidental de la Hoja Geológica núm. 348, Fuente-armegil (Soria)	426
VENAVENTE HERRERA, J., y FERNÁNDEZ-RUBIO, R.: Hidrogeología del acuífero de la Vega de Almuñécar (Granada)	208
VILLANUEVA, E.; ALVAREZ, C.; DE PEDRO HERRERA, F., y GALLEGO, R.: Aplicación del análisis químico e interpretación geoquímica a las aguas de la zona de Soria correspondientes a la Hoja 408-Torrijo de la Cañada (Soria)	20
VINDEL, E., y GUMIEL, P.: Estudio de las mineralizaciones filonianas plomo-antimoníferas de la cobertera en la Sierra de la Demanda. Mina Santa Rufina. Urrez (Burgos)	10
ZAPATERO, M. A.; ARCE, M.; BOQUERA, J.; CALDERÓN, V., y DABRIO, C.: Posibilidades lignitíferas de la cuenca Neógena de Ademuz (Fosa de Teruel)	415

Ultimas publicaciones del IGME

Estas publicaciones pueden adquirirse en el Instituto Geológico y Minero, calle Alenza, 1, Madrid-3, y en el Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Paseo de la Castellana, 160, Madrid-16

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 1.—1.º Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa: 1.650 ptas.

Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 550 ptas.

Tema 3.—I.ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 550 ptas.

Tema 4.—1.ª Reunión sobre la Geología de Ossa-Morena.

Precio: 550 ptas.

Tema 5.—Evolución sedimentológica y Tectónica del ciclo alpino en el tercio noroccidental de la rama castellana de la Cordillera ibérica

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

Tema 6.—1.ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero Salamanca, 1979

Dos tomos, Precio: 800 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO-MINEROS. Su moderna presentación y manejable formato, de 21 × 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etc., harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

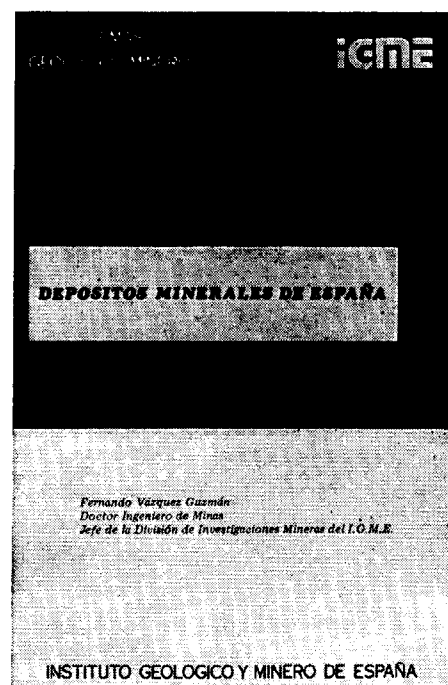
El primer volumen se ha dedicado al primer Curso Rosso de Luna.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico-Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro» en la Península Ibérica (Granada, en octubre de 1978).

El cuarto tema recoge los trabajos presentados en la Primera Reunión sobre la Geología de Ossa Morena y finalmente los temas V y VI se refieren, respectivamen-

te, a las Actas de la Primera Reunión de la Geología de la Cuenca del Duero (Salamanca, 2-7 de julio de 1978) y a la «Evolución Sedimentológica y Tectónica del ciclo Alpino del tercio Noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica».



COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar. 550 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación, lanza una nueva colección que, bajo el título genérico de Reediciones, recoge

Esta colección, iniciada en el año de 1979 con cuatro títulos, número que irá ampliándose en los próximos años.

Los títulos elegidos para este inicio han sido los siguientes:



las más importantes obras publicadas por el IGME a lo largo de su existencia, que agotadas en el transcurso del tiempo, pondrá así nuevamente a disposición del público interesado una serie de títulos de gran demanda, en moderna reproducción facsímil, en formato 21 × 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

- Resumen de la Historia Geológica de la tierra.
- El petróleo.
- El Cretáceo en España.
- Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid.

En prensa quedan nuevos títulos para su publicación en próximos años.

COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 500 ptas.; extraordinario (*), 1.100 ptas.; especial (**), 1.650 ptas.

- Tomo 19-1895. **Lucas Mallada**. Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo I. Rocas hipogénicas y sistema estrato cristalino.
- Tomo 21-1898. **Lucas Mallada**. Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo III. Sistemas Devoniano y Carbonífero.
- Tomo 26-1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 41-1935. **Varios**. Explicación del nuevo Mapa geológico de España, escala 1:1.000.000. Volumen I. Sistema Cambriano.
- Tomo 42-1935. **P. Hernández Sampelayo**. Criaderos de Hierro de España. Tomo IV. Galicia. Fascículos 1.º y 2.º
- Tomo 47-1944. **Varios**. Datos para el estudio de las Hojas del Mapa Geológico 1/50.000. Gijón-Oviedo.
- Tomo 52-1949. **J. García Siñeriz**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Tomo IV.
- Tomo 53-1950. **J. García Siñeriz**. Libro Jubilar, tomo I.
- Tomo 54-1951. **B. Meléndez y Meléndez**. Libro Jubilar, tomo II.
- Tomo 55-1953. **J. Cantos**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Tomo V.
- Tomo 56-1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 59-1958. **A. Almela y R. Sanz**. Resumen de la Historia Geológica de la Tierra.
- Tomo 61-1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62-1961. **Febre Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64-1963. **J. M.ª Ríos García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65-1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66-1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 68-1967. **S. Reguant Serra**. El Eoceno Marino de Vic (Barcelona).
- Tomo 70-1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrénées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71-1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72-1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73-1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74-1970. **R. Hernando de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75-1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 77-1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (**)-1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (**)-1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80-1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (**)-1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (**)-1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Alava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (*)-1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (*)-1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86-1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87-1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88-1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª Caraballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89-1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90-1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91-1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.
- Tomo 92-1978. **Andrés Pérez Estaun**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93-1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.
- Tomo 94-1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón**. Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.
- Tomo 95 (*)-1979. **Antonio Pulido Bosch**. Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nor-Oriental (Provincias de Valencia y Alicante).
- Tomo 96-1979. **Luisa Martínez Chacón**. Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.
- Tomo 97 (**)-1979. **Tomás Rodríguez Estrella**. Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.
- Tomo 98-1984 (*) (en prensa). Síntesis Geológica de la faja piritífera del SO de España.
- Tomo 99-1984. **Robert Bourrouilh**. Estratigrafía, Sedimentología y Tectónica de la Isla de Menorca y del noreste de Mallorca (Balears). Precio: 2.800 ptas.
- Tomo 100-1984 (*). **J. L. Marquínez García**. La geología del área esquistosa de Galicia Central (Cordillera Herciniana NW de España).

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del IGME. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el IGME.

Formato: 30x21 cm.

Precio de cada ejemplar, 700 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Síntesis para un ensayo Paleogeográfico entre la Meseta y la Zona Bética (s. str.).
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:

 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

- Programa Nacional de Exploración de Lignitos:

 - Volumen 0. Introducción.
 - Volumen 4. Zona núm. 6 Béticas (incluida Baleares).
 - Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Área del Valle del Tíetar y Moraleja.
 - Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
 - Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
 - Investigación de Minerales de Plomo en el Área de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
 - Estudio Previo para la Investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Área 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
 - Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
 - Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
 - Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I», Golfo de Cádiz.
 - Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Área I. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
 - Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
 - Investigación Minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
 - Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
 - Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
 - Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
 - Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
 - Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
 - Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca (Málaga).
 - Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
 - Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
 - Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
 - Monografía de Rocas Industriales. Asbestos. Talco y Pirofilita.
 - Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
 - Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
 - Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
 - Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
 - Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
 - Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
 - Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.
 - Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
 - Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I.
 - Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo II.
 - Coste del Agua Subterránea.
 - Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
 - Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
 - Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Alta del Guadiana.
 - Investigación Hidrogeológica en la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12.
 - Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana.
 - Calidad de las Aguas Subterráneas en las Cuencas del Sur de España.
 - Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Baja del Segura y Costeras de Alicante.
 - El Sistema Hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental).
 - Calidad de las Aguas Subterráneas en la Isla de Mallorca.
 - Investigación Hidrogeológica en las Cuencas del Sur de España (Sector Occidental).
 - Libro de Contaminación de las Aguas Subterráneas (Tecnología, Economía y Gestión).
 - Calidad de las Aguas Subterráneas en la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
 - Calidad química y focos potenciales de contaminación de las Aguas Subterráneas en la Isla de Mallorca.
 - Problemática de las Aguas Subterráneas en la provincia de Castellón de la Plana.
 - Control piezométrico y de calidad de las Aguas Subterráneas en la Isla de Ibiza.
 - Investigación hidrogeológica de la cuenca del Duero, ríos Voltoya y Travancos.
 - Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro.
 - Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero.
 - Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno.
 - Evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos. Anuarios.
 - Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: Situación actual y focos potenciales de contaminación.
 - Investigación hidrogeológica básica del Sistema 88 (10 bis). Cuenca del Duero.
 - Síntesis hidrogeológica de la Cuenca del Guadalquivir.
 - Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Tajo.
 - Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Baja del Guadalquivir.

PUBLICACIONES ESPECIALES

INTRODUCCION A LOS MINERALES DE ESPAÑA.

Por **Emilio Galán y Salvador Mirete.**

Formato: 29×22 cm. 420 págs. a todo color.

Precio: 3.900 ptas.

INTRODUCCION A LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION MINERA.

Por **José Enrique Azcárate Martín.**

Formato: 24 1/2×18 cm. 594 págs.

Precio: 3.800 ptas.

LIBRO JUBILAR «JOSE MARIA RIOS».

Geología de España. Tomo I.

Diversos autores. Coordinador General: **J. A. Comba**

Formato: 27×22 cm. 600 págs.

Precio: 3.500 ptas.

GEOLOGY AND PALAEONTOLOGY OF THE GUARDO COALFIELD (NE LEON - NW PALENCIA) CANTABRIAN MTS.

Por **R. H. Wagner, L. C. Fernández García y R. M. C. Eagar**

Formato: 27×21 cm. 107 págs.

Precio: 1.650 ptas.

CARBONIFERO Y PERMICO DE ESPAÑA

Publicación del X Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero
Diversos autores. Coordinado por **Carlos Martínez Díaz.**

Formato: 27×20 cm. 502 págs.

Precio: 1.650 ptas.

DEPOSITOS MINERALES DE ESPAÑA.

Por **F. Vázquez Guzmán.**

Formato: 30×22 cm. 156 págs.

(Edición corregida y ampliada año 1983).

Precio: 2.000 ptas.

OTRAS PUBLICACIONES DEL IGME

SINTESIS DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS REALIZADAS POR EL IGME

— Asturias
— Alava
— Aragón
— Cantabria
— Navarra

— Alicante
— Castilla la Nueva
— Cataluña
— León
— Extremadura

— Zamora
— Salamanca
— Murcia
— Albacete
— Andalucía
— del Hierro

Precio de cada ejemplar: 700 ptas.

PANORAMA MINERO 1981

Precio: 500 ptas.

PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO:

- Sector oriental de la Cordillera Cantábrica
- Galicia

Formato: 19×9 cm.

Precio de cada ejemplar: 350 ptas.

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

Precio: 350 ptas.

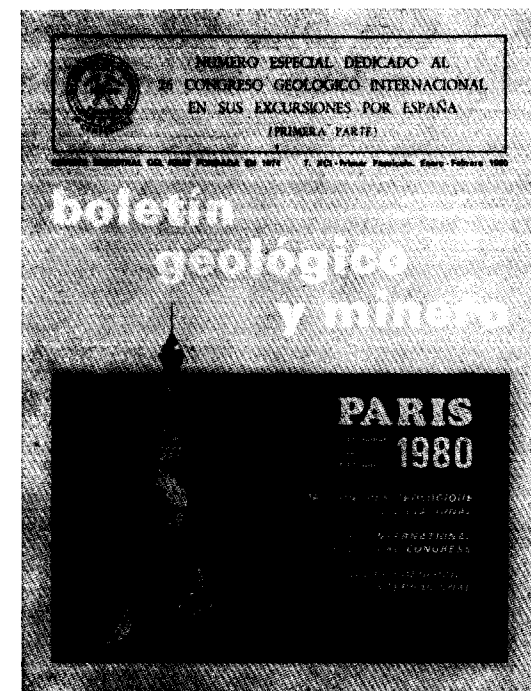
La consideramos como la publicación de mayor difusión del Instituto Geológico y

Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral, que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.

El último tomo publicado es el 94, que corresponde al año 1983 (fascículos I al VI) y comprende trabajos de Geología, Minería, Aguas Subterráneas y de Estudios de Minerales y Rocas, que hacen un total de más de 600 páginas, incluidas las dedicadas a diversos temas de información, así como los índices por materias y autores de dicho tomo.



Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica
industrias extractivas y de su beneficio
Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23 - Madrid-3. España

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)
ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.650 ptas.
DEMAS PAISES 1.800 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País

Fecha FIRMA

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA E. 1:50.000

1.ª Serie. 1.ª Edición

558. Villaviciosa de Odón.
760. Daimiel.
698. Palma.

Precio del ejemplar: 800 ptas.

MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 900 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000).

Geológico:

Sustituirá en su día al de Síntesis. Actualmente en formación. Publicada la Hoja y Memoria núm. 8. Lugo. Precio del ejemplar: 1.100 ptas.

Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

Geotécnico General:

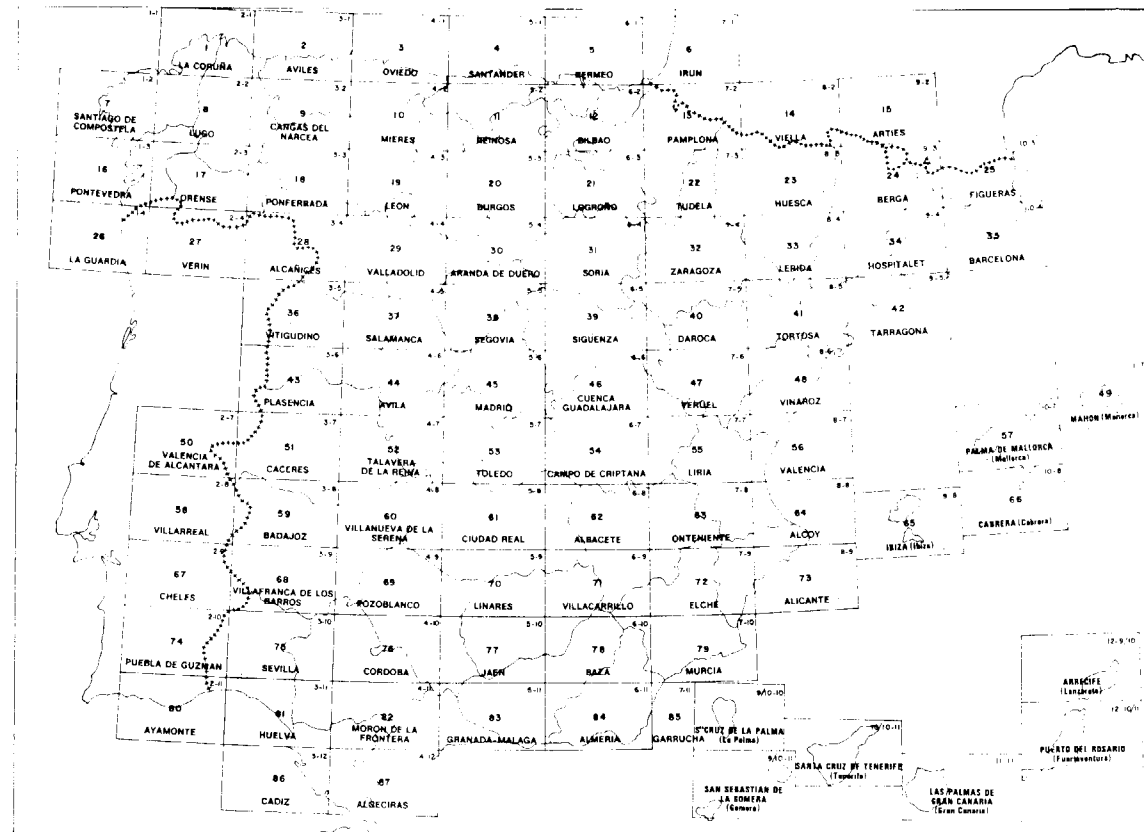
Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria.

De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria.

Hidrogeológico:

Precio del ejemplar: 700 ptas. Hoja y Memoria. publicados: Hoja núm. 37, Salamanca, 48, Vinaroz, y 80/81, Ayamonte-Huelva.



División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica y Geológico, Geotécnico General, de Rocas Industriales, Metalogenético e Hidrogeológico).

MAPA GEOCIENTIFICO DEL MEDIO NATURAL

Provincia de Almería

2 Tomos. 1.600 ptas.

Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

8/11 Avila de los Caballeros.—8/12 Arenas de San Pedro.—8/13 Talavera de la Reina.—9/10 Segovia.—9/11 San Lorenzo de El Escorial.—9/12 Navalcarnero.—10/9 Riaza.—10/10 Torrelaguna.—10/11 Madrid.—10/12 Getafe.—10/13 Mora.—11/9 Sigüenza.—11/10 Brihuega.—11/11 Guadalajara.—11/12 Tarancón.

Precio de cada ejemplar, 700 ptas.

Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

* Cuencas del Duero, Guadiana, Guadalquivir, del Sur, del Segura, alta, media y baja del Júcar, Baleares y Tajo.

Precio de cada ejemplar, 350 ptas.

Mapa de Orientación al Vertido de Residuos Sólidos Urbanos E. 1:50.000

Precio del ejemplar: 550 ptas.

Hojas publicadas.

Zona central de Asturias.	985. Carmona.	820. Onteniente.
473. Tarragona.	695. Liria.	821. Alcoy.
545. Morella.	696. Burjasot.	822. Benisa.
546. Ulldecona.	698. Palma.	823. Jávea.
547. Alcanar.	699. Porreras.	847. Villajoyosa.
568. Mosqueruela.	720. Requena.	848. Altea.
570. Albocacer.	721. Ceste.	872. Alicante.
571. Vinaroz.	722. Valencia.	893. Elche.
593. Cuevas de Vinroma.	724. Lluçmajor.	Guadalhorce Bajo (Málaga).
594. Alcalá de Chisvert.	737. Villarrubia de los Ojos.	Llanos de Antequera, zona oriental.
616/617. Villafames-Faro de Oro-pesa.	746. Llombay.	Llanos de Antequera, zona occidental.
640. Segorbe.	747. Sueca.	Zona de Almería
641. Castellón de la Plana.	760. Daimiel.	934. Murcia
667. Villar del Arzobispo.	769. Navarres.	1.002. Dos hermanas.
668. Sagunto.	770/771. Alcira-Levesa.	1.075. San Roque.
669. Moncófar.	794. Canals.	1.078. La Línea.
671. Inca.	795. Játiva.	
	796. Gandía.	

Mapa de Orientación al Vertido de Residuos Sólidos Urbanos de la provincia de Madrid E. 1:200.000

550 ptas.

Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes E. 1:200.000 1.ª Edición

84-85

Almería - Garrucha

84 S-85 S

Chella - Los Genoveses

Precio del ejemplar: 1.000 ptas.

Otras publicaciones cartográficas

Mapas Geológicos Varios

	Ptas.
— Geológico de la Isla de Fuerteventura - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Isla de Gran Canaria - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Isla de Lanzarote - Escala 1:100.000.	550
— Geológico de la Isla de Tenerife - Escala 1:100.000.	550
— Geológico de la provincia de Guipúzcoa - Escala 1:100.000	550
— Geológico de la Cuenca del Duero - Escala 1:250.000.	550
— Petrográfico y estructural de Galicia - Esc. 1:400.000.	550
— Sismotectónico de la Península Ibérica - Escala 1:2.500.000	350

Mapa Geológico Nacional - Escala 1:400.000

La edición completa se compone de 64 hojas, en existencia las siguientes:

Hoja n.º	Ejemplar: 550 ptas.
1/2. La Coruña.	
4. Costa de Santander y Vizcaya.	
9/10. Pontevedra, Lugo y Orense.	
11. León.	
12. Vizcaya y Burgos.	
14. Pirineo Leridano y Oscense.	
17/18. Orense, Zamora y Norte de Portugal.	
52. Granada.	
59. Algeciras.	

Mapas Geológicos Provinciales - Escala 1:200.000

En existencia los siguientes:	Ejemplar: 550 ptas.
Hoja n.º	Hoja n.º
1. Almería.	8. Murcia.
3. Cáceres.	9. Salamanca.
4. Cádiz.	10. Valencia.
5. La Coruña.	

Mapas Geológicos - Escala 1:1.000.000

— Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (1.ª edición). Año 1980. Plano sin plegar.	1.000 ptas.
— Idem, id. Plano plegado y Nota de Autores	1.100 ptas.
— Idem, id. Plano sin plegar, con cuadrícula división en Hojas Escala 1:200.000	1.100 ptas.
— Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (6.ª edición). Año 1966 (a extinguir).	700 ptas.
— Tectónico de la Península Ibérica y Baleares	700 ptas.
— de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos	700 ptas.

Mapa Metalogenético de España - Escala 1:1.500.000

Ejemplar: 550 ptas.

La colección completa consta de 17 hojas y memorias referidas a las siguientes sustancias:

Hoja n.º	Hoja n.º	Hoja n.º
1. Aluminio.	7. Flúor.	13. Níquel.
2. Azufre.	8. Fosfatos	14. Oro.
3. Bismuto.	9. Hierro.	15. Potasa-Sal común.
4. Plomo-Cinc.	10. Hulla.	16. Titanio.
5. Cobre.	11. Manganeseo.	17. Wolframio.
6. Estaño.	12. Mercurio.	

**MAPA GEOLOGICO DE LA PENINSULA IBERICA,
BALEARES Y CANARIAS - E. 1:1.000.000**

1.^a Edición. Año 1980

Precio del ejemplar: Sin plegar	1.000 ptas.
Idem. Plano plegado y Nota de Autores	1.100 ptas.
Idem. Plano sin plegar, con cuadrícula división en Hojas Escala 1:200.000	1.100 ptas.

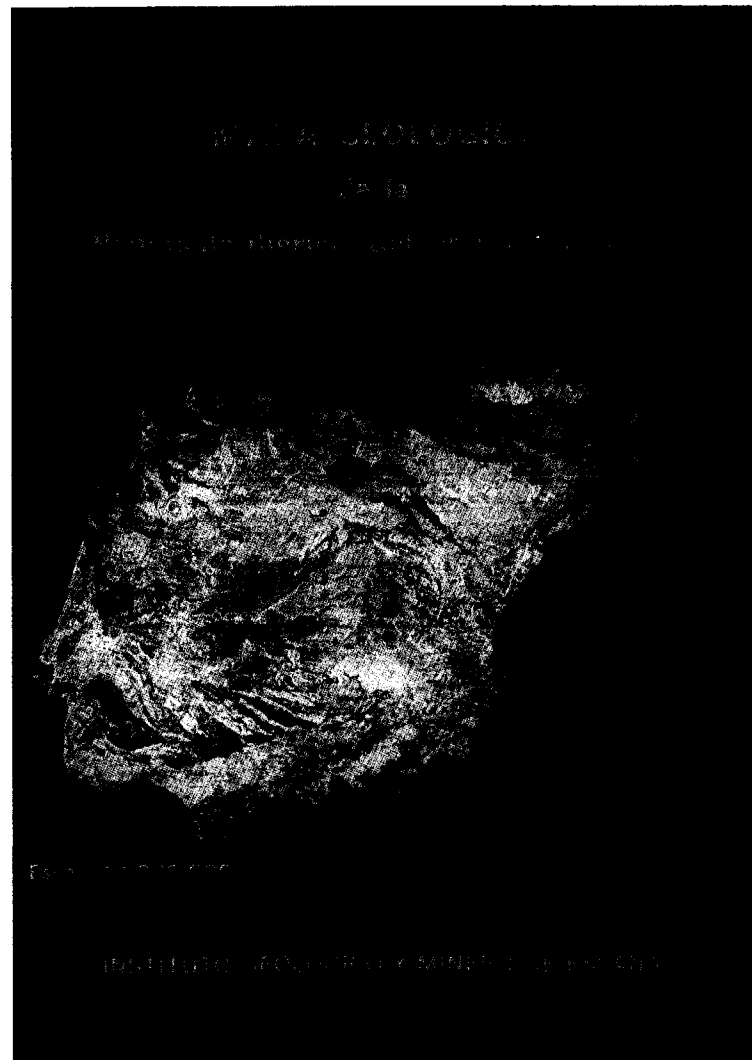
Este Mapa es un ensamble de las Hojas de la Síntesis Geológica a escala de 1:200.000, completado con el Proyecto MAGNA iniciado en 1971, que comprende la ejecución de 1.130 Hojas que abarcan la totalidad del territorio español y de las que hasta el presente se han realizado 531 Hojas geológicas, que equivalen al 48 por 100 del territorio nacional.

Además se han utilizado, de forma muy especial, los siguientes Mapas:

- 1) Mapa Geológico Internacional de Europa a escala 1:1.500.000 (1973-74). A5 La Coruña; B5 Paris-Sud.
- 2) Carta Geológica de Portugal. Escala 1:1.000.000 (1968).
- 3) Cartografía Geológica del Macizo Hespérico del Sudoeste de la Península Ibérica E. 1:500.000 (1975).
- 4) Carte Géologique du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique E. 1:500.000 (1967).
- 5) Carte Géologique d'une partie de la Serranía de Cuenca et des Montes Universales. P. A. VIALLARD (1965-1971).

Se han tenido en cuenta los elementos según los cuales fue confeccionada la leyenda general del Mapa Geológico Internacional de Europa a escala de 1:1.500.000, según versión de 1962 y revisada en 1970.

Una vez realizado este primer trabajo de síntesis, se confeccionaron unos bocetos que se distribuyeron a las distintas cátedras geológicas del país para que corrigiesen posibles errores



y completasen las zonas de trabajo de las correspondientes áreas de desarrollo de sus actividades.

Estas correcciones y mejoras dieron lugar a un boceto definitivo, que sirvió para la confección de este nuevo mapa.

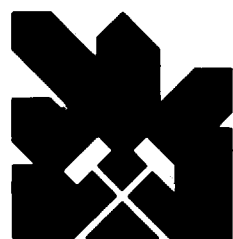
MOSAICO FOTOGRAFICO DE LA PENINSULA IBERICA E ISLAS BALEARES

Precio del ejemplar: 3.900 ptas. Tamaño: 105×130 cm. E. 1:1.000.000

MAPA DE LINEAMIENTOS DEDUCIDOS DE LAS IMAGENES LANDSAT

Precio del ejemplar: 3.500 ptas. Tamaño: 95×120 cm. E. 1:1.000.000

5 ABR. 1984



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - Madrid-3