

7/2-4-1

En este número:

- Estratigrafía de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa. Comparación con la cuenca turbidítica prepirrenaica central.
- Sobre la existencia de Paradoxides enrollado en el Cámbrico hispano.
- Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España): Los parámetros morfoscópicos granulométricos.
- Naturaleza y distribución de las menas que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar, provincia de Sevilla (España).
- Usos y aplicaciones del agua en España.
- Obtención de zeolitas a partir de arcillas aluminosas españolas.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 Tomo XCVI. Quinto Fascículo. Septiembre-October 1985

boletín geológico y minero

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



Tomo 96
Fascículo V
Septiembre-October 1985

Boletín Geológico y Minero



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

SUMARIO

Geología	J. ROSELL, E. REMACHA, M. ZAMORANO y V. GABALDÓN: Estratigrafía de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa. Comparación con la cuenca turbidítica pirenaica central ...	3
	MARÍA DOLORES GIL CID: Sobre la existencia de Paradoxides enrollado en el Cámbrico hispano ...	15
	J. MARTÍNEZ MARTÍNEZ: Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España). Los parámetros morfoscópicos-granulométricos ...	18
Minería	JOSEFINA SIERRA: Naturaleza y distribución de las menas que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar, provincia de Sevilla (España) ...	24
Aguas subterráneas	A. IGLESIAS LÓPEZ: Usos y aplicaciones del agua en España ...	44
Estudio de minerales y rocas	A. J. AZNAR y A. DE LA IGLESIA: Obtención de zeolitas a partir de arcillas aluminosas españolas ...	73
Información	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Promoción de la Comisión Nacional de Geología ...	82
	G. NÚÑEZ ROMERO-BALMAS: La minería alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX. Capítulo 8 ...	85
	Noticias y Notas bibliográficas ...	95

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

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

Capas turbidíticas de la secuencia de San Telmo superior. Eoceno.

Foto: J. Rosell

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID

Estratigrafía de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa. Comparación con la cuenca turbidítica prepirenaica central.

Por J. ROSELL (*); E. REMACHA (*); M. ZAMORANO (*) y V. GABARDON (**)

RESUMEN

El Paleógeno del monoclin de Donostia constituye una sucesión sedimentaria desde el Daniense hasta el Eoceno Medio, compuesta por seis secuencias deposicionales. Las dos primeras están formadas por facies de plataforma, mientras que el resto son turbidíticas. De estas últimas, la inferior se interpreta como facies conectada a un sistema deltaico, mientras que las demás tienen su equivalencia en discordancias de tipo I (en sentido VAIL et al., 1984).

Las secuencias se han comparado con las establecidas en la cuenca de Tremp-Pamplona, llegándose a homologar cada una de ellas recíprocamente. Por ello, existe la posibilidad de que los ciclos de cambio relativo del nivel del mar definidos, sean como mínimo de escala regional pirenaica.

ABSTRACT

The Paleogene monoclin sedimentary succession of Donostia consists of six depositional sequences, ranging in age from Danian to middle Eocene. The two oldest sequences display exclusively shelf facies; the rest being turbiditic. The lowermost turbiditic sequence is interpreted as being bound to a deltaic system, whilst the overlying sequences are time equivalent to I-type unconformities (in the sense of VAIL et al., 1984).

These sequences have been correlated, one by one, with those recognized in the Tremp-Pamplona basin. Thus the possibility that the eustatic sea level changes defined in both areas were at least of a regional «Pyrenean» scale, seems quite probable.

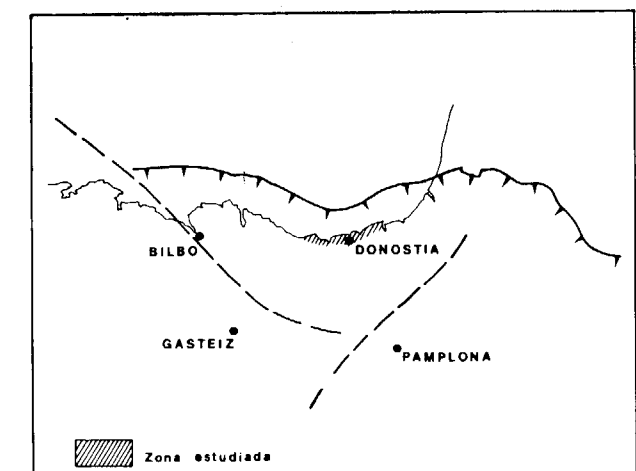
INTRODUCCION

Geológicamente, el trabajo se sitúa dentro de la zona Nord-Pirenaica, que se encuentra delimitada entre la falla transformante de Bilbo (DEREGNAUCORT, 1981), la falla de Bigorre (SOUQUET et al., 1977) y el frente de cabalgamiento Nord-Pirenaico (BRGM et al., 1977; ROSSEAU, 1976) (fig. 1).

En su conjunto forma el llamado Arco Vasco (RAT, 1983) y en él las turbiditas terciarias afloran en dos áreas, que son (fig. 2):

- 1) En el núcleo del sinclinal de Bilbo.
- 2) En el monoclin de Donostia.

Ya desde el Cretácico Superior, como mínimo, y hasta el Eoceno Medio (se desconoce por el



(*) Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica, U. A. B.

(**) División de Geología. IGME, Madrid.

Figura 1.—Esquema estructural simplificado de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa y situación de la zona estudiada.

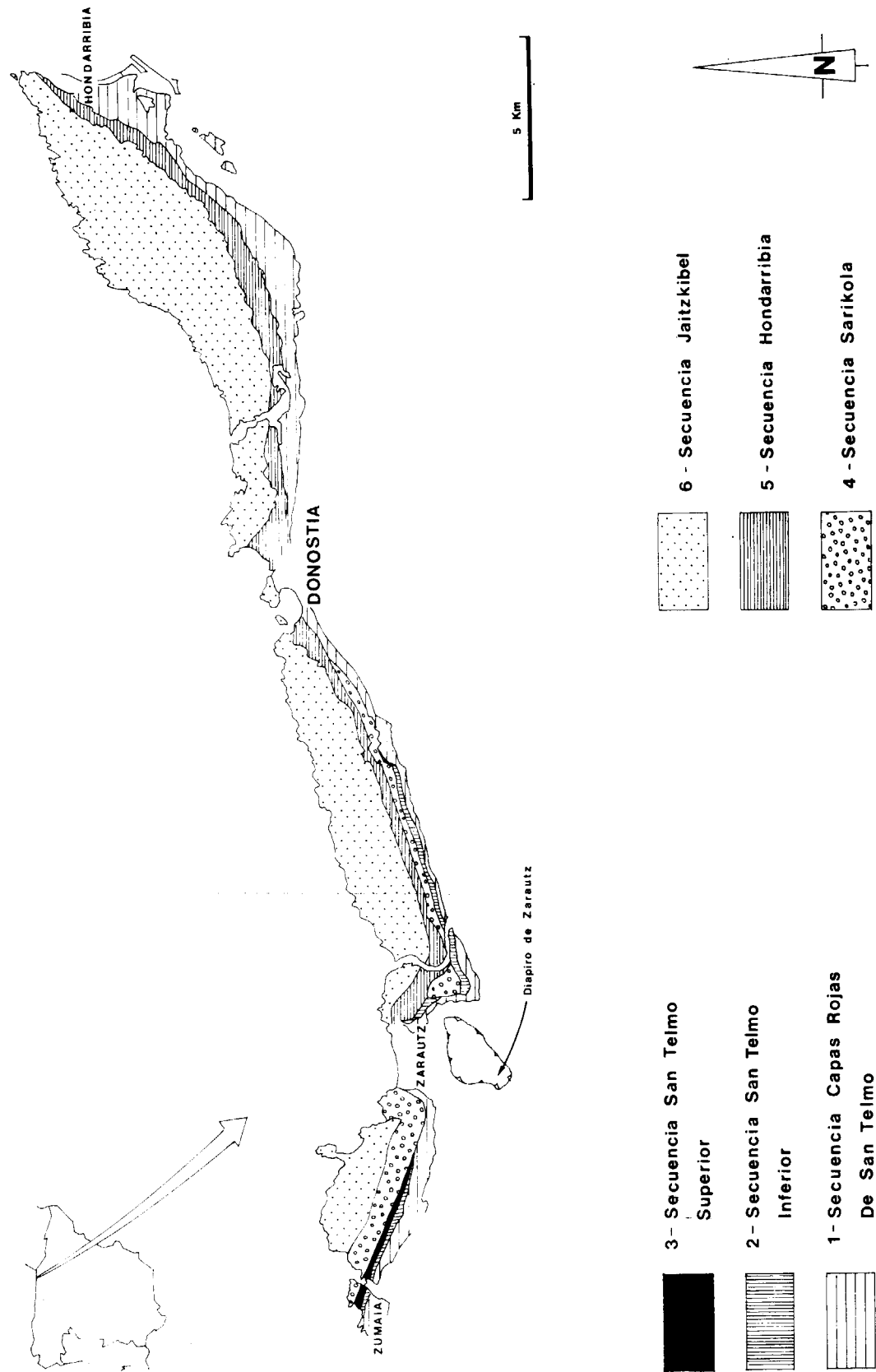


Figura 2.—Contexto geológico simplificado de las cuencas turbidíticas terciarias del País Vasco: 1) Cuenca turbidítica terciaria del sinclinal de Bilbao. 2) Cuenca turbidítica terciaria del monoclinal de Donostia.

momento si lo supera), ambas áreas han funcionado como subcuencas independientes y su sedimentación se ha producido mediante sistemas turbidíticos totalmente diferentes (ROSELL et al., en prensa). No obstante, existen evidencias por las que algunas de las unidades estratigráficas de ambas áreas se han generado sincrónicamente. Su causa obedece a caídas relativas del nivel del mar, cuyos efectos repercuten en todo el sector del Arco Vasco (ROSELL et al., op. cit.).

Centramos el estudio en los sedimentos de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa (abreviado en lo sucesivo como CTTG), que forma parte del monoclinal de Donostia. En ella nos hemos fijado dos objetivos principales, que son:

En primer lugar, establecer la estratigrafía de la CTTG, tomando como unidad operativa la secuencia deposicional en el sentido de MITCHUM et al. (1977). Al respecto es preciso indicar que se adopta el concepto de discordancia propuesto por VAIL et al. (1984).

Posteriormente, se ha efectuado la comparación de la CTTG con la cuenca turbidítica prepirenaica central o Grupo de Hecho. Para ello se han tenido en cuenta los fundamentos teóricos desarrollados por VAIL et al. (1977), la estratigrafía de la cuenca eocena entre Tremp y Pamplona, establecida por MUTTI et al. (1985) y los datos bioestratigráficos ofrecidos fundamentalmente por KAPPELLOS (1974).

LAS SECUENCIAS DEPOSICIONALES

Para facilitar la descripción de la sucesión sedimentaria establecida en el sector Pirenaico que nos ocupa, las secuencias deposicionales individualizadas se han agrupado en dos conjuntos.

El primero, *a*), al que denominamos sustrato de la cuenca turbidítica, consta de dos secuencias deposicionales: 1) secuencia de capas rojas de San Telmo, y 2) secuencia de San Telmo inferior (fig. 3). Ambas comportan facies calcáreas en sentido amplio, depositadas con highstanding relativo del nivel del mar y abarcan desde el Daniense al Paleoceno Superior. Estas unidades no se han estudiado sedimentológicamente en detalle por no constituir el objetivo principal de este trabajo. No obstante, con el fin de dotar a la CTTG de un marco paleogeográfico más amplio,

se han analizado aquellas características que repercuten en la configuración de la cuenca turbidítica que nos ocupa.

El segundo conjunto de secuencias, *b*), al que denominamos cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa, es predominantemente terrígeno. Está compuesto por una sucesión vertical de sistemas turbidíticos pertenecientes al Eoceno Inferior (KAPPELLOS, 1974).

Dentro de esta sucesión se han reconocido cuatro secuencias deposicionales cuya extensión y disposición geométrico-estructural se observan en la figura 3. De base a techo son: (3) Secuencia de San Telmo superior. (4) Secuencia de Sarikola. (5) Secuencia de Hondarribia. (6) Secuencia de Jaitzkibel.

A excepción de la primera de ellas (1), que como se verá a continuación se ha depositado en una fase de highstand relativo del nivel del mar, los materiales de las restantes (4, 5 y 6) son el producto del reciclaje de sedimentos de plataformas siliciclásticas, producido por caídas rápidas relativas del nivel del mar, con erosión subaérea y submarina necesaria para dar sistemas turbidíticos (VAIL et al., 1984), en este caso ricos en arena. Se trata de tres unidades principales formadas por facies de cuenca, limitadas entre sí por discordancias.

En conclusión y dentro de la CTTG, las secuencias 4, 5 y 6 representan los productos de resedimentación equivalentes a tres discordancias de tipo I («sensu» VAIL et al., op. cit.), producidos en la caída basal de tres ciclos de cambio relativo del nivel del mar en el sentido de VAIL et al. (1977). Si la comparación de estas secuencias con las definidas en el Grupo de Hecho, Prepirenaico central (MUTTI et al., 1985) es correcta, la escala de estos ciclos es como mínimo regional pirenaica.

SECUENCIA DE CAPAS ROJAS DE SAN TELMO

Su denominación procede de la ermita de San Telmo en Zumaia, construida sobre un promontorio formado por estos materiales.

Está constituida por facies de calizas micríticas y margas con tonos rojizos. Se interpretan como depositadas en una parte relativamente dis-

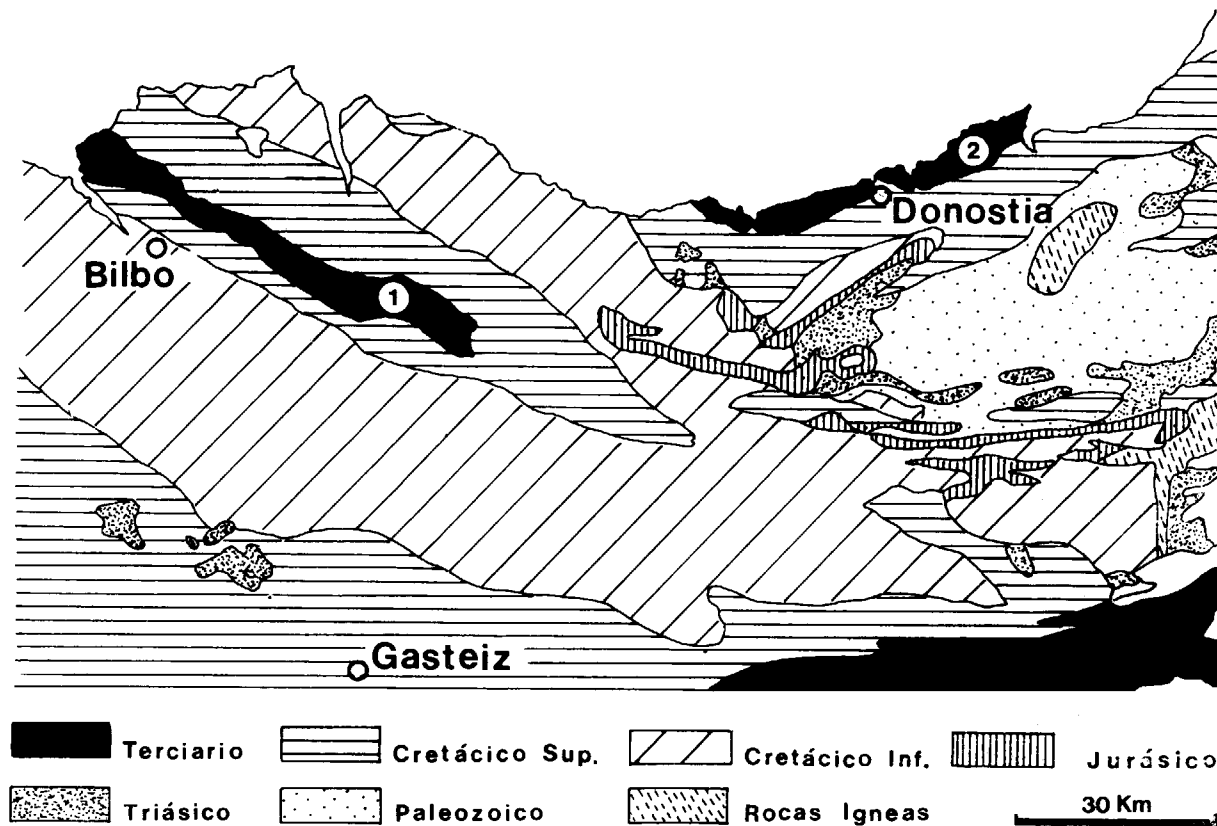


Figura 3.—Mapa geológico simplificado de las cuencas deposicionales de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa.

tal de una plataforma predominantemente carbonática.

Esta unidad no se ha estudiado en detalle, sobre todo en lo que respecta a su límite inferior. Este, muy posiblemente, se localiza en el cambio brusco de facies situado a unos 50 m. sobre el nivel donde se asientan las escaleras de acceso a la playa de Punta Aitzgorri. Su edad es Daniense (JEREZ et al., 1971; POSTUMA, 1971; KAPPELLOS, 1974; KRUIT et al., 1985; VAN VLIET, 1982, y MATHEY, 1983).

En el flanco septentrional del anticlinorio de Guipúzcoa, los materiales que caracterizan esta secuencia afloran en una franja continua entre Zumaia y Hondarribia. Queda tan sólo interrumpida por efecto tectónico del diapiro de Zarautz. La secuencia (5) de Hondarribia, desde pocos kilómetros al oeste del meridiano del Usurbil y hacia el E, constituyen el auténtico zócalo de la serie turbidítica. Las secuencias 2, 3 y 4 (San

Telmo inferior, San Telmo superior y Sarikola, respectivamente), poco antes de la localidad indicada se acuñan. El límite superior de estas calizas danienses, al ser discordante (fig. 3) es, a su vez, un límite de secuencia. Esta discordancia, correlacionable con la existente a techo de la caliza Vallcebre o equivalentes, en el Prepirineo central, en ningún punto ha originado facies turbidíticas de lowstand. Al no existir evidencias de erosión submarina importante debe calificarse de discordancia de tipo II en el sentido de VAIL et al. (1984). Posiblemente equivale a la caída global del nivel del mar que tuvo lugar tras el ciclo daniense (aproximadamente —60 MA) según VAIL et al. (1977).

SECUENCIA DE SAN TELMO INFERIOR

El nombre procede de la zona sur de la playa de San Telmo, donde aflora espectacularmente.

Está limitada en la base y techo por dos discordancias que se describen y discuten, respectivamente, en los apartados de la secuencia de capas rojas de San Telmo y en el de la secuencia de San Telmo superior.

Entre Sarikola e Ibaeta los materiales predominantemente margolizos de esta unidad se acuñan totalmente. Tal acuñamiento, muy posiblemente, está acentuado debido a la erosión que tuvo lugar antes de sedimentarse la secuencia de Sarikola. Por los mismos motivos, inmediatamente al O de Zarautz, tampoco aflora. Por el contrario, en la playa de San Telmo, alcanza su máximo desarrollo sedimentario, con un total de 150 m.

Está formada por capas con estratificación de media a fina, raras veces gruesa o muy fina, de calizas micríticas de tonos gris claro alternando con margas grises. A lo largo de toda la sucesión se van intercalando algunas turbiditas, con espesor de orden centimétrico y facies siempre diluidas. Asociamos esta serie a fenómenos producidos en sistemas de tipo III (MUTTI, 1984).

La sucesión se interpreta como facies distales de plataforma y, por tanto, facies depositadas con highstanding relativo del nivel del mar.

Teniendo en cuenta los datos bioestratigráficos de VON HILLEBRAND, 1965; POSTUMA (1971), y KAPPELLOS (1974), la unidad comprende el Paleoceno Superior y parte baja del Eoceno Inferior. En el Prepirineo central según el trabajo de KAPPELLOS & SCHAUB (1983) esta unidad es homóloga a la secuencia de Ager, también llamada Grupo de Ager o Caliza con Alveolina que, al O del anticlinal de Boltaña, constituye el yacente sobre el cual se ha depositado toda la serie turbidítica del Grupo de Hecho.

SECUENCIA DE SAN TELMO SUPERIOR

El afloramiento más completo de esta unidad se localiza en la playa del mismo nombre en Zumaia. Por el contrario, hacia el interior, se encuentra cubierta por abundante vegetación y su exposición es muy puntual.

El límite inferior de la secuencia es paraconforme, posiblemente equivalente a una discordancia de tipo II («sensu» VAIL et al., 1984), y se establece en el momento en que los estratos turbidíticos dejan de ser esporádicos para dominar

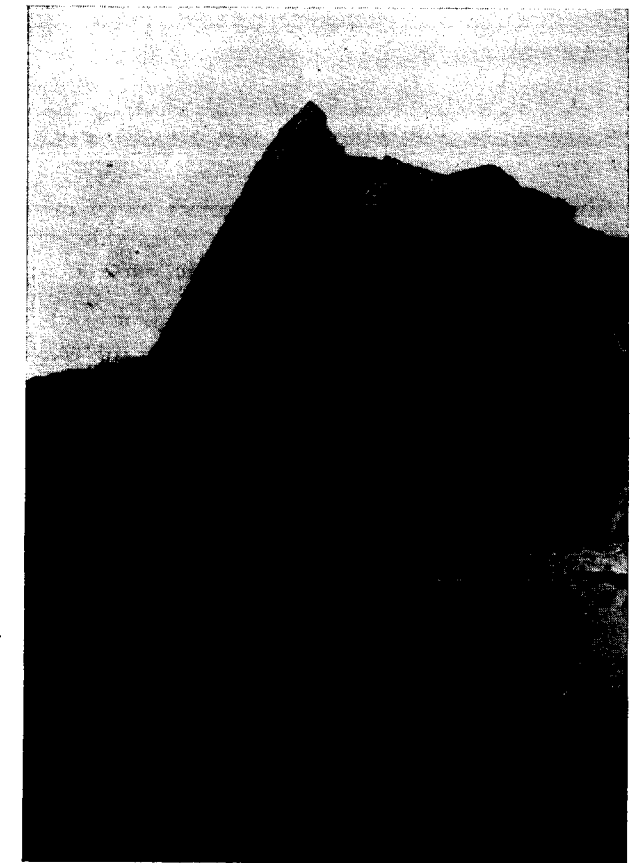


Figura 4.—Secuencia de San Telmo Inferior. Aspecto general de un tramo formado por alternancia de capas de caliza y margas. Su interpretación es de facies relativamente distales de plataforma, depositadas con «highstanding» relativo del nivel del mar.

en la sucesión. El superior, igualmente discordante, es neto y situado en el punto en que hacen aparición las turbiditas cuarzo-areníticas de la secuencia suprayacente de Sarikola. La edad de la sucesión comprendida entre ambos límites según VON HILLEBRAND (1965), POSTUMA (1981), KAPPELLOS (1974), KRUIT et al. (1975) y VAN VLIET (1982), es Eoceno Inferior.

Esta unidad se acuña rápidamente entre el meridiano de Zarautz y el río Urola (fig. 3). Tal acuñamiento creemos que es debido a una geometría deposicional en *onlap* sobre la secuencia anterior. El límite superior es fuertemente erosivo, erosión que aumenta gradualmente hacia el este. Esta geometría, posiblemente es consecuencia del umbral

Está limitada en la base y techo por dos discordancias que se describen y discuten, respectivamente, en los apartados de la secuencia de capas rojas de San Telmo y en el de la secuencia de San Telmo superior.

Entre Sarikola e Ibaeta los materiales predominantemente margocalizos de esta unidad se acuña totalmente. Tal acuñaamiento, muy posiblemente, está acentuado debido a la erosión que tuvo lugar antes de sedimentarse la secuencia de Sarikola. Por los mismos motivos, inmediatamente al O de Zarautz, tampoco aflora. Por el contrario, en la playa de San Telmo, alcanza su máximo desarrollo sedimentario, con un total de 150 m.

Está formada por capas con estratificación de media a fina, raras veces gruesa o muy fina, de calizas micríticas de tonos gris claro alternando con margas grises. A lo largo de toda la sucesión se van intercalando algunas turbiditas, con espesor de orden centimétrico y facies siempre diluidas. Asociamos esta serie a fenómenos producidos en sistemas de tipo III (MUTTI, 1984).

La sucesión se interpreta como facies distales de plataforma y, por tanto, facies depositadas con highstanding relativo del nivel del mar.

Teniendo en cuenta los datos bioestratigráficos de VON HILLEBRAND, 1965; POSTUMA (1971), y KAPPELLOS (1974), la unidad comprende el Paleoceno Superior y parte baja del Eoceno Inferior. En el Prepirineo central según el trabajo de KAPPELLOS & SCHAUB (1983) esta unidad es homóloga a la secuencia de Ager, también llamada Grupo de Ager o Caliza con Alveolina que, al O del anticlinal de Boltaña, constituye el yacente sobre el cual se ha depositado toda la serie turbidítica del Grupo de Hecho.

SECUENCIA DE SAN TELMO SUPERIOR

El afloramiento más completo de esta unidad se localiza en la playa del mismo nombre en Zumaia. Por el contrario, hacia el interior, se encuentra cubierta por abundante vegetación y su exposición es muy puntual.

El límite inferior de la secuencia es paraconforme, posiblemente equivalente a una discordancia de tipo II («sensu» VAIL et al., 1984), y se establece en el momento en que los estratos turbidíticos dejan de ser esporádicos para dominar

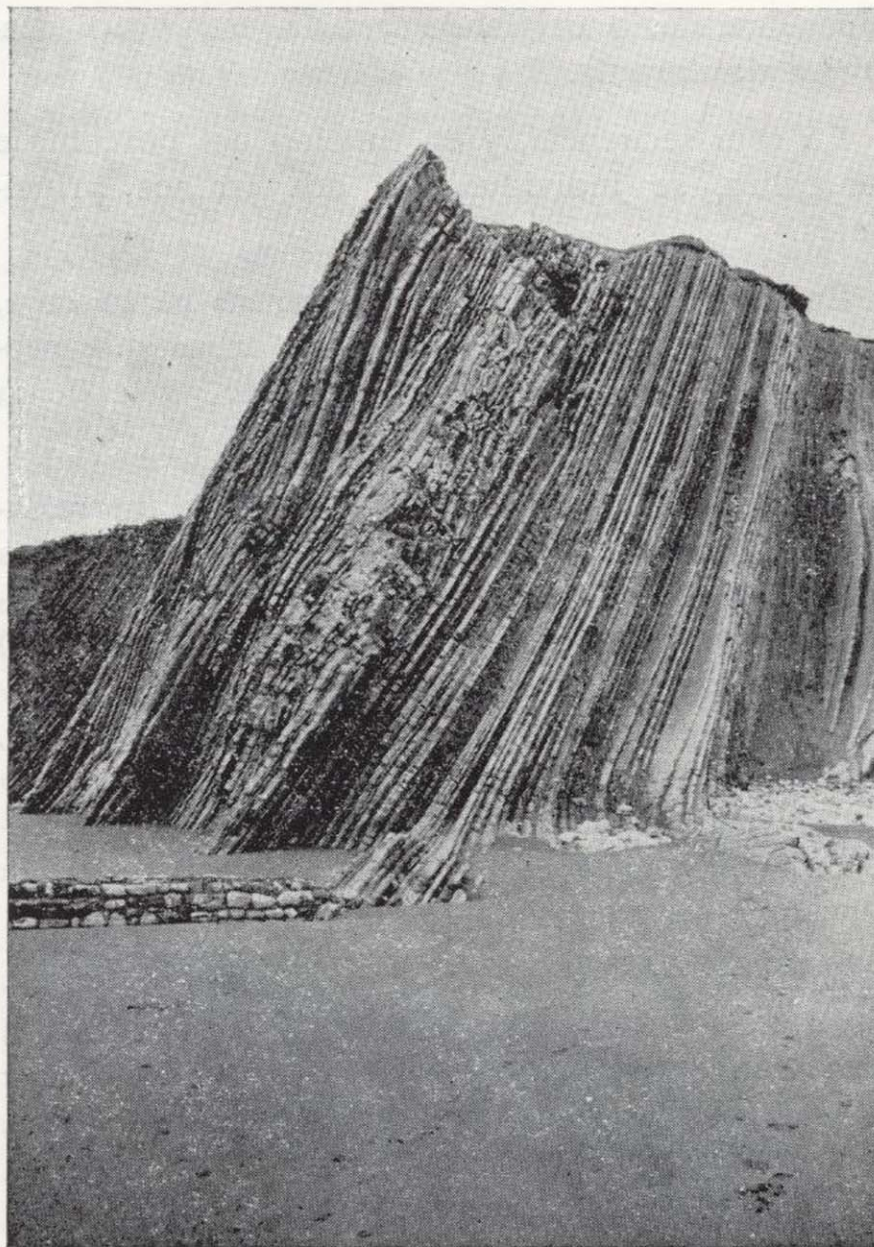


Figura 4.—Secuencia de San Telmo Inferior. Aspecto general de un tramo formado por alternancia de capas de caliza y margas. Su interpretación es de facies relativamente distales de plataforma, depositadas con «highstanding» relativo del nivel del mar.

en la sucesión. El superior, igualmente discordante, es neto y situado en el punto en que hacen aparición las turbiditas cuarzo-areníticas de la secuencia suprayacente de Sarikola. La edad de la sucesión comprendida entre ambos límites según VON HILLEBRAND (1965), POSTUMA (1981), KAPPELLOS (1974), KRUIT et al. (1975) y VAN VLIET (1982), es Eoceno Inferior.

Esta unidad se acuña rápidamente entre el meridiano de Zarautz y el río Urola (fig. 3). Tal acuñaamiento creemos que es debido a una geometría deposicional en *onlap* sobre la secuencia anterior. El límite superior es fuertemente erosivo, erosión que aumenta gradualmente hacia el este. Esta geometría, posiblemente es consecuencia del umbral

sinsedimentario originado por la estructura diapírica de Zarautz.

En esta secuencia, y en función del porcentaje de caliza, se individualizan dos tramos principales.

En el inferior y sobre todo en su parte baja, son muy frecuentes las capas de caliza que provienen del reciclaje, por erosión, de parte de la plataforma de San Telmo Inferior.

Las capas turbidíticas siliciclásticas, intercaladas en esta parte inferior, muestran en todos los casos facies relativamente diluidas: D_1 , D_2 y D_3 (nomenclatura de MUTTI & RICCI LUCCHI (1975) y sus paleocorrientes se dirigen hacia $N 300^\circ$ y 315° . Ambos tipos de facies calizas y siliciclásticas, tienen una muy acusada geometría tabular, plano paralela, que imprimen una espectacularidad motivo por la cual se ha publicado reiteradamente la imagen de esta facies de la playa de San Telmo.

El tramo superior, es predominantemente pelítico-arenoso y las calizas son más esporádicas, a veces concentradas en determinados niveles. Está formado por capas turbidíticas delgadas (TBT, D_2 y D_3 , principalmente) en las que se intercalan, localmente, turbiditas gruesas aisladas (155 cm. como máximo) y facies relativamente densas B_1



Figura 5.—Secuencia de San Telmo Superior. Aspecto parcial de las facies situadas hacia la parte baja de la secuencia. Su interpretación es de turbiditas de tipo III (Sensu MUTTI, 85).

y C_2 . A juzgar por las paleocorrientes provienen de la misma zona de alimentación que el resto de la serie y está situada entre $N 90^\circ$ y $N 120^\circ$ sin tener en cuenta la posible restitución palinspástica.

En los últimos años y dentro de los sistemas deposicionales no canalizados de aparatos turbidíticos, estas facies se encuentran sometidas a revisión. Contrariamente a lo admitido en la literatura de la década precedente, no representan facies distales sobre las que, por progradación, se establecen las más arenosas de lóbulo, dando ciclos negativos de progradación (REMACHA, 1983). En este trabajo se la relacionaba con momentos de inestabilidad en la cuenca. No obstante, teniendo en cuenta las variaciones del nivel del mar, estas facies se sedimentan por encima de la fase de máximo lowstand (tipo I, lóbulo, en el sentido de MUTTI, 1984). Van ligadas al proceso de subida relativa, ya sea como equivalentes distales del tipo II, ya como facies distales de los sistemas de tipo III (*channel-levee*), conectados directamente con la plataforma deltaica (*highstanding*). En conclusión, se trata de facies generadas con el nivel del mar relativamente alto o en proceso de subida, cuyo techo, dentro de la cuenca turbidítica, marca el final de un ciclo de cambio relativo del nivel del mar.

Teniendo en cuenta los trabajos de KAPELLOS & SCHAUB (1973) y KAPELLOS (1974), donde se realiza un estudio y correlación por nannoplancton calcáreo de las secciones de Zumaia-Guetaria (CTTG) y Campo (valle del Esera, Prepirineo central), la secuencia de San Telmo Superior es comparable a la secuencia de Figols, definida por FONNESU (1984) y MUTTI et al. (1984 y 1985).

La secuencia de Figols deltaica y fluvio deltaica con tránsito a turbiditas de tipo III (parte superior de las Margas de Yeba), se encuentra limitada en la base por una discordancia de tipo II. Equivale a un ciclo de cambio relativo del nivel del mar, formado en su interior por un conjunto de paraciclos (1).

La secuencia de San Telmo Superior, constituye igualmente un ciclo de cambio relativo del nivel del mar. Su límite inferior está marcado por la caída relativa que provoca el reciclaje de los ma-

(1) Estos paraciclos y en particular los que se sitúan en la parte alta de la secuencia, se encuentran actualmente en fase de estudio (tesis doctoral de M. ZAMORANO).

teriales previamente depositados. Al igual que su homóloga, la secuencia de Figols, la discordancia es de tipo II.

Dentro del campo de la hipótesis no confirmada, cabe la posibilidad de que los diferentes ciclos de facies, de orden decamétrico, que afloran en la playa de San Telmo, estén originados y condicionados por sucesivas subidas y *stillstands* relativos del nivel del mar.

SECUENCIA DE SARIKOLA

Toma la denominación de los caseríos del mismo nombre que se encuentran a pocos kilómetros al este de Orio.

Entre el diapiro de Zarautz y algunos kilómetros al oeste de Donostia, los materiales de esta secuencia forman la alineación de resaltes morfológicos que, fotogeológicamente, constituyen un tramo guía.

A partir de las inmediaciones de Ibaeta la unidad desaparece por *onlap* contra las capas rojas danienses.

Al oeste de la estructura de Zarautz, dicha secuencia es cartografiable hasta Zumaia (comunicación personal de M. ZAPATA de C. G. S.). Aflora desde la Punta Iterico, donde la sucesión ha sido fuertemente incurvada e invertida, pasando hacia el oeste a estar casi vertical, hasta entre los Km. 26 y 26,600 de la carretera nacional San Sebastián-Bilbao. En el margen oeste de la desembocadura del Urola aflora dando los resaltes de la Punta Mariantón.

El límite inferior de dicha secuencia es discordante y se establece en el contacto erosivo que se observa en la figura 3.

El superior, también discordante, al este de Zarautz, viene marcado por el cambio brusco de facies con la secuencia superior de Hondarribia. Al oeste de Zarautz, por acuñaamiento de la secuencia de Hondarribia, se le superponen directamente las areniscas y pelitas que caracterizan la secuencia de Jaitzkibel. Este contacto es difícilmente observable por hallarse siempre cubierto por vegetación.

Teniendo en cuenta los datos paleontológicos de VON HILLEBRANDT (1965), POSTUMA (1971), KAPellos (1974), KRUIT et al. (1975) y VAN VLIET (1982), estos materiales pertenecen al Eoceno Inferior.

La litología de la unidad es cuarzo-arenítica (80 por 100 de cuarzo). Muy frecuentemente presentan granulometrías extremadamente gruesas, que llegan a microconglomerados e incluso conglomerados. Ello constituye una característica diferencial de la secuencia, especialmente en sus dos tercios orientales.

En su conjunto la unidad forma una cuña que, siguiendo la estructura arqueada de la CTTG, se abre hacia occidente. En la parte oriental las facies se han interpretado como pertenecientes a *channel-lobe-transition*. Estas evolucionan, hacia la zona central de Orio y Zarautz, dando facies de lóbulo para proseguir deshilachándose, entre Zarautz y Zumaia, pasando a facies de *fan fringe* y *basin plain*.

No obstante, debe indicarse que, asociadas verticalmente a estas facies distales, se intercalan

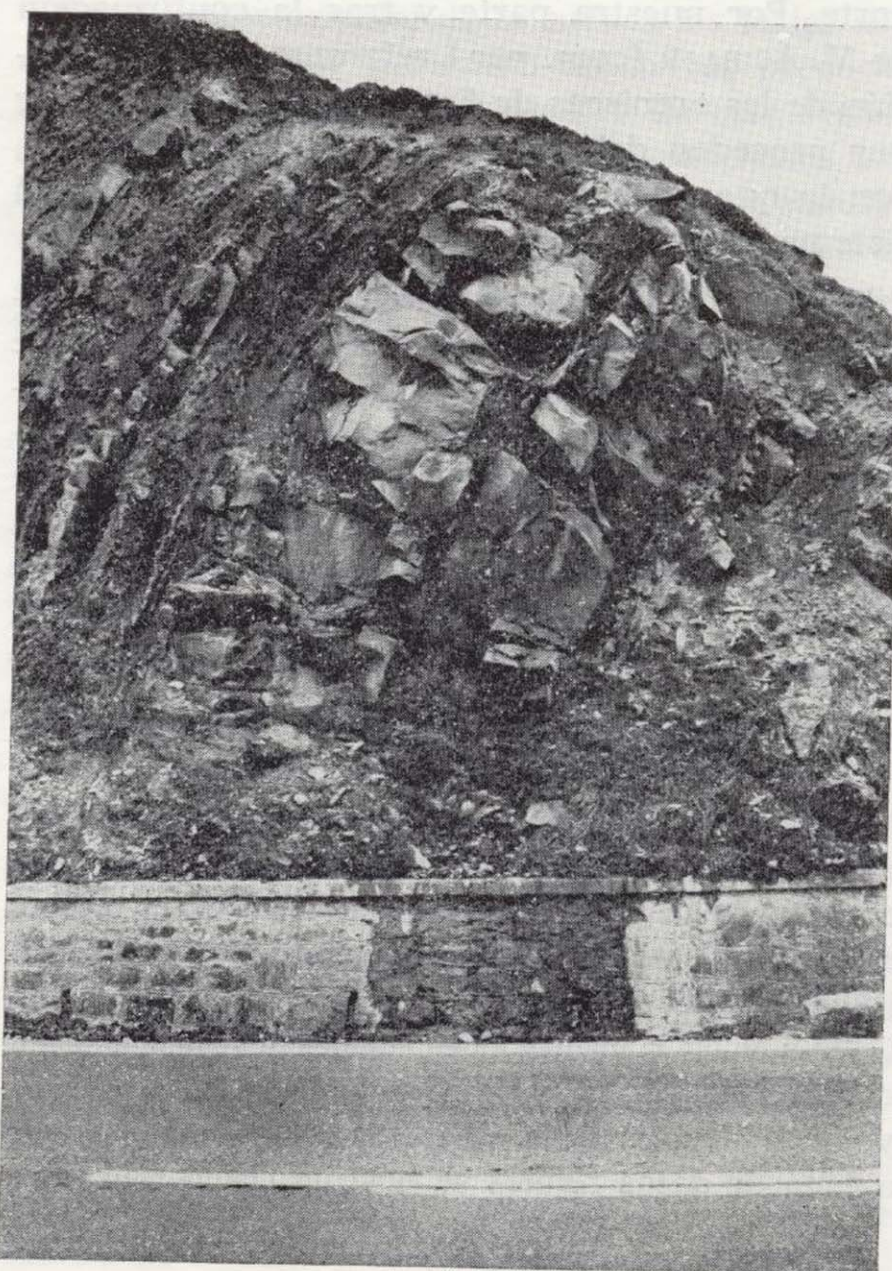


Figura 6.—Secuencia de Sarikola. Afloramiento situado en las inmediaciones del Km. 26,600 de la carretera San Sebastián-Bilbao. Ejemplo de uno de los tramos predominantemente areniscosos, lóbulo, intercalado en facies distales.

tramos de orden métrico (12 m. como máximo) predominantemente areniscosos (entre el 60 y 90 por 100 de arenisca) de facies de lóbulo aunque mal desarrolladas.

Respecto al sistema en su conjunto, sus dimensiones desde los términos canalizados a los más distales no exceden, por término medio, los 12 Km. en corte subparalelo a las paleocorrientes. Estas a *grosso modo* siguen la estructura arqueada. Estas características unidas de forma especial a las granulometrías extremadamente gruesas, nos permite calificar el sistema como de baja eficacia de transporte (sensu MUTTI, 1979) o lo que es lo mismo en nomenclatura más moderna sistema de tipo II (MUTTI, 1984).

Según VAN VLIET (1982), dadas las características petrográficas y por analogía composicional con las areniscas suprayacentes de Jaitzquibel, el área de alimentación del sistema se situaba en el norte. Por nuestra parte y tras la confirmación de M. AGUILAR (com. per.) referente a la composición de las areniscas de Sarikola, debemos indicar que proceden del reciclaje de las facies Utrillas, con lo que situamos el área de alimentación del sistema en el S o SE.

Teniendo en cuenta la correlación por nannoplancton calcáreo establecida por KAPPELOS & SCHAUB (1973), entre la CTTG y la cuenca surpirenaica central, la unidad de Sarikola es correlacionable con la discordancia existente entre la secuencia de Figols y la secuencia de Montañana. Es decir, la secuencia de Sarikola es homologable a la base del ciclo de cambio relativo del nivel del mar que, en el sector pirenaico central, culmina con la instauración de la plataforma deltaica de la secuencia de Montañana.

Aunque, provisionalmente, consideramos el *low-stand* productor de las facies Sarikola sincrónico con el que ha generado las turbiditas de la unidad de Torla, al oeste del anticlinal de Boltaña. Debe indicarse, no obstante, que para MUTTI et al. (1985 a y b) la unidad de Torla equivaldría a los canales de Fosado y éstos a la base de la suprayacente secuencia de Castisent. Esta correlación, a falta de datos fiables se postula como tentativa.

SECUENCIA DE HONDARRIBIA

Constituyendo una franja continua entre el norte de Hondarribia y el diapiro de Zarautz. Hacia

el oeste de esta estructura desaparece rápidamente, pues ya no aflora en el sector de Zumaia.

En el área oriental de la cuenca, la secuencia alcanza un espesor que oscila entre 250 y 300 m. Sus facies, muy características, son predominantemente pelíticas, superando la fracción arcillosa el 55-60 por 100. Se alternan con capas areniscosas cuya proporción de arenisca oscila entre el 20 y 30 por 100 y abundantes capas de hemipelagita, que constituyen entre el 2 y el 10 por 100 del espesor total.

Por lo general las facies areniscosas son muy diluidas, aunque localmente tengan un espesor considerable (100 cm. como máximo). Se trata de facies D₁, D₂ y D₃ asociadas a G, que en ocasiones alcanzan incluso 80 cm. de espesor.

Todos los afloramientos estudiados muestran una muy marcada tabularidad. En el detalle la capa areniscosa presenta su base muy neta, frecuentemente amalgamada con la capa hemipelágica anterior, mientras que, por el contrario, la parte superior de la capa areniscosa en muchas ocasiones es perfectamente transicional hacia su capa pelítica, yendo ello asociado con el establecimiento de la laminación paralela de bajo régimen de flujo.

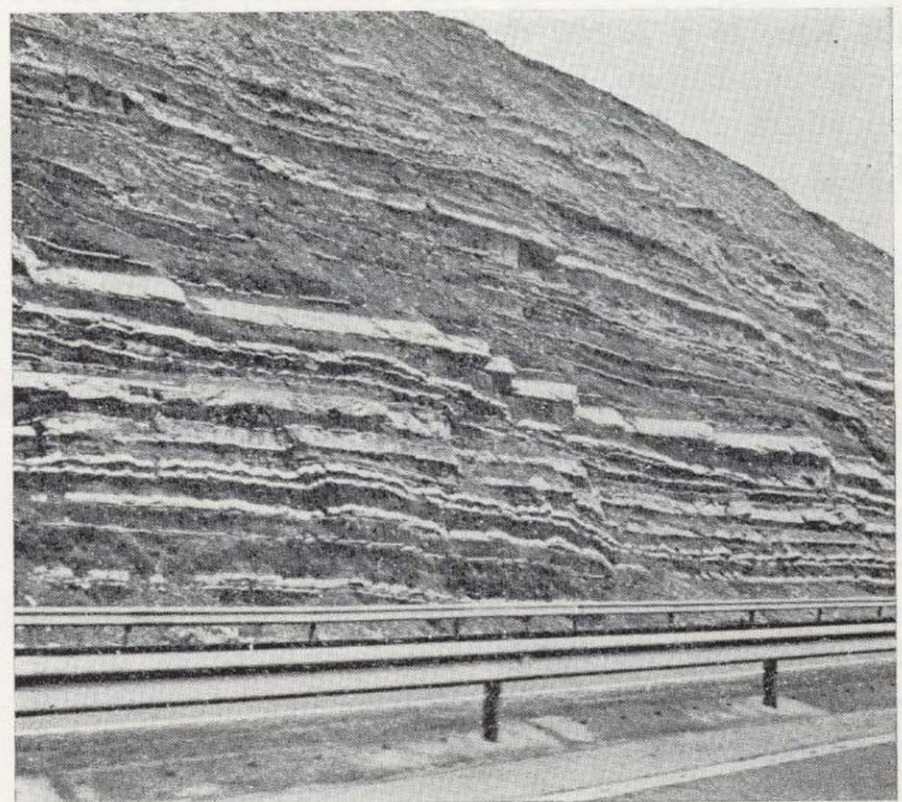


Figura 7.—Secuencia de Hondarribia, aspecto general de las facies de «basin plain» a pocos Km. hacia el este de la salida de Zarautz, en la autopista Bilbao-Behovia.

tramos de orden métrico (12 m. como máximo) predominantemente areniscosos (entre el 60 y 90 por 100 de arenisca) de facies de lóbulo aunque mal desarrolladas.

Respecto al sistema en su conjunto, sus dimensiones desde los términos canalizados a los más distales no exceden, por término medio, los 12 Km. en corte subparalelo a las paleocorrientes. Estas a *grosso modo* siguen la estructura arqueada. Estas características unidas de forma especial a las granulometrías extremadamente gruesas, nos permite calificar el sistema como de baja eficacia de transporte (sensu MUTTI, 1979) o lo que es lo mismo en nomenclatura más moderna sistema de tipo II (MUTTI, 1984).

Según VAN VLIET (1982), dadas las características petrográficas y por analogía composicional con las areniscas suprayacentes de Jaitzkibel, el área de alimentación del sistema se situaba en el norte. Por nuestra parte y tras la confirmación de M. AGUILAR (com. per.) referente a la composición de las areniscas de Sarikola, debemos indicar que proceden del reciclaje de las facies Utrillas, con lo que situamos el área de alimentación del sistema en el S o SE.

Teniendo en cuenta la correlación por nannoplancton calcáreo establecida por KAPPELOS & SCHAUB (1973), entre la CTTG y la cuenca surpirenaica central, la unidad de Sarikola es correlacionable con la discordancia existente entre la secuencia de Figols y la secuencia de Montañana. Es decir, la secuencia de Sarikola es homologable a la base del ciclo de cambio relativo del nivel del mar que, en el sector pirenaico central, culmina con la instauración de la plataforma deltaica de la secuencia de Montañana.

Aunque, provisionalmente, consideramos el *lowstand* productor de las facies Sarikola sincrónico con el que ha generado las turbiditas de la unidad de Torla, al oeste del anticlinal de Boltaña. Debe indicarse, no obstante, que para MUTTI et al. (1985 a y b) la unidad de Torla equivaldría a los canales de Fosado y éstos a la base de la suprayacente secuencia de Castisent. Esta correlación, a falta de datos fiables se postula como tentativa.

SECUENCIA DE HONDARRIBIA

Constituyendo una franja continua entre el norte de Hondarribia y el diapiro de Zarautz. Hacia

el oeste de esta estructura desaparece rápidamente, pues ya no aflora en el sector de Zumaia.

En el área oriental de la cuenca, la secuencia alcanza un espesor que oscila entre 250 y 300 m. Sus facies, muy características, son predominantemente pelíticas, superando la fracción arcillosa el 55-60 por 100. Se alternan con capas areniscosas cuya proporción de arenisca oscila entre el 20 y 30 por 100 y abundantes capas de hemipelagita, que constituyen entre el 2 y el 10 por 100 del espesor total.

Por lo general las facies areniscosas son muy diluidas, aunque localmente tengan un espesor considerable (100 cm. como máximo). Se trata de facies D₁, D₂ y D₃ asociadas a G, que en ocasiones alcanzan incluso 80 cm. de espesor.

Todos los afloramientos estudiados muestran una muy marcada tabularidad. En el detalle la capa areniscosa presenta su base muy neta, frecuentemente amalgamada con la capa hemipelágica anterior, mientras que, por el contrario, la parte superior de la capa areniscosa en muchas ocasiones es perfectamente transicional hacia su capa pelítica, yendo ello asociado con el establecimiento de la laminación paralela de bajo régimen de flujo.

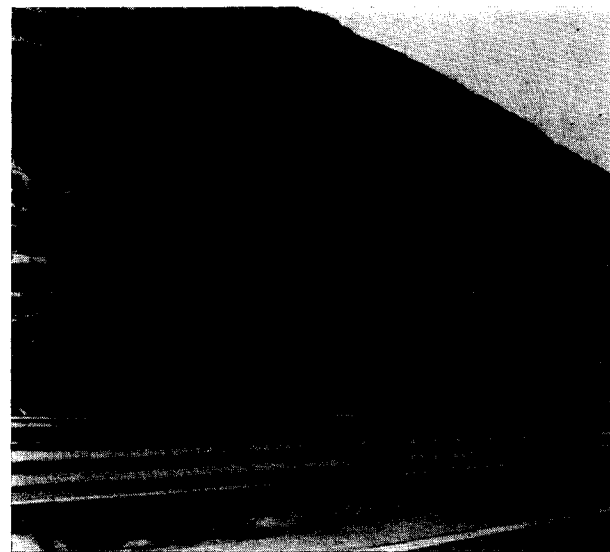


Figura 7.—Secuencia de Hondarribia, aspecto general de las facies de «basin plain» a pocos Km. hacia el este de la salida de Zarautz, en la autopista Bilbao-Behovia.

No presenta ciclicidad manifiesta a escala del afloramiento. Sus paleocorrientes dan un sentido al norte de Hondarribia, entre N 250° y N 255°. En el área próxima a Zumaia y hasta las inmediaciones del meridiano de Guetaria, la secuencia Infrayacente o de Jaitzkibel, descansa directamente sobre la de Sarikola. Ello parece poner de manifiesto que durante su sedimentación el diapiro realiza la función de umbral.

Interpretamos sus facies como de *basin plain*, aunque sus correlativas facies más proximales de *fan fringe*, lóbulo y canal no afloran. Posiblemente, hacia el E de Hondarribia han sido erosionadas. Ello impide el estudio del sistema de manera más coherente. Por comparación con facies similares de otras cuencas mejor conocidas y completas, como por ejemplo la del Grupo de Hecho, antigua llanura submarina de Ansó, *fan fringe* y lóbulo de Gerbe-Cotefablo y canal de Banastón-Fiscal, el sistema puede ser incluido típicamente en los de alta eficacia de transporte (sensu MUTTI, 1979) o lo que es lo mismo a un sistema de tipo I (sensu MUTTI, 1984).

Según los datos de KAPPELOS (1974), la unidad pertenecería a la zona *D. lodoensis*, es decir, a la parte media alta del Eoceno Inferior. En el corte de Campo correspondería a la secuencia de Castisent (definida por MUTTI et al., 1985 a y b). Por ello, la secuencia de Hondarribia es homologable con el *lowstand* productor de la unidad de Broto (REMACHA, 1983).

SECUENCIA DE JAITZKIBEL

Toma su nombre por las areniscas que constituyen los resaltes del Monte Jaitzkibel. Esta secuencia ha sido denominada, entre otros precedentes de los mismos autores (1985), como secuencia de Cabo Higuier.

El límite inferior es discordante y se sitúa el cambio brusco de facies localizado a techo de la secuencia de Hondarribia o, en el sector de Zumaia, sobre la secuencia de Sarikola. El superior no se observa en superficie quedando cubierto por el mar, aunque como se verá a continuación es posible que esté representado en la base de las pelitas de Guetaria.

Esta unidad posee el máximo volumen areniscoso de la cuenca. Como datos orientativos ofre-

mos los 1.100 m. de espesor en las inmediaciones del Monte Jaitzkibel, 1.000 m. en Orio y 1.500 m. en la serie clásica entre Zumaia y Guetaria. Los materiales, predominantemente areniscosos, cuarzo-areníticos con una composición muy similar a la que se encuentra en la secuencia de Sarikola. Ello parece indicar que si estas últimas tenían su origen por reciclaje de las facies Utrillas (confirmación por comunicación personal de M. AGUILAR) las de la secuencia de Jaitzkibel también. Sus facies, tomadas en el conjunto, difieren entre el sector oriental y el occidental. El primero comprende el área situada entre la desembocadura del Oria y el Cabo Higuier; el segundo, la zona entre Zumaia y Guetaria.

Ambos sectores forman parte de un único conjunto evolutivo que de este a oeste, en sentido amplio, comporta facies de más proximales a más distales.

En el sector oriental de la cuenca las facies son más areniscosas y presentan un mayor predominio de capas gruesas (T_K). Dentro de este sector, aunque en el área del Cabo Higuier las facies son C₂, D₂ y D₁, predominantemente, existen abundantes B₁ y D₃, ocasionales B₂ y relativamente abundante G. Esta asociación se ha interpretado como lóbulos deposicionales en una posición muy proximal, donde eran aún frecuentes los canales distributarios efímeros y canales deposicionales. Es decir, correspondiente a una zona de *channel-lobe-transition*. Sus paleocorrientes, sin tener en cuenta la deformación posterior de la CTTG, poseen una procedencia con componentes N muy acusadas (se dirigen entre N 100 y N 150).

Hacia el oeste las facies antes descritas evolucionan hacia términos más distales. Las facies más densas, indicadas anteriormente, son menos frecuentes, se han perdido las facies tractivas B₂, aparecen facies C₁ y se incrementa la proporción de D. Ello va acompañado de una inflexión progresiva de las paleocorrientes que, *grosso modo*, toman la dirección del arco de la CTTG y se dirigen hacia el oeste.

En el sector occidental y en el corte clásico de Zumaia-Guetaria, inmediatamente al norte del barranco de Aizkizu y hasta las inmediaciones de la Punta Izustarri, se encuentran 360 m. de facies con una proporción de pelita bastante alta atribuible a *fan fringe-basin plain*. Son equivalentes a la parte inferior de los lóbulos del sector oriental.

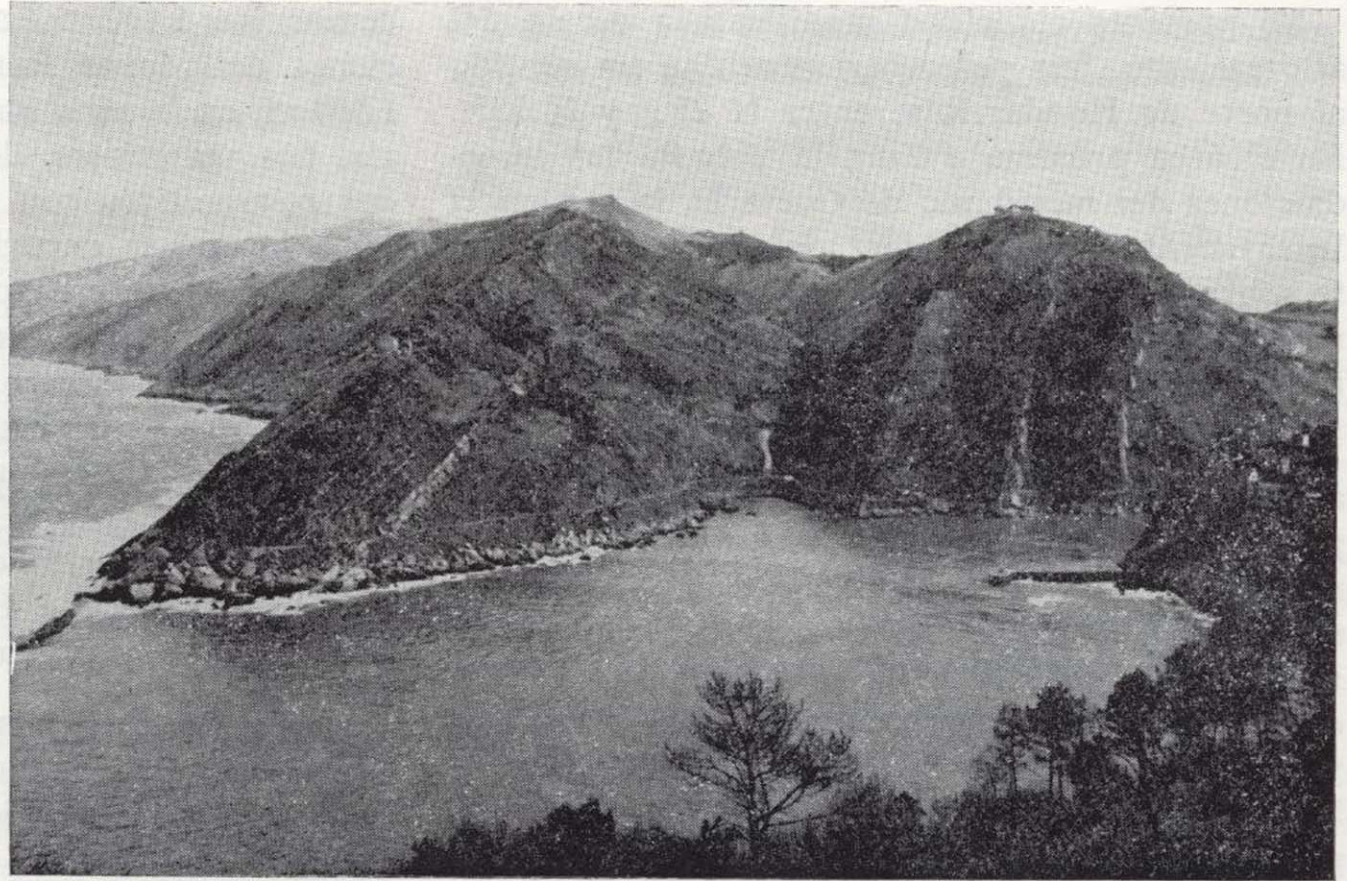


Figura 8.—Secuencia de Jaitzkiel, aspecto general en el sector oriental de la cuenca. Fotografía tomada desde el Faro de la Plata. Obsérvese la sucesión de ciclos «thickening and coarsening upward» de lóbulos deposicionales.

Sobre ellas, en las inmediaciones del Km. 25 de la carretera San Sebastián-Bilbao, yacen 200 metros de un conjunto predominantemente areniscoso (64 por 100 de arenisca), cuyas facies son C_2 , D_1 , D_2 y D_3 . Su organización es en ciclos de compensación formados por entre tres y cinco estratos por término medio y se interpretan como lóbulo medio-distal.

Culminando la serie, hasta la base de las pelitas de Guetaria y a partir de las inmediaciones de la Punta Iruarriaundieta, existen 500 m. de facies mucho más areniscosas que las anteriores (83 por 100 de arenisca). Este tramo de serie, por lo menos en su totalidad, no afloran en el sector oriental. Presenta gran abundancia de capas gruesas (tres capas areniscosas por cada metro de serie por término medio) y sus facies son B_1 , C_2 , D_1 , D_2 y D_3 organizadas frecuentemente en ciclos de compensación. En este tramo se observan frecuentes fenómenos de *scour-and-fill*, con abundantes *mud-drapes-scour* asociados a capas turbidíticas diluidas, que se adaptan a la geometría del canal hasta llegar a su compensación por restitución de la horizontal. Lateralmente es muy frecuente encontrar capas dispuestas con acreción lateral. Este hecho, puesto de manifiesto ya por VAN VLIET (1982), lo relacionamos con procesos de *meandering*.

Este grupo de facies, al igual que KRUIT et al. (1985) y VAN VLIET (op. cit.), lo interpretamos como lóbulos deposicionales en una posición proximal, donde se producían aún procesos de canalización.

Teniendo en cuenta la asociación vertical de facies ofrecida anteriormente para toda la unidad, se puede pensar que forma una *suite* negativa progradante. Teniendo en cuenta las ideas más recientes, respecto a la ciclicidad en sedimentos turbidíticos (véase MUTTI, 1984, para una discusión más amplia de estos aspectos), al no tener datos que impliquen el estudio de las áreas de plataforma, su comportamiento tectónico, etc., así como desconocer las relaciones de detalle (capa a capa o grupos reducidos de ellas) es difícil asegurar si la progradación es debida a un solo sistema o, por el contrario, es la resultante de un conjunto de ellos. No obstante, cabe añadir que, quizá, en esta unidad, podrán individualizarse nuevas secuencias. Posiblemente darían una explicación mejor a los ciclos de Pasaia, Orio o bien a los cambios de las facies descritas anteriormente en la sección de Zumaia-Guetaria.

Teniendo en cuenta los datos bioestratigráficos de VON HILLEBRANDT (1965), POSTUMA (1971) y KAPPELLOS (1974), la sucesión pertenece a la parte alta del Eoceno Inferior (zona D. Iodoensis). Según KAPPELLOS & SCHAUB (1973), en la sección de Cam-

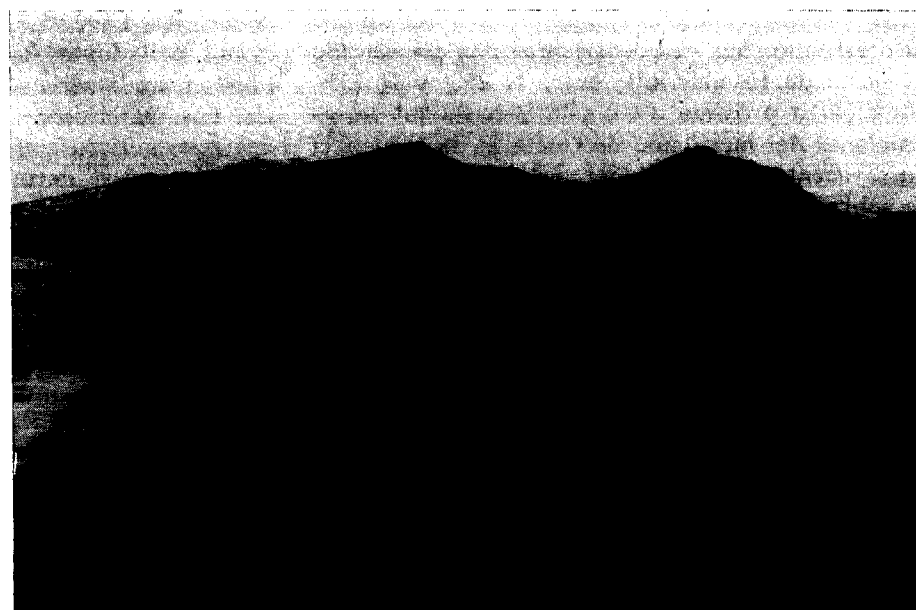


Figura 8.—Secuencia de Jaitzkibel, aspecto general en el sector oriental de la cuenca. Fotografía tomada desde el Faro de la Plata. Obsérvese la sucesión de ciclos «thickening and coarsening upward» de lóbulos deposicionales.

Sobre ellas, en las inmediaciones del Km. 25 de la carretera San Sebastián-Bilbao, yacen 200 metros de un conjunto predominantemente arenoso (64 por 100 de arenisca), cuyas facies son C₂, D₁, D₂ y D₃. Su organización es en ciclos de compensación formados por entre tres y cinco estratos por término medio y se interpretan como lóbulo medio-distal.

Culminando la serie, hasta la base de las pelitas de Guetaria y a partir de las inmediaciones de la Punta Iruarriaundieta, existen 500 m. de facies mucho más areniscas que las anteriores (83 por 100 de arenisca). Este tramo de serie, por lo menos en su totalidad, no afloran en el sector oriental. Presenta gran abundancia de capas gruesas (tres capas areniscas por cada metro de serie por término medio) y sus facies son B₁, C₂, D₁, D₂ y D₃ organizadas frecuentemente en ciclos de compensación. En este tramo se observan frecuentes fenómenos de *scour-and-fill*, con abundantes *mud-drapes-scour* asociados a capas turbidíticas diluidas, que se adaptan a la geometría del canal hasta llegar a su compensación por restitución de la horizontal. Lateralmente es muy frecuente encontrar capas dispuestas con acreción lateral. Este hecho, puesto de manifiesto ya por VAN VLIET (1982), lo relacionamos con procesos de *meandering*.

Este grupo de facies, al igual que KRUIT et al. (1985) y VAN VLIET (op. cit.), lo interpretamos como lóbulos deposicionales en una posición proximal, donde se producían aún procesos de canalización.

Teniendo en cuenta la asociación vertical de facies ofrecida anteriormente para toda la unidad, se puede pensar que forma una *suite* negativa progradante. Teniendo en cuenta las ideas más recientes, respecto a la ciclicidad en sedimentos turbidíticos (véase MUTTI, 1984, para una discusión más amplia de estos aspectos), al no tener datos que impliquen el estudio de las áreas de plataforma, su comportamiento tectónico, etc., así como desconocer las relaciones de detalle (capa a capa o grupos reducidos de ellas) es difícil asegurar si la progradación es debida a un solo sistema o, por el contrario, es la resultante de un conjunto de ellos. No obstante, cabe añadir que, quizá, en esta unidad, podrán individualizarse nuevas secuencias. Posiblemente darían una explicación mejor a los ciclos de Pasaia, Orio o bien a los cambios de las facies descritas anteriormente en la sección de Zumaia-Guetaria.

Teniendo en cuenta los datos bioestratigráficos de VON HILLEBRANDT (1965), POSTUMA (1971) y KAPPELLOS (1974), la sucesión pertenece a la parte alta del Eoceno Inferior (zona D. *iodoensis*). Según KAPPELLOS & SCHAUB (1973), en la sección de Cam-

po, la misma zona se encuentra o bien en la secuencia de Castisent o, por encima de ella, en la base de la secuencia de Sta. Liestra.

La parte inferior del ciclo y secuencia de Santa Liestra está formada por los sedimentos de *lowstand* que dan el complejo del cañón-canal de Gerbe, cuyo equivalente deposicional es la unidad de Cotefablo. Esta caída del nivel del mar la homologamos con la productora de la secuencia de Jaitzkibel. Existe, no obstante, un problema que por el momento no puede solucionarse; faltan los equivalentes de la secuencia de Charo que o bien no se encuentran o están en la base de una posible secuencia inferior dentro de la aquí denominada secuencia de Jaitzkibel.

Respecto a la parte estratigráficamente más alta formada por las pelitas de Guetaria y lóbulos de la Punta Izarri, dado su afloramiento puntual en toda la cuenca, cabe la posibilidad de pertenecer a una secuencia superior, cuya edad sería de la base del Eoceno Medio (zona D. *sublodoensis* KAPPELLOS, 1973).

EL EOCENO MEDIO DEL «OFFSHORE» CANTABRICO Y SU RELACION CON EL GRUPO DE HECHO

En base al estudio de los perfiles sísmicos publicados del *offshore* cantábrico, DEREGNAUCOURT & BOILLOT (1982) han puesto en evidencia una discordancia D₁ que separa una unidad acústica, 2a, con edad Paleoceno-Eoceno Inferior, de otra, 1, Eoceno medio-actual. A su vez en esta unidad superior individualizan dos términos. El inferior, 1b, que corresponde a turbiditas *groseras* y el superior, 1a, constituido por arcillas sobre las que descansa una serie alternante de turbiditas y arcillas pelágicas. En la unidad acústica 1 se encuentran igualmente varias discordancias.

Por nuestra parte homologamos tal discordancia D₁ con la que se encuentra en la base de la secuencia de Banastón, Grupo de Hecho, concretamente las turbiditas *groseras* del término 1b con el cañón de Formigales, canal de Banastón y lóbulos de Ffiscal (estos últimos estudiados por ESTRADA, 1982).

Ya para finalizar permítasenos apuntar, aunque provisionalmente, que la posible discordancia de las pelitas de Guetaria sea la expresión en superficie de la discordancia D₁.

AGRADECIMIENTOS

En la presente nota se ofrecen los resultados del estudio sedimentológico de la cuenca turbidítica terciaria de Guipúzcoa, realizado con el fin de confeccionar la Memoria explicativa 1/200.000, Bilbao. J. ROSELL, E. REMACHA y M. ZAMORANO, deseamos agradecer al Instituto Geológico y Minero de España la oportunidad ofrecida para estudiar este sector pirenaico. Igualmente debemos dejar constancia que el estudio de los sedimentos deltaicos asociados al Grupo de Hecho ha sido subvencionado por la C.A.I.C.Y.T., proyecto número 1.605.

BIBLIOGRAFIA

- B. R. G. M., ELF-Re, ESSO-REP, SNPA (anónimo).—*Géologie du bassin d'Aquitaine*. Bureau de recherche Géologique et Minière, France (1974).
- DEREGNAUCOURT: *Contribution a l'étude géologique du Golfe de Gascogne*. Thèse Université de Paris, 207 pp. (1981).
- DEREGNAUCOURT, BOILLOT: *Structure géologique du golfe de Gascogne*. Bull. du B. R. G. M. (2), I, núm. 3, pp. 149-178 (1982).
- ESTRADA, R.: *Lóbulos deposicionales de la parte superior del Grupo de Hecho entre el anticlinal de Boltaña y el río Aragón (Huesca)*. Tesis Univ. Aut. Barcelona, Barcelona (1982).
- FONNESU, F.: *Estratigrafía física y análisis de facies de la secuencia de Figols entre el río Noguera Pallaresa e Icles (provs. de Lérida y Huesca)*. Tesis Univ. Aut. de Barcelona, Barcelona (1984).
- JEREZ, ESNAOLA y RUBIO: *Estudio geológico de la provincia de Guipúzcoa*. Mem. IGME, núm. 79 (1971).
- KAPPELLOS: *Veber das Nannoplankton im Alttertiar des profils von Zumaya-Guetaria (prov. Guipúzcoa, Nord Spanien)*. Ecl. Geol. Helv., vol. 67, pp. 435-444 (1974).
- KAPPELLOS & SCHAUB: *Zur correlation von Biozonierungen mit Grossforaminiferen und Nannoplankton im Paläogen der Pyrenäen*. Ecl. Geol. Helv., vol. 66, pp. 687-737 (1973).
- KRUIT, BROUWER, KNOX, SCHOLLNBERGER, VAN VLIET: *Une excursion aux cones d'alluvions en eau profonde d'age Tertiaire près de San Sebastián (prov. de Guipúzcoa, Espagne)*. Excursion Guidebook, núm. 23. IX^{em}. Congrès Intern. de Sedimentologie, Nice.
- MATHEY: *Le Cretacé superieur de la zone des flyschs aux plates-formes*. Mem. Geol. de l'Université de Dijon, número 9. Inst. des Sciences de la Terre, pp. 77-116 (1983).
- MITCHUM, VAIL & THOMPSON: *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*. Part. 2: *The Depositional*

- sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. In *seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration* (Ed. by C. E. Payton), pp. 53-62.
- MUTTI: *Turbidites et cones sous-marins profonds*. In: P. Homewood (ed.), *Sedimentation détritique (fluviale, littorale et marine)*. Inst. Geol. Univ. Friburg/Suisse, pp. 353-419 (1979).
- MUTTI: *Turbidite facies and sea-level variations in the Eocene Hecho Group, south-central Pyrenees, Spain*. Comunicación en: 5th. European Regional Meeting of Sedimentology (I. A. S.), Marseille (1984).
- MUTTI: *Turbidite systems and their relations to depositional sequences*. In: *Reading provenance from arenites*. Proceedings NATO-ASI Meeting Contrato-Cosenza, Italy (G. G. Zuffa Ed.). Reidel Publ. Co., Dordrecht, The Netherlands (1985).
- MUTTI & RICCI LUCCHI: *Turbidite facies and facies association*. In: *Examples of turbidite-facies and facies Associations from selected formations of the Northern Apennines*. Field trip Guidebook 1-II, IX Int. Congress Sedimentology, Nice (1975).
- MUTTI, SGAVETTI & REMACHA: *Le relazioni tra piattaforme deltizie e sistemi torbiditici nel Bacino Eocenico Sud-Pirenaico di Tremp-Pamplona*. *Giornale di Geologia* (1985).
- MUTTI, REMACHA, SGAVETTI, ROSELL, VALLONI, ZAMORANO: *Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group Turbidite systems, south-central Pyrenees*. Guidebook. VI European Regional Meeting (I. A. S.), ec. núm. 12, Lleida, Spain, pp. 519-576 (1985).
- POSTUMA: *Manual of planktonic Foraminifera*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, London, New York (1971).
- RAT: *Les régions Basco-Cantabriques et Nord-Iberiques*. Presentation, problemes poses. Mem. Geol. de l'Université de Dijon, núm. 9. Ed. Inst. des Sciences de la Terre (1983).
- REMACHA: «Sand tongues» de la Unidad de Broto (Grupo de Hecho) entre el anticlinal de Boltaña y el río Osia (prov. de Huesca). Tesis Univ. Aut. de Barcelona, Barcelona (1983).
- ROSELL, REMACHA, ZAMORANO & GABALDÓN: *Stratigraphy and facies of the Eocene turbidite systems in the San Sebastian area (Donostia, Euskadi, Spain)*. Poster in VI European Regional Meeting (I. A. S.), Lleida, Spain (1985).
- ROSELL, REMACHA, ZAMORANO: *Memoria del mapa 1:200.000, Bilbao*. IGME, Plan MAGNA (en prensa).
- ROUSEAU: *Cartes des anomalies de Bouger dans la zone sud-orientale du Golfe de Gascogne (densité: 2,3)*. Bull. B. R. G. M. Fr. Sect. III (2), pp. 285-294 (1976).
- VAN VLIET: *Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipuzcoa (Northern Spain)*. Tesis doctoral Univ. Utrecht (1982).
- VON HILLEBRAND: *Foraminiferen-Stratigraphie in Alttertiär von Zumaya (prov. Guipuzcoa, NW Spanien) und ein Vergleich mit anderen Tethys-Gebieten*. Bayr. Akad. Wiss. Math-Naturw. Kl. Ab., N. F., 123 (1965).

Recibido: Agosto de 1985

Sobre la existencia de Paradoxides enrollado en el Cámbrico hispano

Por MARIA DOLORES GIL CID (*)

R E S U M E N

Se da a conocer, describe y figura la presencia de Eccaparadoxides enrollado en el Cámbrico Medio bajo de Santa María de Trassierra (Córdoba).

R E S U M E

On fait la description et la figuration d'un exemplaire d'Eccaparadoxides enroulé au Cambrien moyen de Santa María de Trassierra (Córdoba).

Durante los recientes trabajos de carácter bioestratigráfico que se llevan a cabo en el SO del Macizo Hespérico (**), hemos realizado campañas en la Sierra de Córdoba; en las series cámbricas de la carretera de Santa María de Trassierra (Córdoba) hemos obtenido un buen material fósil, entre el que contamos con Trilobites de la Familia Paradoxidae (HAWLE y CORDA), 1847; como indica BERGSTRÖM (1973, p. 18), la morfología que presentan los paradoxides no hace pensar en que este grupo de trilobites cámbricos tuvieran la capacidad de enrollamiento. Son escasos los trabajos dedicados al estudio del enrollamiento de este grupo de Artrópodos; en BERGSTRÖM (1973) podemos encontrar una relación de autores que han hecho especial incidencia sobre este aspecto. El enrollamiento de los Trilobites o bien la capacidad para poderse enrollar depende fundamentalmente del tipo de articulación y de las características «mecánicas» de los segmentos torácicos en cada una de sus diferentes zonas.

En BERGSTRÖM (1973, p. 13) se representa en la figura 6 diferentes clases de artrópodos y sus correspondientes enrollamientos; dentro de los trilobites no todos presentan el mismo potencial de

enrollamiento; BARRANDE (1852) distinguió tres tipos de enrollamiento, los cuales fueron adoptados por HARRINGTON (in MOORE, 1959); estos tres tipos son los denominados: esferoidal, doble (o duplicado) y discoidal; estas definiciones se basaron en caracteres funcionales y comunes; BERGSTRÖM (1973, p. 14) califica y considera esta mezcla de criterios como poco afortunados, ya que podemos asignar tipos de enrollamiento similar a trilobites distantes desde el punto de vista morfológico y estructural.

Los Paradoxides, como ya se indicó al principio, no presentan unas características morfológicas que nos hagan imaginar una facilidad o habilidad para el enrollamiento; son escasos los ejemplares de esta familia encontrados en situación enrollada. POMPECKJ (1896, pl. 16:1) figuró un ejemplar de Paradoxides gracilis (Boeck) enrollado, presentando un cierto grado de aplanamiento; como indica BERGSTRÖM (1973, p. 18) existe material adicional de Paradoxides que ha sido figurado y que presenta esta disposición. Estos ejemplares están en las colecciones del Departamento de Paleontología de Lund. El tipo de enrollamiento que se observa en estos casos no es cerrado lateralmente, como consecuencia inmediata de la morfología pleural de este grupo de trilobites; el tipo de enrollamiento viene denominado en el trabajo de BERGSTRÖM como cilíndrico. Se establecen di-

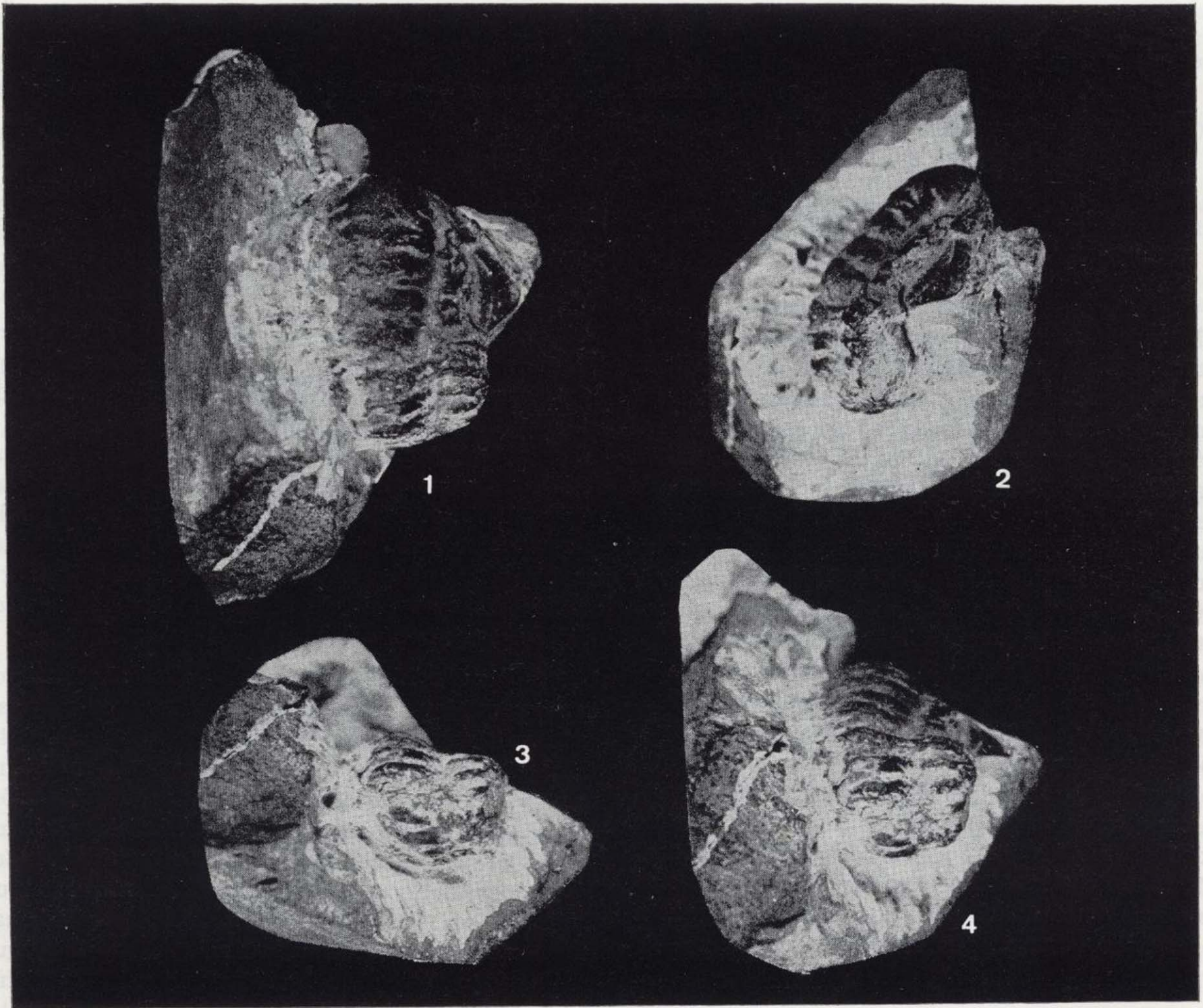
(*) Departamento de Paleontología e Instituto de Geología Económica. U.C.M.-C.S.I.C.

(**) Dentro del Subproyecto 456 de la CAICYT.

ferencias entre las posibilidades de Paradoxides y Eccaparadoxides e Hydrocephalus en función de una construcción diferente del tórax.

Después de observar el material de exoesqueletos de Paradoxides (s. l.) de diversos yacimientos cámbricos españoles, tanto el procedente de la Cordillera Cantábrica, Cadena Celtibérica y Extremadura, hemos elaborado una hipótesis sobre el potencial de enrollamiento de esta familia; sólo el yacimiento de la carretera de Santa María

de Trassierra nos ha suministrado la posibilidad de observar un ejemplar enrollado de Eccaparadoxides; consideramos que desde el punto de vista funcional, cada segmento debe estar en posesión de unas características mínimas que posibiliten la viabilidad del enrollamiento; en el caso de las piezas torácicas de los Paradoxides (s. l.) se puede observar una marcada estructura pleural en la cual el cuerpo central aparece como una pieza generalmente plana con bordes anterior y poste-



EXPLICACION DE LAMINA

Núm. 1, vista frontal del cránido [mitad derecha (sag) del Paradoxides (PT-01 a)].

Núm. 2, vista lateral del ejemplar en el cual se aprecia el enrollamiento del mismo (PT-01 b).

Núm. 3, vista desde la «charnela de enrollamiento» del mismo ejemplar en su zona media torácica (PT-01 c).

Núm. 4, vista oblicua, en la que se aprecia la inclinación de la zona glabellar en ángulo agudo con la zona torácica (PT-01 d).

ferencias entre las posibilidades de Paradoxides y Eccaparadoxides e Hydrocephalus en función de una construcción diferente del tórax.

Después de observar el material de exoesqueletos de Paradoxides (s. l.) de diversos yacimientos cámbricos españoles, tanto el procedente de la Cordillera Cantábrica, Cadena Celtibérica y Extremadura, hemos elaborado una hipótesis sobre el potencial de enrollamiento de esta familia; sólo el yacimiento de la carretera de Santa María

de Trassiera nos ha suministrado la posibilidad de observar un ejemplar enrollado de Eccaparadoxides; consideramos que desde el punto de vista funcional, cada segmento debe estar en posesión de unas características mínimas que posibiliten la viabilidad del enrollamiento; en el caso de las piezas torácicas de los Paradoxides (s. l.) se puede observar una marcada estructura pleural en la cual el cuerpo central aparece como una pieza generalmente plana con bordes anterior y poste-

rior (sag) sin presentar unos bordes susceptibles de engarzar los segmentos anterior y posterior respectivamente; queda evidente la posición horizontal o subhorizontal en los exoesqueletos de Paradoxides; no obstante, desde el punto de vista morfológico, no aparecen en las estructuras pleurales grandes posibilidades para desarrollar mecanismos de enrollamiento. Por otra parte, la pieza pigidial aparece, en el material que hemos observado, en clara continuidad, no imbricada con el último segmento torácico.

El ejemplar sobre el que hemos podido realizar nuestras propias observaciones aparece «doblado» fundamentalmente a partir del 1.º/2.º segmento torácico, presentando un enrollamiento similar al descrito por BERGSTRÖM (p. 15) como cilíndrico.

Material

El material que ha servido de base para este trabajo está formado por un único ejemplar enrollado de Paradoxides (Eccaparadoxides) cf. pusillus (Barrande) 1846. Este ejemplar procede del yacimiento situado en la carretera de Santa María de Trassiera (Córdoba), de edad Cámbrico Medio.

Asociación

Si bien es el único ejemplar que hemos obtenido enrollado, aparece junto a otras especies de trilobites, abundantes Hyolites, restos de Lamelibranchios y pistas.

Tamaño

28 mm. de longitud glabelar; 67 mm. de longitud vista exoesquelética (sag.), si bien no son observables los últimos segmentos torácicos y el pigidio no aparece diferenciado; la anchura media cranial es de unos 58 mm. (medido a la altura del surco S₂).

Descripción del ejemplar

El trilobites aparece engastado en una luz gris-ocre de grano fino, sin mineralizaciones aparentes en la superficie exoesquelética.

Aparece bien diferenciada la mitad derecha (sag.) del escudo cefálico, si bien a partir del sexto-séptimo segmento torácico se va haciendo, la morfología de la región torácica, más difusa hacia la región pigidial en sentido antero posterior.

En el cráneo podemos distinguir con claridad los elementos morfológicos típicos de la especie, así como los límites de cada uno de ellos.

El área preglabellar no se ha conservado y tampoco podemos observar los límites netos del área genal; la zona ocular está suavemente realzada y no se aprecia una brusca diferenciación entre la librígena y la fixígena. La zona de la glabela, como elemento, está bien delimitada. La zona cefálica es la que se presenta con mejor nivel y calidad de conservación y se aprecia un bajo índice de deformación a todos los niveles; los segmentos torácicos aparecen en normal continuidad progresiva según el enrollamiento helicoidal.

Depósito del material: Depto. de Paleontología. Facultad de C. Geológicas. U.C.M.

BIBLIOGRAFIA

- BARRANDE, J.: *Système Silurien du Centre de la Bohême. Ière Partie. Crustacés, Trilobites*, 1, 935 pp., Praha, París (1952).
- BERGSTRÖM, J.: *Organization, life and systematics of trilobites*. Fossils and Strata, núm. 2, pp. 1-69, Oslo (1973).
- KURTIEN, B.: *On the articulation between the thoracic tergites of some common trilobite forms*. Soc. Sci. Fennica Comment Biol., 10, 11, 1-15, Helsingfors (1949).
- POMPECKI, J. F.: *Bemerkungen über das Einrollungsvermögen der Trilobiten*. Jh. Ver. Vaterl. Nat. Wurt., 1892, 93-101, Stuttgart (1892).
- POMPECKI, J. F.: *Die Fauna des Cambrium von Tefrovic und Skrej in Böhmen*. Jb. K. geol. Reichsanst., 1895, 45, 495-614, Wien (1899).
- SNAJDR, M.: *Trilobite českého středního kambria*. Rozpr. Ustr. Ust. Geol., 24, 280 pp., Praha (1958).

Recibido: Julio de 1985

EXPLICACION DE LAMINA

- Núm. 1, vista frontal del cráneo [mitad derecha (sag) del Paradoxides (PT-01 a)].
 Núm. 2, vista lateral del ejemplar en el cual se aprecia el enrollamiento del mismo (PT-01 b).
 Núm. 3, vista desde la «charnela de enrollamiento» del mismo ejemplar en su zona media torácica (PT-01 c).
 Núm. 4, vista oblicua, en la que se aprecia la inclinación de la zona glabelar en ángulo agudo con la zona torácica (PT-01 d).

Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España): Los parámetros morfoscópicos-granulométricos

Por J. MARTINEZ MARTINEZ (*)

R E S U M E N

A falta de unos parámetros morfoscópicos, válidos para arenas basálticas, fonolíticas y/o traquíticas, en las que están ausentes los componentes cuarcíferos (arenas de las playas y dunas litorales de Canarias), se desarrollan unos índices mixtos (morfoscópicos-granulométricos), en función de esas arenas.

Los parámetros a definir se obtienen a partir de curvas semilogarítmicas acumulativas de las texturas morfoscópicas observadas. Las abcisas hacen referencia a los diámetros de las arenas y las ordenadas a las características texturales, en muestras carbonatadas.

Estos parámetros tendrán como objetivos relacionar ambientes sedimentarios, en depósitos de arenas peculiares, y obtener una serie de deducciones sedimentarias, esencialmente dinámicas.

Las arenas de las dunas litorales de Maspalomas (Gran Canaria) han sido estudiadas según el diseño metodológico propuesto, que queda validado por los resultados obtenidos.

A B S T R A C T

Mixed pointers (morphoscopic-granulometric) are developed to apply to basaltic, phonolitic and/or traquitic sands which have no quartz components (sands of the beaches and coastal dunes of the Canarias), as there are no morphoscopic parameters that could be applicable. The parameters to be established can be obtained starting from accumulative semilogarithmic lines of the morphoscopic textures observed. The abscissae refer to the sand diameters and the ordinates to the textural features.

These parameters will aim at relating sedimentary surroundings in deposits of peculiar sands and obtaining a series of sedimentary influences which are essentially dynamic.

The sands of the coastal dunes of Maspalomas have been studied according to the methodology outlined, which proves valid if the results obtained are considered.

INTRODUCCION

Los conceptos básicos, para el estudio morfoscópico de los detritos sedimentarios, están recogidos en los trabajos de CAILLEUX (1943), KRUMBEIN (1963) y VATAN (1967).

Aunque existe una abundante bibliografía sobre los parámetros texturales gráficos, referidos a playas arenosas y dunas litorales, estos normalmente han sido definidos a partir de observaciones granulométricas y de otras medidas, como las calcimétricas. En esta línea están los trabajos de FLOR (1981).

Por otra parte, las observaciones morfoscópicas se hacen para depósitos con composiciones mineralógicas cuarcíferas, junto con otros componentes, entre los que se encuentran, en mayor o menor proporción, los bioclastos. Ejemplos de estos antecedentes serían ASENSIO AMOR (1959, 1971) y GUILCHER (1972).

Pero en las arenas de las playas y dunas litorales canarias está ausente el componente silíceo, y con ello la fase mineralógica, el cuarzo, que sirve de base en las observaciones de las características morfoscópicas de las arenas. De aquí que sea necesario proponer, definir y aplicar unos nuevos parámetros morfoscópicos, aunque en conexión con las características granulométricas, válidos para unas arenas en las que los componen-

(*) Director del Departamento de Geología C.U.S. de Ciencias del Mar, Las Palmas.

tes detríticos inorgánicos están formados, fundamentalmente, por basaltos, fonolitas y/o traquitas, sin que queden excluidas las fases minerales «sueltas» de estas rocas.

Estos parámetros permitirán:

1) Relacionar diferentes ambientes sedimentarios conexionados, siendo de gran interés para las identificaciones en paleoformaciones, independientemente de que se encuentren fosilizadas o no, y

2) Deducir características dinámicas del depósito.

CUADRO 4

En función de la esfericidad y en granos melanocratos	
Brillantes y mates	Met5 Met8
Mates	Mem5 Mem8
Brillantes	Meb5 Meb8

CUADRO 5

En función de la esfericidad y en granos leucocratos	
Brillantes y mates	Let5 Let8
Mates	Lem5 Lem8
Brillantes	Leb5 Leb8

CUADRO 1

Abanico de parámetros	En función del redondeamiento	En granos melanocratos En granos leucocratos
	En función de la esfericidad	En granos melanocratos En granos leucocratos
	En función tanto del redondeamiento como de la esfericidad	En granos melanocratos En granos leucocratos

CUADRO 2

En función del redondeamiento y en granos melanocratos	
Brillantes y mates	Mrt5 Mrt8
Mates	Mrb5 Mrb8
Brillantes	Mrb5 Mrb8

CUADRO 3

En función del redondeamiento y en granos leucocratos	
Brillantes y mates	Lrt5 Lrt8
Mates	Lrm5 Lrm8
Brillantes	Lrb5 Lrb8

CUADRO 6

En función tanto del redondeamiento como de la esfericidad y en granos melanocratos	
Brillantes y mates	MIt5 MIt8
Mates	MIm5 MIm8
Brillantes	MIb5 MIb8

CUADRO 7

En función tanto del redondeamiento como de la esfericidad y en granos leucocratos	
Brillantes y mates	LIt5 LIt8
Mates	LIm5 LIm8
Brillantes	LIb5 LIb8

CONCEPTO DE LOS PARAMETROS MORFOSCOPICOS-GRANULOMETRICOS

Los parámetros propuestos miden los diámetros correspondientes al 50 por 100 acumulativo de los granos de las distintas fracciones granulométricas, observados de acuerdo con las características definidas por las siglas de los mismos, y en muestras previamente descarboxatadas.

En general, estas siglas constarán de tres letras y un número: la primera letra hará referencia al índice de color de los granos (leucocratos o melanocratos); la segunda letra a la textura geométrica (redondeamiento, esfericidad o ambas cosas a la vez); la tercera al aspecto superficial (brillante, mate o, también, ambas cosas a la vez) y el número a la escala de KRUMBEIN (1963) multiplicado por 10.

- M=melanocrato
- L=leucocrato
- r=redondeamiento
- e=esfericidad
- I=redondeamiento y esfericidad
- b=brillante
- m=mate
- t=indistintamente brillante o mate
- 5 → ≥0,5 en la escala de KRUMBEIN (1963)
- 8 → ≥0,8 en la escala de KRUMBEIN (1963)

EJEMPLO DE OPERATIVIDAD

Cálculo del parámetro *Meb5* de la muestra 1B barlovento (6/10/84), previamente descarboxatada, a partir de los siguientes datos de granos melanocráticos observados por lupa binocular:

CUADRO 8

1	2	3	4
0,30	84	20,44	20,44
0,25	89	21,65	42,09
0,20	82	19,95	62,04
0,15	79	19,22	81,26
0,10	77	18,73	99,99
	411	99,99	

1. Diámetro de la malla del tamiz.
2. Número de granos de un conjunto de 100, con esfericidades iguales o superiores a 0,5 (KRUMBEIN, 1963), y con superficies brillantes.
3. Tanto por ciento simple.
4. Tanto por ciento acumulativo.

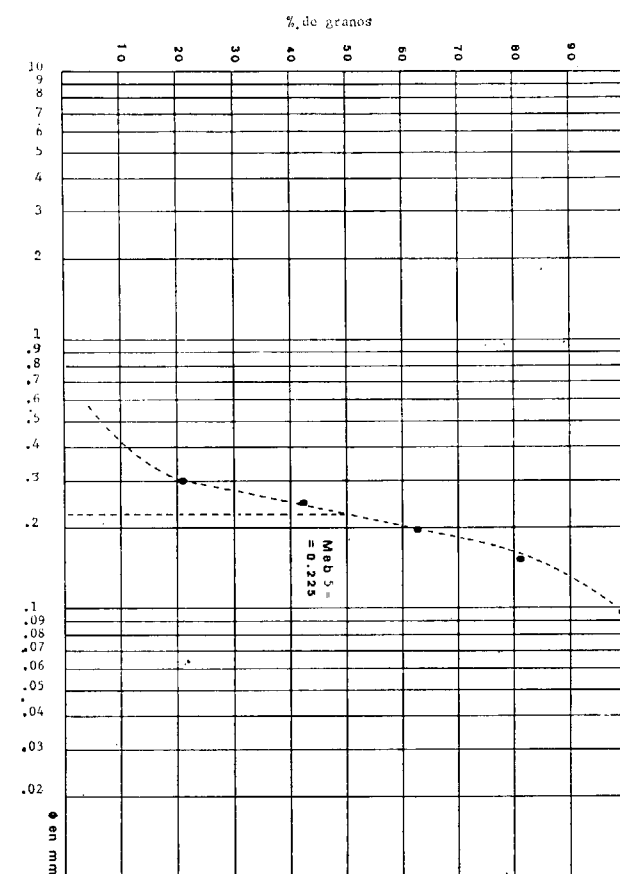


Figura 1.—Parámetro *Meb5* de la muestra 1B de barlovento (6/10/84).

DISCUSIONES

Estas se desarrollan aplicando la metodología a los rasgos de las arenas muestreadas en el campo de dunas litorales de Maspalomas (campana del 6/10/84).

El campo de dunas de Maspalomas se localiza en el S-SE de la isla de Gran Canaria y representa una superficie de 4 Km². La formación sedimentaria eólica se encuentra delimitada por las playas de Maspalomas y de El Inglés, y por depósitos continentales de desembocadura de barranco (terrazas fluviales y escarpes de llanuras aluviales en relación con el barranco de Fataga), todo ello en un entorno predominantemente fonolítico.

Con las observaciones de laboratorio, se ha elaborado cuadros de datos. Sirva de ejemplo los cuadros 9 y 10.

Las texturas cuantificadas de los granos melano-

ocráticos permiten formular una serie de discusiones:

- 1) Para el cálculo de los parámetros morfoscópicos-granulométricos, se descartan los redondeamientos y/o esfericidades mayores o iguales a 0,8, según la escala morfoscópica de KRUMBEIN (1963). En esos casos, los números de granos contabilizados carecen de identidad representativa.
- 2) Los parámetros, con identidad representativa, hacen referencia a redondeamientos y/o esfericidades iguales o mayores a 0,5, en granos brillantes o indistintamente en brillantes y mates.
- 3) En la selección de parámetros quedan eliminados los totales (indistintamente de que sean brillantes o mates), ya que los granos mates poco pueden influir en ellos por su escasa representabilidad.
- 4) Los parámetros más representativos son el *Mrb5* y el *Meb5*.

Teóricamente también lo debería ser el *MIb5*, que recogería a los dos anteriores. Pero esta convergencia traduciría una reducción del número de granos afectados. Hay una menor probabilidad de que, en unos mismos granos, concurren los dos rasgos texturales (redondeamiento y esfericidades). La reducción restaría representabilidad al parámetro en cuestión. La deducción teórica se verifica consultando los cuadros de datos.

- 5) Para las dunas de Maspalomas, los parámetros *Mrb5* y *Meb5* oscilan alrededor de los 0,22 mm. Los valores se mantienen constantes en todo el campo.

Si se contrasta los valores de estos parámetros con los de sus homólogos para playas grancanarias, de mineralogía similar (sea el caso de Las Canteras), se infiere que los parámetros en cuestión no diferencian tipos de ambientes sedimentarios.

- 6) Los valores granulométricos mayores, entre 0,25 y 0,27, corresponden a parámetros morfoscópicos para granos brillantes, tanto de redondeamientos como de esfericidades iguales o mayores a 0,8. La deducción sería explicable admitiendo que los granos mayo-

res sufren un transporte esencialmente por reptación, mientras que en el transporte de los restantes hay componentes de suspensiones y de saltaciones (por sus menores resistencias gravimétricas). Estos últimos componentes suponen menores desgastes entre los granos (valores de redondeamientos y esfericidades sensiblemente más bajos).

- 7) Los parámetros *Mrb5* y *Meb5* decrecen de valor a medida que aumenta la longitud del transporte en el campo dunar. La explicación se basa en que, en un campo de dunas, se pierde progresivamente la capacidad de transporte eólica, alcanzando los mayores recorridos, entre las arenas melanocratas de unas determinadas características, las que tengan valores granulométricos relativamente más pequeños.

Estos parámetros corroboran las deducciones en relación a la fuente de suministro de los aportes sedimentarios y el sentido de avance de las dunas. La cartografía de los mismos describe unas migraciones congruentes con las deducciones según otros criterios: cartografías calcimétricas y de los parámetros granulométricos *Q₂*, y crecimientos en altura de las formaciones sedimentarias. Estas cartografías serán objeto de otro trabajo.

A partir de las texturas de los granos leucocráticos se obtienen nuevas formulaciones:

- 1) Los parámetros representativos se basan en esfericidades y/o redondeamientos, de aspecto brillante, iguales o superiores a 0,5, según la escala morfoscópica de KRUMBEIN (1963).
- 2) Como los aspectos mates carecen de identidad representativa, quedan descartados los parámetros *Lrt5*, *Let 5* y *LIt5*.
- 3) Después de las anteriores exclusiones, los parámetros que identificarían ambientes sedimentarios dunares, en relación con la playa o playas de alimentación, serían el *Lrb5*, *Leb5* y el *Llb5*. Pero como los rangos de estos parámetros, en un mismo campo, son muy amplios, carecen de esta identidad en las identificaciones de ambientes.
- 4) Los valores de los parámetros *Lrb5*, *Leb5* y *Llb5* oscilan entre 0,27 y 0,224 mm.

CUADRO 9

MUESTRA 1B BARLOVENTO					
DUNAS DE MASPALOMAS			FECHA: 6-10-84		
Melanocratos Número de granos observados: 500			Leucocratos Número de granos observados: 500		
Parámetros	Granos con- tabilizados	Valor en mm.	Parámetros	Granos con- tabilizados	Valor en mm.
Mrm5	5	—	2rm5	26	0,273
Mrm8	4	—	2rm8	3	—
Mrb5	344	0,227	2rb5	326	0,268
Mrb8	57	0,266	2rb8	62	0,235
Mrt5	352	0,229	Lrt5	352	0,26
Mrt8	60	0,262	Lrt8	64	0,270
Mem5	6	—	Lem5	26	0,274
Mem8	4	—	Lem8	4	0,229
Meb5	411	0,22	Leb5	392	0,255
Meb8	93	0,23	Leb8	80	0,265
Met5	413	0,22	Let5	418	0,255
Met8	93	0,24	Let8	83	0,261
MIm5	6	—	Lm5	20	—
MIm8	2	—	LIm8	2	—
MIb5	281	0,235	LIb5	275	0,255
MIb8	13	—	LIb8	13	—
MI5	289	0,234	LI5	294	0,242
MI8	16	—	LI8	14	—

CUADRO 10

MUESTRA 7A SOTAVENTO					
DUNAS DE MASPALOMAS			FECHA: 6-10-84		
Melanocratos Número de granos observados: 500			Leucocratos Número de granos observados: 521		
Parámetros	Granos con- tabilizados	Valor en mm.	Parámetros	Granos con- tabilizados	Valor en mm.
Mrm5	67	0,25	Lrm5	15	—
Mrm8	21	—	Lrm8	2	—
Mrb5	295	0,220	Lrb5	389	0,222
Mrb8	38	0,183	Lrb8	89	0,233
Mrt5	362	0,225	Lrt5	404	0,220
Mrt8	59	0,20	Lrt8	90	0,230
Mem5	69	0,245	Lem5	15	—
Mem8	7	—	Lem8	1	—
Meb5	322	0,227	Leb5	437	0,225
Meb8	44	0,259	Leb8	74	0,235
Met5	390	0,215	Let5	446	0,223
Met8	51	0,237	Let8	76	0,242
MIm5	59	0,258	LIm5	14	—
MIm8	2	—	LIm8	1	—
MIb5	229	0,218	LIb5	314	0,225
MIb8	1	—	LIb8	23	—
MI5	289	0,235	LI5	364	0,230
MI8	3	—	LI8	24	—

5) Que los parámetros Lrb5, Leb5 y LIb5 tengan a veces valores mayores que sus homólogos melanocráticos, se debe a que los leucocratos presentan una mayor resistencia al desgaste, necesitando transportes más intensificados para llegar a valores similares.

Para las fases mineralógicas mayoritarias de estas arenas, con durezas alrededor de 6, se especula que la resistencia al desgaste es una relación inversa a las densidades.

Fase mineral	Densidad
Albita	2,60-2,65
Nefelina	2,55-2,65
Piroxeno alcalino	3,25-3,60
Anfíbol alcalino	3,00-3,40

CONCLUSIONES

Se diseña y discute una metodología, para las interpretaciones de los rasgos texturales morfoscópicos de las arenas de playas y dunas litorales canarias, procedentes de bioclastos y de rocas basálticas y sálicas, en donde están ausentes los componentes cuarcíferos.

Se definen los posibles parámetros morfoscópicos granulométricos. De ellos, se deduce que los de mayor identidad para el ambiente sedimentario en cuestión, son el Mrb5 y el Meb5 (granos melanocráticos brillantes y con redondeamientos o esfericidades iguales o mayores a 0,5, según la escala de KRUMBEIN de 1963).

Para un mismo ambiente sedimentario, el sentido de evolución decreciente de los parámetros Mrb5 y Meb5 indican el sentido del transporte de los detritos.

Para redondeamientos y esfericidades iguales o superiores a 0,8 (KRUMBEIN, 1963) y para granos

brillantes, los parámetros melanocráticos corresponden a valores granulométricos relativamente más altos. Esto se interpreta en el marco de las peculiaridades en las distintas variedades del transporte. Se deduce un mayor desgaste para el transporte por reptación, frente a los transportes por saltación y/o suspensión.

Los parámetros de granos leucocráticos, sobre todo los más representativos, traducen una mayor resistencia al desgaste de estos granos, frente a los melanocráticos. Se especula que el desgaste es una función inversa a las densidades.

En definitiva, determinados ambientes sedimentarios, como el de las dunas de Maspalomas (Gran Canaria), tienen la suficiente dinámica como para que sus arenas alcancen significativos desarrollos morfoscópicos, tanto para esfericidades como para redondeamientos de granos brillantes.

BIBLIOGRAFIA

ASENSIO AMOR, I.: *Indices morfométricos de sedimentos detríticos*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), LVII, 157-161 (1959).

ASENSIO AMOR, I.: *Morfoscopia de arenas de la plataforma litoral cantábrica*. Estudios Geológicos, XXVII, núm. 4, 363-366 (1971).

CAILLEUX, A.: *Distincion de sables marins et fluviaux*. Bull. Soc. Geol. Fr., 13, 125-138 (1943).

FLOR, G.: *Los parámetros texturales en las playas y dunas arenosas del borde occidental del Cabo Peñas (Xago y Verdicio, Asturias)*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 79, 89-102 (1981).

GUILCHER, A.: *L'aspect de surface de grains de sable quartzeux et son interpretation*. Norois, núm. 73, 158-160 (1972).

KRUMBEIN, W., y SLOSS, L.: *Stratigraphy and Sedimentation*. San Francisco. Freeman and Company, 106-114 (1963).

VATAN, A.: *Manuel de Sedimentologie*. París. Editions Technip, 126-127 (1967).

Recibido: Junio de 1985

MINERIA

Naturaleza y distribución de las menas que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar, provincia de Sevilla (España)

Por JOSEFINA SIERRA

RESUMEN

En este trabajo se estudia la distribución de los minerales, tanto principales como accesorios, que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar, provincia de Sevilla (España), los cuales dan lugar a cuatro de los 10 tipos de menas de la clasificación de Strauss (1970). Asimismo se analiza la falta de zonalidad que caracteriza al yacimiento, tanto desde el punto de vista geoquímico como del referente a la morfología, textura y situación de los minerales principales, a partir de los datos obtenidos de 105 sondeos de investigación.

SUMMARY

In this paper we study the distribution of principal and accessory minerals that constitute the Aznalcóllar Ore deposit, Seville Province, Spain. These minerals form four of the ten types of Ore from the Strauss classification (1970). From the 105 drillings performed, we analyze the lack of zoning that characterizes this deposit as much from the geochemical point of view as the morphological one, texture and situation of the main minerals.

I. INTRODUCCION

El yacimiento de Aznalcóllar pertenece a la Faja Pirítica Hispano Portuguesa, situada al SO de la Península Ibérica. Es un yacimiento *singenético*, *volcano sedimentario* y masivo. Yacimiento estratiforme constituido en su mayor parte por pirita masiva y con cantidades muy inferiores de esfalerita, calcopirita y galena.

Presenta una forma alargada de Este a Oeste con un buzamiento norte de más o menos 45°, una longitud mayor de 1.500 m. y un espesor que decrece hacia los bordes.

El yacimiento de Aznalcóllar, al igual que los restantes de la Faja Pirítica, es concordante con las rocas encajantes y presenta pasos graduales entre las zonas mineralizadas y las estériles.

La masa mineral alcanza espesores de hasta 60 m. y los sondeos la han localizado continuamente hasta una profundidad de 250 a 300 m., profundidad a la que aún continúa la mineralización, pero estrechándose sensiblemente, lo que hace suponer que la masa mineral se debe cerrar a relativa corta distancia.

El yacimiento de Aznalcóllar puede clasificarse

dentro de los yacimientos muy grandes de la clasificación de FERNÁNDEZ ALVAREZ (1975). En la foto núm. 1 puede verse una panorámica de la corta de Aznalcóllar desde el Cerro de la Felsita. Al fondo de la fotografía, mirando hacia el oeste, se ven: arriba, el mioceno, y debajo, a la izquierda, las pizarras carbonosas, que cubren estratigráficamente a la formación volcano-sedimentaria donde arma la mineralización; en el centro, la masa de sulfuros, y a la derecha, las rocas piroclásticas del techo. La corta, de forma elíptica, presenta una longitud de 1.500 m. para el eje mayor, y de 700 m. para el menor. Sus dimensiones son:

- Longitud máxima: 1.370 m.
- Anchura máxima: 700 m.
- Profundidad máxima: 300 m.
- Altura de banco: 15 m.

II. SITUACION Y PROPORCIONES DE LOS DIFERENTES MINERALES

En J. SIERRA (1984), hemos descrito la mineralogía de la mena y de la ganga. En este trabajo

vamos a describir las variaciones cualitativas y cuantitativas de los diferentes minerales con su situación en el yacimiento.

Para este trabajo hemos seleccionado 140 muestras, tomadas de cinco de los 105 sondeos realizados por A.P.I.R.S.A. y consideradas representati-

vas del yacimiento. En las tablas siguientes se representan los hábitos más comunes de los minerales principales (pirita, esfalerita, calcopirita y galena), las proporciones en que se presentan los diferentes minerales y su situación en función de la profundidad.

TABLA 1
SONDEO 92. FORMAS DE PRESENTARSE LA PIRITA
(Cp= calcopirita; G= galena; Bour= bournonita; Sl= esfalerita)

Prof.	Idiomorfo	Caries en Cp.	Caries en G.	Caries en Bour.	Idiomor. o atoll. en SL.	Masiva	Zonada	Brechi-ficada	Coloidal	Frambue-sas
170,9	...	+	+	-	-	-	-	+	x	-
172,2	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-
173,4	...	+	+	-	-	+	+	+	x	-
173,5	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-
184,2	...	+	+	-	-	+	+	+	-	-
193,6	...	+	-	-	-	+	+	+	x	+
195,9	...	+	-	-	-	-	+	+	-	-
199,2	...	+	-	-	-	-	+	+	-	-
206	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-
206,4	...	+	+	-	-	-	-	+	-	-
208	...	+	+	-	-	+	-	+	-	-
212,25	...	-	-	-	-	+	-	+	-	+
238,1	...	+	+	-	-	-	+	-	x	-
240,8	...	+	-	-	-	-	+	-	x	-
243,5	...	-	-	-	-	+	-	+	-	-
244,4	...	+	+	-	-	-	-	+	x	+
245,4	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-
247,5	...	-	-	+	-	+	-	-	-	-
254,2	...	-	-	-	-	+	-	-	x	-
256,8	...	-	+	+	-	+	+	-	-	+
258,6	...	-	idio. en Cp.	-	-	+	+	-	-	-
264,3	...	+	-	-	-	+	+	-	-	-
266,5	...	+	-	-	-	+	+	-	-	-
270,2	...	+	-	-	-	+	+	-	x	-
273,6	...	+	-	-	-	+	+	+	-	x
274,3	...	-	-	+	-	+	+	+	-	-
278,8	...	+	-	-	-	+	+	+	-	x
280,3	...	+	+	-	-	+	-	-	-	-
281,3	...	+	-	-	-	-	+	+	-	-
284,2	...	+	-	-	-	-	-	-	x+	+
286,9	...	-	+	-	-	+	+	-	-	+
289,2	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-

Pirita

Es el mineral más abundante y presenta hábitos variados. Dada su gran energía de formación es muy común el hábito idiomorfo. Cuando se encuentra dentro de calcopirita, galena o bournonita presenta textura en «caries» y si aparece en esfalerita muestra textura «atoll». Sin embargo, la forma más común de presentarse es masiva, debido a los efectos de la diagénesis y del metamorfismo. Al mismo tiempo, como es un mineral frágil muchas veces aparece fracturado. Por último, y como reliquia de su hábito inicial, se observan piritas coloidales y framboidales.

En las tablas núms. 1, 2, 3, 4 y 5 se distinguen estos tipos de pirita en cinco sondeos seleccionados y en función de la profundidad.

Esfalerita-galena

Ambos minerales presentan un comportamiento semejante, la galena va asociada a la esfalerita, esta última aparece en mucha mayor proporción que la primera.

La esfalerita se presenta rellenando huecos de la pirita (textura en mosaico) o de forma masiva

TABLA 2

SONDEO 91. FORMAS DE PRESENTARSE LA PIRITA

(Cp=calcopirita; G=galena; Bour=bournonita; Sl=esfalerita)

Prof.	Idiomorfo	Caries en Cp.	Caries en G.	Caries en Bour.	Idiomor. o atoll. en SL.	Masiva	Zonada	Brechificada	Coloidal	Frambue-sas
79,2	...	+	-	-	-	-	-	+	-	-
79,8	...	+	-	-	-	-	-	+	x	-
81,75	...	+	-	-	+	-	-	+	-	-
89,55	...	+	+	-	+	+	-	-	x	-
100	...	+	+	-	-	+	-	-	x	-
103,7	...	+	+	-	+	+	+	+	x	-
104,5	...	+	-	-	+	+	+	-	-	-
108,3	...	+	-	-	-	+	-	-	-	-
111,3	...	+	+	-	-	+	-	+	-	-
117	...	+	+	-	+	+	-	+	-	-
118,6	...	+	+	-	+	+	-	+	x	-
119,5	...	+	-	-	-	+	-	-	x	-
126,1	...	+	-	-	-	+	+	+	x	-
127,6	...	+	+	-	-	+	+	+	-	-
143,2	...	+	+	-	-	+	+	+	x	-
154	...	+	-	-	-	-	+	+	x+	-
160,2	...	+	-	-	-	-	-	+	x+	-
165,3	...	+	-	-	-	+	-	+	x+	-
171,25	...	+	-	-	-	+	+	+	x+	-
172	...	+	+	-	-	+	-	+	x	-
173,5	...	+	-	+	+	+	-	+	-	-
174	...	+	-	-	+	+	-	-	-	-
176,3	...	+	-	-	Framboi.	+	+	-	x+	+
179	...	+	-	-	+	+	+	-	x+	-
183,8	...	+	-	+	+	-	+	-	x+	+
186,3	...	+	-	+	+	+	+	-	-	-

y sólo rara vez aparecen reliquias de la esfalerita coloidal.

Calcopirita

La galena aparece en huecos de la pirita o en menor proporción (Pb: Zn; 1: 2), asociada a la esfalerita masiva y rara vez como galena coloidal.

La calcopirita, alotriomorfa, se presenta por todo el yacimiento, si bien normalmente no pasa de los límites de mineral accesorio. Suele ocupar huecos en la pirita, o al ser el sulfuro más móvil, se moviliza a las fracturas en masas de mayor tamaño, y también aparece como finas exoluciones en la esfalerita, que no se presenta de forma masiva. No se observa calcopirita coloidal.

En las tablas núms. 6, 7, 8, 9 y 10 se sitúan la esfalerita y la galena, tanto coloidales (I), como recristalizadas (II) en los diferentes sondeos y a las profundidades determinadas.

En las tablas núms. 11, 12, 13, 14 y 15 aparecen

TABLA 3

SONDEO 66. FORMAS DE PRESENTARSE LA PIRITA

(Cp=calcopirita; G=galena; Bour=bournonita; Sl=esfalerita)

Prof.	Idiomorfo	Caries en Cp.	Caries en G.	Caries en Bour.	Idiomor. o atoll. en SL.	Masiva	Zonada	Brechificada	Coloidal	Frambue-sas
175	...	+	-	+	+	-	+	-	x+	+
179	...	+	-	-	+	+	-	-	x	-
182	...	+	-	-	+	-	+	+	x	-
183,4	...	+	-	-	-	+	-	+	x	-
187	...	-	+	-	-	+	-	-	x	-
190,5	...	+	-	-	-	+	-	-	-	-
193	...	+	-	-	+	+	+	+	-	-
197	...	+	-	+	-	-	+	+	-	-
198,2	...	+	-	+	+	+	+	+	x	-
198,8	...	+	-	+	+	+	+	-	-	-
202,8	...	+	-	-	-	-	+	-	x	-
206	...	+	-	+	+	+	-	+	x+	+
210	...	+	-	-	+	+	+	+	-	-
212,5	...	-	-	-	-	+	-	-	-	-
215,6	...	+	-	+	+	+	-	+	-	-
218,5	...	-	-	-	-	+	-	-	-	-
219,5	...	-	+	-	+	+	-	+	-	-
222,5	...	-	-	-	-	+	-	+	-	-
223,5	...	+	-	-	+	+	-	-	-	-
229	...	+	+	+	-	+	+	-	x	-
233	...	+	+	-	+	+	+	+	-	-
235,6	...	+	-	+	+	+	-	-	+	-
241,3	...	-	-	-	-	+	-	+	-	-
233	...	+	-	+	+	+	+	-	-	-
243,4	...	+	+	-	-	-	-	-	-	-

las diferentes calcopiritas, con sus proporciones y a la profundidad a que se encuentran.

Minerales accesorios

Aparte de estos cuatro minerales, en el yacimiento de Aznalcóllar se encuentran otros muchos, si bien nunca pasan de los límites de mineral accesorio. Son: arsenopirita, cobres grises, bournonita, meneghinita, pirrotina, plata, bismuto, marcasita, estannina, ilmenita, rutilo, melnicovita, gudmundita y nagyagita; muy localmente: calcosina, covellina y bornita. Con todos ellos he-

mos elaborado una serie de tablas conjuntas, números 16, 17, 18, 19 y 20, con su presencia o no en cada uno de los sondeos y en función de la profundidad.

Todos suelen formar parte de la textura en mosaico, tan característica de este tipo de mineralizaciones.

III. TIPOS DE MENAS

El yacimiento de Aznalcóllar está constituido por un yacimiento de pirita masiva con conteni-

TABLA 4

SONDEO 26. FORMAS DE PRESENTARSE LA PIRITA

(Cp=calcopirita; G=galena; Bour=bournonita; Sl=esfalerita)

Prof.	Idiomorfo	Caries en Cp.	Caries en G.	Caries en Bour.	Idiomor. o atoll. en SL.	Masiva	Zonada	Brechificada	Coloidal	Frambue-sas
115	+	-	-	-	+	+	-	-	x	-
116,2	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
117	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
119	+	-	+	-	+	-	-	-	x	-
120,3	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
131,3	+	-	-	-	-	+	-	+	x+	+
132,4	+	-	-	-	-	+	+	-	x	-
134,5	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
136	-	-	-	-	-	+	-	-	x	-
139	-	-	-	-	-	+	-	-	x	-
141,1	-	-	+	-	+	+	-	-	x	-
144,1	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
146	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
149	+	-	-	-	+	+	-	-	x	-
150	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
154	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
155	+	-	-	-	-	+	-	+	x	-
158	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
159,4	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
161,4	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
162,8	+	+	+	-	+	+	-	-	x	-
164	+	+	+	-	+	+	-	-	x	-
164,3	+	-	-	-	-	-	+	+	x	+
164,8	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
165,8	+	-	-	-	-	-	-	+	x	-
166	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-

dos muy inferiores de otros sulfuros y un yacimiento diseminado como tránsito entre la mena y el estéril.

yacimiento muestran variaciones cuantitativas, de unas zonas a otras del yacimiento. STRAUSS (1970) al estudiar la mina de Lousal basándose en el predominio de un mineral metálico o no metá-

lico, divide el yacimiento en 10 tipos de menas:

TABLA 5

SONDEO 21. FORMAS DE PRESENTARSE LA PIRITA

(Cp=calcopirita; G=galena; Bour=bournonita; Sl=esfalerita)

Prof.	Idiomorfo	Caries en Cp.	Caries en G.	Caries en Bour.	Idiomor. o atoll. en SL.	Masiva	Zonada	Brechificada	Coloidal	Frambue-sas
176,4	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
185,2	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-
186	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
190	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
193,2	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
195,5	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
199,8	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
206	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-
209	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
211	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
221,14	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
214	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-
216	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
218	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
218,6	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
226,9	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
228,8	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
233,9	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-
237,6	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
244,3	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-
247,5	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
251	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-
251,9	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
253	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
254,9	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
260,5	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
261,4	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
267	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
270	+	-	-	-	+	+	+	-	++	-
275,2	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
276	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
279	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
282	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-

TABLA 6

SONDEO 91. PORCENTAJES
DE ESFALERITA (SL) y GALENA (G)

(P: mineral principal; A: mineral accesorio;
I: textura primaria; II: textura
de recristalización)

Profundidad	SL I	SL II	G-I	G-II
170,9	P	P	—	—
172,2	—	A	—	—
173,4	—	A	—	—
173,5	—	A	—	—
184,2	—	A	—	—
193,6	—	A	—	—
195,9	—	A	—	A
199,2	—	A	—	—
206	—	A	—	A
206,4	—	A	—	—
208,5	—	—	—	A
212,2	—	A	—	A
238,1	A	A	—	—
240,8	—	A	—	—
243,5	—	A	—	A
244,4	—	A	—	—
245,4	—	A	—	—
247,5	—	A	—	—
254,2	—	P	—	A
256,2	—	A	—	A
264,3	—	A	—	A
266,5	—	A	—	A
270,2	—	P	—	A
273,6	—	P	—	A
274,3	—	P	—	A
278,8	—	P	—	A
280,35	—	A	—	A
281,3	—	A	—	A
284,2	—	P	—	A
286,9	A	A	A	A
289,2	—	P	—	A

Py: 45-51% S, 0,5-0,7% Cu=Ryukako
Py cobriza: 43-45% S, 0,8-5% Cu=OKO
Mena mezclada 1-20% Zn, 0,5-10% Pb, 0,5-5% Cu=
=KUROKO
Mena fajeada hasta 50% S₂O₂+Al₂O₃
Mena Silícea hasta 50% SiO₂
Mena de Po hasta 20% S Fe
Mena carbonatada hasta 30% CO₃ (Mg, Fe)

TABLA 7

SONDEO 91. PORCENTAJES
DE ESFALERITA (SL) y GALENA (G)

(P: mineral principal; A: mineral accesorio;
I: textura primaria; II: textura
de recristalización)

Profundidad	SL I	SL II	G-I	G-II
79,2	—	A	—	A
79,8	A	A	—	A
81,7	—	A	—	A
89,5	A	A	—	—
100	A	A	—	A
103,7	—	A	—	A
104,5	—	A	—	A
108,3	—	A	—	A
111,3	—	P	—	A
117	—	P	—	A
118,6	—	A	—	A
119,5	—	A	—	A
126,1	—	—	—	A
127,6	—	A	—	—
143,2	—	A	—	—
154	—	A	—	—
160,2	—	A	—	—
165,3	—	A	—	—
171,25	—	A	—	A
172	—	A	—	A
173,5	—	P	—	A
174	—	P	—	A
176,3	—	P	—	A
179	—	P	A	A
183,8	—	P	—	P
186,3	—	P	—	A

Mena Barítica hasta 30% SO₄Ba
R. verde cuprífera 1-3% Cu
R. E. mineralizada hasta 90% SiO₂+Al₂O₃.

Mena de Pirita

Se caracteriza por un elevado porcentaje de pirita y pequeños contenidos de galena, esfalerita y calcopirita. Constituye la mayor parte del yacimiento y se comporta como una roca (foto número 2), ya que forma una mena masiva, dura, compacta y con fractura concoidea. Presenta tex-

TABLA 8

SONDEO 66. PORCENTAJE
DE ESFALERITA (SL) y GALENA (G)

(P: mineral principal; A: mineral accesorio;
I: textura primaria; II: textura
de recristalización)

Profundidad	SL I	SL II	G-I	G-II
175	P	P	—	—
179	—	P	—	A
182	—	P	—	A
183,4	—	A	—	—
187	—	A	—	A
190,5	—	A	—	A
193	—	A	—	A
197	—	A	—	A
198,2	—	A	A	A
198,8	A	A	—	A
202,8	—	A	—	—
206	—	P	A	P
210	—	A	—	A
212,5	—	A	—	A
215,6	—	P	—	A
218,5	—	A	—	—
219,5	—	A	—	A
222,5	—	A	—	A
223,5	—	A	—	A
229	—	A	—	A
233	—	P	—	A
235,6	—	P	—	P
241,3	—	A	—	A
243	—	A	—	A
243,4	—	A	—	A

tura fina granuda, y la ganga está escasamente representada.

Es una pirita muy limpia, en su mayor parte está recristalizada, y en sus huecos se sitúan los demás minerales (foto núm. 3).

En la figura núm. 1 puede verse, de una forma esquemática, su representación en los sondeos seleccionados.

Mena de pirita cobriza

Al aumentar los contenidos de calcopirita, STRAUSS define este tipo, que junto con la mena

TABLA 9

SONDEO 26. PORCENTAJE
DE ESFALERITA (SL) y GALENA (G)

(P: mineral principal; A: mineral accesorio;
I: textura primaria; II: textura
de recristalización)

Profundidad	SL I	SL II	G-I	G-II
115	A	A	—	A
116,2	—	P	—	A
117	P	P	A	A
119	P	P	A	A
120,3	—	A	—	A
131,35	—	A	A	A
132,47	—	—	A	A
134,5	—	P	A	A
136	—	A	—	A
139,2	A	A	A	A
141,1	P	P	A	P
144,1	—	A	A	A
146	—	A	—	A
149	P	P	—	A
150	—	A	—	A
154	—	A	—	A
155	—	A	—	—
158	—	A	—	A
159,4	—	A	—	A
161,4	—	A	—	A
162,8	P	P	—	A
164	—	P	—	A
164,3	—	A	—	A
164,8	—	A	—	A
165,8	A	A	—	A
166,2	—	A	—	A

de pirita suele constituir la parte central del yacimiento.

En Aznalcóllar no se ha observado, y sólo aparecen concentraciones mayores de calcopirita; en fracturas o en la zona superior del yacimiento, en el «emborrascado» y sólo localmente (foto número 4).

Mena mezclada o mixta

Se caracteriza porque aumenta la proporción de galena y esfalerita, rara vez la calcopirita, decreciendo al mismo tiempo la pirita.

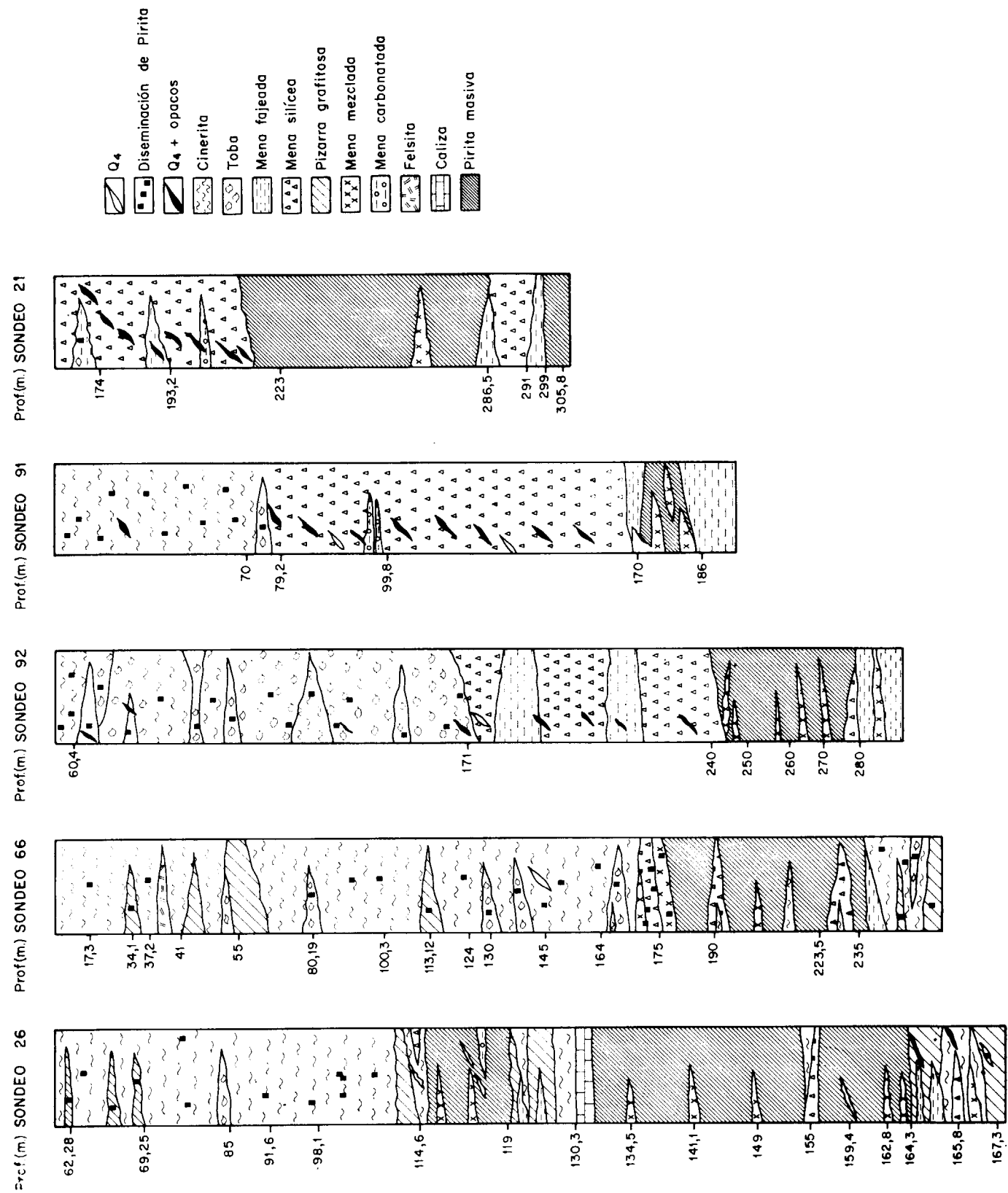


Figura 1.—Distribución de los tipos de mena en los sondeos seleccionados.

Foto núm. 1.—Panorámica de la corta de Aznalcóllar, desde el llamado «Cerro de la Felsita».

Foto núm. 2.—Secc. Pol. LN × 200 A. Pirita masiva, en la que se observan restos de un gran nódulo de pirita.

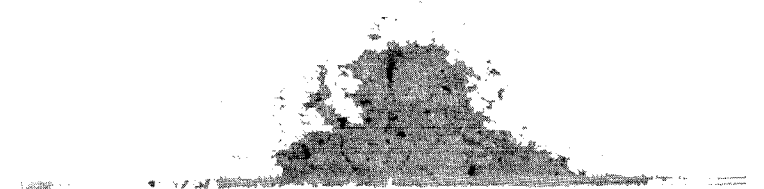


Foto núm. 3.—Secc. pul. LN × 200 A. Detalle de una textura en mosaico de la pirita. Los sulfuros de hierro, idiomorfos, de la mitad izquierda de la figura han recristalizado a partir de la pirita framboidal, y en sus huecos se han concentrado la calcopirita (amarilla), esfalerita (gris oscuro), cobres grises (gris claro), meneghinita (gris azulado) y galena (blanco grisáceo).

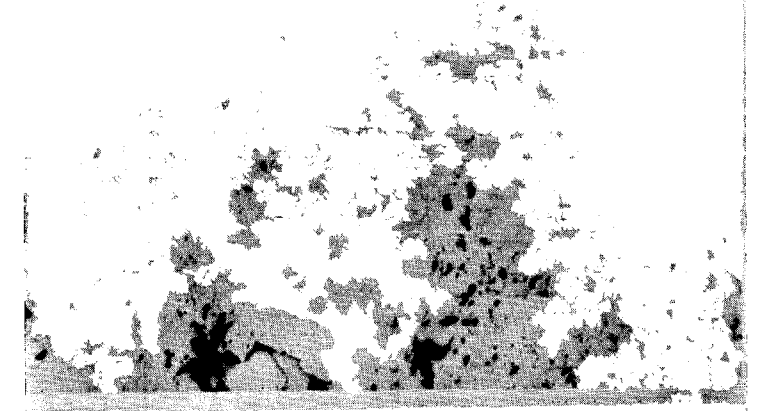


Foto núm. 4.—Secc. pul. LN × 200 A. Aspecto del llamado «piroclasto cuprífero», la zona más rica en cobre del yacimiento. Aquí, la calcopirita se ha concentrado a partir del cobre del «emborrascado» situado a techo del filón Silillos.



Foto núm. 1.—Panorámica de la corta de Aznalcóllar, desde el llamado «Cerro de la Felsita».



Foto núm. 2.—Secc. Pol. LN \times 200 A. Pirita masiva, en la que se observan restos de un gran nódulo de pirita.

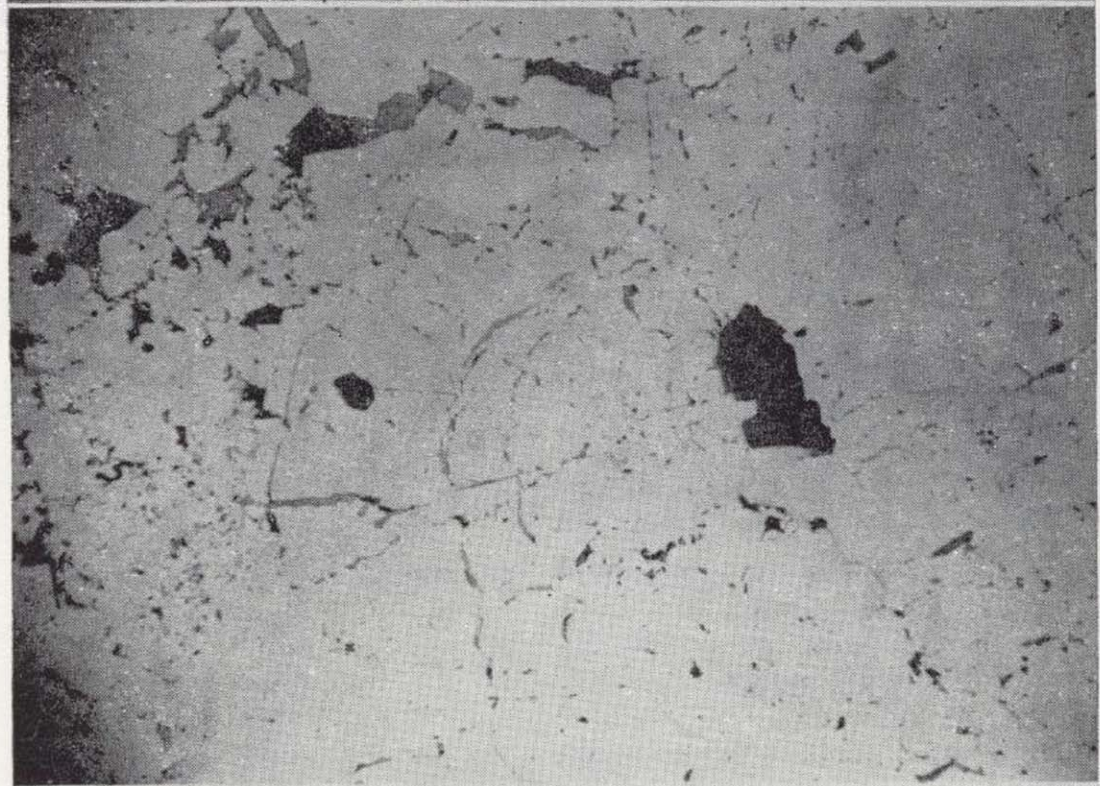


Foto núm. 3.—Secc. pul. LN \times 200 A. Detalle de una textura en mosaico de la pirita. Los sulfuros de hierro, idiomorfos, de la mitad izquierda de la figura han recristalizado a partir de la pirita framboidal, y en sus huecos se han concentrado la calcopirita (amarilla), esfalerita (gris oscuro), cobres grises (gris claro), meneghinita (gris azulado) y galena (blanco grisáceo).

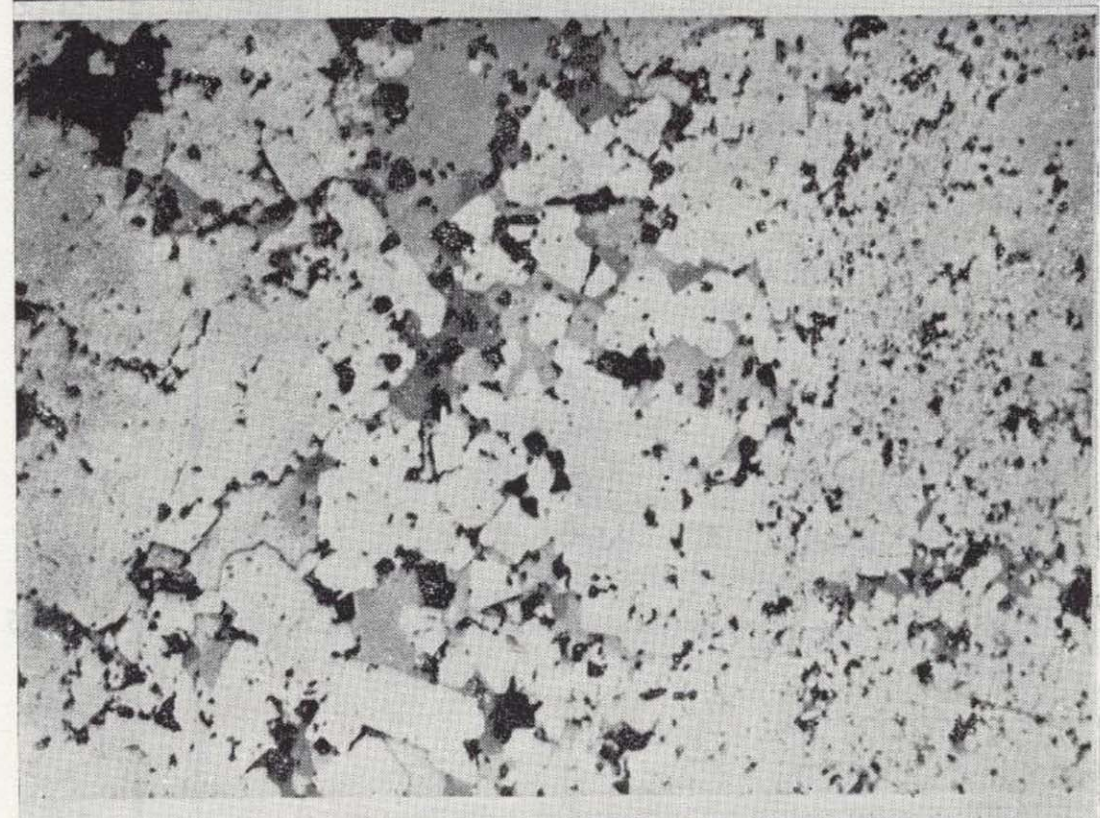


Foto núm. 4.—Secc. pul. LN \times 200 A. Aspecto del llamado «piroclasto cuprífero», la zona más rica en cobre del yacimiento. Aquí, la calcopirita se ha concentrado a partir del cobre del «emborrascado» situado a techo del filón Silillos.

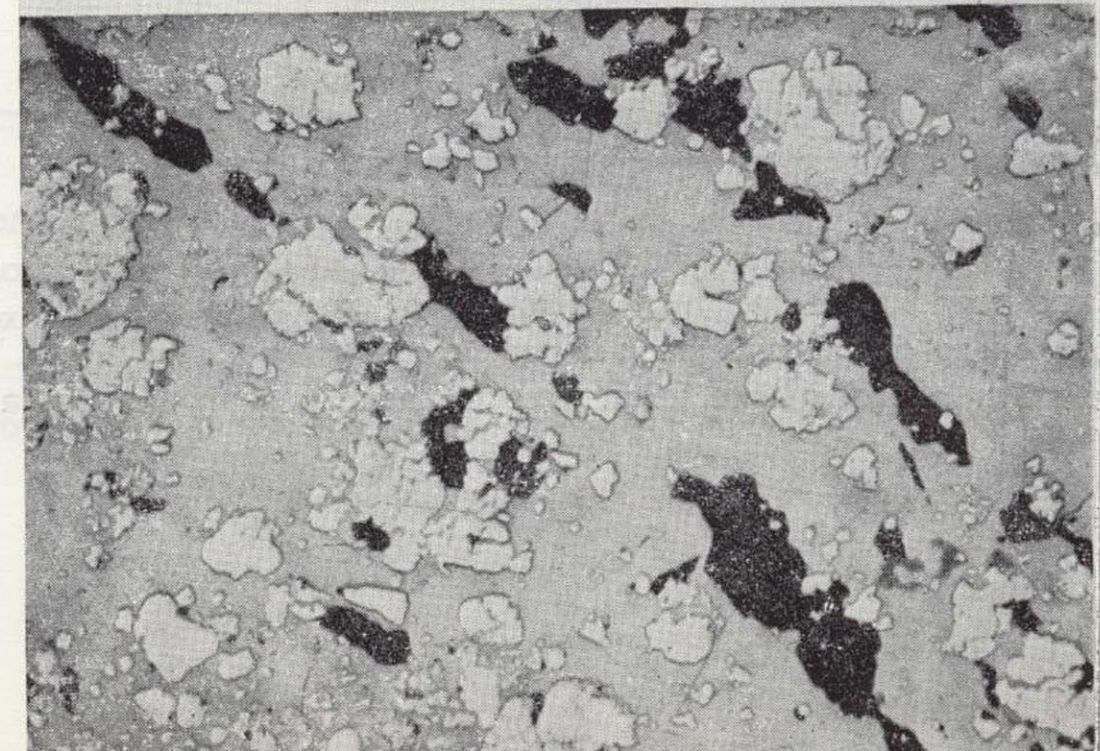


TABLA 10

SONDEO 21. PORCENTAJES DE ESFALERITA (SL) y GALENA (G)

(P: mineral principal; A: mineral accesorio; I: textura primaria; II: textura de recristalización)

Profundidad	SL I	SL II	G-I	G-II
176,4	—	A	—	—
185,2	—	A	—	—
186	—	A	—	—
190	—	A	—	—
191	—	A	—	—
193,2	—	A	—	—
195,8	—	A	—	—
199,8	—	A	—	—
206	—	A	—	—
209	A	A	—	—
211,14	—	A	—	—
214	—	A	—	—
216	—	A	—	—
218	—	A	—	—
218,6	—	A	—	—
226,9	—	A	—	A
228,8	—	A	—	A
230	—	A	—	A
233,9	—	A	—	A
237,6	—	A	—	A
244,3	—	A	—	A
247,5	—	A	—	A
251	—	A	—	A
253	—	A	—	—
254,9	—	A	—	A
260,5	—	P	—	A
261,4	—	A	—	A
267	—	P	—	A
270	—	P	—	A
275,22	—	A	—	A
276	—	A	—	A
279	—	A	—	A
282	—	P	—	A
286,5	—	A	—	A
288	—	A	—	—
340,6	—	A	—	A

TABLA 11

SONDEO 92. CARACTERISTICAS DE LA CALCOPIRITA

(I: coloidal; II: recristalizada; P: mineral principal; A: mineral accesorio)

Profundidad	Abundancia	Forma de presentarse	Tipo
170,9	P	Huecos en pirita	I-II
		Masas en pirita	—
172,2	A	Huecos en pirita	II
		Masas en pirita	—
173,4	A	Huecos en pirita	—
		Masas en pirita	I-II
173,5	A	Huecos en pirita	II
184,2	P	Masas	II
193,6	A	Huecos en pirita	II
195,9	A	Huecos en pirita	II
199,2	A	Huecos en pirita	II
206	A	Huecos en pirita	II
206,4	A	Huecos en pirita	II
		Masas con Q	—
208,5	P	Masas	II
212,5	A	Huecos en pirita	II
238,1	P	Masas	I-II
240,8	P	Masas	I-II
243,5	A	Huecos en pirita	II
244,4	A	Masas	II
245,4	A	Huecos en pirita	II
247,5	A	Huecos en pirita	II
254,2	A	Huecos en pirita	II
256,8	A	Huecos en pirita	II
264,3	A	Huecos en pirita	II
270,2	A	Huecos en pirita	II
273,6	A	Huecos en pirita	II
278,8	A	Huecos en pirita	II
280,35	A	Huecos en pirita	II
281,3	A	Huecos en pirita	II
284,2	A	Huecos en pirita	—
		Masas con Q	—
286,9	A	Masas	—
		Huecos en pirita	II
289,2	A	Huecos en pirita	II

aumento de galena y esfalerita (Pb: Zn de 1:2). En estos casos, la esfalerita aparece masiva y no lleva exoluciones de calcopirita (foto núm. 6).

En la figura 1 se observa cómo forma peque-

TABLA 12

SONDEO 91. CARACTERISTICAS DE LA CALCOPIRITA

(I: coloidal; II: recristalizada; P: mineral principal; A: mineral accesorio)

Profundidad	Abundancia	Forma de presentarse	Tipo
79,2	P	Masas	—
		Huecos en pirita	II
79,8	A	Masas	II
81,75	A	Huecos en pirita	II
		Masas	—
89,5	P	Masas	I-II
100	P	Masas	I-II
103,7	P	Masas	—
		Huecos en pirita	II
104,5	A	Inclusiones	II
108,3	A	Masas	—
		Huecos	II
111,3	P	Huecos en pirita	—
		Masas	II
117	P	Masas	II
118,6	A	Masas	I-II
119,5	A	Huecos en pirita	—
		Masas	II
126,1	A	Masas	—
		Fracturas en pirita	II
127,6	A	Huecos en pirita	—
		Masas	II
143,2	P	Huecos en fracturas	—
		Masas	I-II
154	P	Masas	—
		Huecos en fracturas	I-II
160,2	A	Huecos en pirita	II
163	A	Masas	—
		Huecos en pirita	II
165,3	P	Masas	—
		Huecos en pirita	II
171,25	P	Masas	I-II
172	A	Masas	—
		Huecos en pirita	—
		Huecos en fracturas	I-II
173,5	A	Huecos en fisura	II
174	A	Huecos en fisura	II
176,3	A	Huecos en pirita	II
179	A	Masas	—
		Huecos en fisura	II
183,8	A	Huecos en pirita	II
186,3	A	Huecos en pirita	II

ñas intercalaciones en la pirita masiva; en la foto núm. 5 una muestra de mano, y en la foto número 6 este tipo de mena al microscopio.

TABLA 13

SONDEO 66. CARACTERISTICAS DE LA CALCOPIRITA

(I: coloidal; II: recristalizada; P: mineral principal; A: mineral accesorio)

Profundidad	Abundancia	Forma de presentarse	Tipo
175	A	Masas en fracturas	I-II
		Huecos en pirita	—
179	A	Masas en fracturas	II
		Ausente en pirita	—
182	A	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
183,4	A	Huecos en pirita	II
187	A	Masas alotriomorfas	II
		Huecos en pirita	—
190,5	A	Huecos en pirita	II
193	A	Huecos en pirita	II
197	A	Reliquias en galena	II
198,2	A	Reliquias en galena y cobres grises	II
198,8	A	Reliquias en galena	II
202,8	A	Diseminada en fractur.	II
206	A	Huecos en pirita	I-II
210	A	Huecos en pirita	II
212,5	A	Huecos en pirita	II
215,6	A	Huecos en pirita	II
218,5	A	Huecos en pirita	II
219,5	A	Huecos en pirita	II
222,5	P	Huecos en pirita	II
223,5	A	Huecos en pirita	II
		Huecos en pirita	—
229	A	Masas con pirita	II
		Huecos en pirita	—
233	A	Diseminada en fractur.	II
		Escasa en la mena	—
235,6	A	Agujas en esfalerita	—
241,3	A	Huecos en pirita	II
243	A	Huecos en pirita	II
243,4	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—

Mena Fajeadá

Viene definida por una importante participación del material pizarro-arcilloso (foto núm. 7), alternando con bandas de pirita. Se forma por reducción de la mena y aumento del estéril. Se presenta tanto a muro como a techo (fig. 1), y forma parte de la zona de transición entre la mena y la roca estéril.

TABLA 14

SONDEO 21. CARACTERISTICAS
DE LA CALCOPIRITA(I: coloidal; II: recristalizada; P: mineral
principal; A: mineral accesorio)

Profundidad	Abundancia	Forma de presentarse	Tipo
176,4	A	Huecos en pirita	II
185,2	P	Huecos en pirita	II
186	A	Masas en pirita	II
190	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita (A)	—
191	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
193,2	A	Huecos en pirita	II
195,8	P	Huecos en pirita (A)	II
		Masas en fracturas	—
199,8	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
206	P	Masas en fracturas	I-II
		Cp porosa	—
209	P	Masas en fracturas	I-II
		Huecos en pirita	—
211,4	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
214	P	Masas en fracturas	II
216	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
218	P	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita (A)	—
218,6	P	Huecos en pirita	I-II
226,9	P	Huecos en pirita	II
228,8	A	Huecos en pirita	II
230	A	Huecos en pirita	II
233,9	A	Huecos en pirita	II
237,6	A	Huecos en pirita	II
244,3	A	Huecos en pirita	II
247,5	A	Huecos en pirita	II
251	A	Huecos en pirita	II
251,9	A	Huecos en pirita	II
253	P	Huecos en pirita	II
254,9	A	Huecos en pirita	II
260,5	A	Huecos en pirita	II
261,4	A	Huecos en pirita	II
		Masas en fracturas	—
267	A	Huecos en pirita	II
270	A	Huecos en pirita	II
275,2	A	Huecos en pirita	II
276	A	Huecos en pirita	II
279	A	Huecos en pirita	II
282,27	A	Huecos en pirita	II
286,25	A	Huecos en pirita	II
288	A	Masas en fracturas	II
340,6	A	Huecos en pirita	II

TABLA 15

SONDEO 26. CARACTERISTICAS
DE LA CALCOPIRITA(I: coloidal; II: recristalizada; P: mineral
principal; A: mineral accesorio)

Profundidad	Abundancia	Forma de presentarse	Tipo
115	A	Huecos en pirita	II
116,2	A	Huecos en pirita	II
117	A	Huecos en pirita	II
		Masas	—
119	A	Masas con pirita	II
120,3	A	Huecos en pirita	II
131,3	A	Masas en fracturas	II
132,47	A	Huecos en pirita	II
134,5	A	Huecos en pirita	II
136	A	Huecos en pirita	II
139,2	A	Masas	II
141,1	A	Huecos en pirita	II
		Masas	—
144,1	A	Masas	II
146	A	Huecos en pirita	II
149	A	Masas en grandes huecos en pirita	II
150	A	Huecos en pirita	II
154	A	Huecos en pirita	II
		Masas con pirita	—
155	A	Masas en fracturas	II
		Huecos en pirita	—
158	A	Huecos en pirita	II
159,4	A	Huecos en pirita	—
161,4	A	Huecos en pirita	II
		Masas en fracturas	II
162,8	A	Huecos en pirita	II
164,3	A	Masas	II
164,8	A	Masas en fracturas	—
		Huecos en pirita	II
165,8	A	Inclusiones en pirita	—
		Huecos en pirita	—
		Masas en fracturas	II
166,2	A	Huecos en pirita	II

Mena Silícea

Esta mena contiene como mineral esencial el cuarzo, unas veces diseminado en la mena y otras formando capas alternantes con la pirita (foto número 8). Presenta espesores variables y es probablemente la más abundante (fig. 1).

Se debe a una fumarola ascendente en un medio en gran parte submarino, que produce una saturación en sílice del agua y da lugar a una silicificación masiva.

Foto núm. 5.—Detalle de la mena mixta, del filón sur, formada por una mezcla de pirita, que constituye la mayor parte del mineral, y esfalerita y galena, especialmente la primera, que dan lugar al bandeado claramente observable.

Foto núm. 6.—Secc. pul. LN \times 50. Aspecto de la mena mixta (foto núm. 5), consistente en una mezcla de pirita, esfalerita y galena. En ella se aprecia claramente el bandeado sedimentario, indicado por los lechos de esfalerita y galena, y una incipiente sedimentación graduada de los clastos de pirita, poco recristalizados.

Foto núm. 7.—Mena fajeada. Pizarra negra y pirita en lechos (abundante materia carbonosa).

Foto núm. 8.—Mena silícea. Secc. trans. LN \times 25.

Aspecto de la toba cuarzo-clorítica mineralizada que separan al filón Silillos del llamado «Piroclasto cuprífero». En ellas se pueden apreciar las figuras de carga producidas por los cristales de cuarzo en la matriz cinerítica y los abundantes sulfuros de hierro que junto con el cuarzo hidrotermal, fue depositado durante los procesos fumarólicos.

Foto núm. 5.—Detalle de la mena mixta, del filón sur, formada por una mezcla de pirita, que constituye la mayor parte del mineral, y esfalerita y galena, especialmente la primera, que dan lugar al bandeo claramente observable.



Foto núm. 6.—Secc. pul. LN \times 50. Aspecto de la mena mixta (foto núm. 5), consistente en una mezcla de pirita, esfalerita y galena. En ella se aprecia claramente el bandeo sedimentario, indicado por los lechos de esfalerita y galena, y una incipiente sedimentación graduada de los clastos de pirita, poco recristalizados.

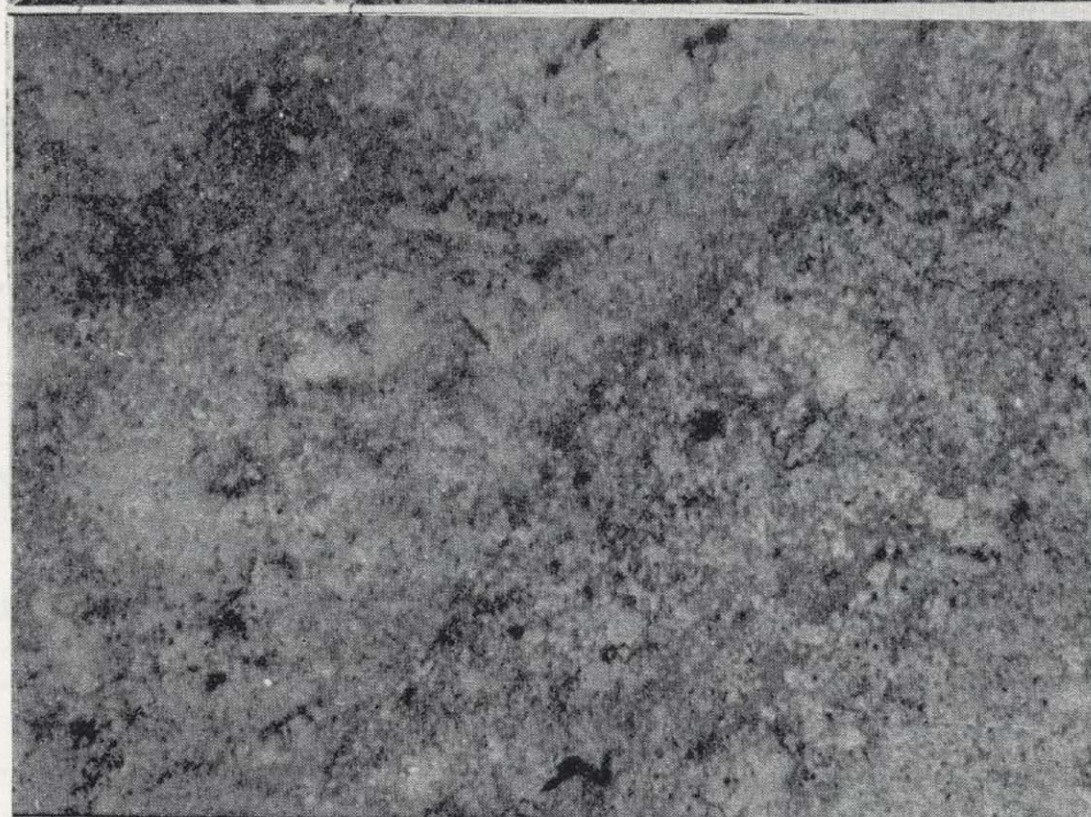


Foto núm. 7.—Mena fajeada. Pizarra negra y pirita en lechos (abundante materia carbonosa).

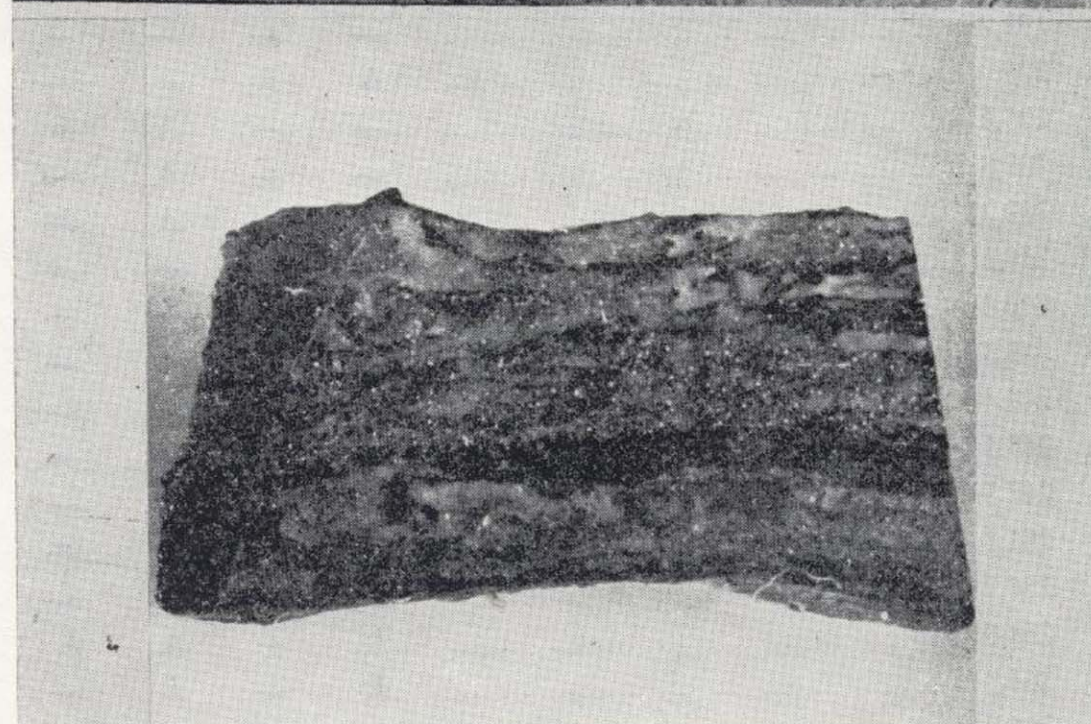


Foto núm. 8.—Mena silícea. Secc. trans. LN \times 25.

Aspecto de la toba cuarzo-clorítica mineralizada que separan al filón Silillos del llamado «Piroclasto cuprífero». En ellas se pueden apreciar las figuras de carga producidas por los cristales de cuarzo en la matriz cinerítica y los abundantes sulfuros de hierro que junto con el cuarzo hidrotermal, fue depositado durante los procesos fumarólicos.



Esta silicificación comenzó probablemente al depositarse la roca volcánica y continuó durante la tectónica que le favorece, es por tanto una evolución continuada, se asocia a los tramos más mineralizados que la amparan, y produce un enmascaramiento de la roca origen.

Mena Carbonatada

En Aznalcóllar no existe prácticamente, salvo en algunos puntos (fig. 1), en los que se observa una roca cuarzo feldespática carbonatada.

Es una mena compacta, masiva y poco bandeada.

TABLA 16

SONDEO 92. SITUACION DE LOS MINERALES ACCESORIOS

(Apy: Arsenopirita; Po: pirrotina; Cg: cobres grises; Bour: bournonita; Mene: meneghinita; Mc: marcasita; St: estannina; Ag: plata; Nagy: nagyagita; Meln: melnicovita; Gud: gudmundita)

Profundidad	Apy	Po	Cg	Bour	Mene	Mc	St	Ag	Nagy	Meln	Gud
170,9	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
172,2	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
173,4	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
173,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
184,2	—	—	A	—	A	—	—	—	—	—	—
193,6	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
195,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
199,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
206	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
206,4	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
208,5	—	—	A	—	—	—	—	—	—	A	—
212,25	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
238,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240,8	—	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—
243,5	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
244,4	A	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—
245,4	A	—	—	—	A	A	—	—	—	—	—
247,5	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	A
254,2	A	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
256,2	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
258,6	A	—	A	A	A	A	A	—	—	—	—
264,3	A	—	A	—	A	—	A	A	A	—	—
266,5	A	—	—	—	—	A	—	—	—	—	A
270,2	A	—	A	—	—	A	—	—	—	—	A
273,6	A	—	A	A	A	A	—	—	—	—	—
274,3	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
278,8	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
280,3	A	—	A	—	A	A	—	—	—	A	—
281,3	A	—	A	—	A	—	—	A	—	—	—
284,2	A	—	A	A	A	—	—	—	—	A	—
286,9	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	A
289,2	A	—	A	A	A	—	A	—	—	—	—

Mena de Pirrotina (Po)

Relativamente rara, puede constituir por sí sola la parte principal de algunos yacimientos.

No existe en Aznalcóllar. La Pirrotina es omnipresente, pero en cantidades muy pequeñas.

Mena de Baritina

Mena con galena, esfalerita y sobre todo baritina, no aparece en Aznalcóllar.

IV. ZONALIDAD

Al estudiar un yacimiento volcano-sedimentario, suele observarse un claro zonado vertical con cobre a muro y plomo-cinc a techo, y un zonado lateral con yacimientos ricos en cobre y oro próximos al foco y otros ricos en plomo, cinc y plata situados lejos del mismo.

Un claro ejemplo de esta zonalidad se presenta en la región de las tobas verdes, en el Japón: El yacimiento Kuroko, rico en esfalerita y galena, se superpone al yacimiento Oko, rico en calcopirita, existiendo un contacto neto entre ambos.

TABLA 17

SONDEO 91. SITUACION DE LOS MINERALES ACCESORIOS

(Apy: Arsenopirita; Bour: bournonita; Mene: meneghinita; Po: pirrotina; Go: goetita; Ag: plata; Mc: marcasita; St: estannina; Ilm: ilmenita; Rut: rutilo; Meln: melnicovita).

Profundidad	Apy	—	Bour	Mene	Po	Go	Ag	Mc	St	Ilm	Rut	Meln
79,2	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79,8	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
81,75	—	A	—	—	A	—	A	—	—	—	A	—
89,55	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—	A	A
100	A	A	—	—	A	A	—	—	—	—	A	A
103,7	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
104,5	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
108,3	—	—	—	—	A	A	—	—	—	—	A	—
111,3	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
117	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
118,6	A	A	—	—	A	—	A	—	—	—	A	A
119,5	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
126,1	A	A	A	—	A	A	—	—	—	A	A	A
127,6	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	A	—
143,6	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
154	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
160,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	A	A
165,3	—	A	—	A	A	—	—	A	—	—	A	A
171,25	—	A	A	—	A	—	—	—	—	—	A	—
172	A	A	A	A	A	—	A	—	A	—	A	—
173,5	A	A	A	—	A	—	—	—	A	—	—	—
174	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	—	—
176,3	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	—	—
179	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	—	—
183,8	A	A	A	A	—	—	—	—	A	—	—	—
186,3	A	A	A	—	A	—	—	—	A	—	—	—

El Oko, a su vez, puede yacer en contacto cortante o penetrar dentro de venas de sulfuros en lavas alteradas. Estas venas presentan una zonalidad con piritita en bordes y calcopirita con o sin cuarzo en el centro.

La zonalidad es una característica primaria en este tipo de yacimientos y no se debe a efectos metamórficos posteriores, como lo demuestra el hecho de que existen yacimientos no metamorfiados, como los Kuroko, que presentan dicha zonalidad.

LUSK (1969) piensa que en estos yacimientos, al igual que en los hidrotermales epigenéticos,

la zonalidad se debe a un proceso de fraccionamiento metálico.

SATO (1973) achaca este fenómeno a la existencia de cambios en la fugacidad del oxígeno, la temperatura o el pH.

ROUTHIER (1977) observa que esta zonalidad está lejos de ser reconocida en el Cinturón Pirítico y STRAUSS (1970) lo supone debido a las modificaciones sufridas por las depresiones paleogeográficas coincidentes con las direcciones de la Hercínica.

En el caso del yacimiento de Aznalcóllar, una visión de las tablas núms. 6 a 15, en las que se

TABLA 18

SONDEO 66. SITUACION DE LOS MINERALES ACCESORIOS

(Apy: Arsenopirita; Po: pirrotina; Bour: bournonita; Cg: cobres grises; Mene: meneghinita; Ag: plata; Mc: marcasita; Gud: gudmundita; Ilm: ilmenita; Bi: bismuto; Go: goetita; St: estannina; Rt: rutilo; Meln: melnicovita)

Profundidad	Apy	Po	Bour	Cg	Mene	Ag	Mc	Gud	Ilm	Bi	Go	St	Rt	Meln
175	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	A	A
179	A	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—
182	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—	A	—
183,4	A	A	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	A	—
187	A	A	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	—	A
190,5	A	A	A	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—
193	A	A	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	A	—
197	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
198,2	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	A	—
198,8	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—
202,8	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—
206	A	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	A	A	—	A	A	—	—	—	A	—	—	A	—	—
212,5	A	A	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—
215,6	A	A	—	—	—	—	A	A	—	—	—	—	—	—
218,5	A	A	—	—	A	—	—	A	A	—	—	—	—	—
219,5	—	A	—	A	A	A	A	A	A	A	A	—	—	—
222,5	—	A	—	—	—	—	A	—	A	—	—	—	A	—
223,5	—	A	—	—	—	—	A	—	A	—	—	—	—	—
229	A	A	—	A	A	—	A	A	A	A	A	—	—	—
233	A	A	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
235,6	A	—	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—
241,3	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
243	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	A	—
243,4	—	—	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—	A	—

localiza la distribución de esfalerita, galena y calcopirita, así como el estudio geoestadístico de Zn, Pb y Cu realizado (SIERRA et al., 1984), nos indica la carencia absoluta de zonalidad en este yacimiento.

Vamos a intentar explicar algo más detalladamente esta falta de zonalidad. Para ello, nos basamos en el trabajo de SANGSTER y SCOTT (1976). Estos autores diferencian cuatro aspectos, bajo los cuales puede observarse la zonalidad: morfológico, mineralógico, textural y geoquímico.

Zonalidad morfológica

En los yacimientos constituidos por una mineralización masiva y otra diseminada. El yacimiento diseminado se presenta a muro del masivo.

En Aznalcóllar existe un tránsito gradual entre la mena y el estéril, mediante un yacimiento diseminado (mena fajeada y mena silíceas), que unas veces se presenta a techo y otras veces, la mayoría, tanto a muro como a techo (fig. 1).

Zonalidad mineralógica

Se manifiesta según el porcentaje de los sul-

TABLA 19

SONDEO 26. SITUACION DE LOS MINERALES ACCESORIOS

(Apy: arsenopirita; Cg: cobres grises; Bour: bournonita; Mene: meneghinita; Po: pirrotina; Go: goetita; Ag: plata; Mc: marcasita; St: estannina; Gud: gudmundita; Ilm: ilmenita; Rut: rutilo; Meln: melnicovita)

Profundidad	Apy	Cg	Bour	Mene	Po	Go	Ag	Mc	St	Gud	Ilm	Rut	Meln
115	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—
116,2	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
117	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	—	A	—
119	—	A	A	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
120,3	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
131,35	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
132,47	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
134,5	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
136	A	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139	A	A	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
141,1	A	A	A	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—
144,1	A	A	—	—	—	—	A	—	A	—	—	—	—
146	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
149	A	—	A	—	A	—	A	—	—	—	—	—	—
150	A	—	—	—	A	—	—	—	A	—	—	—	—
154	A	—	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—
155	A	—	—	—	A	A	—	—	—	—	—	A	—
158	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
159,4	A	A	—	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—
161,4	—	—	—	—	A	—	—	A	—	A	—	—	—
162,8	A	—	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—	—
164	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	A	—	—
164,3	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—	—
164,8	A	A	A	A	A	—	—	—	—	—	A	—	—
165,8	A	A	—	A	A	A	—	A	—	—	A	A	A
166,2	A	—	—	—	A	—	A	—	A	—	A	A	—

TABLA 20

SONDEO 21. SITUACION DE LOS MINERALES ACCESORIOS

(Apy: arsenopirita; Cg: cobres grises; Bour: bournonita; Mene: meneghinita; Po: pirrotina; Ag: plata; Go: goetita; Mc: marcasita; St: estannina; Gud: gudmundita; Rut: rutilo; Meln: melnicovita)

Profundidad	Apy	Cg	Bour	Mene	Po	Ag	Go	Mc	St	Gud	Rut	Meln
176,4	—	—	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
185,2	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
186	—	A	—	—	A	—	—	A	A	—	A	A
190	—	A	—	—	—	—	A	—	—	—	A	A
191	—	A	—	—	A	—	A	A	—	—	A	—
193,2	—	—	—	—	A	—	A	A	—	—	—	A
195,8	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
199,8	—	A	—	—	A	—	—	A	—	—	A	A
206	—	A	—	—	—	—	A	—	—	—	A	A
209	A	A	—	—	A	—	—	A	—	A	A	—
211,14	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—	A	A
214	A	A	—	A	A	—	—	A	—	—	A	—
216	—	A	—	—	A	—	A	—	—	—	—	A
218	—	A	—	—	A	—	A	—	—	—	—	—
218,6	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	—	A
226,9	—	A	—	A	A	—	A	A	—	—	—	—
228,8	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—
230	A	—	—	—	A	—	—	A	—	—	A	—
233,9	A	A	—	A	A	—	A	A	—	—	—	—
237,6	—	—	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—
244,3	—	A	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—
247,5	—	A	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—
251	A	A	—	—	A	—	A	A	—	—	—	—
251,9	A	—	A	A	A	—	—	A	—	—	—	—
253	—	A	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—
254,9	—	A	—	—	A	—	—	A	—	—	—	—
260,5	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
261,4	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
267	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
270	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
275,2	A	A	—	A	A	—	—	—	—	—	—	—
276	A	A	A	—	A	—	—	—	—	—	—	—
279	—	A	—	—	A	—	—	—	—	—	A	—
282	—	A	—	—	A	—	—	A	—	—	A	—
286,5	A	A	—	—	A	—	—	—	—	—	—	—
288	A	A	A	—	—	—	—	—	—	—	A	—
340,6	A	A	—	A	A	—	—	A	—	—	—	—

furos más abundantes: pirita, calcopirita, esfalerita y galena. La esfalerita es mucho más abundante en el yacimiento masivo que en el yacimiento diseminado. La galena sólo se presenta en el primero y la calcopirita y pirita en los dos.

Al mismo tiempo y dentro del yacimiento masivo la calcopirita suele presentar las mayores concentraciones a muro, mientras que la esfalerita y la galena a techo.

En la yacimiento de Aznalcóllar y como puede observarse en las tablas núms. 6 al 15, la calcopirita presenta una distribución homogénea, sin concentraciones mayores a muro. La esfalerita varía en proporción más que la calcopirita, pero no se observan tendencias de concentraciones mayores a techo. La galena, la más variable en cuanto a proporciones, cuando se presenta aparece asociada a la esfalerita, por tanto sin concentraciones mayores a techo.

Zonalidad textural

Las zonas ricas en esfalerita y galena (techo), suelen estar bandeadas, mientras que la calcopirita nunca lo está.

En Aznalcóllar, y como puede observarse en la figura 1, el bandeo producido por el aumento en el porcentaje de esfalerita-galena, dentro de la pirita, sólo se observa como pequeñas intercalaciones y en niveles muy variables.

Zonalidad composicional

De lo hasta aquí expuesto es fácil deducir que el cobre suele ser más abundante a muro y el plomo-cinc a techo. Sin embargo, existen yacimientos en los que las concentraciones de cobre son más homogéneas y lo que varía es la proporción de cinc, que aumenta hacia el techo.

La falta de zonalidad desde el punto de vista geoquímico ya ha sido descrita en SIERRA et al. (1984). Resumiendo, puede decirse que tras el estudio geoestadístico, a partir de 576 análisis químicos realizados por A.P.I.R.S.A., y considerando una distribución lognormal, se observa una población homogénea para el cobre, con una dispersión de valores muy baja, lo que confirma una

distribución geoquímica homogénea, sin ninguna tendencia visible de concentraciones mayores a muro.

El plomo, ligeramente más abundante que el cobre, presenta un coeficiente de variación mucho mayor, con un comportamiento geoquímico similar al cinc, que es el más abundante de los tres, y ambos no presentan tendencia de concentración mayor a techo.

En resumen, el yacimiento de Aznalcóllar, al igual que otros muchos yacimientos (Herrerías, Aljustrel, etc.) del Cinturón Pirítico Hispano-Portugués no presenta ninguna zonalidad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a la empresa Andaluzas de Pirita, propietaria de la mina.

BIBLIOGRAFIA

FERNÁNDEZ ALVAREZ GIL: *Los yacimientos de sulfuros polimetales del SO Ibérico y sus métodos de prospección*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias (1974).

LUSK, L.: *Base metal zoning in the Heath Steels B-1 Ore body, New Brunswick, Canada*. Econ. Geol., vol. 64, pp. 509-518 (1969).

ROUTHIER, P. et al.: *Amas sulfures vulcano-sédimentaires. La ceinture sud-ibérique a amas sulfures dans sa partie espagnole médiane*. C. R. Univ. Pierre et Marie Curie, 378 pp., París (1977).

SANGSTER, D. F., y SCOTT, S. D.: *Precambrian, Strata-bound. Massive Cu-Zn-Pb sulfide Ores of North America*. Woolf Vol. 6, Cap. 5, pp. 129-222 (1976).

SATO, T.: *A chloride complex model for Kuroko mineralization*. Geochem. J. Japan, 7, pp. 245-270 (1973).

SIERRA, J.: *Geología, mineralogía y metalogénia del yacimiento de Aznalcóllar (segunda parte: Mineralogía y Sucesión mineral)*. Bol. del IGME, t. XCV, pp. 553-568 (1984).

SIERRA, J.; ASTUDILLO, J., y LUNAR, R.: *Estudio geoquímico del yacimiento de Aznalcóllar (Cinturón Pirítico Hispano-Portugués)*. I Congreso Español de Geología, tomo II, pp. 685-701 (1984).

STRAUSS, G. K.: *Sobre la geología de la provincia pirítica del SO de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal)*. Memoria del IGME, tomo 77 (1970).

AGUAS SUBTERRANEAS

Usos y aplicaciones del agua en España

Por A. IGLESIAS LOPEZ (*)

RESUMEN

Se expone un análisis general de los usos del agua en España, enfocado desde diversas perspectivas, procurando aunar conceptos y terminologías. Se incluyen, asimismo, tablas referentes a volúmenes de agua aplicados a los diversos usos, según su origen superficial o subterráneo, y para las diversas cuencas hidrográficas y Comunidades Autónomas del territorio del Estado.

ABSTRACT

A general analysis of the water use in Spain is presented. Diverse estimates, concepts and terminologies have been homogenized as far as possible. Tables with the volume of water required for various industrial and agricultural processes are included. There are also tables for the different Autonomous Communities of the country showing the underground or surface origin of the water.

1. INTRODUCCION

El agua, y no por repetido es tópico, es la fuente de la vida y el motor del desarrollo. Es la base de la riqueza y la prosperidad para aquellos que la tienen, y prodiga la miseria, la pobreza y el hambre entre aquellos que no pueden usarla en la cantidad y calidad requerida en un lugar específico en el espacio y en un momento concreto en el tiempo.

Usar el agua es imprescindible para la humanidad. En todos los órdenes de la actividad del hombre, vital, industrial, social o recreativa, se demandan volúmenes de agua de calidades determinadas.

Es cierto que el agua es muy abundante en la naturaleza, pero poder usarla implica tenerla en las condiciones reclamadas por las necesidades humanas.

Según R. AMBROGGI (1977), las necesidades totales del uso del agua de la humanidad alcanzan los 3.000 Km³.

(*) División de Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España.

En contrapartida, las precipitaciones sobre el planeta son de 500.000 Km³/año. Como media, 390.000 Km³ caen sobre los océanos y 110.000 Km³ sobre los continentes, de los cuales se vuelven a evaporar anualmente sobre los mares 430.000 Km³ y 70.000 sobre la tierra firme.

Ello supone, de acuerdo con el principio de conservación del agua dentro del ciclo hídrico, que en un año medio los continentes aportan a los océanos 40.000 Km³ en forma de escorrentía superficial y subterránea, caudales que en último término parecían ser los recursos potenciales aprovechables de la humanidad.

De las dificultades que presenta el uso de estas aportaciones, debido a la irregularidad con que acontecen en el tiempo y en el espacio, puede dar una idea el hecho de que sólo el río Amazonas descargue una sexta parte de la escorrentía mundial.

Por otra parte, sobre la parte habitada de los continentes sólo puede contarse con unos 22.500 kilómetros cúbicos de los 40.000 citados como escorrentía total, y es tal la estructura y situación de las necesidades humanas que en el año 1972

un simple déficit de escorrentía de 400 Km³ sobre esta parte habitada de los continentes trajo como consecuencia una disminución en la recolección de cereales de 35 millones de toneladas, estando estimadas las reservas de los países productores en unos 50 millones de toneladas.

En España, los problemas que a la utilización del agua presenta la heterogénea distribución espacial y temporal de las escorrentías son tan acusados o más que en el resto del mundo. Baste indicar que mientras la escorrentía de la cuenca Norte es del orden de 39.000 Hm³/año, el uso total del agua es de unos 930 Hm³/año, mientras que en la cuenca del Segura, con escorrentías totales de unos 900 Hm³/año, los usos del agua sobrepasan los 1.300 Hm³/año, con acusados y conocidos problemas de sobreexplotación.

España es un país con una enorme tradición en materia de usos del agua. Principalmente su desarrollada agricultura y alto potencial hidroeléctrico han condicionado la construcción de una gran cantidad de embalses y sondeos de captación.

En muchos regadíos existen vestigios romanos y seguramente se iniciaron en tiempos anteriores, pero fueron los aprovechamientos hidráulicos de los árabes los que dieron origen a las ricas y féculas vegas de Granada, Murcia, Valencia y Aragón.

El origen del espectacular desarrollo actual hay que buscarlo seguramente en algunos hombres públicos del último tercio del siglo pasado, singularmente Joaquín Costa y Macías Picavea, que propugnaron una decidida acción de gobierno en el sentido de regular las aportaciones hídricas y ampliar las zonas regadas como meta preferente de la política económica general. Sus ideas propiciaron el Plan de Obras Hidráulicas de 1902 de Rafael Gasset, que pueden considerarse como el primer plan de carácter general con el que ha contado el país, siendo el punto de referencia de las sucesivas actuaciones y propiciando la construcción de las primeras obras hidráulicas.

Conviene, por último, a efectos de concluir esta introducción y dar resalte a la gran tradición y desarrollo de los usos del agua en España, efectuar algunas comparaciones a nivel mundial. La superficie mundial cultivada (tomado de A. MORENO, 1982) es de 4.000 millones de hectáreas, de los cuales 1.000 millones sería viable poner en regadío desde el punto de vista técnico y económico. Se

riegan solamente 250 millones de Ha, es decir, el 25 por 100 del total posible.

En España, con una extensión cultivada de 21 millones de Ha, existen 5 millones potencialmente regables, de los cuales se riegan 2,8 millones en la actualidad; es decir, más del 55 por 100 del total posible, porcentaje que duplica ampliamente el dado a nivel mundial.

Una idea del valor económico que el uso del agua aporta a los cultivos se sintetiza indicando que de los 21 millones de Ha cultivadas, solamente los 2,8 millones que se encuentran en regadío aportan más del 50 por 100 del valor económico total de la producción agrícola.

Si la comparación se efectúa con un país vecino se tiene que Francia, con más habitantes y mayor grado de desarrollo, tiene unos usos del agua cifrados en 1975 en 15 Km³, más otros 12 kilómetros cúbicos dedicados a la refrigeración de centrales. De los 15 Km³ citados, 9,8 se dedican a industria y abastecimiento y 5,2 a la agricultura, que suponen la parte más difícil de utilizar por requerirse totalmente en los meses de estío.

En España, para el mismo año se utilizaron 25 Km³ de agua, llevándose la agricultura 21,5 kilómetros cúbicos, es decir, cuatro veces más que en Francia (ver cuadro de la página siguiente).

En el vecino país, con 7 Km³ de capacidad de embalse dan una buena satisfacción a sus problemas, mientras que en España, con un importante desarrollo de más de 40 Km³ de capacidad de embalse, siguen presentándose problemas graves de déficits en casi todos los estíos.

2. TERMINOS DE REFERENCIA

Los términos que se utilizan en el estudio y análisis de los usos del agua, al igual que los que se utilizan asiduamente en hidrología, adolecen de uniformidad en su concepto, siendo frecuente que diversos especialistas designen fenómenos distintos con palabras semejantes.

Por ello parece oportuno exponer aquí una aclaración sobre el significado que va a darse a cada uno de los términos empleados en esta ponencia.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS USOS
DEL AGUA EN ESPAÑA Y FRANCIA

E S P A Ñ A				
	20 Km ³ Sub.			
Escorrentía total, 110 Km ³	90 Km ³ Sup.			
Usos en 1975 en Km ³				
	Sp.	Sb.	Total	
Abast.+Industria	2,2	1,3	3,5	
Agricultura	16,5	4,9	21,5	
Totales	18,8	6,2	25	
Porcentajes	76	24	—	
Capacidad de embalse, 40 Km ³ .				
F R A N C I A				
	50 Sub.			
Escorrentía total, 180 Km ³	130 Sup.			
Usos en 1975 en Km ³				
	Sp.	F.	Sb.	Total
Abastecim.	1,7	0,9	1,7	4,3
Industria	3,5	—	2,0	5,5
Agricultura	4,1	—	1,1	5,2
Totales	9,3	0,9	4,8	15
Porcentajes	79	—	18	—
			12	
Centrales térmicas				27 Km ³
Capacidad de embalse, 7 Km ³ .				

Aportación

Volumen total de agua contabilizada en un punto concreto de una cuenca. Se denominará también *aportación total* o *escorrentía total*. Es la suma de dos componentes: *aportación superficial* y *aportación subterránea*, o bien *escorrentía superficial* y *escorrentía subterránea*.

Regulación

Adaptación de las escorrentías a la estructura de las necesidades en cantidad, espacio y tiempo, haciendo uso de los «elementos de regulación» en los «Sistemas de Recursos Hidráulicos». No se trata de conseguir caudales continuos en el tiempo (*regularidad*), sino caudales acordes con las necesidades (*regulación*).

Recursos

Aportaciones reguladas o volúmenes de agua capaces de cubrir una necesidad en la cantidad requerida y en el momento y lugar que se presenta.

Usos del agua

Se refiere a las grandes vías o apartados en que el agua es usada por el hombre para cubrir diversos objetivos. En los usos del agua se incluyen bebida, usos domésticos, riego industrial, hidroeléctrica, ganadería, transporte, recreo, etc.

Agua aplicada

Volumen total de agua que requiere ser utilizada en un uso concreto, independientemente de que se «gaste» total o parcialmente en el proceso.

Agua consumida

Parte del *agua aplicada* que sufrirá un consumo real en el proceso.

Retornos

Es la diferencia entre el *agua aplicada* y el *agua consumida* y que por uno u otro camino y cadencia se integra nuevamente al sistema de recursos hidráulicos, tanto en su parte superficial como subterránea.

Usos actuales del agua

Se refiere a los usos que en el momento actual está dándose al agua. *El agua aplicada actual* será el volumen de agua necesario para dejar satisfechos estos usos.

Usos potenciales del agua

Se refieren a los usos del agua que podrían existir si existieran recursos. Los usos potenciales del agua son una función de diversas circunstancias como clima, suelo, sociedad, economía, etc.

Demanda

Volumen de agua necesario para dejar satisfecho un uso del agua en la cantidad, lugar y momento preciso. Es necesariamente igual o mayor que los usos *actuales del agua* y menor o igual que los *usos potenciales del agua*.

La palabra «demanda» es seguramente una de las que más confusiones crea en el estudio de los usos del agua. Es un parámetro de fácil manipulación.

Dotación

Agua aplicada unitaria. Cantidad de agua necesaria para dejar satisfecho con uso del agua unitario en un tiempo específico.

Dotación modulada

Se refiere a aquellas dotaciones en las que se especifiquen la cadencia de su aplicación en el tiempo. Análogamente se definirían *demanda modulada*, *volúmenes modulados*, etc.

Reciclado

Utilización de un retorno en el proceso que lo generó.

3. USOS Y APLICACIONES DEL AGUA

3.1. Conceptos generales

El estudio general de la utilización del agua puede ser considerada desde muchos puntos de vista que, de uno u otro modo, van a tratar de sintetizarse en este apartado.

El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo y que en muchas ocasiones lo condiciona. Cuando se analizan los usos del agua de un

país, cuenca o región se puede con frecuencia tener una idea muy clara de su estructura económica y su grado de desarrollo.

Se pueden estudiar los usos del agua o los usos que habría que dar al agua para lograr un desarrollo y una estructura determinada en los sectores productivos.

Otro ángulo a considerar, y que es, en general, el más extendido, es estudiar los usos del agua desde el punto de vista de cálculo de las dotaciones y modulación necesarias para cubrir los usos concretos.

Se pueden realizar los estudios contabilizando los beneficios que se obtendrán de los usos o bien los usos espaciales y temporales que debería darse al agua para lograr mayores beneficios sociales, mejor distribución de la riqueza o simplemente una más adecuada conservación del medio ambiente.

Por último cabe indicar que no es posible en la mayoría de los casos conocer ni tan siquiera las aportaciones hídricas si no se conocen con precisión los volúmenes de agua detraídos de los sistemas para los diversos usos del agua.

Los aforos en ríos y fuentes proporcionan datos sobre aportaciones totales, superficiales y subterráneas, pero se refieren a aportaciones de las que ya han sido detraídos los volúmenes para usos del agua; por tanto, un conocimiento real de las aportaciones naturales y el consiguiente cierre de balance requiere necesariamente la contabilidad del agua usada a lo largo del tiempo.

Los usos del agua, que son, sin duda, el punto más importante de toda planificación hidrológica, suelen ser en general los parámetros menos conocidos en los balances ante las dificultades que presenta su medida real.

3.2. Clasificación de los usos del agua

Se pueden citar interminables clasificaciones de los usos del agua ordenados con mayores y menores niveles de detalle, definidos por diversos organismos nacionales e internacionales, pero todas vienen a ordenarse en los siguientes grandes grupos de usos:

- Bebida.
- Usos domésticos.

Usos públicos.
Regadíos.
Transporte.
Minería.
Procesos industriales.
Refrigeración de centrales.
Usos hidroeléctricos.
Avicultura y ganadería.
Piscifactorías.
Recreativos.
Ecológicos.
Deportivos.
Disfrute estético.
Alimentación.
Navegación.
Usos geotérmicos.
Médicos.
Materia prima.
Conservación de suelos.

Sin embargo, todos estos grupos de usos del agua, entre los que se han citado algunos en apariencia rebuscados, podrían sintetizarse por sus órdenes de importancia en la siguiente clasificación, acorde con los planes hidrológicos nacionales:

- I. Abastecimiento a poblaciones.
- II. Industria.
- III. Agricultura.
- IV. Otros usos.

La clasificación de los usos, dentro de cada uno de los cuatro grandes grupos citados, puede ser copiosa, pero se propone la siguiente distribución:

Grupo I.—*Abastecimiento*

1. Bebida y usos domésticos.
2. Usos municipales:
Limpieza.
Recreativos.
Estéticos.
3. Usos de apoyo a regadíos.
4. Usos de apoyo a industrias.

Grupo II.—*Industria*

1. Usos mineros.
2. Procesos industriales.
3. Refrigeración.
4. Usos geotérmicos-energéticos.
5. Materia prima.

Grupo III.—*Agricultura*

1. Regadío.
2. Usos integrados en labores del campo:
Avicultura.
Ganadería.
3. Conservación de suelos.

Grupo IV.—*Otros usos*

1. Hidroeléctricos.
2. Recreativos:
Pesca.
Deportivos.
Disfrute.
3. Ecológicos:
Conservación del patrimonio.
Caudales mínimos de dilución.
4. Transporte y navegación.
5. Piscícolas.

Evidentemente, no todos los usos citados tienen una participación mayoritaria y se reducirá el estudio en los próximos apartados a abastecimientos en general, industrias, regadíos y usos hidroeléctricos.

De cualquier modo, se tratará de explicar el sentido de cada uno de los usos reseñados.

El grupo I, Abastecimiento, incluye todos los usos propios de poblaciones, independientemente de sus sistemas de distribución y servicio.

En bebida y usos domésticos se incluye el agua que por la red u otro sistema llega a las viviendas para consumo de bebida y limpieza dentro del hogar.

En los usos municipales, que son en general importantes en volumen, se han incluido todas las necesidades para la atención de la población como es la limpieza de calles, mantenimiento de piscinas y zonas deportivas y recreativas como jardines, fuentes, etc.

Estos dos subgrupos de usos se han separado porque su necesidad es absolutamente distinta en el sentido de ser el primero absolutamente imprescindible frente al segundo, requiriendo además unas especificaciones de calidad más rigurosas.

Los dos últimos subgrupos se han citado dentro del abastecimiento a poblaciones, dado que de hecho es frecuente el uso de agua de la red para uso de pequeñas industrias y pequeños re-

gadíos. No considerar esta realidad conduce a errores de cálculo del agua aplicada que podían haber sido fácilmente subsanados.

Dentro del grupo II, Industria, se han incluido cinco subgrupos que pueden ser significativos, como son los usos mineros, referentes a procesos de lavado, flotación y concentración de minerales y drenajes de minas; el agua aplicada a procesos industriales en general, y el agua de refrigeración, que puede suponer volúmenes muy importantes, sobre todo en el caso de centrales térmicas con elevaciones apreciables de la temperatura del agua.

Los subgrupos cuatro y cinco del grupo industrial se corresponden al empleo del agua como materia prima de productos alimenticios, electrolisis, obtención de sales en algunos casos, etc., y al empleo como fluido capaz de transportar calor en sus diversas variantes de aprovechamiento e inyección.

El uso agrícola, grupo III, que es, al menos en España, el que reclama mayores volúmenes, se ha conformado con los usos de regadío, conservación de suelos, entre los que se puede contemplar el drenaje, y otros tipos de usos que suelen integrarse por su afinidad junto con el regadío en las labores del campo, que son la avicultura, ganadería, etc.

En el grupo IV se incluyen usos de muy diversa naturaleza.

Por su importancia destaca la producción de energía hidroeléctrica y, sin lugar a dudas, los usos ecológicos y recreativos.

En los usos ecológicos hay que distinguir aquellos tendentes a una conservación general del patrimonio natural como especies animales, aves migratorias, bosques, etc., o bien aquellos denominados caudales mínimos de dilución y caudales de arrastre de vertidos urbanos o industriales.

Los usos recreativos son aquellos en los que el agua se aplica para el descanso, disfrute estético, pesca y deportes en general, como ocurre en muchos lagos y embalses españoles. Es un uso del agua que tiene una nada desdeñable importancia.

Se incluyen, por último, los usos en piscifactorías y el transporte y la navegación. Estos dos últimos son de gran importancia, aunque en España las circunstancias hidrográficas y climáticas no les hayan permitido un desarrollo aceptable.

3.3. Agua aplicada, agua consumida y recirculación

Tal y como ya se ha visto, se entiende por agua aplicada la cantidad necesaria para dejar satisfecho un uso concreto, mientras que el agua consumida significa aquella que realmente se gasta en la actividad.

El sentido de «gasto» del agua debe referirse no sólo a su desaparición bien porque se evapore o porque sea empleada como materia prima y se transforme, sino también en el caso de que en el proceso de uso sufra un deterioro de su calidad que impida su utilización posterior.

No es posible, desde luego, dar cifras exactas de las diferencias existentes entre el agua aplicada y consumida para los diversos usos, pero de alguna forma pueden darse aceptables órdenes de magnitud, del porcentaje de agua consumida respecto al total de agua aplicada, para los grupos principales:

Grupo I.—Abastecimiento. Agua consumida: 10-20 por 100 del agua aplicada.

Grupo II.—Industria. Agua consumida: 5-30 por ciento del agua aplicada.

Grupo III.—Agricultura. Agua consumida: 60-80 por 100 del agua aplicada.

Grupo IV.—Otros usos. Agua consumida: en general muy baja frente al agua aplicada.

El agua que se consume en el proceso de abastecimiento es poco importante; sin embargo, hay que insistir sobre el deterioro de la calidad, que puede hacerla no útil para otros usos, y consecuentemente en estos casos el concepto deberá ser de agua consumida. La industria tiene, en general, también pequeños porcentajes de agua consumida frente al agua aplicada y es la agricultura la que en la evapotranspiración de los cultivos de regadío observa los mayores consumos.

La diferencia entre agua aplicada y agua consumida es, como se sabe, el retorno. La utilización de este retorno, en el mismo proceso que lo ha generado, es la recirculación.

La recirculación es solamente posible cuando el nivel de degradación de la calidad del agua en el proceso de uso es baja, de lo contrario se iría sufriendo un incremento en la concentración de sales del agua que en varios pasos la haría no

apta para el uso. Fundamentalmente la recirculación se produce en la industria y muy especialmente en las operaciones de refrigeración, debido a que el agua no empeora su calidad; únicamente sale con temperaturas más altas, fáciles de bajar en torres de refrigeración.

3.4. Necesidades de agua en los cuatro grupos de usos principales

En el presente apartado se van a evaluar las necesidades de agua de los cuatro grupos de usos principales definidos anteriormente, siguiendo en la exposición el siguiente orden para cada uso.

- Estructura de la demanda.
- Agua aplicada y consumida.
- Cálculo de dotaciones.
- Calidades requeridas.

3.4.1. Grupo I. Abastecimiento a poblaciones

Es el uso prioritario del agua, el más noble y el que debe llevar a cabo con un mayor cuidado. Se incluye en este uso el agua que por uno u otro motivo se utiliza en las ciudades o pueblos, tanto si su destino es el uso doméstico estricto, como si se trata de los usos sociales municipales (piscinas, jardines, fuentes, riego de calles, etc.) o incluso del agua que se utiliza en las pequeñas industrias o regadíos dentro de la población.

La curva de necesidades es muy homogénea y constante a lo largo del año y suele aumentar ligeramente en los estilos.

Las grandes ciudades tienen usos sociales municipales muy importantes, al contrario de lo que ocurre en pequeñas poblaciones y comunidades. Sin embargo, en estas últimas es frecuente que en verano aumenten las demandas sustancialmente. De una parte suelen tener más habitantes en verano, dado que parte de los emigrantes desean pasar sus vacaciones en su lugar de origen. De otra parte en muchas pequeñas poblaciones es frecuente que se tengan pequeñas parcelas de regadío para consumo propio, demandando importantes volúmenes en estío.

Los consumos industriales de agua de la red son mucho más significativos porcentualmente en las grandes ciudades que en las pequeñas poblaciones.

No se dispone de datos fiables de distribución del agua en los diversos usos del grupo I; se dará como aproximación los obtenidos por el Sindicato Nacional del Agua, Gas y Electricidad como media de la década de los 60.

	Media de capitales de provincia en España (%)	Media de municipios mayores de 10.000 habitantes en España (%)
Uso doméstico	65,1	64,0
Uso industrial	13,7	15,1
Fuentes públicas	4,3	8,8
Servicios municipales	7,7	8,3
Otros	9,2	3,8
Totales	100	100

Este cuadro es la media de los años 1962 a 1969. La tendencia de estos años fue a subir el uso industrial en las capitales de provincia, hasta alcanzar una participación superior al 20 por 100 en el año 1969, mientras que en las pequeñas poblaciones este uso se mantuvo o disminuyó ligeramente.

De cualquier modo, no se dispone de datos fiables de la distribución del agua de abastecimiento y desde luego puede ser muy variable de unas a otras ciudades, pero se dejarán planteadas las cifras dadas como órdenes de magnitud.

El regadío doméstico se encontrará únicamente en poblaciones pequeñas, con menos de 2.000-3.000 habitantes.

Otro fenómeno que debe contabilizarse son las pérdidas de agua en la red de abastecimiento, que en algunos casos puede alcanzar valores significativos.

También es muy variable la relación entre el agua aplicada y consumida. Se ha establecido que el consumo es del orden del 10 al 20 por 100 del agua aplicada. Pero este parámetro también es muy variable, y sobre todo con el nivel de pérdidas en la red.

La pérdida de calidad es también muy variable. Cuanto mayor es el agua aplicada, la dilución es más alta y el retorno de mejor calidad.

Como cifras orientativas del incremento de sales en el agua, consecuencia del empleo domés-

tico, pueden darse las de la American Society 1969.

Constituyentes	Incremento medio de la concentración (mg/l.)
Sodio	70
Potasio	10
Calcio	15
Magnesio	7
Cloruros	75
Bicarbonatos	100
Sulfatos	30
Sílice	15
Dureza (como CO ₂ Ca)	70
Alcalinidad (como CO ₃ Ca)	85
Fosfatos	25
Amonio (NH ₄ ⁺)	20
Nitratos	10
Nitritos	1

Los retornos de agua de abastecimientos no pueden volver a usarse con tal fin, pero suelen ser particularmente útiles en regadíos.

Habida cuenta de lo dicho, resulta muy aleatorio establecer dotaciones, por habitante y día, para el abastecimiento a núcleos urbanos. El Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento estableció las siguientes:

Municipios de	Dotaciones en litro por habitante y día
50 a 1.000 habitantes	100
1.001 a 6.000 habitantes	150
6.001 a 12.000 habitantes	175
12.001 a 50.000 habitantes	200
50.001 a 250.000 habitantes	300
Mayores de 250.000 habitantes	400

Pueden ser una buena base de partida, pero debe recordarse el incremento de verano por mayor número de habitantes y pequeños regadíos en municipios pequeños, los consumos adicionales por pérdidas en la red y los incrementos de temporada en zonas turísticas.

La calidad del agua requerida para los usos del grupo I es lógicamente la más rigurosa, sobre todo en el apartado de bebida y usos domésticos. Está tipificada para el caso de España en el Código Alimentario Español y puede verse muy

desarrollada y clasificada en el libro «Química del Agua», de J. CATALÁN LAFUENTE, 1981, referido en la bibliografía.

3.4.2. Grupo II. Industria

Los usos del agua incluidos dentro del grupo II: Industria, incluyen también facetas muy diversas; sin embargo, casi todos tienen en común un consumo, en general bajo, frente al agua aplicada y una apreciable regularidad en la demanda a lo largo de los meses del año.

Los usos mineros se refieren a procesos de lavado, concentración, flotación de minerales, drenaje de minas, etc. La demanda es regular y los retornos, en general, altos, pero suelen producir deterioros de la calidad por incrementos de sales en unos casos y por sólidos en suspensión en otros.

Los usos geotérmicos, en general poco extendidos y conocidos, se refieren a extracciones de agua caliente para calefacción o incluso al agua que se calienta en épocas de energía barata se inyecta en los acuíferos y se extrae como fluido calefactor en épocas de energía cara.

El uso en refrigeración es también de gran importancia. En Francia, la refrigeración de Centrales requiere volúmenes de agua del orden de los 12.000 Hm³ anuales.

Las pérdidas por evaporación en los procesos de refrigeración pueden ser considerables, sobre todo en centrales térmicas. Las torres de refrigeración de la central térmica de Andorra tiene unas pérdidas por evaporación estimadas en 750 l/s y en el nuevo grupo de la central de Velilla de Río Carrión alcanzarán los 200 litros por segundo.

El uso industrial del agua, en el sentido estricto, se refiere a procesos industriales de fabricación, donde el agua se aplica tanto para el proceso en sí como en materia prima. La demanda, como se ha dicho, presenta pocos altibajos a lo largo del año. El agua consumida frente al agua aplicada, arroja lógicamente valores muy variables según el tipo de industria y lo desarrollado del proceso.

Tanto en industria como en abastecimiento, el poder utilizar los retornos en otros usos depende de que se viertan a ríos con caudales adecuados para poder lograr una dilución satisfactoria. Si

la industria o ciudades están en la costa, con frecuencia conceptualmente, el agua aplicada es igual al agua consumida.

A pesar de no existir la posibilidad de fijar cifras generales de agua consumida en los procesos industriales, se expone la siguiente tabla a título orientativo.

Tipo de industria	Porcentaje de agua consumida frente a la aplicada
Automóvil	6,2
Azúcar	10,5
Química	5,9
Preparación de carbón	18,2
Molienda de cereales	20,6
Destilería	10,4
Procesos de alimentos	33,6
Maquinaria	21,4
Carne	3,2
Petróleo	7,2
Carne de proceso de aves	5,3
Pulpa y papel	4,3
Sal	27,6
Jabón y detergentes	8,5
Acero	7,3
Azúcar de caña	15,9
Textil	6,7

El cálculo de dotaciones suele realizarse por comparación con otros parámetros industriales, como son:

- Número de obreros de la industria.
- Toneladas de producto fabricado.
- Potencia instalada en la fábrica.

Existen otros parámetros, pero los citados son los más usuales. De otra parte, las correlaciones no podrán nunca tener un carácter general y una vez más, a título orientativo, se darán las dos siguientes tablas:

Tipo de industria	Demanda m ³ /Tm.
Fabricación de papel	100 a 400
Químicas de base	30 a 100
Colorantes y pinturas	20 a 40
Productos aromáticos y jabones	10 a 40
Productos farmacéuticos	50 a 125
Aceites y grasas	20 a 100
Fibra	500 a 1.000
Textil (blanqueo)	50 a 100
Textil (tintes)	50 a 100

Textil (aprestos)	200 a 300
Textil (lavado de lana)	150 a 250
Curtidos	50 a 100
Productos alimenticios	5 a 30
Alcoholes	1 a 5
Cervezas	5 a 10

Según M. O. P., 1972.

Tipo de industria	Demanda m ³ /obrero/día
Fabricación de papel y cartón	22
Manipulados de papel, cartón y artes gráficas	0,05
Fabricación de curtidos	4
Fabricación de artículos de piel y confección	0,05
Química de base	17
Colorantes y pinturas	1,2
Productos químicos agrupados	0,25
Fibras artificiales y sintéticas	10 a 19
Textil (algodón, fibras artificiales y sintéticas)	0,80
Textil (lanero)	1,10
Textil (géneros de punto)	0,10
Siderometalúrgica (metálica básica)	4
Siderometalúrg. (transformados metálicos)	0,20
Minería de potasa y sal	12,3
Minería de carbón	1,5
Minería (los restantes)	0,25
Alimentación	1,5
Productos minerales no metálicos	0,9
Madera y muebles	0,15
Construcción	1

Según B. U., 1969.

Con el objetivo de evaluar el uso industrial del agua en la cuenca del Tajo para los Planes Hidrológicos Nacionales, se realizó por parte del Instituto Geológico y Minero de España en 1981 un modelo estocástico, que aunque tuvo unos resultados moderadamente satisfactorios, conviene tal vez exponer, para dar una guía de procedimientos de cálculo del agua necesaria en la industria. (Ver bibliografía: Informe técnico G-12/81. IGME, 1981.)

DATOS:

Se dividió la cuenca hidrográfica del Tajo en una serie de subcuencas, dándoles a cada una de ellas una codificación de cinco dígitos, de forma que el número natural que se lea corresponda con el asignado al río correspondiente por la Dirección General de Obras Hidráulicas del MOPU.

Se diferenciaron las litologías más importantes, asignándole códigos específicos.

Se le asignó a cada provincia un código, también específico.

Se obtuvo del Centro de Cálculo del Ministerio de Industria la relación de todas las industrias existentes en la cuenca hidrográfica del Tajo, agrupadas por términos municipales, Código Nacional de Actividades Económicas (CNAE), número de empleados, potencias instaladas, dirección año de instalación (si es posterior a 1972) o de variación de potencia o número de empleados.

Se realizó un archivo central, compuesto por la siguiente información para cada industria:

CNAE-dirección-número de empleados-potencia-subcuenca hidrográfica-provincia-litología.

A partir de este archivo se planteó un programa estadístico con el fin de determinar si existía alguna correlación entre el agua aplicada y el número de empleados, potencia instalada o una combinación entre ellas.

Se agruparon los distintos tipos de industria (CNAE) en una serie de grupos más reducidos, en función de un presumible consumo similar de agua.

Para cada grupo se realizaron una serie de encuestas, proporcionales al número de individuos del grupo, y dentro de éstos, a los subgrupos que se realizaron en función de las distintas potencias-número de empleados.

Se analizaron los resultados y se ampliaron al resto de las industrias.

ALGORITMO:

Se pretende buscar la relación, si existe, entre el consumo de agua (Y), y el número de empleados (X₁) y la potencia (X₂). En una primera hipótesis se supone que puede ser de la siguiente forma:

$$Y = A + B_1 X_1 + B_2 X_2$$

siendo A, B₁ y B₂ constantes, a calcular por el análisis de la regresión.

Esta relación implica que cada relación entre X e Y es lineal, y que los efectos combinados de

las variables independientes X (número de personas y potencia) son aditivos, es decir, que si el número de personas que tiene la industria que se está estudiando explica una parte del agua necesaria, otra parte, que se suma a la anterior, viene explicada por la potencia declarada de la industria. Puede suceder, igualmente, que exista colinealidad entre ambas variables, X₁ y X₂, con lo que bastaría tomar una de ellas.

También podía suceder que ambas variables, X₁ y X₂, no fueran suficientes para explicar el volumen de agua aplicada, en cuyo caso se necesitarían nuevas variables a encuestar.

Sin embargo, en este caso no es fácil, en general, poseer más datos del conjunto de todas las industrias, y no interesa por tanto el determinar cuáles serían esas variables, pues no podrían generalizarse al conjunto.

Por este motivo, lo que se determina es la parte de agua utilizada imputable a cada uno de los grupos de datos conocidos (número de empleados y potencia instalada).

Se pretende igualmente, para cada grupo de actividades (CNAE), evaluar el error medio que se puede originar al producir los valores del agua aplicada mediante el análisis de regresión.

Si los resultados obtenidos no son satisfactorios, se ensaya una nueva fórmula de correlación, de tipo logarítmico, de la forma:

$$Y = e^a \cdot X^b$$

siendo Y el agua aplicada, e la base de los logaritmos neperianos, a y b constantes y X el número de personas.

No se considera la potencia, pues la relación con X es lineal.

Por último, se realizan otras ejecuciones con relaciones de tipo raíces cuadradas polinomial, tomando aquellas que proporcionen mejores correlaciones.

Los tipos de regresión estudiados son los siguientes:

a) Gráficos de distribución comparados de valores entre las variables agua aplicada, potencia y número de personas.

b) Estudio de la regresión $Y = A + B_1 X_1 + B_2 X_2$

- c) Estudio de la regresión $Y=A+BX$
 d) Estudio de la regresión $Y=e^a \cdot X_1^{b1} \cdot X_2^{b2}$
 e) Estudio de la regresión $Y=e^a \cdot X^b$
 f) Estudio de la regresión $Y=e^a \cdot X^{b1} \cdot e^{-c \cdot X^2}$
 g) Estudio de la regresión $Y=A+BX^{1/2}+CX$

RESULTADOS:

Se comentarán únicamente los resultados obtenidos de la aplicación del programa estocástico para las actividades incluidas en los CNAE número 417-419, que corresponden a la fabricación de productos de molinería, pastas alimenticias y productos amiláceos, y a industrias del pan, bollería, pastelería y galletas; que en caso concreto de estudio son los más representativos fuera del área controlada del Canal de Isabel II.

La muestra fue de 46 individuos.

Se ensayó en primer lugar una regresión del tipo lineal:

$$Y=A+B_1X_1+B_2X_2$$

siendo

Y = Agua aplicada
 X₁ = Número de personas
 X₂ = Potencia instalada
 A = Constante
 B₁B₂ = Coeficientes de la variable X₁X₂.

Esta ecuación implica que la relación entre X e Y es lineal, y que los efectos combinados de las variables independientes X (número de personas y potencia) son aditivos, es decir, que si el número de personas que tiene la industria que se está estudiando explica una parte del volumen de agua aplicada, otra parte, que se suma a la anterior, viene explicada por la potencia declarada de la industria.

No se obtuvo una correlación óptima, por la existencia de un valor fuertemente anómalo. Eliminado éste, el coeficiente de correlación mejoró a 0,7740.

Los ensayos con relaciones del tipo:

$$Y=e^a \cdot X^b$$

donde

Y=Agua aplicada
 X=Potencia o número de empleados
 a, b=Constantes
 e=base de logaritmos neperianos

aumentaron la correlación entre el agua aplicada y el número de personas hasta 0,81037.

El mejor grado de correlación (0,82288) se obtuvo con la relación

$$Y=a+bX$$

Y=Agua aplicada
 X=Número de empleados

Se realizaron otras ejecuciones con relaciones de tipo polinómico y todas ellas dieron resultados algo inferiores a los anteriores.

Los resultados, en efecto, no fueron todo lo satisfactorios que se hubieran deseado, pero de cualquier método puede ser una buena guía en el cálculo de demandas en la industria.

Las especificaciones de calidad del agua en los usos industriales son muy variables y se aconseja, en este sentido, consultar el capítulo correspondiente del libro «Química del agua», J. Catalán Lafuente, 1981, referido en la bibliografía.

3.4.3. Grupo III. Agricultura

El regadío es el uso del agua que necesita mayores aplicaciones y que a su vez ocasiona mayores volúmenes de agua consumida en España. Además, la estructura de la demanda es fuertemente desfavorable y la regulación es cara y difícil. La agricultura demanda la casi totalidad del agua en los meses de estío, que es precisamente cuando el ciclo hidrológico suministra las aportaciones más exiguas. Atender a esta demanda requiere la construcción de grandes sistemas de recursos hidráulicos, integrados por elementos de regulación (embalses y acuíferos), transporte (canales y conducciones) y distribución (acequias y tuberías), además de considerables mecanismos de cálculo y gestión.

El agua aplicada a la agricultura permite no sólo la misma existencia de muchos cultivos, sino también un notable incremento del producto por hectárea cultivada en otros.

En los dibujos adjuntos se da una idea más cualitativa que cuantitativa del incremento de la

producción en función del agua aplicada a sorgo, maíz y trigo.

El uso agrícola del agua tiene también otros factores de dificultad. El clima es decisivo para los cultivos y es en las zonas más templadas y benignas donde los regadíos son más rentables.

En estas zonas las precipitaciones suelen ser más exiguas y las necesidades de agua para aplicar en los regadíos, mayores.

La relación de agua consumida frente al agua aplicada es como se sabe muy alta, pero también muy variable. Las necesidades de los cultivos suelen ser fijas y determinables en función de parámetros climáticos y del suelo; sin embargo, los diversos sistemas de riego, coste del agua y drenaje del suelo pueden permitir aplicaciones del agua muy superiores a los consumos reales y producir retornos importantes, que bien se incorporan nuevamente al Sistema de Recursos Hidráulicos a través de las acequias colectoras o se infiltran en los acuíferos a través del suelo.

La eficiencia del riego, como relación entre el agua consumida y el agua aplicada, varía entre ciertos márgenes ya establecidos, entre 0,6 y 0,8 como cifras más generales.

Las mayores eficiencias (0,8) se consiguen en riegos por encima del terreno (aspersión) y por debajo del terreno (riego del subsuelo), mientras que las más bajas se encuentran en los riegos sobre el terreno (superficie o gravedad).

Los riegos con aguas subterráneas suelen ser más eficientes que los riegos con aguas superficiales, y entre éstos, más eficientes cuanto mayor y menos protegido está el precio del agua.

Referente a las dotaciones del agua por hectárea y año para los diversos cultivos puede establecerse en términos generales, que varían desde 1.500 a 2.000 m³/Ha/año hasta 8.000 a 10.000 m³/Ha/año.

Una dotación normal puede ser del orden de 5.000 a 6.000 m³/Ha/año, aunque en casos de regadío de huertas y situaciones anómalas alcancen los 16.000 y 20.000 m³/Ha/año.

Las dotaciones de agua para regadíos pueden estimarse mediante diversos procedimientos de cálculo.

El primer paso en este cálculo es la obtención de los valores de la evapotranspiración potencial.

INCREMENTO DE LAS COSECHAS CON EL AGUA UTILIZADA

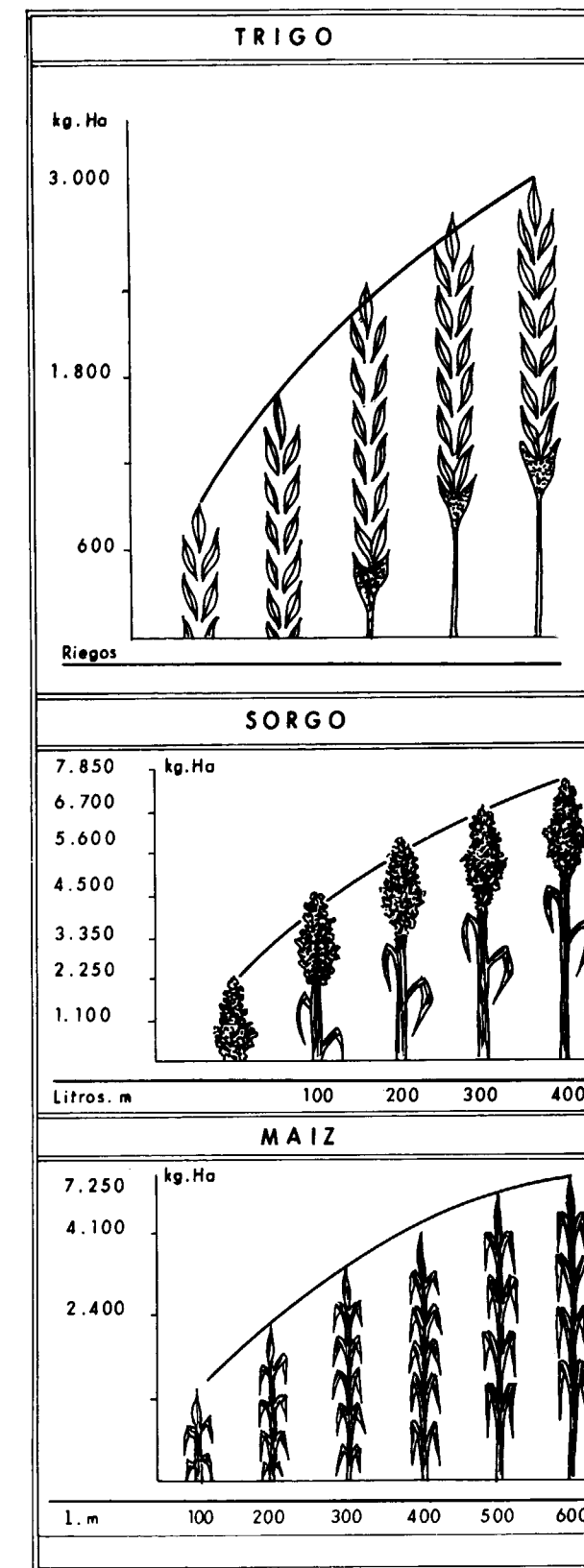


Figura 1

Existen para ello numerosos métodos, no juzgándose oportuno en este capítulo extenderse en ninguno de ellos en atención al tiempo que requeriría su desarrollo. Sin embargo, pueden encontrarse ampliamente documentados en tres de los libros referidos en la bibliografía: CUSTODIO LLAMAS, 1976; ELÍAS GARCÍA, 1965, y «Necesidades de agua de los cultivos», FAO-Roma, 1976.

Los métodos de cálculo de la ETS pueden tener la siguiente clasificación:

• Métodos directos:

- Evapotranspirómetro.
- Lisímetro
- Perfiles de humedad del suelo

• Métodos semiempíricos

- Método de Penman

• Métodos empíricos

- Correlación Evaporación ETP
- Método de Thornthwaite
- Método de Blaney-Criddle
- Método de Makkink
- Método de Turc
- Método de la radiación

Dado lo extendido de los métodos de Thornthwaite y Blaney-Criddle existen muchos programas de ordenador y calculadora programable de ambos, para el cálculo de la ETP, realizados convenientemente en lenguajes FORTRAN, BASIC y RPN.

El agua consumida por los cultivos es, en el sentido estricto, la evapotranspiración potencial.

El agua consumida por la operación de regadío es la diferencia entre la ETP y la evapotranspiración real ETR.

Evidentemente, debería sustraerse de este valor los posibles aportes de agua al suelo por capilaridad de agua subterránea y para obtener el agua aplicada la eficiencia al riego.

Para obtener la ETR y el déficit de agua que desea calcularse, se parte del conocimiento de la reserva máxima de agua utilizable por las plantas, que es función de la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, la densidad aparente y la profundidad radicular media.

En el mes uno del cálculo, se parte de un estado determinado de la reserva.

El resto del proceso es una simple contabilidad entre precipitación, ETP, variación de la reserva y excedentes o déficits, a lo largo de los meses siguientes.

En el gráfico adjunto (fig. 2) se muestra un balance hídrico en el que el volumen representado por el área rayada representa el agua consumida en la operación de regadío. Se observa claramente cómo las necesidades de agua para la agricultura se centran en los meses de estío.

Por último, queda por comentar el factor calidad en el uso del agua para agricultura.

Existe un gran número de clasificaciones y normas, siendo las más usuales las siguientes:

- Normas Riverside, con las modificaciones introducidas por D. W. THORNER y H. B. PETERSON (1945) y KANWAR (1961). Procedimiento usado por la U. S. Salinity Laboratory Staff.
- Método de Stabler (Índice de Scott).
- Clasificación de Tamés. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias Español.

La clasificación de la U.S. Salinity Laboratory Staff se basa en las siguientes características.

a) Concentración total de sales, expresadas mediante conductividad eléctrica en micromhos por cm. a 25° C.

b) La concentración relativa del sodio con respecto al calcio y magnesio, dado a través del índice SAR.

$$SAR = \frac{(Na)}{\frac{\sqrt{(Ca)+(Mg)}}{2}} \text{ Concentraciones expresadas en meq/l.}$$

que sólo es representativo en ausencia de precipitaciones cálcicas o magnésicas como consecuencia de la evaporación.

c) La presencia de boro en mg/l.

d) Concentración del bicarbonato en relación con las del calcio y magnesio. Se representa por

REPRESENTACION GRAFICA DE UN BALANCE HIDRICO

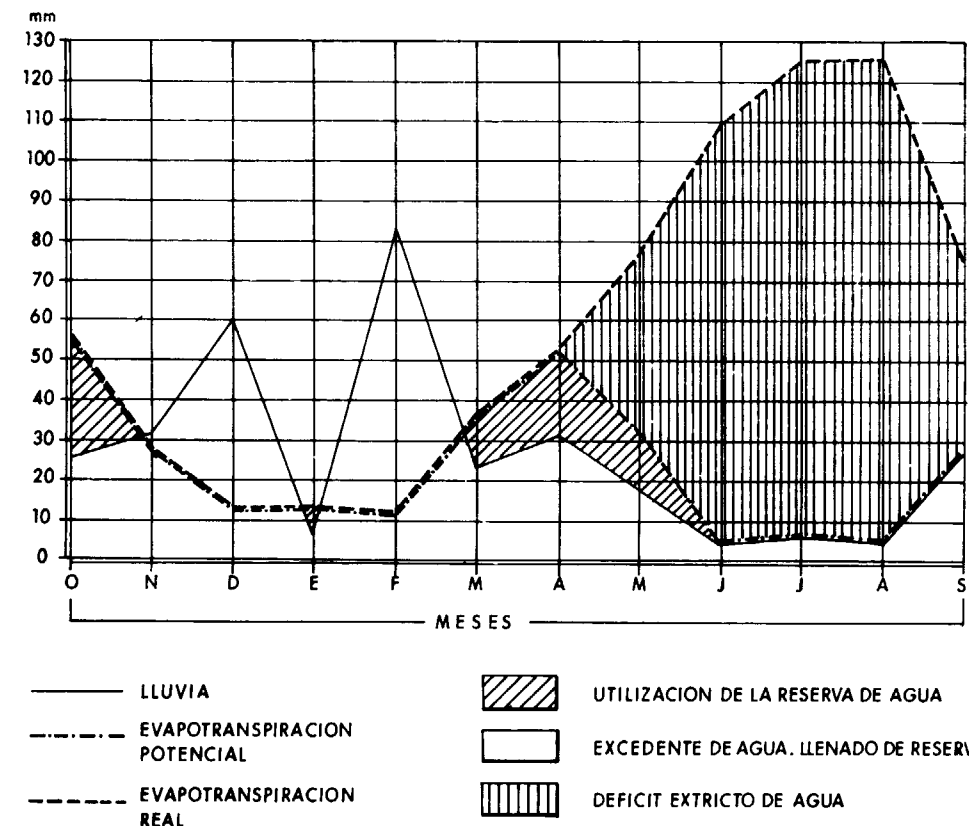


Figura 2

lo que se denomina carbonato sódico residual y se calcula según:

$$C. S. Residual = (CO_3^{2-}) + (CO_3H^-) - CA^{++} - (Mg^{++}) \text{ expresados meq/l.}$$

Se establecen cuatro categorías de conductividad y cuatro de SAR, dando lugar a 16 grupos $C_i - S_i$. Los valores de i altos señalan las peores calidades.

Respecto al boro, establece tres categorías:

- Cultivos sensibles: de 0,3 ppm. a 1,3 ppm.
- Cultivos semitolerantes: de 0,7 ppm. a 2,5 ppm.
- Cultivos tolerantes: de 1 ppm. a 3,8 ppm.

Respecto al carbonato sódico residual, la clasificación primaria es la siguiente:

- Buenas: menor de 1,25 meq/l.
- Dudosas: 1,25 a 2,50 meq/l.

Malas: mayor de 2,50 meq/l.

El método de Stabler o índice de Scot (K) se calcula según:

$$K = 2040/Cl \text{ cuando } Na - 0,65 \geq 0$$

$$K = 6620/(Na + 2,65 Cl) \text{ cuando } 0 < Na - 0,65Cl < 0,48$$

$$K = 662/(Na + 0,32Cl) \text{ cuando } Na - 0,65Cl - 0,43SQ_4 > 0$$

En función del valor de K obtenido se da al agua la siguiente clasificación:

- $K > 18$ Buena
- $18 > K > 6$ Tolerable
- $5,9 > K > 1,2$ Mediocre
- $K < 1,2$ Mala

La clasificación de CAYELANO TAMÉS define aguas buenas y malas según los siguientes parámetros:

	Aguas buenas	Aguas malas
Sólidos disueltos	<0,5 g/l. 780 mmoho/cm.	12 g/l 20.000 mmoho/cm.
Elementos tóx. (boro).	<,33 mg/l	>3,75 mg/l.
Carbonato sódico residual	<1,25 meq/l.	>2,50 meq/l.
Relación de calcio referido al total de cationes	>0,35	<0,35

Se definen las aguas dudosas, como las comprendidas entre unas y otras, aconsejando estudios de mayor detalle.

En la bibliografía, además del citado libro de «Química del Agua» de J. CATALÁN se refiere «Water Quality for Agriculture» FAO-Roma, 1976, que será sin duda de gran interés para la ampliación de datos referentes a requerimientos de calidad para usos agrícolas.

3.4.4. Grupo IV. Otros usos

En este grupo se han incluido los usos hidroeléctricos, recreativos, ecológicos, transporte y navegación y Piscícolas.

Se comentará algún aspecto de los usos recreativos y ecológicos, y se verá con más detalle los usos hidroeléctricos.

España está considerada como el tercer país del mundo en grandes presas, entendiéndose por tales las que tienen más de 10 m. de altura o son capaces de embalsar más de 100.000 m³ de agua.

Estos embalses, creados para la satisfacción de usos de los tres primeros grupos, se están ampliando en los últimos años a otro uso no consuntivo: el uso recreativo.

Hay que indicar que el perímetro total de los embalses españoles totaliza unos 8.000 Km. de longitud, con lo que puede afirmarse que las «costas interiores» superan a las marítimas.

La regulación de los embalses para usos recreativos puede encontrarse en la Orden Ministerial del MOP de 28 de junio de 1968, en la que se consideran cuatro tipos fundamentales de usos recreativos:

- Caza y pesca.
- Baños y natación.
- Navegación deportiva a remo y vela.
- Navegación deportiva a motor.

Para cada uno de los embalses clasificados, se califican los cuatro grupos de usos recreativos considerados con un número que refleja las siguientes circunstancias:

Índice 1.—Existen restricciones.

Índice 2.—No existen restricciones, aunque las condiciones naturales sean poco favorables.

Índice 3.—No existen restricciones, ni circunstancias desfavorables.

El uso recreativo de los embalses se está extendiendo notablemente por toda la geografía nacional. De hecho ya han comenzado a producirse casos de embalses solicitados o concedidos con una finalidad exclusivamente recreativa.

La tarea de compatibilización de los distintos usos con los recreativos se está en la actualidad completando y perfeccionando cara a un próximo futuro.

Los usos ecológicos del agua son un grupo de usos de relativa reciente incorporación en los planteamientos generales de utilización del agua.

Es evidente que la importancia ecológica del agua es un valor de primera magnitud que hay que conservar para preservar la vida. Hasta hace pocas décadas, el desarrollo humano era lo suficientemente escaso como para poder alterar el orden natural. Por el contrario, las sociedades industriales modernas, los cultivos intensivos, etcétera, pueden producir impactos negativos difíciles de preveer.

La Carta Europea del Agua, en sus primeros puntos, recuerda la importancia ecológica del agua.

«No existe vida sin agua.»

«Los recursos en agua no son inagotables.»

«Alterar la calidad del agua significa atentar contra la vida de los hombres y de los restantes seres vivos que dependen de ella.»

No existe ningún ecosistema que se caracterice por la ausencia total de agua. Hay ecosistemas en los que el agua es siempre visible, en otros es sólo temporalmente visible y en otros no es nor-

malmente visible. Pero siempre hay agua presidiendo la vida.

Preservar un ecosistema requiere no sustraerle el agua que necesita. El concepto no es que los ecosistemas impidan la utilización del agua en su entorno, sino más bien que el agua se está empleando en mantener el ecosistema.

Por último, hay que considerar la necesidad de mantener en los ríos unas calidades mínimas tolerables y es preciso usar el agua en la dilución de las descargas contaminantes de ciudades e industrias.

Ciñéndose, por último, dentro de este Grupo IV, a los usos hidroeléctricos, cabe resaltar la importancia indiscutible de la energía en cualquier proceso de desarrollo.

España, que no es un país productor de petróleo, tiene sin embargo un importante desarrollo en materia de energía hidroeléctrica.

Los dos cuadros que se adjuntan (figs. 3 y 4) sobre evolución de la potencia instalada y evolución de la producción de energía eléctrica, puede centrar las ideas en lo concerniente a importancias absolutas y relativas.

Los datos que para España pueden citarse son los siguientes:

Potencial fluvial bruto: 155.000 Gwh.

Potencial técnicamente explotable: 62.000 Gwh.

Potencial económicamente explotable: Variable con precio energía.

Potencial en explotación: 37.000 Gwh.

EVOLUCION DE LA POTENCIA INSTALADA

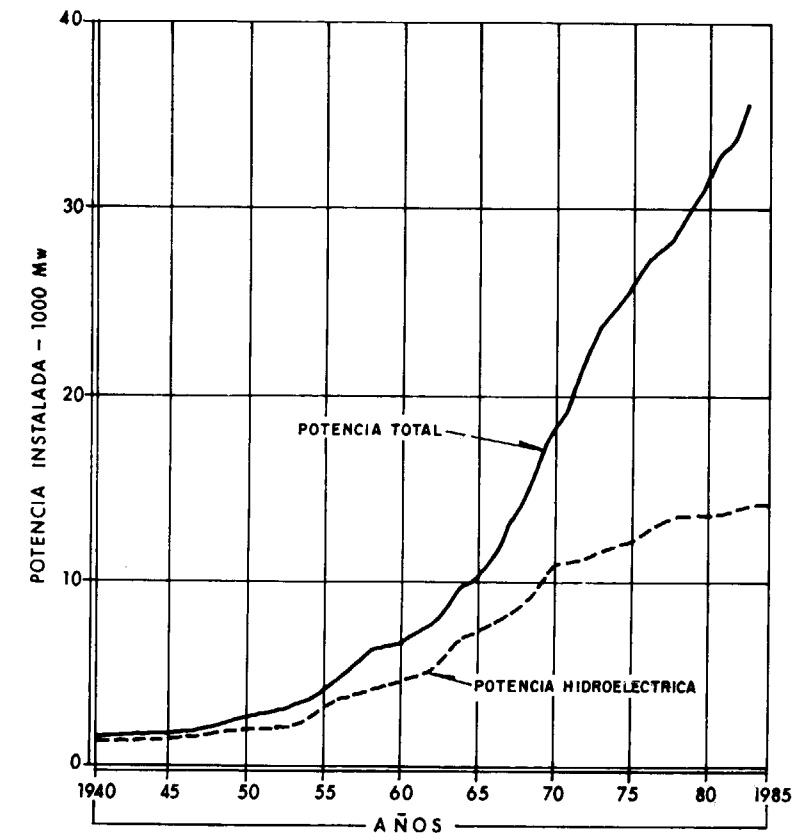


Figura 3

(*) Según CAMPO AGUILERA, 1984.

EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

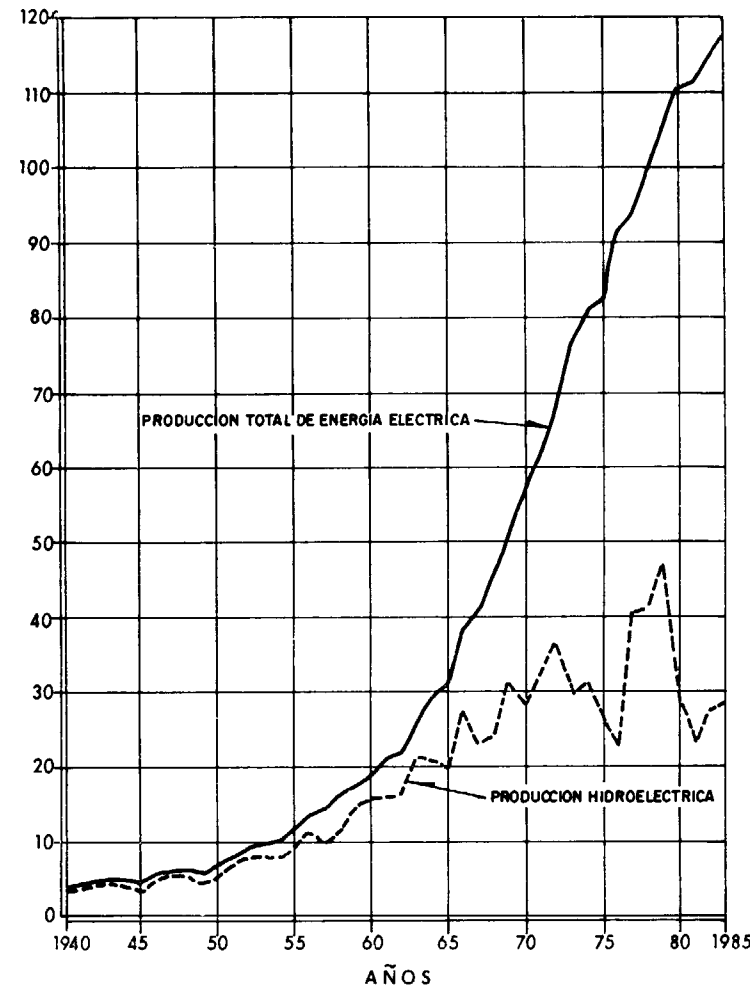


Figura 4

(*) Según CAMPO AGUILERA, 1984.

Las cifras están referidas a un año hidráulico medio.

En la actualidad el consumo energético de cualquier origen es en números redondos del orden de 100.000 Gwh, por lo que puede afirmarse que cerca del 40 por 100 de aquel consumo tiene la posibilidad de ser de origen hidroeléctrico. Su participación mayor o menor en el total es función de lo húmedo a seco del año.

El potencial en explotación supone un 24 por 100 del potencial fluvial bruto y un 60 por 100 del po-

tencial técnicamente explotable. El porcentaje sobre el potencial económicamente explotable es lógicamente mayor y en función del encarecimiento que tuviera la energía podría alcanzar un techo equivalente al potencial técnicamente explotable.

La potencia instalada en España alcanza los 35.633 Mw, de los que 14.078 Mw corresponden a centrales hidroeléctricas.

El uso hidroeléctrico del agua no produce consumo físico de este elemento, pero sí puede resultar consuntivo en cuanto a su utilización, cuan-

do sus regímenes de explotación se acoplan a las demandas energéticas y no se subordinan a otros usos prioritarios.

En los cuadros adjuntos (figs. 5 y 6) se muestra la evolución de la demanda eléctrica a lo largo de los meses del año y de las horas del día. El uso en abastecimiento resulta aceptablemente compatible con la demanda eléctrica, mientras que el uso agrícola resulta en general completamente contrapuesto, pues por ejemplo en invierno, cuando son mayores las necesidades de potencia y energía, son menores las necesidades de regadío.

Recientemente han surgido con pujanza las centrales reversibles o de acumulación por bombeo.

Durante las horas de máxima demanda eléctrica, el agua se desembalsa en un embalse superior y se sitúa en un embalse inferior, tras haber pasado por la turbina. En las horas de poca demanda, las nocturnas fundamentalmente, el agua turbinada anteriormente se vuelve a situar en el embalse superior mediante bombeo.

La energía generada es del orden del 70 por 100 de la consumida en la elevación, pero el costo de la energía de elevación es mucho más barata que la producida por efectuarse el bombeo en momentos en los que el precio del Kwh es sustancialmente más bajo.

Los usos hidroeléctricos del agua permiten una

DEMANDA MENSUAL DE ENERGIA ELECTRICA

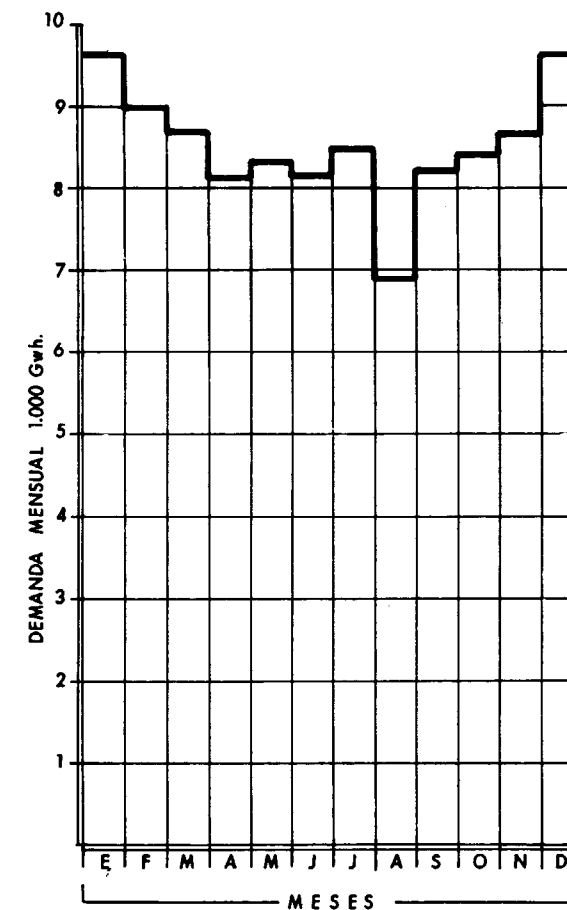


Figura 5

(*) Según CAMPO AGUILERA, 1984.

DEMANDA HORARIA DE POTENCIA
Días laborables y festivos de invierno y verano

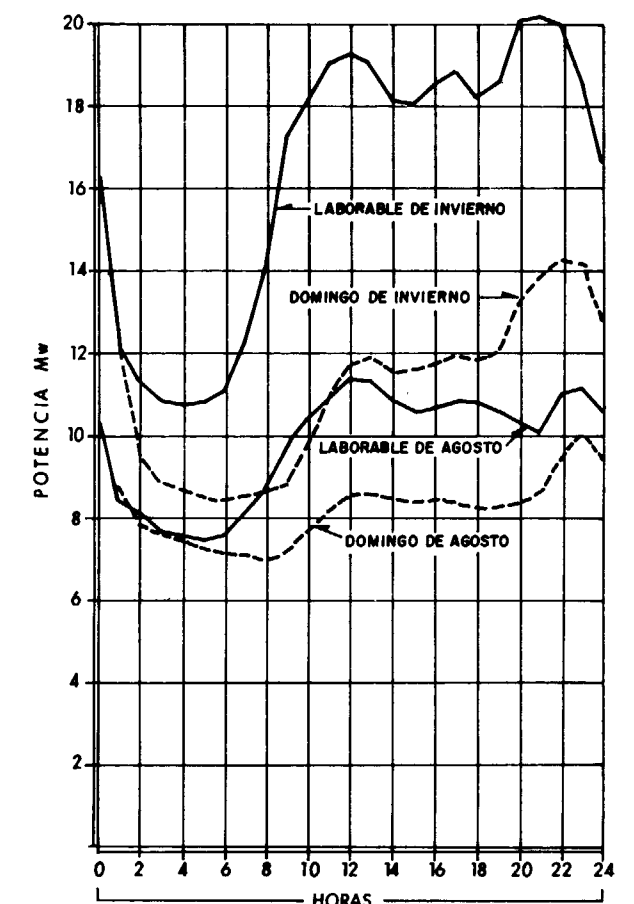


Figura 6

energía renovable, barata, no contaminante, que aumenta la regulación de los ríos y crea importantes sistemas de prevención de avenidas.

4. AGUAS UTILIZADAS EN ESPAÑA

4.1. Dotaciones de agua en España

En el presente apartado, se va a sintetizar en unos cuadros las dotaciones utilizadas en España para usos urbano e industrial y agrícola, referido a las diversas cuencas hidrográficas, siguiendo las cifras del Avance del Plan Hidrológico Nacional.

El agua aplicada a usos urbanos e industrial, se ha estimado conjuntamente al ser muy difícil cuantificar esta última, sobre todo en las industrias que toman el agua de las redes de abastecimiento urbano.

El agua aplicada a estos dos usos supone una dotación media de 383 l/hab/día, con la siguiente distribución:

Cuenca	Dotación l/hab/día
Norte	403
Duero	238
Tajo	349
Guadiana	587
Guadalquivir	285
Sur	345
Segura	270
Júcar	320
Ebro	545 (*)
Pirineo Oriental	508
Media Peninsular	388
Baleares	584
Canarias	237
Media España	383

(*) Descontadas las demandas previstas para piscifactorías, riberas y viveros.

En materia de regadíos, la situación actual ofrece una superficie algo superior a los 2,8 M/Ha, con una dotación media de 7.680 cm³/Ha/año, distribuida por cuencas como sigue:

Cuenca	Dotación m ³ /Ha
Norte	9.514
Duero	6.430
Tajo	11.287
Guadiana	8.179
Guadalquivir	6.751
Sur	6.590
Segura	5.367
Júcar	7.012
Ebro	9.059
Pirineo O.	5.122
Media peninsular	7.640
Baleares	7.642
Canarias	10.580
Media española	7.681

De cara al futuro, se han contabilizado todos los regadíos censados con estudios previos, llegando a una superficie total próxima a las 4.600.000 Ha, con una dotación media prácticamente igual a la considerada para la situación actual, salvo en algunas zonas en las que se piensa podrán reducirse los usos unitarios a consecuencia de la adaptación de sistemas de riego más eficaces.

Las dotaciones previstas para el futuro, son las siguientes:

Cuenca	Dotación m ³ /Ha
Norte	6.818
Duero	8.886
Tajo	8.140
Guadiana	7.496
Guadalquivir	6.881
Sur	7.152
Segura	5.730
Júcar	6.427
Ebro	8.742
Pirineo O.	4.380
Media peninsular	7.665
Baleares	8.274
Canarias	5.000
Media española	7.630

4.2. Necesidades y problemas

Se insiste, una vez más, en la enorme tradición y trascendencia de los usos del agua en España.

En el anterior capítulo se cifraban en 2.800.000 las hectáreas regadas y en 4.600.000 las hectáreas a regar en base a estudios ya realizados. Si se piensa que el total de hectáreas regables es del orden de unas 5.000.000, se puede tener una idea del desarrollo de los sistemas de recursos hídricos españoles.

Sin embargo, el gran problema del uso del agua estriba en la regulación.

Los ríos españoles adolecen en general de regularidad. Tienen caudales en estío muy reducidos frente a los de invierno, mientras que la parte

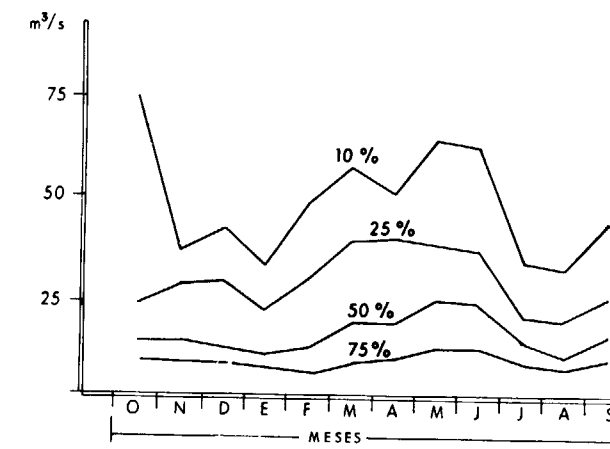
importante de las necesidades se centra en el verano.

La diferencia entre años secos y húmedos es también muy notable, siendo los años secos los que requieren aún mayores dotaciones hídricas por ser más altos los déficits de agua en el suelo.

Seguramente, el mejor modo de exponer una visión rápida y eficaz de los problemas de regulación en las diversas cuencas españolas sea a través de los gráficos que se incluyen a continuación (figs. 7 a 16).

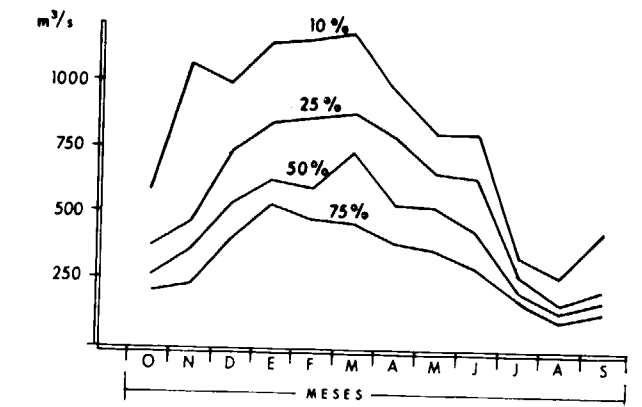
CUENCA DEL PIRINEO ORIENTAL - ESTACION 5

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



CUENCA DEL EBRO - ESTACION 21

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

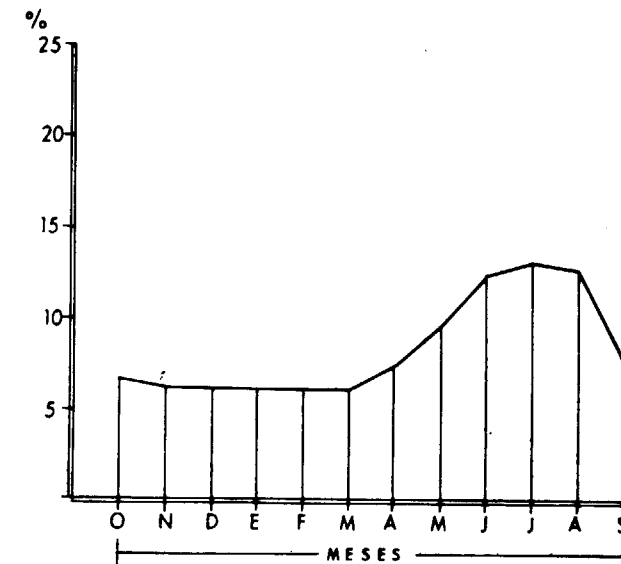


Figura 7

Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

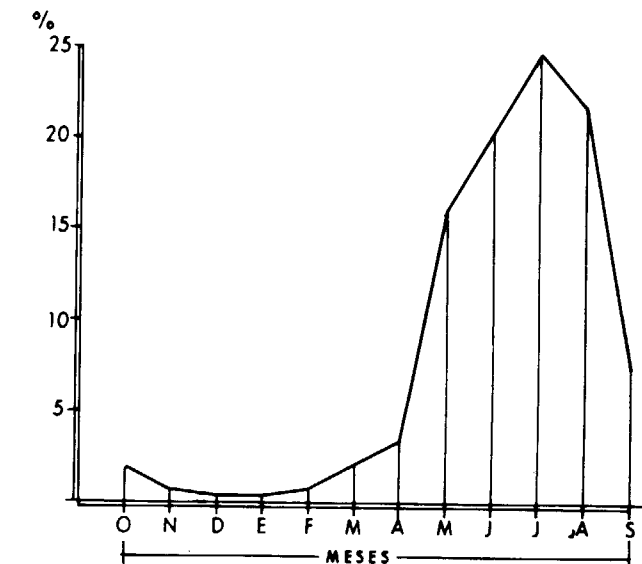
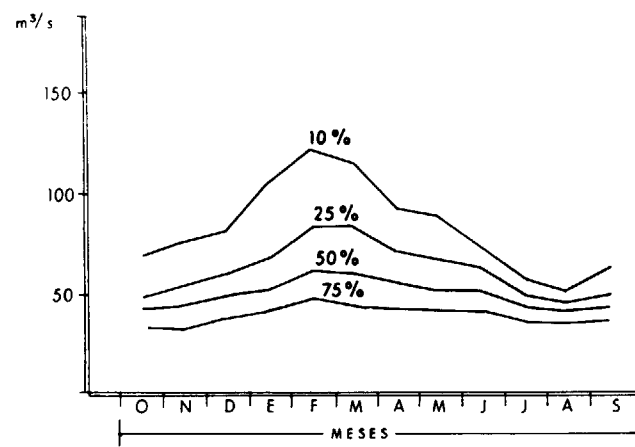


Figura 8

CUENCA DEL JUCAR - ESTACION 42

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

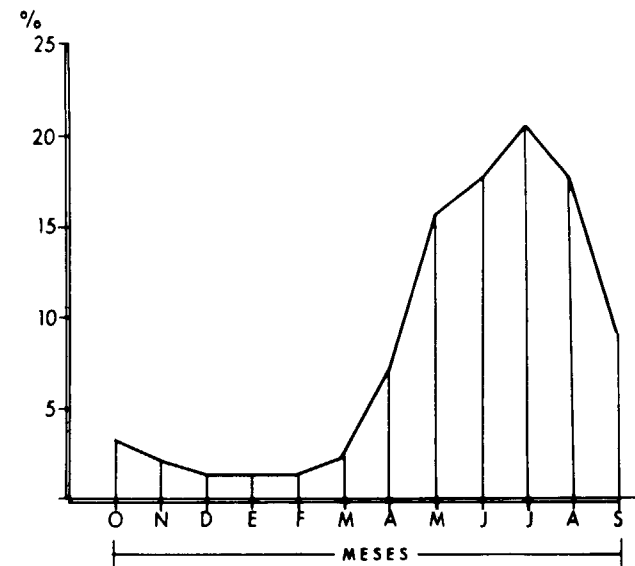
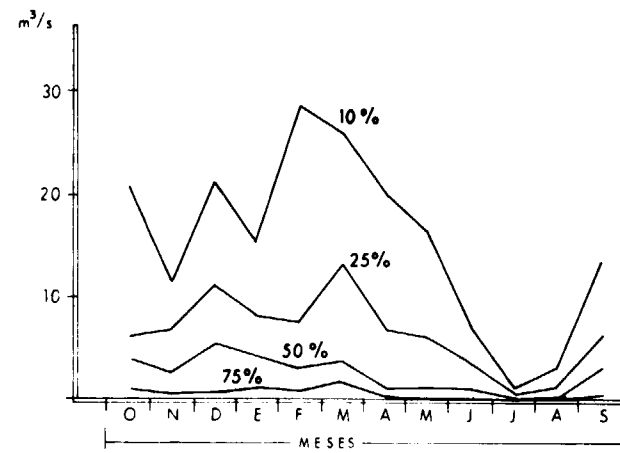


Figura 9

CUENCA DEL SEGURA - ESTACION 30

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

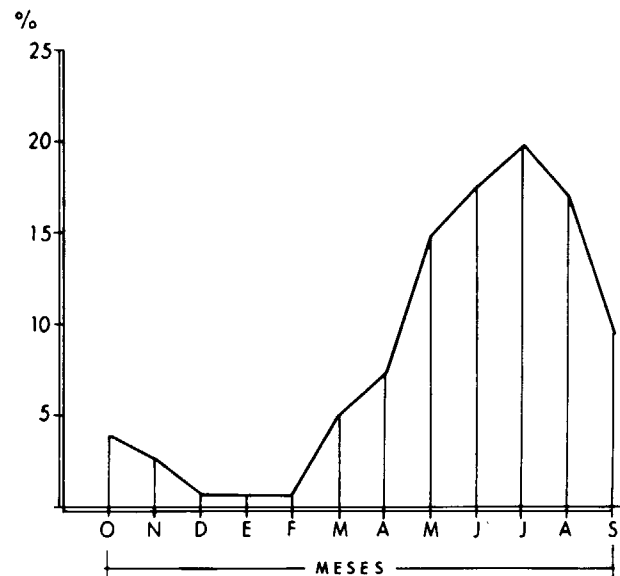


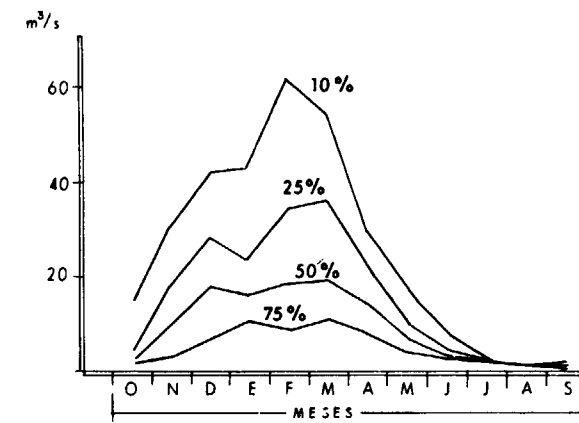
Figura 10

Para cada cuenca hidrográfica se representan dos cuadros; el primero da la distribución porcentual de las demandas a lo largo del año y el segundo la probabilidad de que el caudal supere un valor dado, también a lo largo de los meses del año.

De cada grupo de gráficos, podrán extraerse conclusiones sobre el tipo del uso del agua, predominante y las dificultades, mayores o menores que ofrecen las aportaciones naturales de la cuenca para poder dejarlo satisfecho.

CUENCA SUR-RIO GUADIARO - ESTACION 1

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

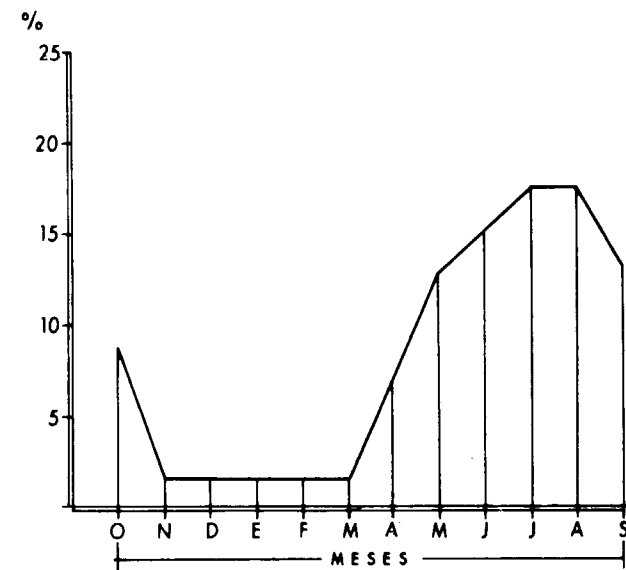
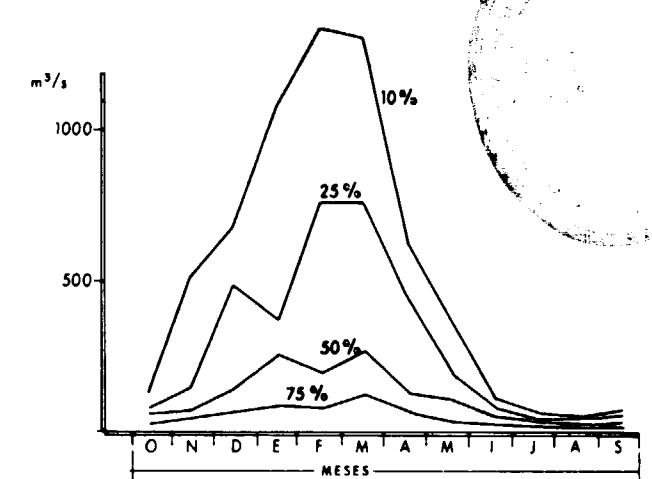


Figura 11

CUENCA DEL GUADALQUIVIR - ESTACION 74

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

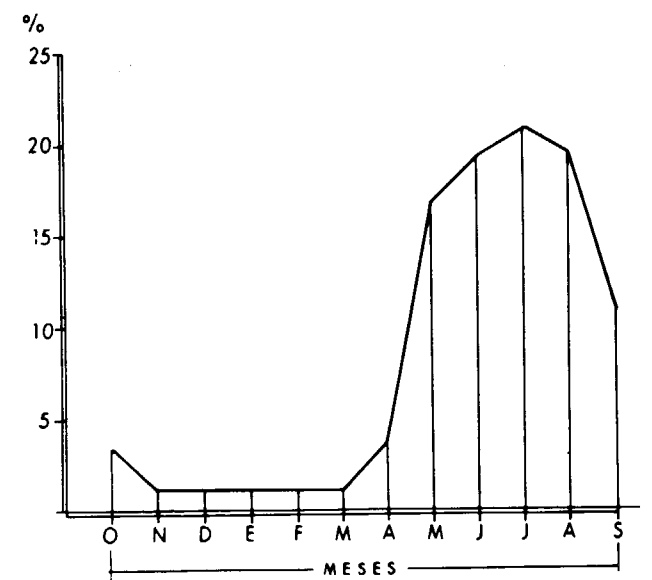


Figura 12

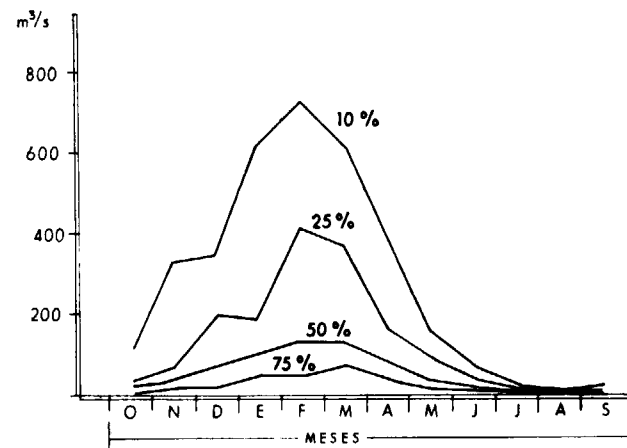
4.3. Utilización del agua en las diversas cuencas hidrográficas

Se tiene que empezar diciendo que cualquier intento de contabilizar usos del agua, con garantía de resultados en España, está de antemano condenado al fracaso en el momento actual.

Cualquiera de las cifras dadas por los diversos organismos que de uno u otro modo se han encargado de este tema, guardarán entre sí unos ciertos órdenes de magnitud, pero desde luego en ningún caso coincidirán.

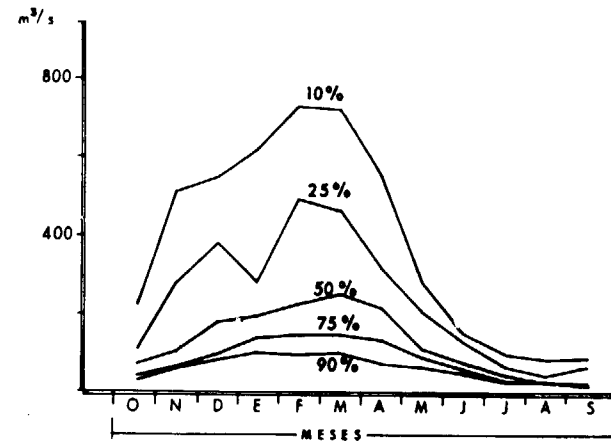
CUENCA DEL GUADIANA - ESTACION 5

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



CUENCA DEL TAJO - ESTACION 17

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

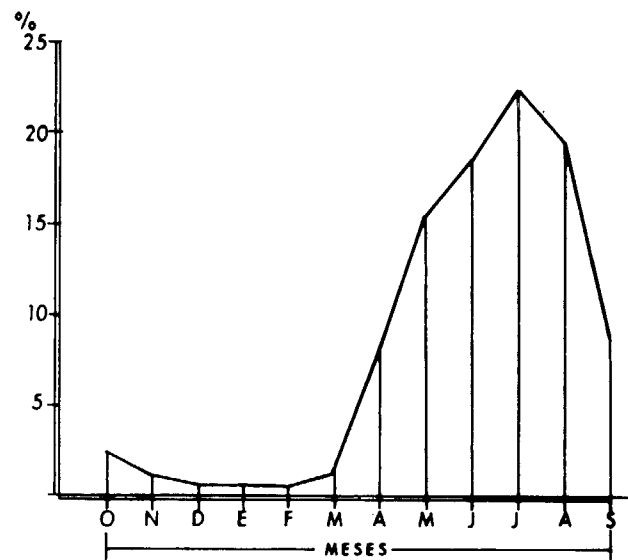


Figura 13

Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

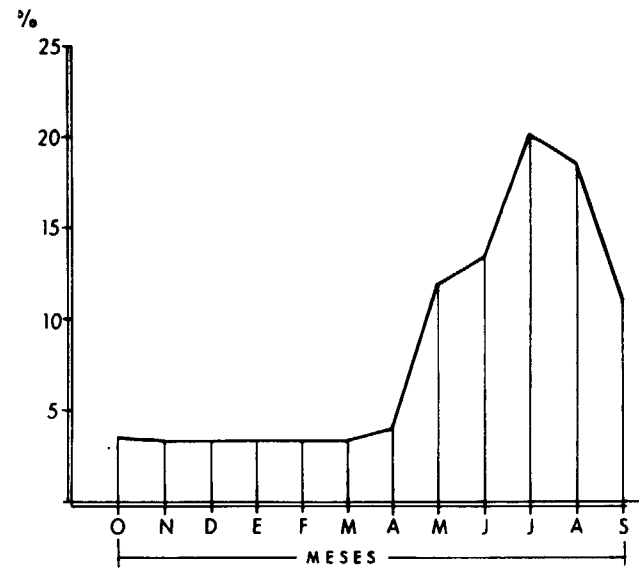
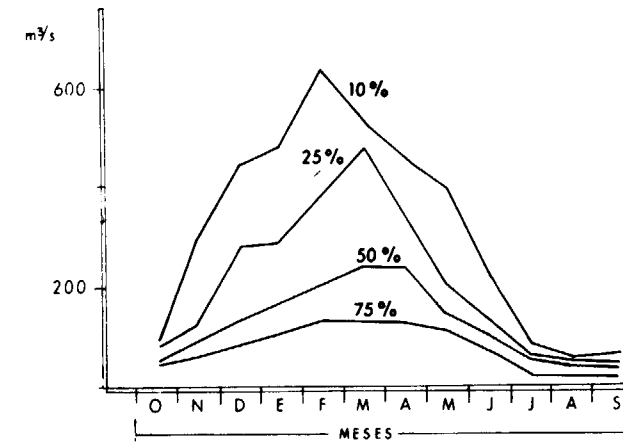


Figura 14

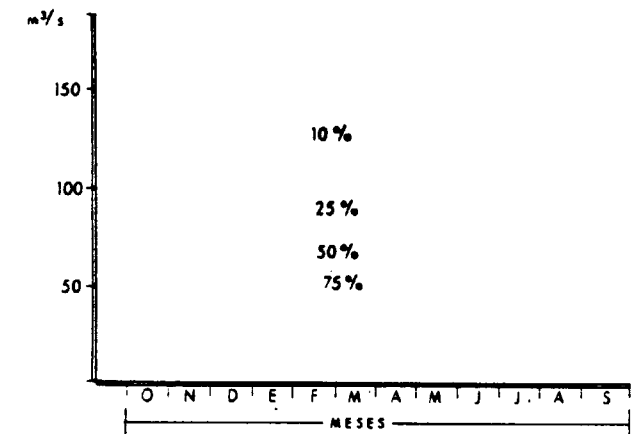
CUENCA DEL DUERO - ESTACION 62

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado



CUENCA DEL NORTE - ESTACION

Probabilidad de que el caudal mensual supere un valor dado (no significativo)



Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

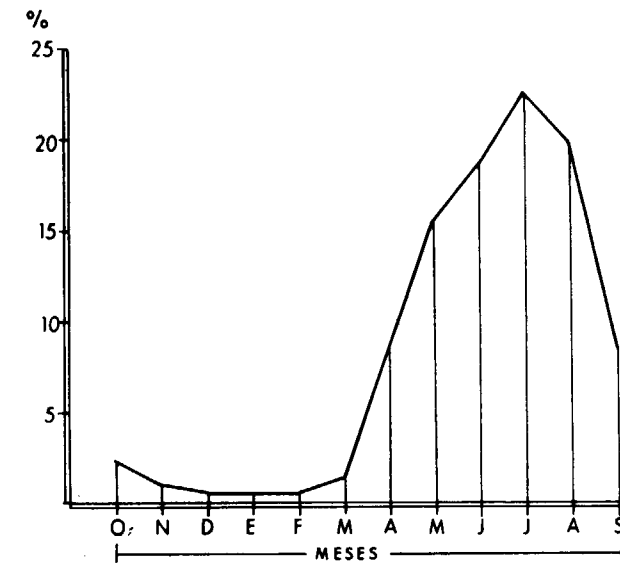


Figura 15

Distribución porcentual de las demandas a lo largo del año

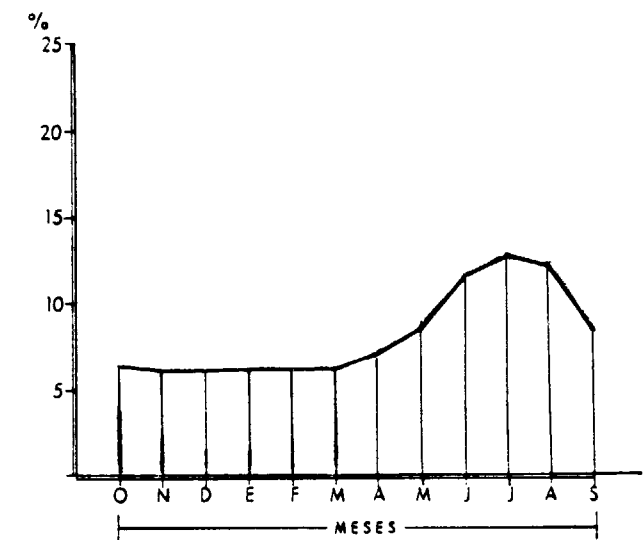


Figura 16

La necesidad de encajar cifras parciales dentro de totales generales medidos, ha obligado a unos u otros autores a recortar y limar lo que ha sido preciso para que de algún modo cerraran los balances.

Las estimaciones han sido muchas y frecuentemente se han hecho desde un despacho y en unas pocas jornadas. Las cifras que aquí van a reseñarse tampoco abandonan esta óptica simplista, y adolecen de los mismos defectos de las demás.

De otra parte, se confunden frecuentemente datos de agua aplicada con consumida y ello conlleva nuevas fuentes de error y desviación. Los usos del agua en las diversas cuencas hidrográficas españolas pretenden sintetizarse en el cuadro adjunto, que de alguna manera recoge los usos del agua en España y su fuente de suministro.

El origen de los datos se encuentra en informes y documentos de diversos organismos del MOPU y del MAPA y en lo referente a las aguas subterráneas en el Instituto Geológico y Minero de España del MIE.

4.4. Utilización del agua en las Comunidades Autónomas

Sobre la utilización del agua en las Comunida-

des Autónomas, al contrario que lo dicho para el caso de las cuencas hidrográficas, no existen datos sintetizados a nivel de toda España y se ha tratado de elaborar el cuadro adjunto, en el convencimiento de las limitaciones que sin duda debe tener.

Si se parte de la idea de que los datos deben salir de las cuencas hidrográficas, se podrá comprender la heterogeneidad de los resultados, ya de partida.

Se ha incluido una aclaración sobre el origen de los datos para cada una de las Comunidades Autónomas, siguiéndose el método de ir distribuyendo y contabilizando los usos, sin buscar, mediante ajustes, la homogeneización con los datos de cuenca. Con ello se consigue que cada Comunidad arrastre exclusivamente su propio error y no vea cómo se le adicionan otros errores provenientes de otras Comunidades, para la compensación de cierres a nivel de cuenca.

Este cuadro, a nivel orientativo, se juzga satisfactorio y de su análisis puede comprenderse la estructura de las economías de las diversas Comunidades y sus problemas reales de agua cara al futuro.

Cuenca	Usos urbanos e indust.			Uso agrícola			Usos totales		
	A. sup.	A. sub.	Total	A. sup.	A. sub.	Total	A. sup.	A. sub.	Total
Norte	240	110	350	425	153	578	665	263	928
Duero	145	35	180	2.408	465	2.873	2.553	500	3.053
Tajo	570	165	735	1.260	264	1.524	1.830	429	2.259
Guadiana	85	100	185	1.248	452	1.700	1.333	552	1.885
Guadalquivir	315	95	410	3.103	336	3.439	3.418	431	3.849
Sur	80	95	175	511	651	1.162	591	746	1.337
Segura	80	60	140	660	599	1.259	740	659	1.399
Júcar	65	240	305	1.620	810	2.430	1.685	1.050	2.735
Ebro	285	70	355	5.217	378	5.595	5.502	448	5.950
P. Oriental	375	270	645	168	264	432	543	534	1.077
Baleares	8	72	80	—	158	158	8	230	238
Canarias	4	80	84	36	376	412	40	456	496
Total	2.144	1.392	3.544	16.656	4.906	21.562	18.908	6.298	25.206

* Cifras en hm³/año.

COMUNIDADES AUTONOMAS	Aguas superficiales				Aguas subterráneas				TOTALES
	Abastecimiento + Industria	Agricultura	Total	%	Abastecimiento + Industria	Agricultura	Total	%	
Andalucía	410	3.614	4.024	77	175	987	1.162	28	5.186
Aragón	135	3.353	3.488	96	76	70	146	4	3.634
Asturias	197	3	200	75	66	1	67	25	267
Baleares	8	0	8	3	72	158	230	97	238
Canarias	4	36	40	8	80	376	456	92	496
Cantabria	37	1	38	54	29	4	33	46	71
Castilla-León	155	2.408	2.563	73	25	465	490	17	3.503
Castilla-La Mancha	60	625	685	52	37	594	631	48	1.316
Cataluña	473	1.817	2.290	79	340	277	617	21	2.907
Extremadura	131	1.827	1.958	> 99	—	—	—	< 1	1.958
Galicia	388	531	919	> 99	—	—	—	< 1	920
Madrid	510	240	750	86	70	50	120	14	870
Murcia	125	850	975	67	25	450	475	33	1.450
Navarra	78	800	878	98	12	—	12	2	890
País Vasco	266	40	301	87	41	5	46	13	347
Rioja	52	2.170	2.222	99	14	17	31	1	2.253
Valencia	50	2.902	2.952	81	232	464	696	19	3.648
Totales			24.318				5.212		

ANDALUCIA

Provincias: Sevilla, Córdoba, Jaén, Huelva, Cádiz, Granada, Almería y Málaga.
Cuenca: Guadalquivir y Sur total.
Datos: Libro «Las aguas subterráneas en España».

BALEARES

Provincia: Baleares.
Cuenca: Baleares (total).
Datos: Libro «Las aguas subterráneas en España».

ARAGON

Provincias: Zaragoza, Huesca y Teruel.
Cuenca: Ebro (parcial).
Datos: PIAS del IGME, CSIE y Plan Hidrológico.

CANARIAS

Provincias: Tenerife y Las Palmas.
Cuenca: Canarias (total).
Datos: IGME, SHC y SPA-15.

ASTURIAS

Provincia: Asturias.
Cuenca: Norte (parcial).
Datos: PIAS DEL IGME, Plan Hidrológico y Memoria Confederación.

CANTABRIA

Provincia: Santander.
Cuenca: Norte (parcial).
Datos: PIAS del IGME y Plan Hidrológico.

CASTILLA-LEON

Provincias: León, Zamora, Salamanca, Valladolid, Palencia, Burgos, Soria, Segovia y Avila.

Cuencas: Duero (total) y Norte (parcial).

Datos: PIAS del IGME, Plan Hidrológico y Libro «Las aguas subterráneas en España».

CASTILLA-LA MANCHA

Provincias: Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadaluajara y Albacete.

Cuencas: Tajo, Guadiana, Júcar y Segura (parciales).

Datos: PIAS del IGME.

CATALUÑA

Provincias: Barcelona, Tarragona, Lérida y Gerona.

Cuencas: Pirineo Oriental (total) y Ebro (parcial).

Datos: PIAS del IGME, Marco para el Plan Hidrológico de Cataluña (Generalitat), CSIE y Memoria de la Confederación.

EXTREMADURA

Provincias: Cáceres y Badajoz.

Cuencas: Tajo y Guadiana (parcial).

Datos: Plan Hidrológico.

GALICIA

Provincias: La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra.

Cuenca: Norte (parcial).

Datos: Plan Hidrológico.

MADRID

Provincia: Madrid.

Cuenca: Tajo (parcial).

Datos: Libro «El agua en Madrid», Miguel Aguiló. Diputación de Madrid.

MURCIA

Provincia: Murcia.

Cuenca: Segura (parcial).

Datos: PIAS del IGME y Plan Hidrológico.

NAVARRA

Provincia: Navarra.

Cuenca: Ebro (parcial).

Datos: Diputación Foral, PIAS del IGME y CSIE.

PAIS VASCO

Provincias: Alava, Guipúzcoa y Vizcaya.

Cuencas: Ebro (parcial) y Norte (parcial).

Datos: PIAS Ebro y PIAS País Vasco del IGME y Plan Hidrológico de la Cuenca Norte.

RIOJA

Provincia: Logroño.

Cuenca: Ebro (parcial).

Datos: PIAS Ebro del IGME y CSIE y Memoria Confederación del Ebro.

VALENCIA

Provincias: Valencia, Castellón y Alicante.

Cuencas: Júcar (parcial) y Segura (parcial).

Datos: PIAS del IGME, Confederación del Júcar y Plan Hidrológico.

5. CRECIMIENTO DEL USO Y CONSUMO DE AGUA EN ESPAÑA

El crecimiento del uso del agua en España, puede considerarse espectacular.

En los gráficos adjuntos (figs. 17 y 18) se representan la evolución de los volúmenes regulados y de la capacidad de embalse, y la evolución de los volúmenes regulados para diferentes usos.

En la actualidad las demandas totales se evalúan en unos 28.000 hm³/año, que suponen un 25 por 100 de las aportaciones y más del 60 por 100 de las aportaciones reguladas o recursos.

Los Planes Hidrológicos Nacionales preveen en un horizonte de 30 años (2010) se alcanzarán demandas de 51.500 hm³/año, más del 45 por 100 de las aportaciones naturales y del 85 por 100 de los recursos en dicho estado futuro.

Para este horizonte, en materia de abastecimiento a poblaciones se calcula que las dotaciones de agua alcanzarán la media de 800 l/h/día frente a los 383 l/h/día actuales para una población que se prevee en los 48 millones de habitantes.

En estos treinta años, se piensa asimismo que las Ha en regadío pasarán de las 2.800.000 actuales a cerca de 4.600.000 muy próximo al techo de zonas regables en España.

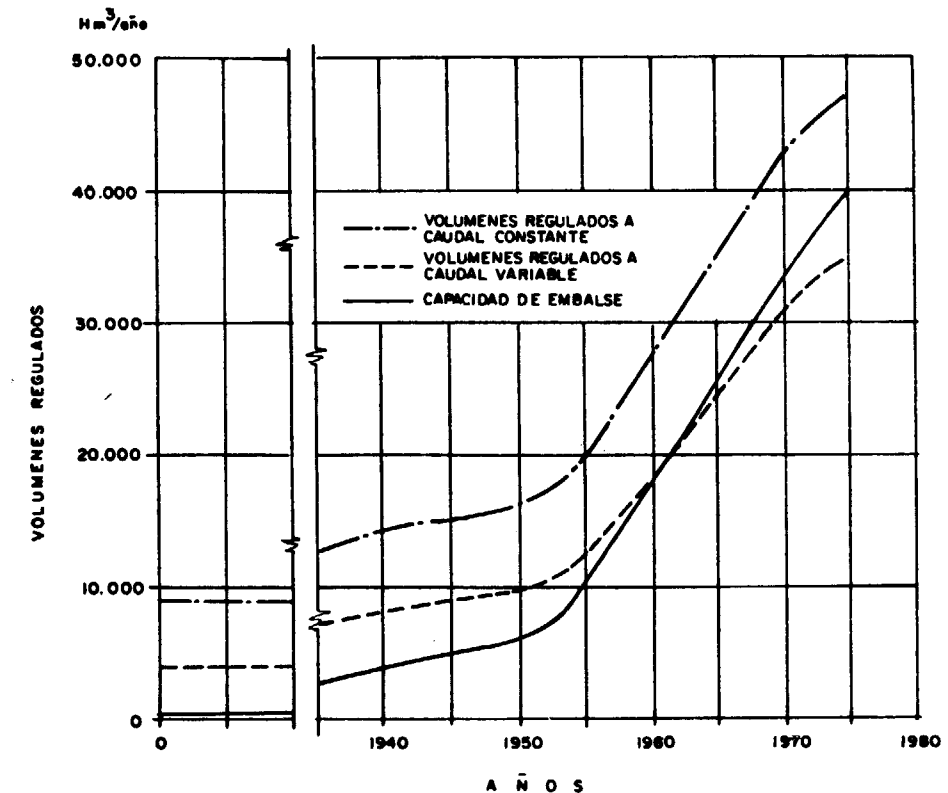


Figura 17.—Evolución de los volúmenes regulados y de la capacidad de embalse.

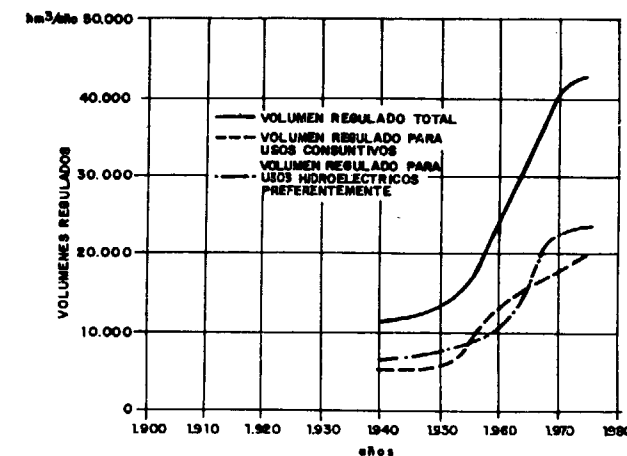


Figura 18.—Evolución de los volúmenes regulados para diferentes usos.

Hay, por último, que entender que este notable desarrollo, previsible, puede o no ser triunfalista, pero lo que es un hecho es que la iniciativa privada también desarrolla los recursos notablemente, lo que es un índice de lo que de alguna manera «pide el país».

A título de ejemplo se da la evolución de las hectáreas regadas con aguas subterráneas privadas a lo largo de los últimos años.

1971: 517.700 Ha.
1975: 628.000 Ha.
1983: 812.000 Ha (estimadas).

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

De todo lo visto anteriormente, cabría hacer las siguientes conclusiones:

1. Los usos del agua son parte prioritaria de cualquier estudio hidrológico. Pueden considerarse, además, el punto de partida de los planes

(*) Según CEH. El Agua en España 1980.

hidrológicos y de cualquier intento de ordenación territorial.

2. El vocabulario y conceptos que se manejan en los estudios de los usos del agua, al igual que los utilizados en hidrología, en general son variados y confusos, por lo que sería recomendable un esfuerzo homogeneizador de la terminología a emplear.

3. La contabilidad de los usos del agua en España, aún siendo amplia con respecto a otros países, es insuficiente para las necesidades propias, habida cuenta de la notable tradición, desarrollo y trascendencia que tiene la utilización del recurso agua. Se propone realizar un esfuerzo prioritario de este capítulo en los planes hidrológicos nacionales.

4. Los usos del agua deben clasificarse y agruparse para su estudio según las conveniencias del país, conciliando los diversos usos que por razones de estructura de las necesidades, baja agua consumida frente al agua aplicada y escaso deterioro de la calidad, puedan ser satisfechos a partir de un mismo recurso.

5. El abastecimiento a poblaciones, principalmente de reducido número de habitantes, debe calcularse con la suficiente generosidad que permita, si fuera preciso, usos agrícolas-domésticos del agua de la red, en atención a la importancia de estos pequeños aprovechamientos en la economía de familias de baja renta. En estos casos, deberían aumentarse las dotaciones fijadas por el Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento.

6. Se debe fijar por zonas un orden de prelación en los usos del agua, con estudios más profundos que los actuales, dado que se sirven varios tipos de usos desde el mismo sistema de recursos hidráulicos.

7. El uso hidroeléctrico del agua, que ha alcanzado techos muy altos frente al potencial económicamente rentable, podría aumentarse aún más, si se reconsideraran los nuevos precios de la energía y se integran los beneficios de los usos recreativos, ecológicos y protectores de avenidas de los embalses.

8. El potencial hídrico español y su desarrollado sistema de recursos hidráulicos, que tan eficazmente ha servido y sirve en el desarrollo económico y social, debería ahora dedicarse con mayor interés y generosidad a la conservación del medio ambiente.

9. Sería muy recomendable que las Comunidades Autónomas iniciaran, en los territorios de su competencia, un planteamiento racional y sistemático de contabilidad de los usos actuales del agua y decisiones sobre usos futuros para integrar convenientemente en los planes hidrológicos nacionales.

10. España es un país que tiene que seguir desarrollando su sistema de recursos hidráulicos, superficial y subterráneo.

BIBLIOGRAFIA

- ARENAS CUEVAS, MIGUEL: *Aspectos de la utilización de agua para riegos*. ENADIMSA. Informe interno núm. 19 (1972).
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS: *Las aguas subterráneas de España, presente y futuro* (1978).
- BERNIS VILAGUT, JOSÉ: *Usos sociales y urbanos del agua. Los servicios públicos de suministro de agua*. Ponencia al Simposio sobre optimización de recursos hídricos. Madrid, marzo de 1984.
- CAMPO AGUILERA, ALEJANDRO DEL: *Aprovechamiento y desarrollo de los recursos hidroeléctricos*. Ponencia al Simposio sobre optimización de recursos hídricos. Madrid, marzo de 1984.
- CATALÁN LAFUENTE, JOSÉ: *Química del agua*. Madrid (1981).
- CUSTODIO GIMENA, E., y LLAMAS MADURGA, M. R.: *Hidrología subterránea*. Ed. Omega. Barcelona (1976).
- C. E. H.: *El agua en España* (1980).
- FAO: *Water Quality for agriculture*. Roma (1976).
- FAO: *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma (1976).
- HERAS, RAFAEL: *Recursos hidráulicos. Síntesis, metodología y normas CPCICCP*. Madrid (1983).
- IGME: *Uso del agua en las Comunidades Autónomas*. IGLESIAS LÓPEZ, ALFREDO. Informe interno (1984).
- IGME: *Informe sintético sobre la importancia de las aguas subterráneas en España*. FERNÁNDEZ, J. A.; GÓMEZ DE LAS HERAS, J.; IGLESIAS, A.; LÓPEZ, J. A.; PORRAS, J., y RUIZ CELAA, C. Informe interno (1984).
- IGME: *Proyecto para el análisis metodológico de un programa de regulación integrada de aguas superficiales y subterráneas. Segunda fase*. B. MARTÍ (1983).
- IGME: *Realización de programas estadísticos para evaluar las demandas de agua en la industria en la cuenca del Tajo*. Informe Técnico G-12/82.CGS.
- LLAMAS, M. R., y COLETO, I.: *Nuevas consideraciones sobre la estadística española de usos del agua*. I Congreso Español de Geología. Segovia, tomo IV, pp. 215 a 224 (1984).
- MOPU: *Planificación Hidrológica Nacional*. Síntesis Avance (1980).
- MORENO TORRES, ANTONIO: *Los usos del agua*. Ponencia al cursillo monográfico sobre conservación del patrimonio hídrico. Madrid (1982).
- PAGÉS RAVENTÓS, DANIEL: *Las necesidades de agua en la agricultura y en los regadíos*. Ponencia al Simposio sobre optimización de los recursos hídricos. Madrid (1984).
- UNITED NATIONS: *The demand for water*. Natural Resources/Water Series núm. 3. New York (1976).

Recibido: Julio de 1985

Obtención de zeolitas a partir de arcillas aluminosas españolas

Por A. J. AZNAR (*) y A. LA IGLESIA (**)

RESUMEN

Se estudia la aplicación de algunas arcillas aluminosas españolas en la obtención de zeolita A, zeolita X, filipsita e hidrosodalita. El método de síntesis consiste en un tratamiento térmico de la arcilla seguido de un ataque con hidróxido sódico. Los resultados experimentales indican: a) que el tratamiento térmico de caolines tiene gran influencia en la formación de zeolita A y zeolita X; b) que tiene poca influencia en la formación de filipsita a partir de montmorillonita.

SUMMARY

The application of some Spain aluminousclays is being studied for obtaining zeolite A, zeol. X, philipsite and hidrosodalite. The method of synthesis, consists of a thermic treatment of the clay followed by an reaction with sodium hydroxide. The results of the experiment show a) that the termic treatment of kaolins has a great influence in the formation of zeolite A and zeolite X, and b) that it has little influence on the formation of philipsite from montmorillonite.

INTRODUCCION

Las zeolitas son silicoaluminatos hidratados que engloban cationes alcalinos y alcalinotérreos intercambiables. Estructuralmente se pueden definir como esqueletos tridimensionales de tetraedros de SiO₂ con sustituciones isomórficas de parte de los silicios por aluminios, lo cual produce un defecto de carga positiva compensada con el aporte de carga de los cationes metálicos intercambiables. Las estructuras que originan son muy abiertas y con gran número de canales interconectados en los que se alojan los cationes de cambio y el agua estructural. Esto les confiere una alta actividad catalítica, gran poder de absorción y alta capacidad de cambio. Dadas estas propiedades, su interés industrial y número de aplicaciones son cada día mayores; en la tabla I se resumen algunas de sus aplicaciones, de las cuales podemos destacar por su futuro:

a) Empleo en detergentes como sustituyentes

(*) Instituto de Físico-Química Mineral.

(**) J. E. N.

de los polimetfosfatos (calgon). Dados los efectos contaminantes de éstos (eutrofización de las aguas) y que las zeolitas pueden reemplazarlos ventajosamente, al no ser tóxicas, presentar una capacidad de detergencia similar y poder obtenerse industrialmente a partir de materias primas abundantes y baratas (ETTLINGER, 1979; BERTH, 1978; SAVISTSKY, 1977).

b) Utilización como adición activa a los cementos con objeto de favorecer la formación de silicato cálcico hidratado, confiriendo al cemento una mayor resistencia y estabilidad frente a los agentes atmosféricos (GUO, 1980; OUCHINNIKOVA, 1979; GRBA, 1982; ONO, 1981; MCHEDLOV-PETROSYAN, 1983).

Para dar una idea de la importancia de esta industria, basta señalar el aumento espectacular de su consumo. En las figuras 1 y 2 se presenta el aumento de la demanda de zeolitas en el mundo (RICCI, 1978). Estos datos contrastan con el descenso en el consumo de fosfatos (fig. 3) y con el aumento en el mismo período de la producción de detergentes (fig. 4) (SCHNEIDER, 1984).

TABLA I
Aplicaciones industriales de las zeolitas

CAMBIO IONICO	ADSORCION	CATALISIS
Eliminación de NH ₄ ⁺ Separación de metales. Tratamiento de aguas residuales. Eliminación y almacenamiento de radioisótopos. Base de detergentes. Diálisis. Acuicultura. Alimentación animal. Fertilizantes.	Separación por tamizado. Separaciones selectivas. Purificación. Secado. Refrigerantes. Criosorción.	Isomerización. Hidrogenación y deshidrogenación. Conversión de hidrocarburos. Catálisis orgánica. Catálisis inorgánica.

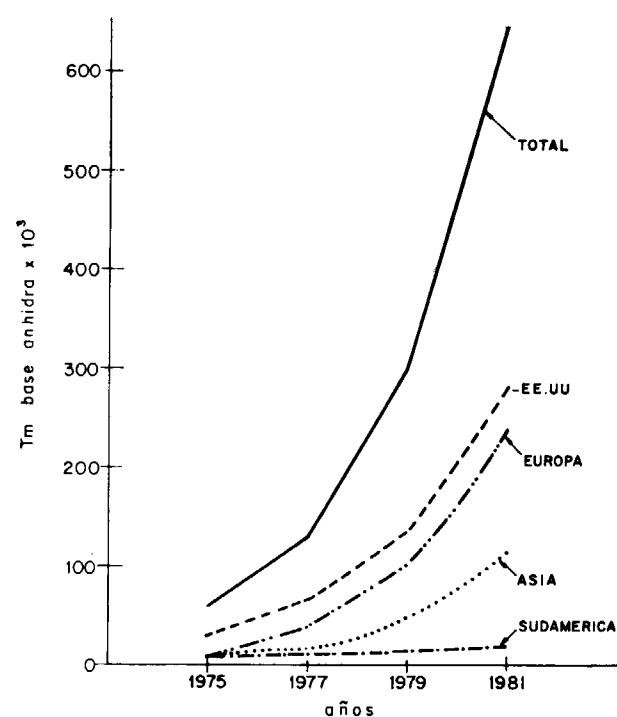


Figura 1.—Demanda mundial de zeolitas por regiones (en miles de toneladas base anhidra).

El interés económico de la sustitución del calgon por zeolitas viene motivado por el costo del primero. Según la Estadística de Producción Industrial (1976), en España se fabricaron 377.653 toneladas de detergentes en polvo para colada, necesitando para su producción 65.890 Tm. de calgon y 2.626 Tm. de fosfatos naturales. El valor de

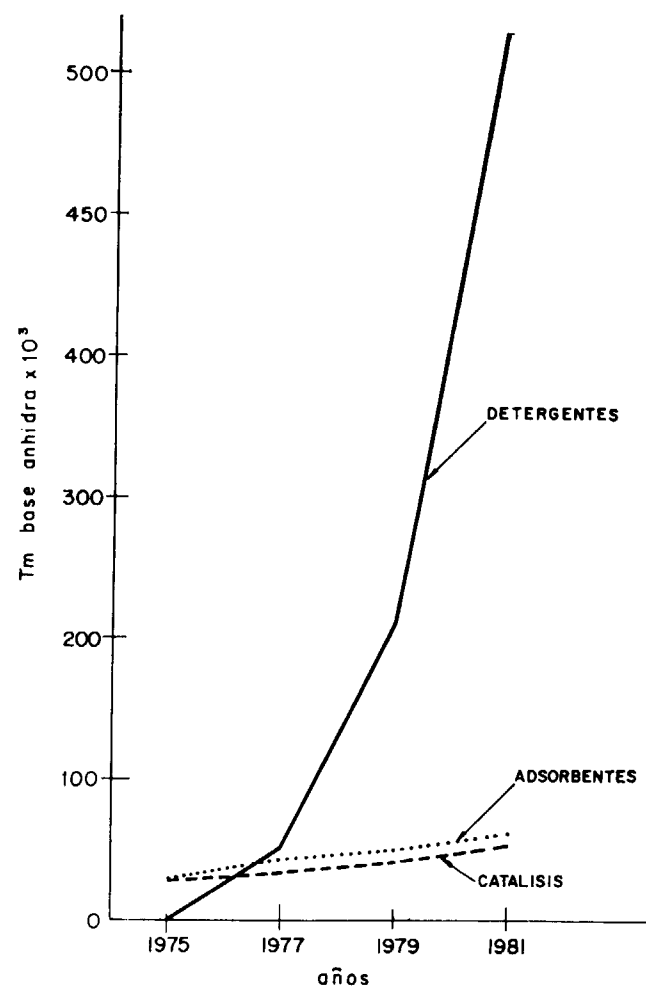


Figura 2.—Demanda mundial de zeolitas: según su utilización (en miles de toneladas base anhidra).

estos materiales fosfatados (1.844 millones de pesetas) representó el 10,8 por 100 de los gastos de materias primas para esta industria. Dado que el calgon y demás fosfatados empleados en la industria de los detergentes han de ser necesariamente importados frente a la posibilidad de fabricación de zeolitas a partir de materiales arcillosos de procedencia nacional, hacen que estos estudios sean de gran actualidad.

Los intentos de sintetizar silicatos hidrotermalmente comienzan con SCHAFHAUTLE en 1845, al obtener cuarzo por calentamiento de gel de síli-

ce con agua en autoclave, aunque el primer paso dado en el campo de las zeolitas se debe a ST. CLAIRE DEVILLE en 1862, que sintetizó levynita al calentar silicato y aluminato sódico en presencia de hidróxido sódico diluido en tubos de cristal a 170° C. Un nuevo camino en la síntesis de zeolitas fue iniciado por MILTON (1959-a, 1959-b) al efectuar la síntesis en sistemas cerrados, empleando temperaturas comprendidas entre la ambiental y la de ebullición del agua.

La hipótesis de la posible reacción entre productos arcillosos y soluciones alcalinas como origen de las zeolitas fue avanzada por ROSS (1928) al estudiar la génesis de la analcita en depósitos lacustres y suponer la formación de ésta por reacción de silicatos hidratados de aluminio (arcillas) y sales de sodio. VERNET (1961) confirmó la hipótesis de ROSS al encontrar analcita asociada a montmorillonita en estratos sedimentarios del Congo. Las primeras experiencias realizadas para estudiar estos procesos son las de McCALB (1962), que obtiene analcita y filipsita por tratamiento de montmorillonita con hidróxido sódico o potásico en ambiente hidrotermal. BARRER (1965), tratando caolinita con hidróxidos y fosfatos de sodio y potasio, en condiciones hidrotermales, obtiene mezclas de feldespatos, micas y zeolitas. TAKAHASHI (1967) efectúa un estudio sobre la influencia de la concentración de hidróxido sódico, temperatura de tratamiento, tiempo de reacción y cristalinidad del material de partida en la formación de zeolita A. En un intento de mayor aproximación a las condiciones naturales de formación, AIELLO (1968), partiendo de haloisita y montmorillonita, obtiene a 80° C los términos sintéticos zeolita A, zeolita Na-P, zeolita K-F, hidrosodalita y chabacita-K. LA IGLESIA (1974) establece como temperatura mínima de reacción 35° C para la síntesis de faujasita y zeolita A partiendo de haloisita activada por molienda. Por otra parte, se han efectuado un gran número de experiencias en síntesis de zeolitas, intentando diversificar los materiales de partida (DE KIMPE, 1966; DRAG, 1976; SURYGALA, 1976; FUJI, 1978; ORGANESYAN, 1978; PEUCHEV, 1979), las disoluciones de ataque (BARRER, 1968; BARRER, 1972-a; BARRER, 1972-b; BARRER, 1972-c) y las fases obtenidas (FRANCO, 1968; BERGK, 1983; VEDA, 1982; HOWDEN, 1983; DWYER, 1978; BOSCH, 1983); estos estudios se han visto complementados por un intento de conocer la influencia de las diversas variables químico-físicas y su

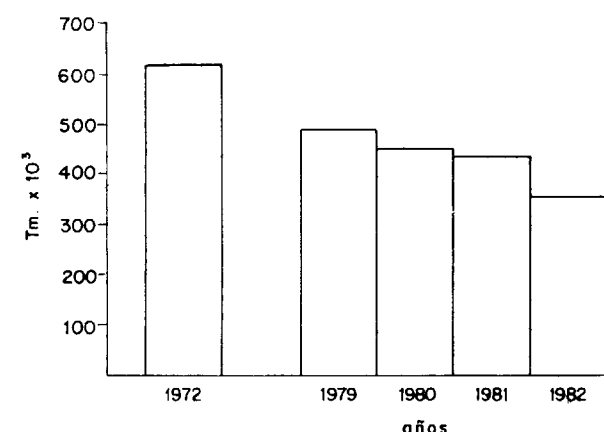


Figura 3.—Evolución del consumo de fosfatos en Estados Unidos (en miles de toneladas).

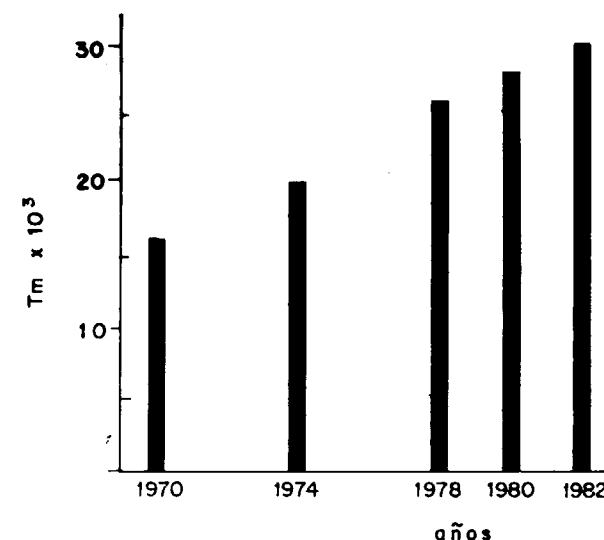


Figura 4.—Producción mundial de detergentes (en miles de toneladas).

influencia en la cinética de síntesis (BARRER, 1970-a; BARRER, 1970-b; BAKR, 1976; ERIC, 1980; BORTHA-KUR, 1979; BURRIESCI, 1984).

Las condiciones empíricas generales que se pueden deducir de los trabajos precedentes, para la síntesis de zeolitas, son:

- Reactivos de partida activados, tales como geles silico-alumínicos recientemente precipitados o arcillas aluminosas activadas, en su mayoría térmicamente.
- pH relativamente altos producidos por hidróxidos de metales alcalinos u otras bases fuertes.
- Condiciones hidrotermales de baja temperatura con bajas presiones autógenas y saturación de vapor de agua.
- Alto grado de saturación de la disolución con objeto de provocar la nucleación de un gran número de cristales.

Los materiales de partida más utilizados en la síntesis de zeolitas son los minerales del grupo de las arcillas aluminicas. Para aumentar la actividad de éstas, se las somete previamente a un tratamiento térmico a temperaturas cercanas a los 600° C. Los materiales amorfos así obtenidos, son tratados con soluciones de hidróxidos de metales alcalinos a temperaturas cercanas a los 100° C. Las zeolitas formadas dependen de la composición de la mezcla de reacción y de la temperatura.

En la actualidad hay un renovado interés por el

estudio de la síntesis de zeolitas a partir de arcillas, que nos ha motivado a estudiar la posibilidad de obtención de zeolitas a partir de sericitas y otras arcillas aluminosas.

PARTE EXPERIMENTAL

Los materiales de partida se han caracterizado mediante las siguientes técnicas:

- Difracción de rayos-X: Los diagramas de rayos-X se han efectuado en un difractómetro Philips modelo PW 1710/30 (informaticizado con miniordenador DIGITAL PDP 11/24), provisto de discriminador de alturas de impulsos, usando radiación de cobre K α filtrada con Ni. Las muestras se prepararon como polvo desorientado.
- Espectroscopía de absorción infrarroja: Los espectros de absorción infrarroja se han efectuado en un espectrofotómetro infrarrojo de doble haz Perkin-Elmer modelo 580-B, las muestras se prepararon en pastilla de BrK de 200 mgr.
- Superficie específica: Se ha determinado en un sortómetro Perkin-Elmer-Sheel modelo 212 B, usando nitrógeno como absorbato y helio como gas portador.

Se han empleado las arcillas aluminosas cuyos diagramas de difracción de rayos-X y de espectroscopía infrarroja se presentan en las figuras 5 y 6, respectivamente; en la tabla II se esquematizan

TABLA II

Fases cristalinas en las muestras de arcillas aluminosas naturales y tratadas térmicamente (600° C/24 hr.) estudiadas y fases formadas después de 48 hr. de tratamiento con NaOH 1N a 70° C.

MUESTRA	FASES ORIGINARIAS								FASES FORMADAS				
	K	M	Q	Fd	Ca	P	Mo	Mu	ZA	ZX	HS	Fi	Observaciones
A1	xxx		x								xx		
A2	xx	xxx	xx								xx		
A3	xx	x		i	i	xxx							No reacciona
A4	xx	i		i		xxx							No reacciona
A5		i	xx	x			xx					xx	
A6	xx	xx	xx	xx							x		
A1T			x						xx	xx			
A2T		xxx	xx						xx	xx			
A3T		i		i		xxx			x				
A4T		i		i				xx					No reacciona
A5T		x	xx	xx								xx	
A6T		xx	xx	xx					x	x			

K: caolinita; M: mica; Q: cuarzo; Fd: feldespato; Ca: carbonato; P: pirofilita; Mo: montmorillonita; Mu: muilita; ZA: zeolita A; ZX: zeolita X; HS: hidrosodalita; Fi: filipsita; xxx: fase muy abundante; xx: fase abundante; x: fase escasa; i: trazas.

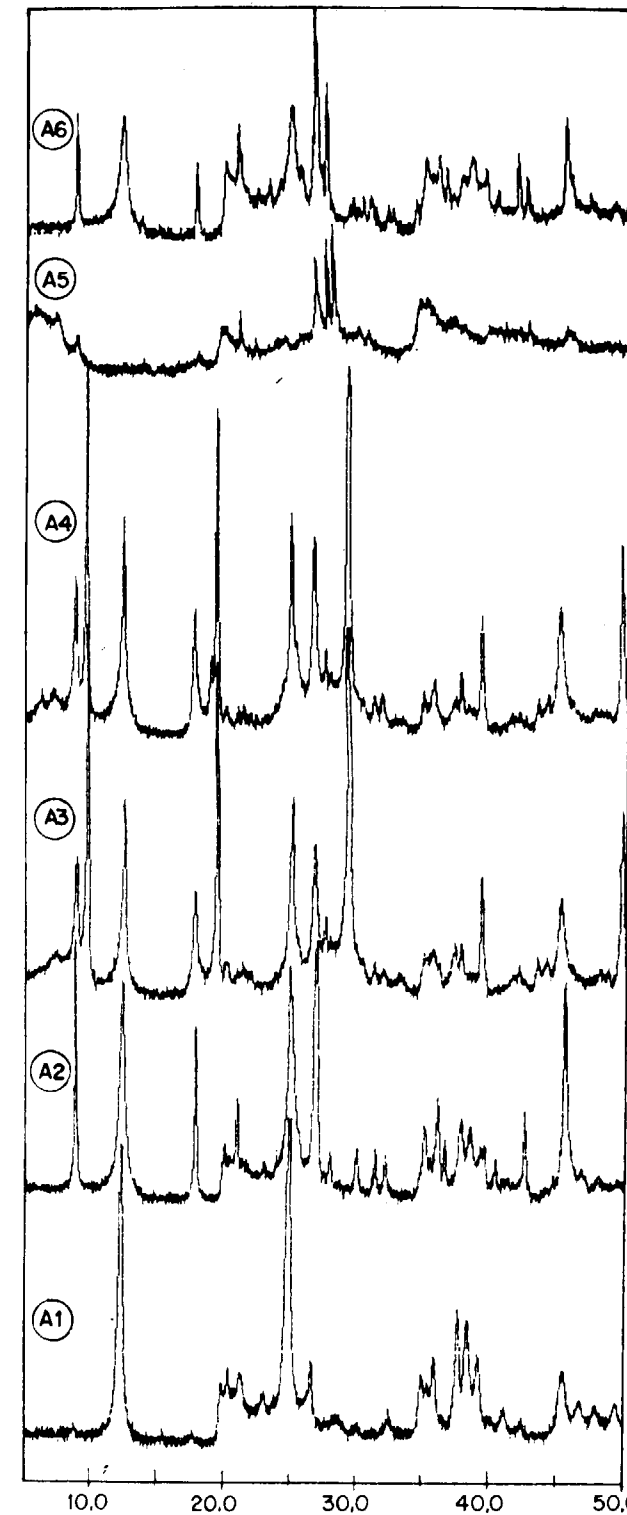


Figura 5.—Diagramas de difracción de rayos X de las arcillas aluminosas estudiadas.

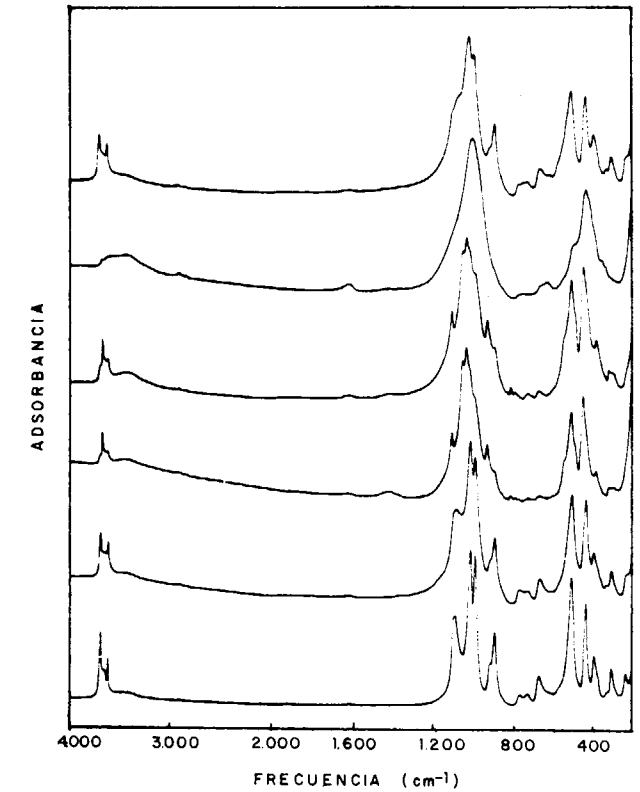


Figura 6.—Espectros infrarrojos de las arcillas aluminosas estudiadas.

las fases presentes. Las muestras utilizadas son las siguientes:

- A1: Calin Caobar, constituido fundamentalmente por caolinita con pequeños contenidos en cuarzo y cuya superficie específica es de 11,1 m²/gr.
- A2: Caolín La Guardia es una mezcla de caolinita, mica y cuarzo y cuya superficie específica es de 13,2 m²/gr.
- A3: Sericita Ibergesa es una mezcla de pirofilita, caolinita y mica con pequeños contenidos en feldespatos y carbonatos. Su superficie específica es de 4,80 m²/gr.
- A4: Sericita Zalamea, es una mezcla de pirofilita, caolinita y mica con pequeños contenidos en feldespatos. Su superficie específica es de 7,67 m²/gr.
- A5: Montmorillonita de Gata, es una montmorillonita con altos contenidos en feldespato y cuarzo y algo de mica. Su superficie específica es de 19,19 m²/gr.

— A6: Kaolinita Basazari, es una mezcla de caolinita, mica, cuarzo y feldespato con una superficie específica de 12,13 m²/gr.

Todas las muestras se activaron térmicamente a 600° C durante 24 horas, por calentamiento y enfriamiento bruscos, destruyéndose la estructura cristalina a excepción de la de la mica, pirofilita, feldespato y cuarzo, dando lugar a las muestras A1-T, A2-T, A3-T, A4-T, A5-T y A6-T.

Los métodos de síntesis empleados son:

— Reactor continuo: Las experiencias se realizaron en un reactor de teflón de 2,5 l (figura 7), con sistemas de agitación y control

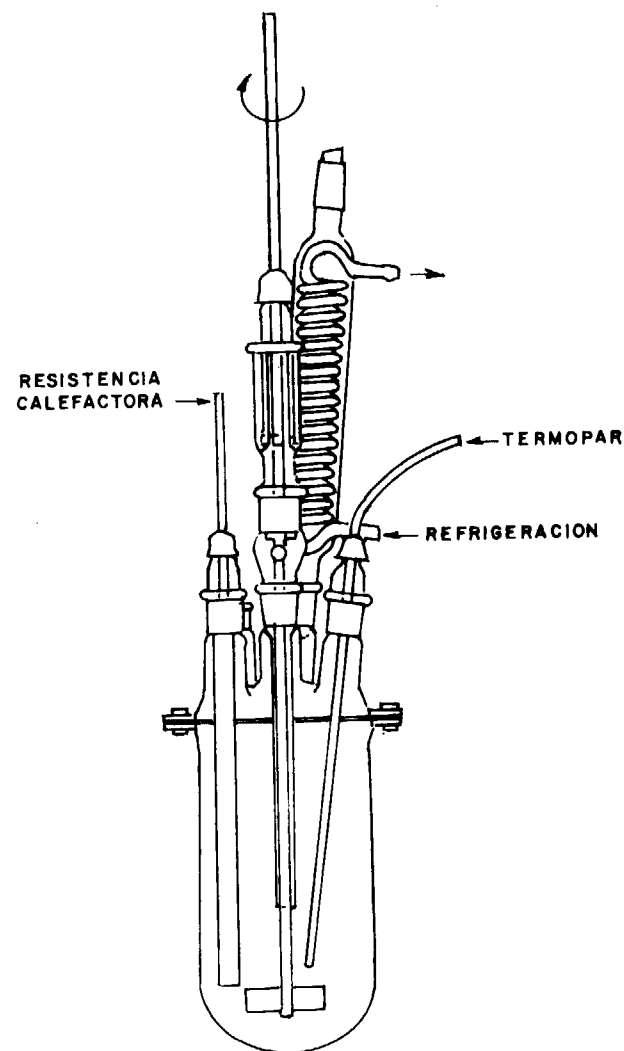


Figura 7.—Reactor continuo de 2,5 litros.

de temperatura en el intervalo $\pm 0,5^\circ$ C. El método operativo fue el siguiente: sobre la disolución de hidróxido sódico se añade el material arcilloso necesario para obtener la relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ requerida. A intervalos de tiempo establecidos se extrae una porción de muestra, se filtra a vacío, lavando tres veces con agua destilada y secando a 70° C el sólido obtenido.

— Reactor discontinuo: Las experiencias se desarrollaron en frascos de polivinilo de 60 ml. agitados por volteo en una estufa con control de temperatura de $\pm 2^\circ$ C. En cada frasco se introduce el material arcilloso y la disolución de hidróxido sódico en la proporción requerida. A intervalos de tiempo prefijados se extrae el frasco de la estufa, filtrando a vacío su contenido, lavando tres veces con agua destilada y se seca a 70° C.

Las muestras pulverulentas obtenidas por ambos métodos se analizan mediante difracción de rayos-X.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se han realizado varias series de experiencias con el objeto de estudiar la influencia de diversas variables en el proceso de síntesis de zeolitas. A continuación se da cuenta de los resultados obtenidos.

Influencia del material de partida

Las fases obtenidas a partir de los materiales arcillosos naturales y activados térmicamente mediante el método del reactor discontinuo a una temperatura de 70° C, se enumeran en la tabla II. Como puede comprobarse en la citada tabla a partir de materiales caoliniticos activados térmicamente (A1T, A2T, A3T y A6T) se obtienen zeolita A y zeolita X, las dos fases de mayor uso en detergentes, las muestras montmorilloníticas tanto naturales como activadas térmicamente (A5 y A5T) producen filipsita. El resto de las muestras o no reaccionan (A3, A4 y A4T) o se obtienen a partir de ellas el feldespatoide hidratado hidrosodalita (muestras A1, A2 y A6).

Influencia del tiempo

El avance de la reacción se ha determinado de

forma semicuantitativa mediante difracción de rayos-X. En la figura 8 se presenta el avance de reacción correspondiente al ataque de la muestra A2-T a 90° C con NaOH 1N y una relación molar $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 7,5, representándose la altura de la reflexión (321) de la zeolita A, a 3,29 Å y la (002) de la mica a 9,9 Å, frente al tiempo. De esta forma se puede determinar la cantidad de zeolita formada, el tipo de ésta y en el caso de sustratos impurificados con fases cristalinas (cuarzo, mica, etc.) su grado de disolución. Se ha denominado 100 por 100 de avance de reacción de la fase zeolítica formada a la cantidad obtenida a tiempo infinito. De la misma manera se denomina 100 por 100 de impurezas a la cantidad de las mismas que contienen originariamente los sustratos. Denominamos como tiempo de reacción el tiempo necesario para la síntesis del 90 por 100 de la zeolita.

Como puede observarse en la figura 8 la evolución del proceso con el tiempo consta de tres zonas: una primera donde el proceso se activa y el aumento de la fase zeolítica es lento (período de nucleación), seguida de un crecimiento casi exponencial de la velocidad de reacción (período de crecimiento), que se amortigua al cabo de poco tiempo dando lugar a una meseta, que representa la máxima cantidad de zeolita obtenible mediante este proceso. En la muestra A2-T se ha observado una redisolución de las fases cristalinas (mica y cuarzo), reacción que se estabiliza cuando ha desaparecido aproximadamente el 60 por 100 del contenido inicial. Esta estabilización se alcanza a las 30 ó 40 horas de iniciado el ataque.

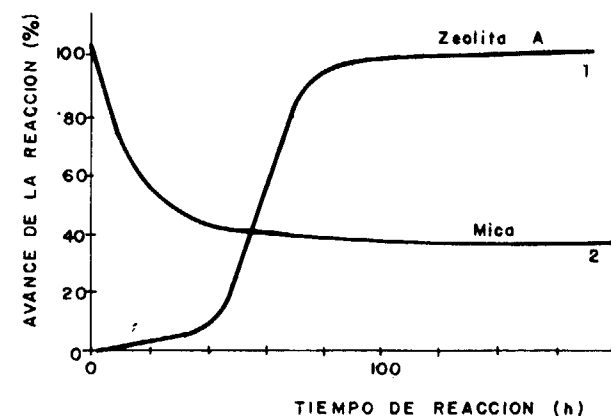


Figura 8.—Avance de la reacción de ataque de la muestra A2T con NaOH 1N en relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 7.5 a 90° C.

Influencia de la basicidad del medio

Se representa en la figura 9 el tiempo de reacción de las distintas síntesis realizadas a 70° C en función de la concentración de OH^- . Como puede observarse en la citada figura, el tiempo de reacción decrece de forma exponencial con respecto a la concentración de iones oxidrilo del medio; este hecho determina que exista un valor óptimo de concentración de OH^- para la síntesis de zeolitas A y X a partir de materiales arcillosos, la citada figura 9 indica que este valor está situado en torno a una concentración de NaOH de 1N.

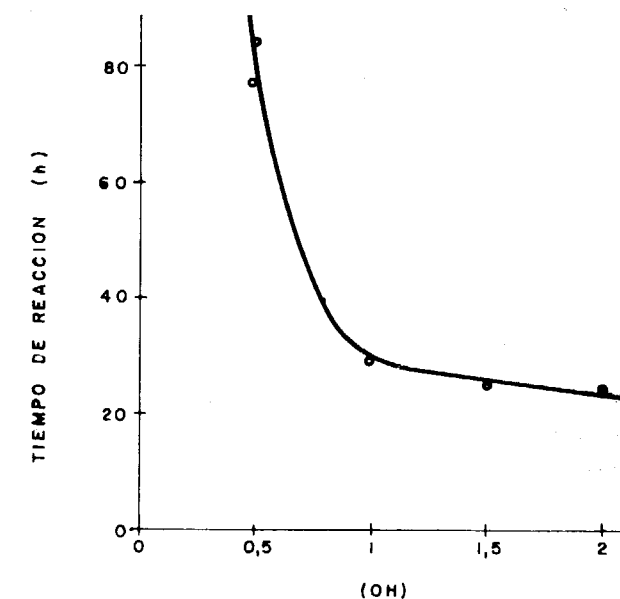


Figura 9.—Influencia de la basicidad del medio de reacción en la formación de zeolita A.

Influencia de la relación molar $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$

Al representar la relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ frente a tiempo de reacción para una misma temperatura y concentración de hidróxido sódico (figura 10) se observa la existencia de un mínimo a un valor de dicha relación comprendido entre 3 y 4. Por tanto, es este intervalo el más favorable para la obtención de las zeolitas en nuestras condiciones experimentales.

Influencia de la adición de núcleos de cristalización

Se denominan núcleos de cristalización a la

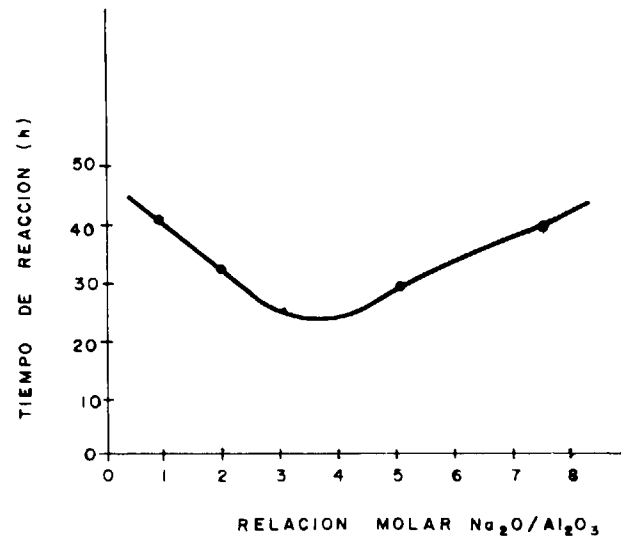


Figura 10.—Influencia de la relación molar $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ en la síntesis de zeolita A.

porción de fase cristalina del producto a obtener añadida a los reactivos para favorecer la nucleación de la fase a formar. Se ha establecido experimentalmente que la adición de núcleos de cristalización mejora la velocidad de reacción aproximadamente un 70 por 100 a 90° C, un 60 por 100 a 70° C y un 50 por 100 a 60° C. Como puede observarse en la figura 11, la adición de núcleos

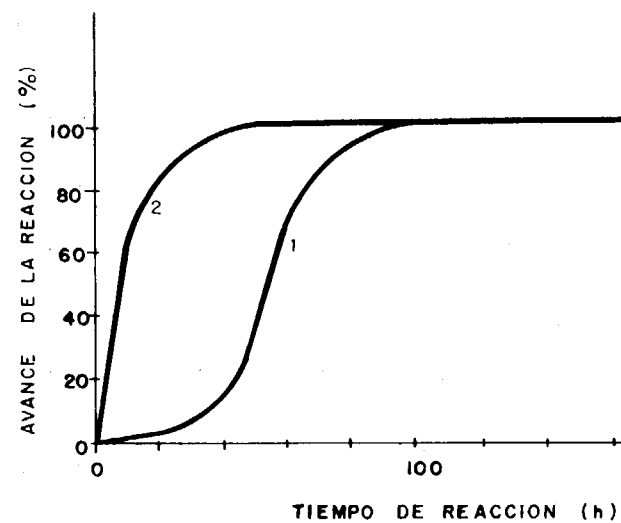


Figura 11.—Influencia de la adición de núcleos de cristalización en la síntesis de zeolita A.

1: Formación de zeolita A a partir de AlT con NaOH 1N a 90° C con relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$: 7.5.
2: Idem 1 con 10 por 100 de zeolita A como núcleos.

de cristalización hace desaparecer el período de nucleación del proceso, con la consiguiente disminución del tiempo de reacción total.

Influencia de la temperatura de reacción

La influencia de la temperatura de reacción se ha estudiado a 90° C, 70° C y 60° C observándose un aumento de la velocidad de la reacción con la temperatura (figura 12). La temperatura de síntesis influye también en las fases obtenidas en el proceso, a 90° C se obtienen prioritariamente la zeolita A, disminuyendo su proporción en favor de la zeolita X según disminuye la temperatura de síntesis.

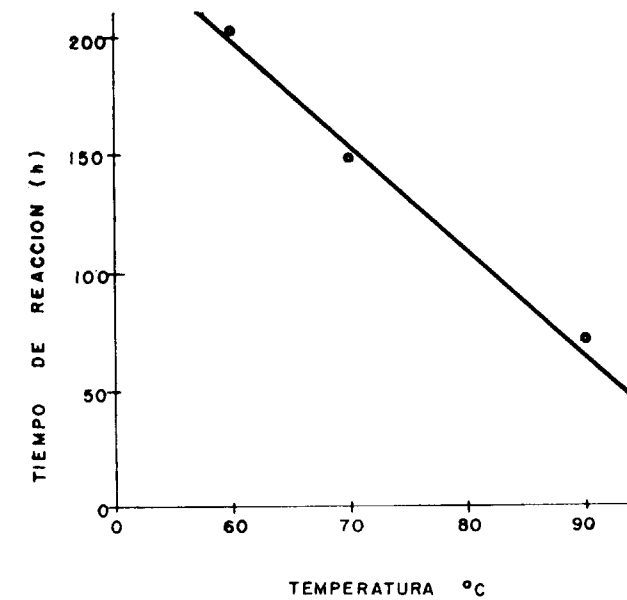


Figura 12.—Influencia de la temperatura en la formación de zeolita A.

A la vista de los resultados experimentales obtenidos se puede concluir que:

- Sólo arcillas caoliníticas activadas proporcionan materiales de partida susceptibles de producir zeolita A y zeolita X independientemente de las condiciones experimentales de síntesis estudiadas (temperatura, concentración de OH^- y relación molar ($\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$)).
- Se influye sobre la proporción de zeolita A o zeolita X en el producto final de la reacción, variando las condiciones experimentales

de síntesis. Así, por ejemplo, un aumento de la temperatura de síntesis o una disminución en la concentración de iones OH^- en solución determina una mayor proporción de zeolita A en el producto final.

- La adición de núcleos de cristalización no influye sobre la composición de fases del producto final, pero sí aumentando la velocidad de reacción.
- Los materiales montmorilloníticos, tanto naturales como activados, producen siempre filipsita; por tanto, no es aconsejable el proceso previo de activación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a I. PASTOR la determinación de las superficies específicas de las muestras.

BIBLIOGRAFIA

- AIELLO, R., y FRANCO, E.: *Rend. Accad. Sci. Fis. Mat. Napoli. Serie 4*, vol. XXXV, 165-92 (1968).
- BAKR, M. Y.; ZATOUT, A. A., and HAMODA, A. D.: *Indian Ceramics*, 19 (2), 403-8 (1976).
- BARRER, R. M., and COLE, J. F.: *Chem. Soc. (A)*, 1516-23 (1970).
- BARRER, R. M.; COLE, J. F., and VILLIGER, M.: *J. Chem. Soc. (A)*, 1523-31 (1970).
- BARRER, R. M.; COLE, J. F., and STISCHER, M.: *J. Chem. Soc. (A)*, 2475-85 (1968).
- BARRER, R. M., and MAINWARING, D. E.: *J. Chem. Soc. Daltón*, 1254-59 (1972 a).
- BARRER, R. M., and MAINWARING, D. E.: *J. Chem. Soc. Daltón*, 1259-65 (1972 b).
- BARRER, R. M., and MAINWARING, D. E.: *J. Chem. Soc. Daltón*, 2534-46 (1972 c).
- BARRER, R. M., and MARSHALL, D. J.: *J. Chem. Soc.* 6621-28 (1965).
- BERGK, W. H.; PORSCH, M.; WOLF, F.; ARNOLD, G., and BARTH, B.: *Ger. Pat.* 001344009 W. 99, 8 pp. (1983).
- BERTH, P.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55, 52-7 (1978).
- BORTHAKUR, P. C.; NAQUI, A. A.; BHATTACHARYA, G. C.; DUTTA, S. N., and IYENGAR, M. S.: *Trans. Indian Ceram. Soc.* 38 (3), 100-7 (1979).
- BOSCH, P.; ORTIZ, L., and SCHIFTER, I.: *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 22 (3), 401-6 (1983).

- BURRIESCI, N.; CRISAFULLI, M. L.; GIORDANO, N., and BARI, J. C. J.: *Materials Letters*. 2 (5A), 401-6 (1984).
- DE KIMPE, C.; HERBILLON, A., and FRIPIAT, J. J.: *Proc. of the Int. Clay Conf. Israel*. Vol. I, p. 109 (1966).
- DRAG, E.; MIECZNI KOWSKI, A., and RUTKOWSKI, M.: *Przem. Chem.* 55 (12), 605-8 (1976).
- DWYER, F. G., and SCHWARTZ, A. B.; *U. S. Pat.* 4.091.007, 8 pp. (1978).
- ERIC, M.: *Kem. Ind.* 29 (8), 387-94 (1980).
- ETTLINGER, M., and FERCH, H.: *Riv. Ital. delle Soct. Gras.* 56, 266-72 (1979).
- FRANCO, E., and AIELLO, R.: *Rend. Soc. Ital. Min. Petro.* 24, 3 (1968).
- FUJII, S., and HIMEJI, K.: *Jap. Pat.* 31-A, 72-5 (1978).
- GRABA, V.; BLAZEVIC, N., and SOLJIC, Z.: *Can. Hormigon.* 53, 973-86 (1982).
- GUO, J. X., and LIANG, Ch. L.: *Kuei Suan Yen Hsueh Pao.* 8 (3), 244-58 (1980).
- HOWDEN, M. G.: *Council Sci. Ind. Res. Pretoria*, 7, 369-73 (1983).
- LA IGLESIA, A.; MARTÍN VIVALDI, J. L., y POZZUOLI, A.: *Bol. Geol. Min.* 85 (4), 442-9 (1974).
- MCCALEB, S. B.: *Clays and Clay Min.* I Nat. Conf., p. 276 (1962).
- MCHEDLOW-PETROSYAN, O. P.; VOROB'eva, T. P., and LIKKACHEVA, V. A.: *Tsement.* 3, 1274 (1983).
- MILTON, R. M.: *U. S. Pat.* 2.882, 243 (1959 a).
- MILTON, R. M.: *U.S. Pat.* 2.882, 244 (1959 b).
- MINISTERIO DE INDUSTRIA DE ESPAÑA: *Estadística de Producción Industrial en España* (1976).
- OGANESYAN, M. L.; MELIKYAN, S. A., and TUMANYAN, O. S.: *Tr. Nauchno-Issled. Inst. Kamnya Silik.* 9, 137-45 (1978).
- ONO, M.; NAGASHIMA, M., and SATO, M.: *Semento Gijustu Nempo.* 35, 170-3 (1981).
- OUCHINNIKOVA, A. I.; GRUBOVSKII, I. G.; SHCHUKIN, E. D., and BOSSONOV, A. J.: *Kinet. Katal.* 20 (3), 811 (1979).
- PEUCHEV, V.; DIMITROV, D.; OBRETOV, E., and TODOROVA, A. V.: *Izv Khim.* 12 (2), 317-24 (1979).
- RICCI, L. J.: *Chem. Eng. Jan.* 2, 20D-20E (1978).
- ROSS, C. S.: *Am. Min.* 12, 195 (1928).
- SAVITSKY, A. C.: *Soap/Cosmetics/Chemical Specialities, March.* 29-31/64/66 (1977).
- SCHNEIDER, R.: *Informations Chimie.* 252/253, 113-8 (1984).
- SURYGALA, J.; RUTKOWSKI, A., and RUTKOWSKI, M.: *Chem. Stosow.* 20 (3-4), 479-492 (1976).
- TAKAHASHI, H., and NISHIMURA, Y.: *Clays and Clay Min.* 15, 185 (1967).
- VEDA, Y.; SATO, T., and SEKIGUCHI, D.: *Jap. Pat.* 28 sept. 207-21 (1982).

INFORMACION

Promoción de la Comisión Nacional de Geología

Por JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA (*)

La consideración histórica de la creación de las Comisiones nacionales de geología en los diversos países del mundo, debe iniciarse en el año 1867, con ocasión de la sesión extraordinaria de la Sociedad Geológica de Francia, celebrada en París, donde participó el español Juan Vilanova y Piera (1821-1893), quien lanzó la idea de una posible reunión de los geólogos en un Congreso Geológico. Este científico, nueve años después reiteró la propuesta en la sesión extraordinaria de la Sociedad celebrada en Autun (28 de agosto de 1876), proponiendo tuviese carácter internacional y se celebrase en París, coincidiendo con la exposición internacional.

Con motivo de la exposición de Filadelfia, conmemorativa del primer centenario de la independencia de los Estados Unidos de Norte América, se propuso una idea análoga, creando en Búfalo (25 de agosto de 1876) una comisión para organizar un Congreso Geológico Internacional, a celebrar en París (1878), simultáneo a la exposición internacional, y entre sus temas fundamentales programaron los siguientes: Normas para la elaboración de mapas geológicos; unificación de la nomenclatura geológica; clasificaciones geológicas.

Difundida esta idea, surgida simultáneamente en Europa y América, fue rápidamente patrocinada por la Sociedad Geológica de Francia, designando una comisión organizadora, constituida posteriormente como Consejo del Congreso Geológico Internacional. Esta Comisión redactó (27 de agosto de 1878) un reglamento, presentado y aprobado (29 de agosto de 1878) en la sesión de apertura. Se debe también a la iniciativa de Vilanova (30 de agosto de 1878)

(*) Nota histórica redactada por indicación del Presidente de la Comisión Nacional de Geología, con motivo del 25 aniversario de su creación (12 de julio de 1982).

el acuerdo de celebrar reuniones periódicas a nivel de Congreso Geológico Internacional.

Quedó establecido que las relaciones entre los congresos y los diversos países se tuviesen a través de las entidades encargadas de la confección de los mapas geológicos o de las academias de ciencias.

Fueron doce los científicos españoles participantes en el primer congreso, de portavoz actuó el Dr. en Ciencias Vilanova por sus inmejorables relaciones con la Sociedad Geológica de Francia, profesor de Paleontología de la Universidad Central, Jefe de la Sección de Geología del Este en la Comisión de la Carta Geológica de España, donde trabajó con preferencia en las provincias de Valencia, Castellón y Teruel. Entre los participantes más destacados científicamente figuran José Macpherson y Hemas (1839-1902), introductor de los estudios tectónicos en España, activo colaborador de la Carta Geológica de España, principalmente en la provincia de Sevilla; Ramón Adán de Yarza (1848-1917), Ingeniero de Minas, profesor de Geología en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas y colaborador de la Comisión de la Carta en las provincias vascongadas; Manuel Fernández de Castro (1825-1895), Ingeniero de Minas, Director de la Comisión del Mapa Geológico, Académico de Ciencias, geólogo activo en Cuba y extraordinario propulsor del mapa peninsular; Federico de Bottella y de Hornos (1828-1829), Ingeniero de Minas, Académico de Ciencias, Jefe de la Subcomisión Geológica del Reino de Valencia, actuó también en Murcia, Asturias y Almería, autor del Mapa Geológico de España y Portugal a escala 1/200.000 presentado en el Congreso y editado posteriormente (1879); Lucas Mallada y Puello (1841-1921), Ingeniero de Minas, Académico de Ciencias, Profesor de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, autor de la magnífica «Explicación del Mapa Geológico», primera figura mundial en Paleontología; Jaime Almera y

Comas (1845-1919), canónigo, geólogo, fundador (1875) del Museo de Geografía y Paleontología del Seminario Conciliar de Barcelona, colaborador en Cataluña de la Comisión del Mapa Geológico y autor del «Mapa Geológico de la provincia de Barcelona» editado por su Diputación Provincial.

Quedó lograda la continuidad real de los Congresos Geológicos Internacionales con una periodicidad de cuatro años, salvo causas superiores que los impidiesen.

Desde el primer momento, el enlace de España con la comisión organizadora de los congresos estuvo a cargo de la Comisión del Mapa Geológico creada por Real Decreto (11 de julio de 1849), y reorganizada también por Real Decreto (26 de marzo de 1873) como entidad editora del mapa. En posterior actualización (R. D. de 28 de junio de 1910) cambió la denominación de dicho centro por la de Instituto Geológico de España, reiterando: «Seguirá encargado de la formación del Mapa geológico de España», encomendándole en el artículo 10 las relaciones «con Corporaciones nacionales y extranjeras, dedicadas a análogos fines científicos».

Las relaciones con los congresos geológicos internacionales se mantiene a través del Instituto Geológico de España y en el XIII (1922) se confirma el acuerdo de que el XIV (1926) se celebre en Madrid, coincidente con el cincuentenario de los congresos geológicos internacionales, por haber sido Vilanova el ponente y defensor de dichos congresos. El Instituto prepara su apertura con toda solemnidad, sin escatimar cuanto contribuya a su interés científico, la presidencia correspondió a su Director (1922-1925), César Rubio y Muñoz (1858-1931), en aquellas fechas Presidente del Consejo de Minería. La solemne ceremonia de apertura fue presidida por S. M. Don Alfonso XIII (1886-1931), asistido por el Gobierno, el Cuerpo Diplomático, los más destacados geólogos del mundo y científicos de todas procedencias y actividades, todos de rigurosa etiqueta, acto al que tuvimos la suerte de ser invitados los alumnos de la Escuela de Minas. Simultáneamente se inauguró el actual edificio del Instituto Geológico y Minero de España, celebrándose la apertura en su actual museo, alhajado con magníficos tapices y reposteros del Real Patrimonio y alfombras de la Real Fábrica de Tapices. En el local colocaron todas las butacas y bancos del Senado y del Teatro Real, cubriendo únicamente la mitad de su superficie, indicador de la enorme planta y volumen del grandioso pabellón del museo.

Las aportaciones del congreso están recopiladas en 20 guías geológicas, correspondientes a las excursiones científicas, los tomos de las reservas mundiales de fosfatos y de piritas, temas preferentes del congreso, todo editado en 1926, y cinco tomos con las comunicaciones científicas y sus discusiones, publicados en 1928.

Durante la celebración del Congreso en Madrid era Director del Instituto (1926-1936) Luis de la Peña y Braña (1868-1945), gran político, organizador y buen minero, quien consideró la minería y la geología como actividades complementarias, por ello trabajó y logró el Real Decreto (7 de enero de 1927), por el que se dispuso fuese en lo sucesivo la denominación del Instituto la de Geológico y Minero de España. En su reorganización dispone

el artículo 7.º: «la Secretaría del Instituto mantendrá las relaciones culturales y científicas de España con las entidades extranjeras». Simultáneamente fue aprobado el Reglamento (R. D. de 7 de enero de 1926), disponiendo en su artículo 7.º: «Establecerá comunicaciones con centros extranjeros de carácter geológico o minero». Dedicados los artículos 66 a 72, de su capítulo XII, a los servicios internacionales; en el artículo 70 dice: «radicarán las comisiones internacionales que se formen para el estudio geológico de las zonas fronterizas, así como para la confección de mapas geológicos».

Las relaciones oficiales, con los congresos geológicos y la designación del portavoz de la delegación española, las tenía atribuidas el Instituto Geológico y Minero de España.

Los organismos ocupados de la persistencia de los congresos geológicos internacionales tenían una organización algo arcaica e improvisada en muchas ocasiones. Con el progreso de las ciencias geológicas surgieron muchos temas importantes, que con el incremento de la especialización alcanzaron el carácter de interdisciplinarios, como fueron el programa de correlación geológica, el proyecto geodinámico, etc., que para su más perfecta realización, aconsejaban estar integrados los geólogos en el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU), o sea, constituirse en Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

En el Congreso Internacional (1952) celebrado en Argel, se planteó esta creación, quedando prácticamente concluido el tema en el celebrado en México (1956), al que asistimos representando al Instituto Geológico y Minero, la comisión formada por Antonio Almela Samper, Juan Manuel López de Azcona, José María Ríos García y Serafín de la Concha Ballesteros. Esta delegación se distribuyó las actividades del congreso, correspondiéndome participar en las sesiones de trabajo de la comisión ocupada en la creación de la U. I. C. G., donde se aprobaron por unanimidad todas las propuestas y me encomendaron considerase la oportunidad de crear en España la Comisión Nacional de Geología, al igual que se haría en otros países, por haberse establecido como criterio, para unas mejores relaciones con cada país, el poder contar con la comisión oportuna.

Al llegar a España, expusimos al Director (1955-1958) del IGME, Alfonso Alvarado y Medina (1888-1968), la indicación internacional de crear la Comisión Nacional de Geología, entidad que debería abonar las cuotas internacionales a establecer voluntariamente, como aportación de cada país adherido, indispensables para la pervivencia de la respectiva unión internacional.

La dirección del IGME me encomendó la preparación del decreto de creación y la preparación del oportuno reglamento. Como miembro de las comisiones nacionales de Geodesia y Geofísica y de la de Geografía, estudiamos sus disposiciones oficiales y con un criterio de actualización preparamos rápidamente el oportuno decreto. Elevado por conducto del Ministro de Industria, fue sometido a Consejo de Ministros con el único reparo del Ministro de Educación, por opinar debía crearse la comisión dentro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Se le informó que de acuerdo con el decreto de

reorganización del IGME (7 de enero de 1927), correspondía crearla como organismo dependiente del Ministerio de Industria y constituir la dentro del Instituto Geológico y Minero de España. Aceptadas estas aclaraciones, fue aprobado sin variación (Decreto del Ministerio de Industria de 11 de julio de 1957).

Aprobada la creación, redactamos el reglamento de la misma, con la dificultad en el Consejo de Ministros de no figurar entre los vocales uno en representación de los sindicatos, a lo que contestó el Ministro de Industria no ser necesaria dicha representación por tratarse de un organismo meramente científico. Con esta explicación quedó aprobado el Reglamento sin modificación (Decreto del Ministerio de Industria de 8 de septiembre de 1958).

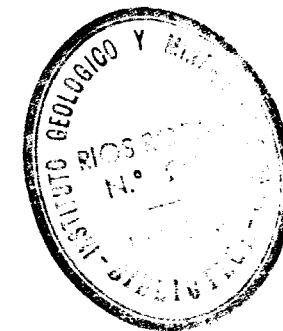
Publicada la aprobación del reglamento, se procedió a la designación de sus miembros, figurando como fundadores los siguientes: Presidente, Antonio Almela Sampedro; Vicepresidente, José Meseguer y Pardo; Secretario General, Juan Manuel López de Azcona, y como vocales, por el Consejo Superior de Minería, Wenceslao Castillo y Gómez; por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Francisco Hernández Pacheco y de la Cuesta; por la Dirección General de Minas y Combustibles, José Luis Pastora y Chorot; por la Sección de Geológicas de la Facultad de Ciencias de Madrid, Bernardo Meléndez y Meléndez; por la de Barcelona, Luis Solé Sabaris; por el grupo de geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, José María Ríos García; por los profesores de

geología de las Escuelas Especiales de Ingenieros, Clemente Sáenz García. La sesión constitucional se celebró el 6 de mayo de 1958.

Durante el Congreso Geológico de Copenhague (1960), se designó una ponencia para la redacción definitiva de los estatutos de la U. I. C. G., aprobándose en una sesión extraordinaria celebrada (1961) en París en la casa de la UNESCO, con ligeras rectificaciones, quedando constituida definitivamente la unión.

Punto fundamental era disponer de medios económicos para iniciar sus actividades, o sea, el establecimiento de la cuota económica. Integrados los 60 promotores en la Unión, se deja libertad para la elección de la categoría de cada uno. Según los cambios de impresiones, con los que habían tomado decisión, programaban inscribirse cuatro países en la categoría octava, tres en la séptima, tres en la quinta y uno en la cuarta. Los seis países de lengua hispánica se inscribirían en las categorías segunda y primera, y Portugal en la segunda, por ello, propusimos, y fue aceptado por la superioridad, nuestra adhesión a la categoría tercera. Trabajamos inicialmente para la adjudicación de una de las vicepresidencias a un país de lengua española, asignándola a la Argentina.

El primer Congreso Geológico Internacional celebrado (1964), bajo el patrocinio de la U. I. C. G. fue el de New Delhi, donde la Unión Internacional de Ciencias Geológicas quedó definitivamente confirmada.



La minería Alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX

Capítulo 8

8. ESTRUCTURA DE LA MINERÍA DEL DISTRITO EN 1839

En 1839 la minería del distrito se encontraba aún en fase de expansión. Partiendo de su centro, en la sierra de Gádor continuaba extendiéndose con éxito decreciente y el único centro minero de importancia considerable (la sierra Almagrera) fue desgajado del distrito en 1840. Pero si geográficamente la expansión continúa, la fase de máximo apogeo ha pasado ya. Lejos los tiempos en que la sierra de Gádor mantuvo tres mil minas y produjo hasta treinta y siete mil toneladas de plomo en un año; tras dos temporadas catastróficas, en 1836 y 1837 (205), la de 1839 fue una de las peores; se alcanzó una producción de unas veintisiete mil toneladas con un valor en torno a los cuarenta millones de reales. Nos encontramos en el mismo comienzo del declive de la sierra de Gádor, pasando su momento culminante (206).

Contamos con una fuente idónea para este empeño en la primera serie documental de las cuentas corrientes del cánon de superficie (207). En él aparecen anotaciones correlativas, por partida simple, de los pagos efectuados a cuenta del canon minero. Poco antes se debieron producir algunos cambios de importancia; el más destacado es, sin duda, la reducción de la cuota en cuatro quintas partes, pasando a exigirse tan sólo un real por año y por cada cien varas de superficie demarcada (208).

(205) V. *Boletín Oficial de Almería*, núm. 280, 5-VIII-1837.

(206) GONZÁLEZ LLANA: *El plomo en España*, p. 6, Madrid, Dirección General de Minas, 1949.

(207) En Archivo Histórico Provincial de Almería, L. H. 2935.

(208) Reducción efectuada en julio de 1837. V. *Gaceta de Madrid*, pp. 23 y 25, de julio de 1837. Asimismo, se suprime totalmente el canon que pagaban los boliches y oficinas de beneficio.

Del valor de la fuente y del modelo de análisis que intentamos podremos hacernos cargo más adelante. De su fiabilidad diremos, con cuantos se han ocupado de estudiar la actividad minera, que las estadísticas y la recaudación de impuestos por mineral beneficiado resultan absolutamente inverosímiles. Las ocultaciones eran demasiado importantes y ello especialmente en el caso de la minería del plomo de las zonas costeras (209).

De las anotaciones de los pagos efectuados hemos podido extraer un catálogo de minas y de propietarios. Ninguna de las relaciones puede ser considerada como completa, ni mucho menos. El número de minas que aparecen es tan sólo de cuatrocientas cuarenta y dos para todo el distrito; esta cifra, obviamente reducida, indica que faltaban muchas más, algunas por estar ya abandonadas, otras porque su situación económica no era regular y no estaban en condiciones de atender al pago del impuesto a pesar de su evidente pequeñez (210). Tan

(209) MUÑOZ DUEÑAS, op. cit., p. 403.

(210) El tipo impositivo de un real por año y por cada cien varas cuadradas es muy reducido y acaso cupiera pensar lo mismo del porcentaje anterior a 1837 (5 rs./100 vs.) si González Llana no sugiriera lo contrario (v. op. cit., p. 148). Para una pertenencia tipo de 20.000 vs. de superficie, el canon equivale a unos 25 jornales o a una semana de trabajo de los cuatro obreros que, como mínimo, exigía la Ley. Todo ello no puede pasar del 2,5 por 100 de los gastos salariales de la menos próspera de las minas. Si tan mal se pagaban cantidades tan reducidas resulta evidente que es debido a lo precario de las explotaciones, lo aleatorio de los beneficios y el margen general de éstos, relativamente bajos, en la actividad minera.

sólo aquellas minas a cuya cuenta se hubiera hecho algún pago el citado año aparecen registradas en este libro. De entre ellas, algunas se encuentran simplemente al corriente de sus débitos y cabe suponerles una actividad regular, acaso próspera. Hay una mayoría que paga cantidades importantes, superiores con mucho a sus débitos anuales, lo que naturalmente representa atrasos de los que se ponen al día total o parcialmente. Son, sin duda, personas o establecimientos que han pasado por una etapa de dificultades financieras y productivas y han conseguido restablecer su actividad. Su elevada proporción es índice elocuente del importante peso que el azar llegó a tener en la actividad minera y, en proporción infinitamente mayor, en la minería alpujarreña.

Existe también un cierto número de minas en las cuales varios propietarios atienden individualmente el pago de las partes alícuotas que les pueden corresponder. Muchas de las explotaciones fueron propiedad de sociedades y si algunas se destacan a la hora de pagar el canon de superficie es sin duda porque el desacuerdo ha cundido entre los copropietarios, que pretenden de este modo salvar sus responsabilidades por separado. Son precisamente aquellas minas que se encuentran en trance de disolución o de reorganización las que aparecen de esta forma, por lo cual debe ser entendida esta situación como la más negativa posible, mucho peor que el simple atraso del pago que las hace pasar inadvertidas para nuestra fuente.

Por tanto habremos de recordar en todo momento como fundamento hermenéutico de nuestro estudio que encontramos particularmente aquellas minas que funcionaban regularmente o las que estaban consiguiendo restablecer su actividad tras una de las etapas de dificultades propias de la especialidad y de la particular disposición del yacimiento; a los mineros prósperos y a quienes comienzan a serlo. No aparecen en cambio las minas que no producen o aquellas sujetas a paralización de su actividad, excepto las que —quizá por haberse iniciado ya el procedimiento de apremio— ven a sus distintos propietarios pagar por separado sus partes correspondientes.

Distribución geográfica de la minería del distrito de Berja

Hasta 1849 el distrito abarcó el territorio de las provincias de Granada y Almería, y esta situación, pese a la oposición casi regular de los granadinos, sobrevivió a la escisión provincial de 1833. No sufrió más quebranto que la segregación de la parte oriental de la provincia de Almería en 1840 para incorporarla a la naciente inspección de minas de sierra Almagrera y Murcia.

En 1839 encontramos una acusada concentración de la actividad minera en la franja montañosa que corresponde a la Alpujarra. En ella y en todo el distrito la zona minera más importante con mucho es la parte alta y occidental de la sierra de Gádor. Allí aparecen trescientas cuarenta y tres de las cuatrocientas cuarenta y dos minas que pagaron alguna cantidad a cuenta del canon

de superficie, lo que representa un 77,5 por 100 del total de las minas. También es, como veremos más adelante, la zona más antigua y el lugar de origen de la fiebre minera. En el citado año ya le sigue en importancia el valle bajo de Andarax, en las inmediaciones de Almería, que comprende la vertiente oriental de la sierra de Gádor y parte de la sierra Alhamilla; allí se encuentran un 14 por 100 de las minas que pagan el canon y parece que se trata de un área de reciente desarrollo. La tercera por el número de sus minas, pero acaso la segunda en importancia global y por orden de aparición, es la del valle del Guadalfeo, con las sierras de Lújar y Almirajá; tan sólo comprende un 7,5 por 100 de las minas. Finalmente, con tan sólo 0,70 por 100, el campo de Níjar, sierra Alhamilla Oriental y sierra del cabo de Gata. Geográficamente nuestra zona se continúa al oeste por la Axarquía, pero historiográficamente queda fuera de nuestro estudio al corresponder estas sierras a la provincia de Málaga y no aparecer en las fuentes de que nos ocupamos. Así, dejamos en este punto la presente descripción y pasamos a analizar los caracteres de las cuatro zonas reseñadas. En el resto de las provincias de Granada y Almería (excepto en Pulpí, que hemos marginado conscientemente) no aparece mina alguna que el citado año hiciera pagos a cuenta del canon de superficie.

La estructura de las propiedades mineras nos da importantes detalles sobre la cronología de las explotaciones en los distintos parajes. Dos razones apoyan la idea de que donde las explotaciones son en promedio más reducidas, más antigua debe ser la puesta en funcionamiento. En primer lugar podemos invocar la idea económica de que en los comienzos de la fiebre minera, cuando la confianza, los recursos o la amplitud de minas de los incipientes mineros fueran menores, menores también fueron las pertenencias registradas, que se establecían libremente según podemos ver y ajustándose al inmediato desarrollo de la explotación. En segundo lugar el argumento histórico de que la Ley de 1825 impuso una pertenencia unificada de veinte mil varas de superficie (13.964 m²), lo que nos sugiere con precisión que las minas menores de dichas dimensiones prescritas habían de ser anteriores a la Ley. Tan sólo una salvedad; las zonas mineras de mayor antigüedad, definidas según este criterio, muestran ya un proceso de criba más avanzado que ha permitido eliminar las minas estériles, las poco rentables y más difíciles, que indudablemente habrían sido abandonadas antes de los quince años de explotación que ya habían transcurrido desde la promulgación de la Ley.

El panorama que recoge nuestra «instantánea» de 1839 muestra una estructura de propiedad ya bien trabada y estable. En cambio, las zonas mineras que después se desarrollaron —las del Este particularmente— se encuentran en 1839 en pleno proceso de expansión y consolidación.

Si aceptamos que la más alta proporción de minas menores de veinte mil varas se encuentra en relación inversa a la antigüedad de la explotación de cada paraje en cuestión, resulta que podemos postular decididamente la idea

de la notable «vejez» de la explotación en la sierra de Gádor y la tempranía del Bajo Andarax y campo de Níjar.

CUADRO 8.1.

Proporción de las magnitudes de las pertenencias mineras en las distintas comarcas del distrito de Granada y Almería

	>20.000 %	20.000 %	<20.000 %	<10.000 %
Sierra de Gádor	3,17	42,94	29,39	24,49
Alpujarra Occidental ...		72,72	18,18	9,09
Bajo Andarax		100		
Campo de Níjar		100		

En la sierra de Gádor, menos de la mitad de las minas que funcionaron regularmente eran posteriores a 1825 (211). Todo ello habla por demás de la enorme riqueza metálica de la sierra que, tras veinte años de explotación intensa, era aún el núcleo minero por excelencia del distrito.

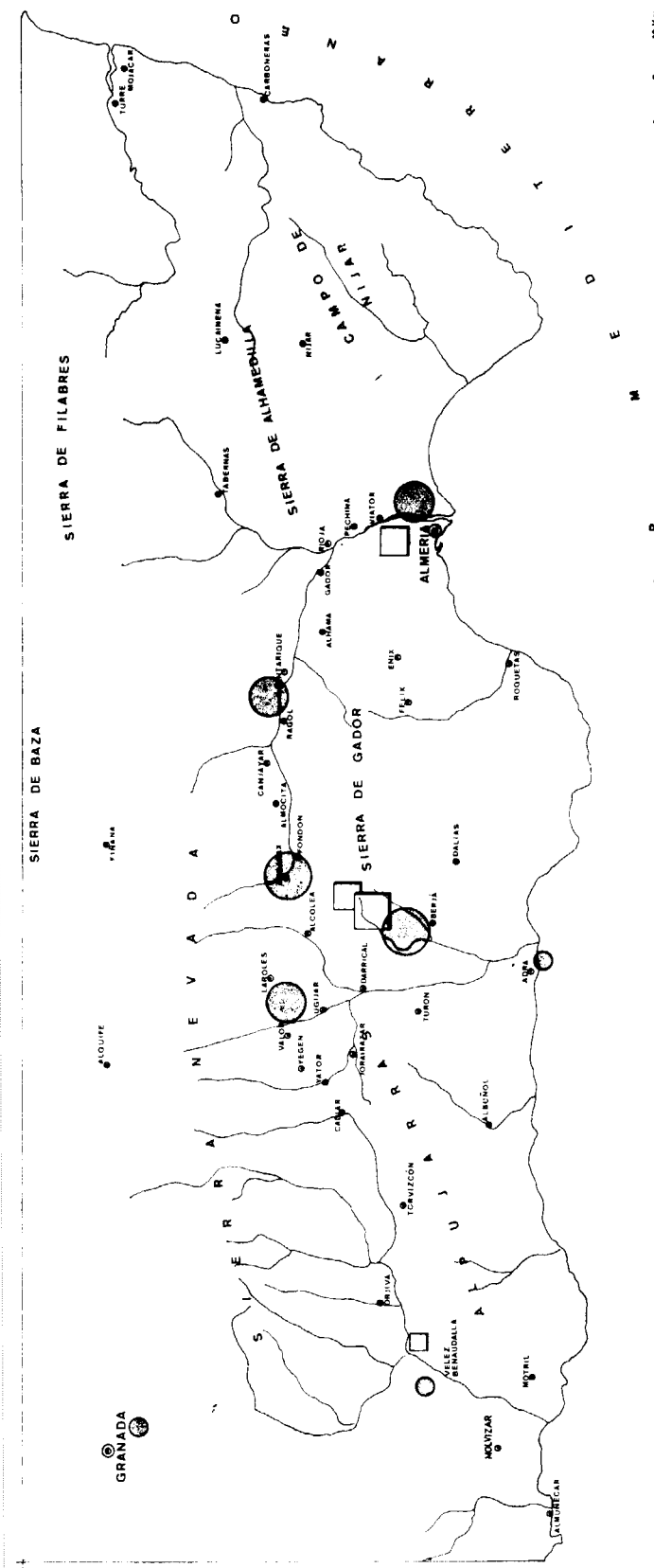
Un dato más. Cuando varias pertenencias se unen para ser conjuntamente explotadas —con las consiguientes economías de escala tan ponderadas por los críticos— se produce lo que podríamos denominar con el término entonces al uso de «reunión». El número de tales reuniones, en general bastante superiores a las veinte mil varas de superficie, es relativamente abundante en la sierra de Gádor, única comarca en donde la evolución de la minería ha sido bastante larga como para generar este fenómeno de concentración en proporciones importantes. El número de estas reuniones llega a representar un 3 por 100 del total de las minas de la comarca.

A la sierra de Gádor le sigue en antigüedad la Alpujarra occidental, o sea, los términos de Vélez de Benaudalla, Orgiva y Cazulas. Allí tan sólo un 27 por 100 de las minas son anteriores a 1825, o tal vez, por una menor riqueza de los criaderos, se produjera un más pronto agotamiento y una vida productiva consiguientemente más corta de los establecimientos. La importancia de la Alpujarra en la actividad, su peso decisivo en el distrito, quedan pues en absoluta evidencia (212).

Sólo más tarde de 1825 se extendió la fiebre minera a la zona oriental con un intenso protagonismo de los vecinos de Almería y aún en pleno proceso prospectivo y

(211) Recordemos que CAVANILLES y LE PLAY defendieron la idea de que el auge minero fuera posterior a la Ley de 1825. La estructura de las explotaciones indica claramente que la mayor parte de las concesiones se hicieron antes de dicha fecha.

(212) Pensamos que existe un cierto paralelo en cuanto a mentalidades y grupos humanos entre el auge minero en el siglo XIX y la actual colonización agrícola de la costa, ahora al pie de la misma sierra de Gádor, en el campo de Dalías.



desarrollo en 1839, momento en el cual su importancia numérica es ya relativamente grande.

Dentro de la sierra de Gádor, la parte de las explotaciones de mayor peso y concentración se encuentra en los términos de Berja (49 por 100) y del Presidio (42,6 por 100) (213), y en ellos se acusa especialmente el minifundio, especialmente en este último.

Si tomamos en cuenta los pagos efectuados —en proporción a las cuotas anuales— podemos hacernos una idea del estado financiero de las distintas comarcas, aunque la interpretación puntual pueda ser controvertida en este caso. Donde más se paga es en la sierra de Gádor, en Berja especialmente, y donde menos en la Alpujarra occidental seguida del Bajo Andarax. Esto quiere decir que en la minería birgitana se habían producido importantes atrasos en el pago de las cuotas, pero también que se había restablecido la situación hasta el extremo de pagar en un año más del triple de lo que le corresponde a la superficie consignada. En cambio, las treinta y tres minas de la Alpujarra occidental están prácticamente al día y no se atrasan más que uno o dos cuatrimestres. Las más recientes explotaciones del entorno de Almería muestran una situación intermedia.

En el caso de las minas cuyos distintos propietarios pagan directamente su parte, que hemos de suponer como el máximo exponente de crisis y disolución de una empresa, el máximo cognoscible al menos, su incidencia territorial dentro del distrito aparece en el cuadro siguiente.

(213) El término del Presidio no existe hoy día, sino que forma parte del de Fondón. Tenía forma rectangular, situado de norte a sur sobre la falta N de la sierra; aparece claramente representado en el catastro de Ensenada, en A. H. P. A. libro E-98. Tampoco el topónimo existe en la actualidad y el lugar de Presidio ha pasado a denominarse Fuente Victoria, anejo a Fondón.

CUADRO 8.2.

Distribución de las minas cuyos distintos propietarios pagan por separado sus cuotas por el canon de superficie

	% sobre total	% sobre minas de <20.000 vs.	% sobre minas de <20.000 vs.
Sierra de Gádor	15,27	59,48	41,51
Berja	15,88	55,5	44,4
Presidio	15,54	56,52	43,48
Resto	10,34	100	—
Alpujarra Occidental	9,09	33,4	66,6
Bajo Andarax	3,17	100,0	—

Resulta que cuanto más viejo es un distrito más acusado se ve en él el proceso de disolución o de reestructuración de empresas mineras. Esta conclusión era fácilmente imaginable, pero choca en cambio el hecho de que, pese a ser más numerosas las minas anteriores a 1825 en la sierra de Gádor, la proporción de ellas afectadas por esta situación es decididamente inferior, correspondiendo la mayor proporción de estas situaciones irregulares a las minas de veinte mil varas de superficie, demarcadas más tarde y fuera de las zonas más rentables conocidas en torno a la Loma del Sueño. Coincide con la hipótesis de la juventud de las explotaciones en el Bajo Andarax el que tan sólo un 3 por 100 de sus explotaciones se encuentra en esta situación.

Distribución de los propietarios

La fuente consigna el nombre y domicilio de los propietarios de las minas, aunque esta información debe ser tomada con prevención excepcional. Los domicilios de los propietarios pudieran inducir algunos errores al deter-

CUADRO 8.3.

Estado de la minería del distrito de Berja en 1845

	Minas en labor	Minas en frutos	% 1/2	Obreros ocupados	Obreros por mina	N.º de ca-ballerías	Produc. en qq.	Produc. por mina
Sierra de Gádor Central	654	180	27,52	6.000	9,17	200	394.686	2.193
Sierra de Gádor Occidental	97	6	6,19	600	6,18	40	54.000	9.000
Sierra de Gádor Oriental y Sierra Alhamilla	156	22	14,10	759	4,86	200	58.801	2.673
Sierra de Lújar	84	22	26,19	500	5,95	90	11.319	5.145
Sierra de Baza	91	10	10,99	450	4,94	60	10.000	1.000
Otros sitios	511	—	—	1.000	1,96	100	—	—
TOTAL	1.597	240	15,02	9.309	5,82	690	528.806	2.203

FUENTE: CAVANILLES, R. «Memoria sobre el estado de la minería en el Reino en fin del año 1845», en *Anales de Minas*, t. V, 1846, pág. 408.

minarlos de modo efectivo en el momento justo de la anotación; la administración, no obstante, tenía interés en seguir y lo hacía de cerca la evolución del domicilio de los mineros, a quienes habría de apremiar en caso de impago. En cambio, la figura del propietario sí que puede resultar más controvertida y se presta a importantes confusiones. La primera y principal es que muchas o casi todas las minas eran propiedad de compañías y el que figura en los libros de la administración como propietario es tan sólo uno de entre ellos. No obstante, es lógico suponer que se designara precisamente al más caracterizado en función de sus riquezas o sus conocimientos en el ramo de las minas. Tan sólo en contados casos —aquellas sociedades mineras en dificultades graves— conocemos a varios o acaso a la totalidad de los propietarios. Esta idea debe ser tenida en cuenta en las páginas que siguen sin perderla de vista en momento alguno. No obstante, creemos que no invalida del todo nuestro argumento, pues si no podemos referirnos propia y textualmente a la estructura de la propiedad, sí que podemos hablar con propiedad de la estructura de las explotaciones, directamente vinculada con la persona de los gerentes o encargados, además de vislumbrar la de la propiedad, aunque con mayores márgenes de error.

La distribución geográfica de los propietarios de las minas viene a ser en líneas generales muy parecida a la dispersión de las mismas minas, por lo menos a escala de comarcas mineras y sus aledaños. Si estudiamos la distribución por municipios, surge un cuadro muy variado. Para empezar, los dos más importantes, donde se encontraba el 92 por 100 de las minas en funcionamiento del distrito, reúnen tan sólo un 38 por 100 de los mineros; no obstante, es Berja el centro principal, con más del doble de ellos que el que le sigue en número. Laujar de Andarax. El rasgo acaso más importante es la existencia de una cierta desproporción a favor de ciertas ciudades como Almería, Adra o Granada, que reúnen ellas solas el 20 por 100 de los propietarios; este cambio pudiera

ser importante, aunque parece que en 1839 se encuentra prácticamente en sus comienzos, en lo referente a Granada y a Almería. En cambio los municipios de Laujar y Fondón reúnen un número proporcionalmente más alto, al ser villas de mayor importancia atraen a la población acomodada del vecino Presidio de Andarax.

El cuadro número cuatro nos permite profundizar más. Contiene datos para establecer una estratificación de la riqueza o de la concentración de las explotaciones al indicarnos el número de personajes que indican poseer una o varias minas, hasta un máximo de diecinueve que tiene registradas José Molero de Laujar. Puede resultar esclarecedor el porcentaje de mineros con una mina tan solo, que residen en cada uno de los municipios. El índice general del distrito es de 67 por 100 y a muy poca distancia por debajo aparecen Berja (66 por 100), Presidio (61 por 100), Ugijar (61 por 100) y Albuñol (50 por 100). Son aquellas zonas «viejas» en las cuales el proceso de concentración de la propiedad había tenido más tiempo para operar. Con elevados porcentajes de propietarios de mina única se encuentran Laujar, Almería y todo el Bajo Andarax, Granada y Motril, zonas mineras más jóvenes y núcleos económicos que se han lanzado a la inversión minera más tardíamente. Finalmente, Adra y Alhabia muestran porcentajes muy bajos, o lo que es igual, gran concentración de minas en pocas manos. El caso de Alhabia, a falta de mayor información, pudiera parecer sin importancia. No así el de Adra, que se configura claramente como el centro del capitalismo minero de la región. No sólo la mayor concentración de las minas nos indica su concepción económica más avanzada, sino también la escasez de minas menores de veinte mil varas de superficie (tan sólo un 20 por 100) nos dice que la vocación minera fue tardía, por lo cual el cálculo y no el mito o fiebre del plomo hubo de pesar en su origen. Nombres como Grund, Kirkpatrick, Rein y Smit (sic) nos hablan de la importante presencia extranjera, y la misma fundición de San Andrés es concesionaria de seis minas en la Alpu-

CUADRO 8.4.

Vecindad de los mineros de la Alpujarra Oriental expresando también el número de sus propiedades, en 1839

	N.º prop.	1 mina	2 minas	3 minas	4 minas	5 minas	6 minas	7 minas	>7 minas
Berja	89	59	16	7	3	2		2	
Laujar	36	28	5		1			1	1 (19)
Almería	25	19	3		1		1		1 (12)
Presidio	18	11	4	2		1			
Fondón	20	14	1	4				1	
Adra	17	5	3	2	3		1		
Granada	15	11		2	1		1		
Ugijar	13	8	1	3	1				1 (10)
Dalias	10	9	1						
Huércal	10	8	2						
Pechina	10	8	2						
Alhabia	6	2	3	1					
Motril	7	6	1						
Albuñol	6	3	3						

jarra occidental. A todo ello hay que añadir las funciones no mineras que desde un principio desempeñó la villa; metalurgia, comercio, financiación, intermediación, etc., funciones acaso más importantes y tempranas que las posibles aventuras mineras de algunos de sus vecinos.

No pueden faltar unas palabras sobre la posible relación entre vecindad y propiedades mineras. Fácilmente y a primera vista se observa que existe una comarcalización muy acusada. Sólo pocas ciudades tienen el papel de núcleos financieros exteriores y éste reducido, entre ellas Adra, Almería y Granada, y en muy reducida proporción también Málaga. Almería es principalmente el centro comarcal del Bajo Andarax y sierra Alhamilla. La capital minera por excelencia es Berja y sus vecinos se ocupan exclusivamente de la vecina sierra de Gádor, de la vertiente sur más concretamente dentro de su mismo término municipal. Las minas que tenían en la vertiente norte de la sierra representaban tan sólo una cuarta parte del total. La procedencia de los mineros que explotaban el término de Berja era de la propia Berja en tan sólo una tercera parte. Otro tercio procedía, casi por mitades, de Adra y de la Alpujarra occidental; el tercio restante se repartía por el valle del Andarax y procedencias varias.

En la cara norte casi la mitad de los mineros proceden de su entorno inmediato, en el valle alto del Andarax. La participación de los procedentes de la vertiente sur es muy reducida, tanto birgitanos como abderitanos, que en su área de influencia eran dominantes e igualmente se puede decir de los alpujarreños occidentales. Tan sólo el grupo de los procedentes de Ugíjar llega a ser importante, más incluso que el de los de Berja. La presencia de almerienses y granadinos en cambio crece notablemente respecto a su participación relativa en Berja y alcanzan aquí el 8,5 por 100 de intervención. Se deduce de ello una especial vinculación Adra-Berja y una cierta inclinación hacia el este, en la vertiente sur. En cambio en la norte predominan los nativos de la zona y por procedentes del valle, al pie de sierra Nevada, desde Ugíjar al oeste hasta Gergal al este.

En el bajo Andarax más de la mitad de los propietarios residen en Almería. El resto lo hacen en los mismos municipios en cuyos términos se encuentran las minas, e igualmente sucede con Níjar. Es un caso un poco distinto, en el que también se da la acusada comarcalización, pero fuertemente polarizada por la proximidad del importante núcleo humano, comercial y financiero de la capital.

En cuanto a la Alpujarra occidental, a pesar de ser más antigua la explotación, la dispersión es aún mayor que en la oriental y que en Almería. Ni siquiera Motril desempeña un papel de centro de agrupación de mineros que, en todo caso y muy vagamente estaría representado por Orgiva; esta villa, aunque agrupa a un quinto de los mineros de la Alpujarra occidental, atrae tan sólo a los propietarios de las minas de su propio término. Otro quinto, más significativo, corresponde a Adra y más concretamente a la fundición de San Andrés. La estrategia de Heredia promueve un intento relativamente importante, pero por el

momento aislado de penetración en la zona occidental. Posee minas en los tres municipios y refleja con claridad el evidente nexo que existió en toda la Alpujarra.

En cuanto a los pagos cabe hacer un par de precisiones. Siendo 1839 un año malo, en todos los municipios se pagan cantidades superiores a las que constituían el débito anual. Los pagos efectuados en relación al *Debe* del mismo año alcanzan el 218 por 100. Los propietarios que menos pagan son los birgitanos, que sólo ingresan un 120 por 100 del débito, mientras que los abderitanos pagan un 396 por 100. Los de la Alpujarra occidental y cara norte de la sierra de Gádor pagan entre 253 y 300 por 100 y los del Bajo Andarax un 200 por 100. Notables diferencias que podrían significar muchas cosas distintas. Destaca el hecho de que el monto de los pagos sobre el débito es inversamente proporcional al porcentaje de pagos corrientes sobre el débito del año; los almerienses parecen estar al corriente en un 75 por 100, los del norte de la sierra y Alpujarra occidental en torno al 50 por 100 y muy por debajo, con tan sólo un 35 por 100, los birgitanos.

CUADRO 8.5.

Indíces que relacionan pagos y débitos por zonas mineras

1. Porcentajes de pagos totales sobre débito anual de la superficie total consignada.

Berja %	Adra %	Alpujarra Occidental %	Norte de la Sierra %	Bajo Andarax %
120,40	396,60	257,30	297,90	199,80

2. Porcentajes de pagos corrientes sobre el débito anual por superficie total consignada.

Berja %	Adra %	Alpujarra Occidental %	Norte de la Sierra %	Bajo Andarax %
36,80	42,90	43,60	57,20	75,70

La incidencia de los atrasos y pagos nos precisa claramente la configuración de la crisis. Se trata de un problema económico más que propiamente minero en 1839; afecta especialmente al eje Berja-Adra y a su entorno continúa la expansión con fuerza mayor cuanto más reciente fuera el comienzo de las prospecciones.

Si distinguimos entre grandes y pequeños propietarios vemos que reparten casi por la mitad la superficie demar-

CUADRO 8.6.

Localización de minas y propietarios en relación a los domicilios de éstos. Año 1839

MINAS	Propietarios															
	Berja	Presidio	Laujar	Almocita	Fondón	Dalías	Enix	Huércal	Viator	Benadadux	Almería	Pechina	Vélez	Orgiva	Casillas	Níjar
Berja	53	14	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Presidio	10	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Laujar	9	26	7	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Alcolea	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fondón	7	18	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dalías	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adra	21	9	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	1	—
Málaga	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bentarique ...	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alboloduy ...	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Illar	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alhabia	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Huenécija ...	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Instinción ...	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Terque	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gergal	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alhama	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Almería	1	3	—	1	—	—	—	11	9	7	6	—	—	—	—	3
Huércal	—	—	—	—	—	—	—	3	—	7	—	—	—	—	—	—
Viator	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Pechina	—	—	—	—	—	—	—	1	8	3	1	—	—	—	—	—
Gádor	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Marchal A. L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Ugíjar	3	17	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cherín	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Murtas	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Turón	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Banimar	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jorairatar ...	1	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jolucar	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Albuñol	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Orgiva	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—
Cadiar	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Granada	4	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Guelchos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Vélez B.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	—	—
Alcázar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Motril	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
Varios	17	17	1	2	—	—	—	—	1	—	1	—	2	2	1	—

cada, pero no las cantidades pagadas. Las cantidades que pagan los más acomodados son, en términos absolutos y relativos, superiores a las que abonan los pequeños y, sobre todo, la proporción de pagos corrientes sube en estos notablemente. Vemos, pues, que el proceso de concentración está conduciendo a diferencias de respuesta económica ante la crisis, favorables naturalmente a los más grandes que puedan hacer frente con mayores posibilidades a las incertidumbres de la especulación minera.

No obstante, la división geográfica de los núcleos de propietarios sigue siendo válida y los mineros del norte de la sierra continúan en mejores condiciones que los de Berja; en cambio, la concentración es muy superior, como ya dijimos, en la sierra de Gádor, y sus beneficiosos efectos se observan en nuestra fuente con preferencia a otras comarcas acaso mejor situadas, como Almería y la Alpujarra occidental.

La segunda serie documental de los libros de cuentas corrientes del canon de superficie (214) nos permite proseguir nuestras pesquisas hasta 1849, ahora con un carácter más sistemático, ya que cada establecimiento cuenta con una hoja de cuenta corriente, por partida doble, en donde se anota la descripción de la mina y su propietario, sus débitos e ingresos e incluso algunas incidencias tocantes a su vida administrativa. De estas cuentas hemos extraído una serie de datos numéricos resumidos y codificados en las fichas correspondientes que abarcan en su información prácticamente una década. Como primer paso parece conveniente analizar la estructura de la explotación en 1848, para poderlo comparar con la situación ya descrita de 1839. En líneas generales hemos de adelantar que no aparecen grandes diferencias, y que los procesos apuntados continúan su evolución. El número de minas de todo el distrito permanece prácticamente estable; en 1839 habían hecho pagos por cuenta de dicho impuesto cuatrocientas cuarenta y dos minas, mientras que en 1848 lo hacen cuatrocientas dieciocho. Su distribución geográfica ha variado muy ligeramente; el núcleo de la sierra de Gádor ha acentuado incluso su presencia ligeramente y ahora se encuentran en él un 83 por 100 de las explotaciones del distrito, lo que supone en términos absolutos la práctica estabilidad del número de sus minas. Los demás parajes disminuyen en términos absolutos y relativos a la vez que se diversifica y extiende la explotación por áreas antes inexplotadas. Almería y entorno, con la sierra de Gádor oriental y la Alhamilla occidental retrocede del 14 al 8 por 100; la Alpujarra occidental, del 7,5 al 4 por 100 y el campo de Níjar, sierra Alhamilla oriental y cabo de Gata no aparecen representados, acaso porque las minas de hierro, preponderantes en la zona, no pagaban canon de superficie. La diversificación comarcal decíamos que era otro rasgo característico: dos parajes inexplotados o al menos no recogidos en 1839, las sierras de Baza y Filabres y la periferia de Granada con la vertiente noroccidental de sierra Nevada, aparecen ahora con un 2 y un 3 por 100, respectivamente, de las minas en funciones; además, en el intervalo entre ambas fechas se han explotado muchas en la sierra de Cazulas y en la sierra Nevada nororiental, entre Guadix y Fiñada.

De todo ello se deduce que el núcleo principal continúa siendo el eje minero del distrito y que la fiebre exploratoria se ha extendido por toda su geografía, se han descubierto y puesto en explotación las principales zonas mineras e incluso que todo el distrito se encuentra ya en fase de recesión, o al menos de reasentamiento y reestructuración. En cambio, el éxito de las nuevas prospecciones parece haber sido notablemente inferior a las esperanzas fundadas sobre el modelo excepcional de la sierra de Gádor. Esta última, con su producción descendente y su número de minas prácticamente estable continúa la actividad normalmente. Aquellos sitios más antiguos (Loma del Sueño, Balsa Nueva, Collado de Los

(214) A. H. P. A. libros H-2, 954-60 y H-2, 976-84.

Valientes, Pecho de las Lastras), en donde la fijación de la propiedad antes de la Ley de 1825 sigue mostrando claramente su impronta en la abundancia de parcelas de menos de veinte mil varas, que se explotaban aún tras veinticinco años de actividad; pese a que alguna, como «El Santo de Gil», no tuviera demarcadas más que seis mil setenta y seis varas. Hay también algunos sitios nuevos, como Capalirán o el Collado del Agua, pero su importancia es proporcionalmente reducida. Son precisamente los distritos que más antigua e intensamente se explotaron los que resultaron a la postre más duraderos y donde el proceso de racionalización y concentración se acusó en mayor medida; aun en la Loma del Sueño y sus limítrofes, Pecho de las Lastras y Collado de Balsa Nueva, a caballo sobre el crestón frente a Berja, se encuentran el 50 por 100 de las minas que han conseguido incrementos o mejoras o las que reúnen varias pertenencias.

En el resto del distrito parece como si se repitiera el mismo proceso. Entusiasmados por el ejemplo de la sierra de Gádor fueron activamente buscados y explotados yacimientos que pronto se revelaron estériles o poco rentables y cuya explotación prosiguió de forma mortecina en el mejor de los casos. No hemos de olvidar la importante excepción que supone el que las minas de hierro, que no pagaban el canon, fueran predominantes en el entorno de sierra Alhamilla y en el norte de sierra Nevada.

CUADRO 8.7.

Proporción de las magnitudes de las pertenencias mineras en las distintas comarcas del distrito

	> 20.000 %	20.000 %	< 20.000 %	< 10.000 %
Sierra de Gádor	13,25	68,67	18,05	6,02
Bajo Andarax	12,25	87,50	—	—
Alpujarra Occidental ...	—	100	—	—
Baza-Filabres	—	100	—	—
Sierra Nevada NO	—	100	—	—

La distribución de los propietarios nos indica la permanencia del predominio de los birgitanos asociados a los abderitanos, crece notablemente la presencia de los naturales del curso medio del Andarax, sobre todo en la misma sierra de Gádor, y disminuyen su peso proporcional Almería y Granada. La participación de los naturales de la Alpujarra occidental se mantiene o en todo caso aumenta ligeramente en términos relativos. La explotación de las nuevas comarcas parece llevarse a cabo por iniciativa de gentes procedentes de aquellas otras donde la fiebre minera ya se había producido, tal como parece que también sucedió en la sierra Almagrera.

Entre las dos fechas citadas el estado de los pagos se ha deteriorado notablemente y ahora los ingresos quedan siempre por debajo de los débitos.

CUADRO 8.8.

Índices que relacionan pagos y débitos por zonas mineras

Porcentajes de los pagos efectuados sobre el débito anual de la superficie total consignada

Sierra de Gádor %	Bajo Andarax %	Alpujarra Occidental %	Baza- Filabres %
64,79	68,48	57,00	75,00

La atonía y la crisis generalizadas parecen evidentes. El entorno de la ciudad de Granada, donde se registran minas en 1848, no llega a efectuar ingreso ninguno a la Inspección. En este año el distrito de Almería-Granada ha perdido ya del todo y definitivamente su primacía en el mercado mundial, no puede ya influir decisivamente y controlar sus precios por medio de reducciones de la producción; antes al contrario, se ve ya sometido férreamente al dictado a la baja que imponen otros distritos españoles y extranjeros. Pero el hecho de que la minería alpujarreña había ya alcanzado el nivel en que precios y costes se compensaban en términos generales nos lo indica el hecho siguiente: de 1841 a 1849 las minas cuyo funcionamiento puede ser considerado como regular o incluso próspero consiguieron pagar por el impuesto de superficie un 85 por 100 de sus débitos; las trecientas ochenta y nueve minas que en todo el distrito alcanzaron algunos años de actividad regular entre las dos fechas no fueron capaces de abonar regularmente el canon minero ni atender en su totalidad sus débitos con la Ins-

pección, pese a los procedimientos de apremio que en múltiples ocasiones demostraron su eficacia, incluso con bastantes años de retraso.

Parece, pues, que, tomando en consideración las cifras medias, en los años cuarenta las minas de la Alpujarra no obtenían prácticamente beneficios y muy posiblemente la explotación continuaba con la esperanza de encontrar alguna rica bolsada que recompensara de las penas y gastos. No hablamos, claro está, de las minas que se intentó explotar y que nunca llegaron a prosperar, cuyo número debió superar el millar con creces en estos años y en todo el distrito (minas nuevas, demarcadas en el acto y minas abandonadas y denunciadas para reanudar las labores). En resumen, lo aleatorio de la explotación, la baja de los precios y el progresivo agotamiento de los cotos mineros mantuvieron una explotación poco rentable durante diez o quince años como mínimo, sometida a las oscilaciones internacionales de precios y en la cual los costos fueron a la larga superiores a las utilidades; la minería alpujarreña se transformó, pues, en su segunda fase, más larga que la primera, en una actividad empobrecedora de la que tan sólo el Estado supo sacar rentas considerables a través de los impuestos mineros y los aranceles de exportación.

Lo que hemos deducido de las cifras globales tiene, como no podía ser menos, algunas plasmaciones coyunturales que lo ratifican. Ya dejamos dicho que en 1844-45 la demanda creció y que los comerciantes presionaban sobre los mineros para que aumentaran la producción; así, en 1844, se pusieron en explotación cuarenta y tres nuevas minas y setenta y tres al año siguiente, sin contar otra vez a aquellas que no llegaron a ser productivas, lo que equivale a un incremento del 18 por 100 y de un 27 por 100, respectivamente, sobre el número de minas en actividad regular. Pero la situación de precios altos no se mantuvo, y en 1846 se ponen en marcha efectivamente tan sólo dieciocho nuevas minas (5 por 100) y otras dieciocho en 1847, pero dicho año fueron abandonadas ochenta y cinco.

Las series de los precios, especialmente las extraídas

CUADRO 8.9.

Estado de los pagos de las minas en funcionamiento regular en los años cuarenta

	Pagan atrasos %	Regular %	Atrasan %	No pagan %	Número de minas demarcadas	Número de minas abandonadas
1841	48	16	13	23	24	—
1842	22	36	19	22	30	—
1843	11	13	29	47	18	6
1844	52	20	2	25	42	6
1845	20	34	16	30	73	—
1846	19	25	25	31	18	—
1847	49	29	8	24	18	85
1848	32	25	14	29	—	—
1849	12	7	24	57	—	—

de los libros de la Inspección, que tienen un decidido carácter fiscal y adolecen como ya queda dicho de clara rigidez, no son suficientes para explicar plenamente el cuadro de arriba; los precios del plomo en Londres tampoco se ajustan exactamente a la situación en la Alpujarra, pero sí en cambio los de Ezquerria, testigo presencial de la situación que relata. Así, vemos como una curiosa periodicidad trianual en los pagos; cada tres años aparecen máximas cantidades en 1841, 1844 y 1847, en que casi la mitad de las minas en funcionamiento pagan sus cuentas corrientes y atienden además algunas de las que tuvieran atrasadas. Esto sólo puede ser explicado por una mayor liquidez, por una cierta euforia que permite a la generalidad de los mineros obtener beneficios reales. Pudiera parecer que las ochenta y cinco minas abandonadas en 1847 son un dato contradictorio con todo lo dicho; la realidad es que en aquel año la Inspección debió redoblar su vigilancia decretando muchos abandonos de minas que sólo esporádica o marginalmente eran beneficiadas por sus dueños; sólo así puede explicarse que de las ochenta

y cinco abandonadas se interesara por sus propietarios la rehabilitación por setenta y tres de ellos, la mayoría de las cuales lo lograron al año siguiente, tras abonar sus cuentas.

Queda, pues, claramente establecida la precariedad económica general y la absoluta dependencia de la evolución de los precios. Esta evolución en los años cincuenta, con una considerable alza inicial, permitió sin duda un cierto renacimiento minero, pero el retorno a la directriz bajista desde 1855 repitió el proceso, cada vez más acusado e irremisiblemente deprimido cuando la etapa de baja general de precios entre 1873 y 1893 hundió hasta extremos inusitados los precios mundiales del plomo. Fue entonces, como ya tenemos dicho, cuando se pueden dar por prácticamente liquidadas las actividades mineras en la sierra de Gádor. El resto del distrito y concretamente la Alpujarra contempló en adelante algunas minas tan sólo de distintos metales, hierro especialmente, que mantuvieron en adelante reducida actividad.

Noticias

LA INDUSTRIA MINERA ESPAÑOLA DURANTE 1984 (*)

INTRODUCCION

Para comprender mejor la trayectoria seguida por la industria minera española durante 1984, parece conveniente mencionar, aunque sólo sea brevemente, cuál ha sido el comportamiento de las principales magnitudes macroeconómicas de la economía española en ese mismo año.

El Producto Interior Bruto (PIB) español al coste de los factores se incrementó durante 1984 en un 2 por 100, cifra similar al que se produjo en 1983. Dicho incremento se repartió de la siguiente manera: el sector primario creció un 10 por 100 respecto al año anterior; el sector secundario se incrementó sólo un 0,4 por 100 (1,5 por 100 de aumento en la industria y un descenso del 4 por 100 en la construcción), y el sector servicios creció un 2,2 por 100.

La composición del PIB durante 1984 se configuró de la siguiente manera: sector agrario y pesquero, 6,7 por 100; sector secundario, 35,3 por 100 (construcción, 6,8 por 100 e industria, 25,5 por 100 restante), y sector servicios, 58 por 100.

La tasa de inflación durante 1984 ha sido del 9 por 100, algo más de tres puntos inferior a la habida en 1983 (12,2 por 100). Entre los principales factores que favorecieron este descenso de la inflación pueden citarse los siguientes: la disminución del precio del petróleo y, en general, de las materias primas; la menor devaluación de la peseta frente al dólar en 1984 en relación al año anterior; los buenos resultados agrícolas, y la relativa moderación salarial.

La balanza comercial registró en 1984 un déficit de unos 4.000 M\$ (640.000 MP), lo que supuso una reducción de más de 3.600 M\$ (575.000 MP) respecto al año precedente.

La población activa a finales de 1984 era de 13,2 millones de personas, y el número de parados ascendía a 2,9 millones (21 por 100 de la población activa). La distribución del empleo —10,2 millones de personas ocupadas— fue, en dicho año, la siguiente: agricultura y pesca, 18 por 100; industria, 25 por 100; construcción, 8 por 100, y servicios, 49 por 100.

El balance energético, en 1984, se distribuyó de la siguiente manera: petróleo, 47 por 100; carbón, 29 por 100; energía hidráulica, 13 por 100; energía nuclear, 8 por 100, y gas natural, 3 por 100.

(*) Informe del IGME, octubre de 1985.

ASPECTOS GENERALES

En el momento de redactar estas líneas, octubre de 1985, no se había publicado todavía la Estadística Minera de España correspondiente a 1984, pero se dispone de un avance, presumiblemente definitivo, de este sector productivo, salvo para el caso de los productos de cantera. Por ello, será obligado recurrir, en algunas ocasiones, a datos del año anterior.

El valor de la producción minera se aproximó, en 1983, a unos 287.000 MP (sin incluir los hidrocarburos y el uranio que, por su carácter de sustancias estratégicas, no se incluyen en este informe), lo que supuso poco más del 1 por 100 del PIB. Los hidrocarburos y el uranio significaron en dicho año un valor adicional algo superior a los 90.000 MP. En 1984, el valor de la producción se elevó a 281.000 MP, sin contabilizar los productos de cantera, por lo que puede estimarse que se situará en las proximidades de los 320.000 MP, es decir, un 11,5 por 100 superior a la de 1983.

La minería española empleó en 1983 cerca de 88.000 personas, lo que representó el 2 por 100 del empleo industrial, distribuidos de la siguiente manera: 62 por 100 en los productos energéticos, 12 por 100 en la minería metálica, 9 por 100 en la minería no metálica y el resto en los productos de cantera. En 1984, a falta de conocer el empleo en las canteras, se han perdido 2.000 puestos de trabajo.

El déficit de la balanza comercial de materias primas minerales, sin incluir hidrocarburos, ascendió a casi 120.000 MP en 1984. Nuestra dependencia del exterior, calculada como cociente entre el saldo neto de la balanza y el consumo aparente de minerales, en valor, se aproximó al 32 por 100, cifra ésta que se eleva al 40 por 100 cuando se utilizan unidades físicas.

Durante 1984, la minería española ha sufrido grandes transformaciones, pues tuvo lugar la descentralización administrativa al ser traspasadas un número importante de competencias que ejercía la Administración central a las 17 Comunidades Autónomas. En la actualidad, cada Gobierno autónomo tiene competencias sobre minería e inspección y seguridad minera. No obstante, la acción planificadora y la normativa en relación con la seguridad minera continuarán siendo competencia del Gobierno del Estado.

En 1984 se elaboró una nueva Ley de Bases del Régi-

men Minero, pendiente de aprobación por el Gobierno, que va a desarrollar lo previsto en la Constitución de 1978 sobre la materia en cuestión, lo que obligará a una ulterior modificación de la Ley de Minas de 1973.

Esta cambiante situación del panorama minero español ha propiciado que la presencia de las multinacionales mineras se haya multiplicado considerablemente en los últimos años, debido no sólo al potencial minero español, sino también a la estabilidad política y económica, que deberá consolidarse con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE) a principios de 1986. En la actualidad operan en España en el terreno de la investigación minera más de una docena de compañías multinacionales (Exxon-Minera, Exminesa, Sociedad M. M. Peñarroya-España, Billiton, British Petroleum, Saint Joe, etcétera), cuyas inversiones sólo en investigación minera no energética se han visto multiplicadas por algo más de cuatro veces en el período 1980-1984.

Según los últimos datos disponibles, puede afirmarse que la producción minera no energética de la CEE se va a incrementar notablemente una vez que España se integre en el organismo comunitario. Así, por ejemplo, la producción de cobre de la CEE se multiplicará por algo más de 15; la de mercurio, por 8; la de antimonio, por 5; la de pirita, por 3; la de oro, casi por 3; las de plata y wolframio, por 2, y las de cinc, espato-flúor, hierro y plomo, por 1,5. En cuanto al potencial minero español, las cifras —referidas a reservas probadas— muestran que las de la CEE se incrementarán notablemente con el ingreso de España. Las de mercurio quedarán multiplicadas por casi 5; las de cobre, por 4; las de estaño y espato-flúor, por 3; las de wolframio, por 2,3, y las de cinc y plomo, por 1,5.

La cambiante situación mencionada también ha influido en la reforma institucional de los organismos públicos que tradicionalmente se han ocupado de la exploración y de la investigación minera en España, es decir, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), dependiente del Ministerio de Industria y Energía y de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A., perteneciente al Instituto Nacional de Industria (INI) y participada con un 20 por 100 por el IGME. Tanto en el proyecto de nueva Ley de Bases del Régimen Minero como en el Programa Nacional de la Minería, que no acaba

de ultimarse a plena satisfacción de la Administración y que podría quizá sustituir al anterior Plan Nacional de Abastecimientos de Materias Primas Minerales (PNAMPM) se contemplan no sólo la reestructuración de la Empresa Nacional Adaro, sino también la potenciación del IGME. Este, por disposición de la nueva Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, todavía en debate parlamentario, podría convertirse en un ente público más ágil y mejor dotado, lo cual le permitiría desarrollar plenamente las tareas que, en materia de exploración e investigación minera, tiene encomendadas.

PRODUCCION DE MINERALES ENERGETICOS

La producción española de carbones en 1984, y su comparación con la de 1983, queda recogida en el cuadro I.

El valor de la producción de carbones se elevó, en 1984, a casi 168.000 MP, lo que supuso un incremento del 8,2 por 100 respecto al año anterior. El 44 por 100 del valor de la producción correspondió a la hulla, el 24 por 100 a la antracita y el 32 por 100 restante al lignito.

El incremento de la producción española de carbón durante la última década ha sido espectacular, ya que se ha pasado de los 13 Mt de 1974 a los casi 40 Mt de 1984. El mayor crecimiento correspondió al lignito que, en el período citado, se elevó de 2,9 Mt a algo más de 24 Mt. Una gran parte de la hulla se extrae en la Cuenca Central Asturiana, y los mayores desarrollos en el campo de la antracita se han producido en las regiones de El Bierzo y Villablino, en la provincia de León. La mayor parte del lignito pardo se obtiene en Puentes de García Rodríguez y en Meirama, en la provincia de La Coruña, y una proporción importante del lignito negro se extrae en la provincia de Teruel.

Una fracción considerable de la producción española de carbones, junto con parte del carbón importado, se quema en centrales térmicas para la generación de energía eléctrica. La central térmica de Puentes consume unos 13 Mt. al año; la de Andorra quema en la actualidad 3,9 Mt. de lignitos al año, mezclados con 1,3 Mt. anuales de hullas y antracitas de importación, y la central térmica de Meirama consume 4,6 Mt. al año.

CUADRO I
Producción de minerales energéticos

Sustancias	1983		1984		Variaciones físicas (en %)
	Toneladas	Valor (10 ⁸ ptas.)	Toneladas	Valor (10 ⁸ ptas.)	
Hulla	10.048.791	70.831.899	9.813.701	74.312.970	- 2,3
Antracita	5.370.495	35.430.244	5.475.626	39.792.165	+ 1,9
Lignito pardo	17.286.299	21.536.736	17.405.097	21.650.781	+ 0,7
Lignito negro	7.247.617	27.351.961	6.897.831	32.124.577	- 4,8
TOTAL	39.953.202	155.150.840	39.592.255	167.880.493	- 0,9

FUENTE: Estadística Minera de España.

La tercera parte de la hulla, aproximadamente, se extrae en Asturias por la empresa estatal Hunosa. Dicha empresa, perteneciente al INI, tuvo en 1984 unas pérdidas de casi 30.000 MP. Hunosa, con una plantilla de 21.000 trabajadores, firmó un Plan Trienal con el Gobierno en el que se marcaban unos objetivos de producción y se asignaba una ayuda estatal condicionada a los resultados de la sociedad. El propio ex ministro de Industria y Energía, Carlos Solchaga, declaró públicamente que Hunosa era el mayor problema del INI.

La producción de uranio en 1984 fue de 354 t. de U₃O₈, lo que significó un incremento del 23 por 100 con relación a 1983. A finales de 1984 quedó suspendido el Plan Nacional de Exploración del Uranio, encomendado, hasta entonces, a la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA).

La producción española de crudos de petróleo es de unos 3 Mt., valoradas en unos 90.000 MP.

PRODUCCION DE MINERALES METALICOS

Las producciones de minerales metálicos durante 1984 y su comparación con las de 1983 se ofrecen en el cuadro II.

La producción española de mineral de hierro, unos 3,6 Mt. de metal contenido en 1984, permaneció prácticamente igual que la de 1983. Gran parte de la producción, consistente en minerales de baja ley, se exporta, mientras que para atender la fuerte demanda de mineral de hierro de superior calidad por parte de la siderurgia integral, España se ve obligada a importar un considerable tonelaje que, en 1984, alcanzó un valor de 17.000 MP. La producción de acero en ese mismo año fue de 13,5 Mt., frente a los 12,9 Mt. de 1983, lo que supuso un incremento del 4,8 por 100.

Las principales empresas productoras de mineral de hierro durante 1984, por orden de importancia, fueron las siguientes:

- Andaluza de Minas
- Agruminsa (incluido Cehegín)
- Sierra Menera
- Metalquímica del Nervión
- Metalquímica del Mediterráneo
- San Luis y otras
- G. P. Valdeorras.

La ley media de los minerales explotados fue del 44,7 por 100.

La producción de piritas —pirita ordinaria y pirita lavada—, cuyas reservas en el Sureste de España constituyen una de las mayores riquezas del país, ha mostrado cierta debilidad durante los últimos años. Sin embargo, la producción de 1984, 1,3 Mt., ha registrado un incremento de algo más del 20 por 100 en relación con la de 1983.

Las principales empresas productoras de pirita en 1984, por orden de importancia, fueron las siguientes:

- Cía. Tharsis
- Río Tinto Minera
- Apirsa
- San Telmo
- Minas de Herrerías
- Peñarroya España
- Minas de Almagrera
- Electrólisis del Cobre
- Asturiana del Zinc
- Piritas de Huelva.

La ley media de los minerales explotados fue del 46,7 por 100.

CUADRO II
Producción de minerales metálicos

Sustancias	Contenido	1983		1984		Variaciones físicas (en %)
		Toneladas	Valor (10 ⁸ ptas.)	Toneladas	Valor (10 ⁸ ptas.)	
Hierro	Fe	3.552.562	10.339.675	3.557.551	11.238.799	+ 0,1
Pirita	S	1.073.336	5.832.394	1.292.310	6.880.439	+ 20,4
Cobre	Cu	54.818	13.917.375	63.305	15.331.054	+ 15,5
Bauxita	Al ₂ O ₃	2.474	4.735	3.193	7.620	+ 29,1
Plomo	Pb	82.032	5.752.745	96.726	6.272.481	+ 17,9
Cinc	Zn	175.757	10.438.472	230.378	18.299.667	+ 31,1
Estaño	Sn	444,1	769.676	437,7	857.352	- 1,4
Wolframio	WO ₃	651,5	710.085	712,9	807.343	+ 9,4
Antimonio	Sb	489	60.586	583	112.038	+ 19,2
Mercurio	Hg	1.416,2	1.858.975	1.519,9	2.243.260	+ 7,3
Oro	Au	5,4	9.054.621	8,4	10.196.282	+ 49,0
Plata	Ag	214,9	—	309,5	—	+ 44,0
Tántalo	Ta ₂ O ₅	15,1	159.603	9,7	119.410	- 35,4
Otros minerales metálicos	—	5.717	435.795	5.168	605.600	- 9,6
TOTAL	—	—	59.334.737	—	72.971.345	—

FUENTE: Estadística Minera de España.

La producción minera de *cobre* —concentrados y cáscaras— fue algo superior, en 1984, a las 63.000 toneladas, lo que supuso un incremento casi del 16 por 100 respecto a 1983 (unas 55.000 toneladas).

Los principales productores mineros de cobre, durante 1984, siempre por orden de importancia, fueron los siguientes:

- Río Tinto Minera
- Apirsa
- Metalquímica del Nervión
- Minas de Almagrera
- Cía. Tharsis
- Minas de Herrerías.

La ley media de los concentrados fue del 20,5 por 100 y la de las cáscaras del 96,5 por 100.

La producción minera de *plomo*, casi 97.000 t. en 1984, experimentó un incremento del 18 por 100 respecto a la de 1983 (82.000 t.).

Entre las principales empresas mineras productoras de plomo durante 1984, figuran las siguientes:

- Peñarroya España
- Apirsa
- La Cruz
- Exminesa
- Asturiana de Minas
- Adaro
- Los Guindos
- Almagrera-Calañas

La ley media de los minerales explotados fue del 62 por 100.

La producción minera de *cinc* en 1984, 230.000 toneladas, experimentó un importante incremento, del 31 por 100, en relación a la de 1983 (176.000 toneladas).

Entre las principales empresas mineras productoras de cinc durante 1984, figuran las siguientes:

- Asturiana de Minas
- Exminesa
- Apirsa
- Peñarroya España
- Almagrera-Calañas
- Metalquímica del Nervión.

La ley media de los minerales explotados fue del 54,9 por 100.

La producción minera de *estaño* en 1984 —unas 438 toneladas—, sufrió un descenso del 1,4 por 100 respecto a 1983 (444 toneladas).

Las empresas explotadoras más importantes de España, durante 1984, fueron las siguientes:

- Minera del Duero-Golpejas
- Interminas
- La Parrilla: Guillermo Bonilla
- San Finx
- Coparex
- Penouta
- Santa Elisa. Maherca
- Monteneme y Teremar
- La Insuperable. Emilio Lozar.

La ley media de los concentrados fue del 64,8 por 100.

La producción minera de *wolframio* durante 1984 fue de 712 toneladas, que comparada con la de 1983, 652 toneladas, supuso un incremento del 9 por 100.

Las principales compañías mineras fueron las siguientes:

- La Parrilla: Guillermo Bonilla
- Coparex
- Gabriel Velázquez
- Monteneme y Teremar
- San Finx
- Comercio y Manufacturas del Oeste.

La ley media de los concentrados fue del 71,08 por 100.

Los metales preciosos, *oro* y *plata*, se extraen en España de los concentrados de cobre, de las cáscaras del cobre y del bullón obtenido del gossan de Cerro Colorado, en la provincia de Huelva. La plata se obtiene, además, como subproducto de la minería del plomo y del cinc.

La producción de plata en 1984, unos 310.000 Kg., supuso un incremento del 44 por 100 respecto a la de 1983, 215.000 Kg. La de oro, unos 8.100 Kg. en 1984, experimentó un incremento del 49 por 100 en relación con la de 1983, unos 5.400 Kg.

España es, además, el segundo productor mundial de *mercurio*, después de la Unión Soviética, y el país que cuenta con mayores reservas de este metal. La producción, unas 1.500 t. de metal en 1984, supuso un incremento del 7 por 100 en relación a 1983 (unos 1.400 toneladas). La producción de mercurio se centra en Minas de Almadén y Arrayanes.

España produce, además, cantidades no despreciables de antimonio y tántalo.

Uno de los principales *proyectos en desarrollo*, en minería metálica, es el de Aznalcóllar, provincia de Sevilla, de Sociedad Andaluza de Piritas (Apirsa). Otro proyecto importante es el de los complejos polimetálicos de Sotiel, provincia de Huelva, que está siendo desarrollado por Minas de Almagrera, S. A.

PRODUCCION DE MINERALES NO METALICOS

La producción española de minerales no metálicos en 1984, y su comparación con la de 1983, se recoge en el cuadro III.

Como puede observarse en dicho cuadro, se produce en España una larga serie de minerales no metálicos entre los que cabe destacar, por su importancia económica, los siguientes: sales potásicas (13.000 MP en 1984), sepiolita (casi 4.500 MP), sulfato sódico (3.600 MP), magnesita calcinada (3.400 MP), espato-flúor (3.400 MP), sal marina (3.000 MP), sal gema (1.900 MP), caolín (1.900 MP), bentonita (900 MP), etc.

Las principales empresas productoras de minerales no metálicos en 1984 fueron las siguientes:

Sales potásicas

- Unión Explosivos Río Tinto.
- Potasas de Suria.
- Potasas de Navarra.

Sepiolita

- Tolsa.
- Minas de Gádor.

CUADRO III
Producción de minerales no metálicos

Sustancias	Contenido	1983		1984		Variaciones físicas (en %)
		Toneladas	Valor (10 ³ ptas.)	Toneladas	Valor (10 ³ ptas.)	
Andalucita	Al ₂ O ₃	2.588	43.379	1.673	22.799	- 35,4
Arcilla refractaria	Al ₂ O ₃	174.172	717.261	201.152	641.479	+ 15,5
Asfalto	Betún	325	30.715	184	22.699	- 43,4
Attapulgita	—	41.654	340.051	43.907	406.378	+ 5,4
Baritina	SO ₄ Ba	49.618	306.956	65.780	536.185	+ 32,6
Bentonita	—	82.550	573.449	72.582	894.981	- 12,1
Caolín	Al ₂ O ₃	74.838	1.300.029	99.941	1.874.276	+ 33,5
Cuarzo	SiO ₂	490.216	447.692	367.802	429.991	- 25,0
Espato flúor	F ₂ Ca	218.989	2.396.233	279.831	3.374.203	+ 27,8
Esteatita	—	69.467	503.213	72.237	612.878	+ 4,0
Estroncio	SO ₄ Sr	31.740	141.833	24.840	216.000	- 21,7
Feldespató	—	116.137	379.233	136.943	510.044	+ 17,9
Glauberita	SO ₄ Na ₂	180.566	2.307.579	214.198	3.322.942	+ 18,6
Magnesita calcinada	MgO	152.046	3.155.414	148.137	3.436.716	- 2,6
Mica	—	1.309	10.003	990	7.934	- 23,8
Ocre	Fe ₂ O ₃	7.749	106.849	8.175	108.488	+ 5,5
Piedra pómez	—	1.002.301	211.749	829.827	225.314	- 17,2
Sal gema	—	2.008.109	1.668.574	2.155.765	1.934.751	+ 7,4
Sal manantial	—	27.780	86.466	34.867	106.946	+ 25,5
Sal marina	—	1.121.582	2.608.329	1.197.715	3.071.740	+ 6,8
Sales potásicas	K ₂ O	656.726	11.545.194	677.201	13.070.035	+ 1,0
Sepiolita	—	306.630	4.069.644	283.985	4.454.859	- 7,4
Thenardita	SO ₄ Na ₂	132.513	231.056	152.829	280.683	+ 15,3
Trípoli	SiO ₂	40.129	101.894	50.182	147.372	+ 25,1
Turba	—	39.622	91.749	55.561	136.740	+ 40,2
Otros minerales no metálicos.	—	617.119	686.316	544.252	427.796	- 11,8
TOTAL	—	—	34.060.860	—	40.274.229	—

FUENTE: Estadística Minera de España.

Sulfato sódico (glauberita y thenardita)

- Crimidesa.
- Unión Salinera.
- Sulquisa.

Magnesita

- Magnesita de Navarra.
- Magnesita de Rubián.
- Productos magnesianos (en regulación de empleo).

Espato-flúor

- Minersa.
- Fluoruros.
- Unisur.
- Villabona.

Bentonita

- Antonio Ruiz Moral.
- Minas de Gádor.
- Tolsa.

Barita

- Minas de Baritina.
- Blas García Ramírez.
- Unibario.
- M. Nieves.

Feldespató

- Industrias del Cuarzo.
- Llansa.
- Basazuri.

Attapulgita

- Hefrán.
- Tolsa.

En lo que concierne a las potasas, el Instituto Nacional de Industria (INI) decidió que, a finales de 1985, era necesario cerrar las minas de Potasas de Navarra e investigar el yacimiento alternativo, en la misma comuni-

dad autónoma, de Subiza, con participación del Gobierno regional y de la Diputación Foral de Navarra.

Después del hallazgo del yacimiento de fosfatos de Fontanarejo, en la provincia de Ciudad Real, cuya cubrición prosiguió durante 1984, se ha extendido la investigación, por parte del IGME y de Minas de Almadén y Arrayanes, a la Reserva Hespérica, que ocupa una amplia extensión.

PRODUCCION DE PRODUCTOS DE CANTERA

La producción española de productos de cantera es muy variada. Las explotaciones son, en general, de pequeña magnitud y se encuentran distribuidas por todo el territorio español, para las necesidades locales.

Cabe destacar, en 1983, la producción de calizas y dolomías que, en conjunto, supusieron casi 87 Mt.; las arenas y areniscas (34 Mt.); las arcillas (10 Mt.); los granitos (7,5 Mt.); las margas (6,3 Mt.); los yesos (5,6 Mt.); la sílice y arenas silíceas (2,1 Mt.); la arenisca (1,4 Mt.); el basalto (1,1 Mt.); la ofita (1 Mt.); las pizarras (1 Mt.), y el mármol (0,9 Mt.).

Pero por su valor comercial y, sobre todo, por sus posibilidades de exportación, pueden destacarse las rocas ornamentales: pizarra, granito y mármol.

COMERCIO EXTERIOR DE MINERALES EN ESPAÑA

En los cuadros IV y V se observa el comercio exterior de minerales en nuestro país de aquellas sustancias que, en 1984, alcanzaron un déficit o un superávit superior a 1.000 MP.

Por el lado de las importaciones aparece una larga lista de sustancias, entre las que figuran las clásicas deficitarias (hulla, 33,4 por 100 del total de las importaciones; fosfatos, 12,4 por 100; mineral de hierro, 9,7 por 100; bauxita, 7,9 por 100; mineral de cobre, 3,8 por 100 etc.).

En relación con el mineral de aluminio, se ha sustituido considerablemente la importación de alúmina calcinada por la de bauxita desde que entró en funcionamiento la planta de alúmina de San Ciprián (Lugo) a finales de 1980. Es destacable también la elevada cuantía que supone la importación de minerales de metales preciosos —unos 6.100 MP— y la de boratos naturales, casi 3.500 MP.

Entre los minerales que se exportan se encuentran las potasas (14,6 por 100 del total de las exportaciones), pizarras (13,9 por 100), cenizas y residuos de metales preciosos (10,4 por 100), sepiolita (7,5 por 100), granito (5,2 por 100), etc.

Dada la trascendencia que va a tener para España el ingreso en la CEE a partir del 1 de enero de 1986, se ofrece en el cuadro VI el balance del comercio exterior español de minerales con el organismo comunitario, durante 1984, y el resumen del mismo con el resto del mundo. Se han considerado los cuatro bloques de sustancias —energéticos, metálicos, no metálicos y productos de cantera— y se ha realizado un balance de nuestro comercio exterior de minerales para cada uno de los 10 países que integran actualmente la CEE y otro balance considerando la CEE ampliada a 12 países, una vez que se integren España y Portugal.

CUADRO IV
Importaciones de minerales: 1984

Minerales	(En 10 ⁶ Ptas).
Hulla	58.888
Fosfatos	21.966
Mineral de hierro	17.174
Mineral de aluminio (bauxita)	14.000
Minerales de cobre	6.632
Minerales de metales preciosos	6.113
Minerales de estaño	5.985
Minerales de manganeso	4.124
Asbestos	4.054
Minerales de cinc	3.558
Boratos naturales	3.444
Coques y semicoques	2.985
Caolín	2.805
Mineral de molibdeno	2.772
Lignito	2.744
Magnesita	2.524
Minerales de plomo	1.997
Mármol	1.592
Cenizas y residuos de cobre	1.326
Ilmenita	1.222
Granito	1.206
Minerales de cromo	1.083
Azufre	1.030
Resto de minerales	7.269
TOTAL IMPORTACIONES	176.493

CUADRO V
Exportaciones de minerales: 1984

Minerales	(En 10 ⁶ Ptas).
Potasas	8.445
Pizarras	8.015
Cenizas y residuos de metales preciosos (lodos electrolíticos)	5.990
Sepiolita	4.334
Granito	3.008
Mármol	2.708
Minerales de hierro	2.607
Minerales de cobre	2.588
Espato flúor	2.402
Magnesita	2.296
Minerales de cinc	2.254
Yeso natural	1.741
Mercurio	1.667
Resto de minerales	9.700
TOTAL EXPORTACIONES	57.755

CUADRO VI
Comercio exterior español de minerales con la CEE y resumen con el resto del mundo: Año 1984

Países	Product. energéticos		Minerales metálicos		Minerales no metál.		Productos cantera		Tot. product. min.	
	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.
Francia	851.510	—	375.667	1.445.454	2.165.773	3.463.373	117.116	5.966.018	3.510.066	10.874.845
Bélgica	334.098	—	416.605	2.587.858	109.971	758.512	12.248	565.127	872.922	3.911.497
Holanda-Luxemb.	29.625	—	276.937	1.415.167	310.864	725.368	1.888	43.619	619.314	2.184.154
R. F. Alemania	2.296.083	—	645.390	1.700.055	844.231	2.485.566	28.468	1.468.159	3.814.172	5.653.780
Italia	106.063	—	1.098.866	500.043	953.031	2.514.748	1.258.227	2.476.516	3.416.187	5.491.307
Reino Unido	262.038	21.418	706.406	3.771.813	2.997.536	1.417.449	36.198	256.457	4.002.178	5.467.137
Irlanda	—	—	333.619	—	304	199.919	—	35.907	333.923	235.826
Dinamarca	—	—	45	1.261	97.519	55.816	1.954	164.074	99.518	221.151
Grecia	—	—	211.789	175.349	909.558	433.129	966	7.271	1.122.313	615.749
TOTAL CEE DE LOS 10	3.879.417	21.418	4.065.324	11.597.000	8.388.787	12.053.880	1.457.065	10.983.148	17.790.593	34.655.456
Portugal	—	27.186	7.679	87.841	26.016	719.745	506.051	116.057	539.746	950.829
TOTAL CEE DE LOS 12	3.879.417	48.604	4.073.003	11.684.841	8.414.803	12.773.625	1.963.116	11.099.205	18.330.339	35.606.275
Otros países (1)	61.296.974	34.720	64.593.712	7.015.337	31.031.745	11.004.752	1.779.931	5.045.053	158.702.362	23.099.862
	61.296.974	7.534	64.586.033	6.927.496	31.005.729	10.285.007	1.273.880	4.928.996	158.162.616	22.149.033
TOTAL COMERCIO	65.176.391	56.138	68.659.036	18.612.337	39.420.532	23.058.632	3.236.996	16.028.201	176.492.955	57.755.308

Unidad: 10⁸ pesetas.

(1) La primera cifra es considerando la CEE de los 10, y la segunda la CEE de los 12.

España sólo adquirió de la CEE el 10 por 100, en valor, del total de las importaciones de minerales realizados en 1984, y exportó a la Comunidad el 60 por 100 del total de sus exportaciones.

En el cuadro VII se ofrece, finalmente, la dependencia

económica española de materias primas minerales, por sustancias, calculada, como ya se dijo anteriormente, como cociente entre el saldo neto de nuestro comercio exterior y el consumo aparente, haciendo la diferenciación entre sustancias deficitarias y excedentarias.

CUADRO VII Dependencia económica española de materias primas minerales: Año 1984

Sustancias	Importac. (I) (En 10 ³ pts.)	Exportac. (E) (En 10 ³ pts.)	Importac. Exportac. (I - E) (En 10 ³ pts.)	Producción (P) (En 10 ³ pts.)	Consumo aparente C = I - E + P (En 10 ³ pts.)	Sustancias deficitarias	Sustancias excedentarias
						Depend. neta I - E (D = $\frac{C}{I}$) (En %)	Superávit neto E - I (S = $\frac{C}{E}$) (En %)
Antracita	54	14	40	39.792.185	39.792.225	0	
Hulla	58.888.394	26.159	58.862.235	74.312.970	133.175.205	44,20	
Lignito	2.744.161	—	2.744.161	53.775.358	56.519.519	4,86	
Turba	558.425	6.914	551.511	136.740	688.251	80,13	
Total product. energéticos.	62.190.080	33.087	62.157.947	168.017.253	230.175.200	27,00	
Pirita	17.937	832.046	— 814.109	6.880.439	6.066.330		13,42
Mineral de hierro	17.173.814	2.607.107	14.566.707	11.238.799	25.805.506	56,45	
Minerales de manganeso	4.123.610	716	4.122.894	—	4.122.894	100,00	
Minerales de plomo	1.996.589	863.815	1.132.774	6.272.481	7.405.255	15,30	
Minerales de cinc	3.557.534	2.254.258	1.303.276	18.299.667	19.602.943	6,65	
Minerales de cobre	6.632.097	2.588.346	4.043.747	15.331.054	19.374.801	20,87	
Minerales de aluminio	13.999.920	20.979	13.978.941	7.620	13.986.561	99,95	
Minerales de estaño	5.984.724	11.187	5.973.537	857.352	6.830.889	87,45	
Minerales de cromo	1.082.672	630	1.082.042	—	1.082.042	100,00	
Minerales de wolframio	—	743.679	— 743.679	807.343	63.664		1.168,13
Ilmenita	1.358.143	—	1.358.143	—	1.358.143	100,00	
Tantalita (*)	—	152.422	— 152.422	119.410	— 33.012	(*)	
Minerales de metales pre- ciosos	6.112.711	19.129	6.093.582	10.196.282	16.289.864	37,41	
Minerales de antimonio	54.055	—	54.055	112.038	166.093	32,55	
Mineral de molibdeno	2.772.003	28.685	2.743.318	—	2.743.318	100,00	
Minerales de circonio	822.126	14.325	807.801	—	807.801	100,00	
Mercurio	74	1.667.342	— 1.667.268	2.243.260	575.992	289,46	
Otros minerales metálicos	1	—	1	605.600	605.601	0	
Total minerales metálicos.	65.688.006	11.804.666	53.883.340	72.971.345	126.854.685	42,48	
Sal gema, sal marina, etc.	40.172	916.803	— 876.631	5.113.437	4.236.806		20,69
Azufre	1.030.167	34.856	995.311	—	995.311	100,00	
Grafito natural	179.928	249	179.679	—	179.679	100,00	
Cuarzo (**)	115.475	743.908	— 628.433	429.991	— 198.442	(**)	
Creta	79.368	69.024	10.344	—	10.344	100,00	
Fosfatos	21.965.847	1.260	21.964.587	—	21.964.587	100,00	
Baritina	16.552	497.183	— 480.631	536.185	55.554		865,16
Kieselgur, tripolita, etc.	129.931	52.440	77.491	147.372	224.863	34,46	
Piedra pómez, corindón, etc.	54.717	39.534	15.183	225.314	240.497	6,31	
Magnesita	2.524.259	2.295.760	228.499	3.436.716	3.665.215	6,23	
Amianto (asbesto)	4.053.678	42.891	4.010.787	—	4.010.787	100,00	
Mica	75.396	382	75.014	7.934	82.948	90,43	
Esteatita	216.568	396.980	— 180.420	612.878	432.458		41,72
Criolita	99.223	—	99.223	—	99.223	100,00	
Boratos naturales	3.443.683	14.425	3.429.258	—	3.429.258	100,00	
Espato-flúor	5.333	2.402.286	— 2.396.953	3.374.203	977.250		245,28
Feldespatos	122.142	43.043	79.099	510.044	589.143	13,43	
Leucita, nefelina, etc.	48.243	719	47.524	—	47.524	100,00	
Sepiolita-attapulgitas	4.407	4.334.003	— 4.329.596	4.454.859	125.263		3.456,40
Caolín	2.804.786	934.057	1.870.729	1.874.276	3.745.005	49,95	
Bentonita	180.693	206.084	— 26.111	894.981	868.870		3,01
Andalucita, cianita, etc.	99.672	2.412	97.260	22.799	120.059	81,91	
Arcilla refractaria	401.597	425.982	— 24.385	641.479	617.094		3,95
Potasas	9.928	8.444.733	— 8.434.805	13.070.035	4.635.230		181,97
Estroncio	—	216.000	— 216.000	216.000	—		100,00
Glauberita-Thenardita	15.360	1.950.453	— 1.935.093	3.603.625	1.668.532		15,98
Total miner. no metálicos.	37.717.125	24.066.165	13.650.960	39.172.128	52.823.088	25,84	
TOTAL	165.596.111	35.903.918	129.692.247	280.160.726	409.852.973	31,64	

FUENTES: Estadística Minera de España. Avance 1984. Estadística del Comercio Exterior de España. Avance 1984.

(*) Al salir consumo negativo quiere decir que se han exportado también stocks del año anterior.

(**) Se incluye también las cuarcitas, de las que no se posee información en la fecha de redactar este informe (ello explica que el consumo sea negativo).

Nota: Puede observarse que el valor de las importaciones y exportaciones que figuran en este cuadro y, en consecuencia, el saldo de la balanza comercial del sector minero no coinciden con el valor que, por esos mismos conceptos, se ofrecen en los cuadros IV, V y VI. Ello se debe a que en el presente cuadro no se han incluido los productos de cantera, los residuos y cenizas de metales, la alúmina calcinada y el coque, de los que no se conocía la producción al redactar estas líneas.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

850007. **Mineros destacados del siglo XIX. Felipe Bauzá y Rábaxa (1802-1975).** LOPEZ DE AZCONA, J. M.

Bol. Geol. Min (1984), vol. 95, núm. 4, 383-386, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Histórico, España.

842157. **Caracterización y división en unidades del Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas.** RODRIGUEZ FERNANDEZ, J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 5.1-5.3, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Ciclo sedimentario, Transgresión, Regresión, Sedimentación marina, Sedimentación continental, Medio marino, Medio continental, Olistostroma, Mioceno, Plioceno, Zona Bética.

842160. **Discontinuidades sedimentarias y procesos relacionados en el Jurásico medio-superior-Cretácico de la Sierra de Cabra, Subbético externo, Cordilleras Béticas.** MOLINA, J. M.; RUIZ-ORTIZ, P. A., y VERA, J. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 5.12-5.17, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Discontinuidad, Ciclo sedimentario, Jurásico, Cretácico, Sedimentación marina, Medio marino, Emersión, Falla, Caliza oolítica, Dique, Neptunita, Brecha, Hard-ground, Paleogeografía, Provincia Córdoba, Zona Bética, Zona Subbética.

842167. **Facies y ambientes sedimentarios del Silúrico y Devónico inferior en la región central de Asturias.** SANCHEZ DE LA TORRE, L.; VERA DE LA PUENTE, C.; SUAREZ DE CENTI, C., y AGUEDA, J. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 5.38-5.39, esp., bibl. IGME.

* Silúrico, Devónico inf., Pizarra, Bioestratigrafía, Laguna estratigráfica, Paleogeografía, Arco asturico, Asturias.

842168. **Paleobatimetría basada en estudios de microfósiles: Posibilidades y problemas.** LUTERBACHER, H.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 6.1, esp., bibl. IGME.

* Paleobatimetría, Indicador batimétrico, Fauna foraminífera, Paleocología, Maestrichtiense, Paleógeno, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

842175. **Características secuenciales del Ordovícico en el sinclinal de Monfrague, Cáceres.** CARBALLEIRA, J.; DUQUE, J., y POL, C.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 6.26, esp., bibl. IGME.

* Ordovícico, Silúrico, Roca sedimentaria, Sinclinal, Provincia Cáceres.

GEOLOGIA REGIONAL

842209. **Esquema geológico do Maciço de Evora.** CARVALHOSA, A.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 201-208, port., res. fr. bibl. IGME.

* Antecámbrico, Antecámbrico sup., Cámbrico, Orogenia hercínica, Micaesquisto, Migmatita, Granodiorita, Diorita cuarcítica, Portugal, Evora, Alto Alentejo.

ESTRATIGRAFIA

842134. **Facies asociadas a las transgresiones Aptienses en el flanco sur del Anticlinorio de Bilbao.** GARCIA GARMILLA, F.; GARCIA PASCUAL, I., y ORTEGA, R.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 2.41-2.44, esp., bibl. IGME.

* Aptiense, Urgoniense, Wealdense, Corte geológico, Nivel guía, Caliza, Arrecife, Rudisto, Correlación, Pliegue, Anticlinorio, Provincia Vizcaya.

842177. **Automatización mediante ordenador del dibujo de columnas estratigráficas.** ESTALRICH, J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 6.29-6.32, 1 ref., esp., bibl. IGME.

* Corte geológico, Escala estratigráfica, Representación gráfica, Programa ordenador.

842178. **«Proyecto Hades». Un nuevo método para la investigación del Pleistoceno.** POMAR, L.; RODRIGUEZ, A., y FORNOS, J. J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 6.33-6.36, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Pleistoceno, Karst, Medio litoral, Interfase agua mar, Variación nivel, Sedimentación litoral, Investigación científica, Investigación en curso, Baleares, Mallorca.

842183. **El límite Mioceno/Plioceno de Mallorca: Contribución a su determinación mediante los foraminíferos planctónicos del sondeo S40.** MATEU, G.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 6.48-6.50, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Mioceno, Plioceno, Límite estratigráfico, Bioestratigrafía, Fauna foraminífera, Asociación fósil, Baleares, Mallorca.

842195. **Esquema litoestratigráfico del Mioceno medio superior - Plioceno de las Baleares.** BARON, A.; GONZALEZ, C.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.46-7.48, esp., bibl. IGME.

* Mioceno medio, Mioceno sup., Plioceno, Corte geológico, Ciclo sedimentario, Sondeo, Muestreo, Baleares.

842212. **Aportaciones micropaleontológicas para el conocimiento del límite Precámbrico-Cámbrico en la Sierra de Córdoba, España.** LIÑAN, E., y PALACIOS, T.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 227-234, 32 ref., esp., res. port., bibl. IGME.

* Acritarcha, Bioestratigrafía, Límite estratigráfico, Antecámbrico, Cámbrico, Provincia Córdoba.

850021. **Investigaciones bioestratigráficas en las «capas con Tristani» (Llanvirn-Llandello) de la parte meridional de la zona Centro-Ibérica española.** GUTIERREZ MARCO, J. C.

Cuad. lab. xeol. Laxe (1984), núm. 7, 22 pp., esp., bibl. IGME.

* Bioestratigrafía, Extensión estratigráfica, Límite estratigráfico, Fauna trilobite, Llanvirn, Llandello, Hercínico Centro, Montes de Toledo.

GEOLOGIA MARINA

842087. **La Plataforma continental Mediterránea entre el Cabo de Palos y Cabo Tiñoso. Morfología y estudios sísmicos de la cobertera sedimentaria.** REY, J., y DIAZ DEL RIO, V.

Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr. (1983), núm. 11, 21 pp., 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Levantamiento sísmico, Sísmica reflexión, Perfil geofísica, Plataforma continental, Relieve submarino, Batimetría, Sedimentación marina, Formación recubrimiento, Cañón marino, Mapa batimétrico, Mapa geofísica, Provincia Murcia, Mar Mediterráneo Oeste

842088. **Corrientes de la Costa de Málaga. Métodos y resultados.** AREVALO, L., y GARCIA, J.

Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr. (1983), núm. 13, 45 pp., 9 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Corriente, Dirección corriente, Método estadístico, Método matemático, Tratamiento dato, Provincia Málaga, Mar de Alborán.

842161. **Relación entre las formaciones sedimentarias y la tectónica reciente en la plataforma continental del Golfo de Valencia.** REY, J., y DIAZ DEL RIO, V.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca (1983), 5.18-5.21, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación marina, Medio marino, Actual, Deformación, Estructura sedimentaria, Neotectónica, Fracturación.

842185. **El Mediterráneo Occidental Español: Un ensayo de síntesis evolutiva.** MALDONADO, A.; ZAMARREÑO, I.; BLECHSCHMIDT, G.; CANALS, M.; DIAZ, J. I.; FARRAN, M.; GONZALEZ DONOSO, J. M.; IACCARINO, S.; MAUFRET, A.; RYAN, W. B. F., y WILLIAMS, D. F.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.4-7.10, ref., esp., bibl. IGME.

* Cuenca oceánica, Oceanografía, Cuenca subsidencia, Margen continental, Corteza continental, Reconstrucción paleogeográfica, Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, España, Baleares, Mar Mediterráneo Oeste, Mar de Alborán.

842186. **Características sedimentológicas de los afloramientos Messinienses en el margen continental de Menorca.** MALDONADO, A.; CANALS, M.; DIAZ, J. I.; FARRAN, M., y ZAMARREÑO, I.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.11-7.13, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación albufera, Medio albufera, Evaporita, Marga, Estructura sedimentaria, Varva, Slumping, Discordancia, Margen continental, Messiniense, Mioceno sup., Baleares, Menorca, Mar Mediterráneo Oeste.

842187. **Cementación submarina en los afloramientos del margen continental de las Baleares.** ZAMARREÑO, I., y VAZQUEZ, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.14-7.17, esp., bibl. IGME.

* Cementación, Calcarenita, Calclutita, Caliza microcristalina, Cemento roca, Brecha volcánica, Evaporita, Margen continental, Baleares, Mar Mediterráneo Oeste.

842188. **La superficie de erosión y las evaporitas del Messiniense en el sector septentrional de la fosa de Valencia.** PALANQUES, A., y MALDONADO, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.18-7.21, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Superficie erosión, Evaporita, Batimetría, Mapa isopacas, Messiniense, Mioceno sup., Levantamiento sísmico, Provincia Valencia, Mar Mediterráneo Oeste.

842189. **Significado geotectónico del Estrecho de Gibraltar en la evolución del Mar de Alborán.** MALDONADO, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.22-7.27, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Paleogeografía, Mar de Alborán, Estrecho de Gibraltar, Movimiento placa, Microplaca, Zona subducción, Fracturación, Flysch, Arenisca, Marga, Cuaternario, España.

842192. **Depósitos de gravas en el margen continental distal al este de las Baleares: Significado paleogeográfico.** CANALS, M.; DIAZ, J. I., y MALDONADO, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.36-7.38, esp., bibl. IGME.

* Offshore, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Sondeo, Muestreo, Perfil geofísico, Método sísmico, Grava, Arena, Baleares, Mar Mediterráneo Oeste.

842193. **Análisis comparativo entre los depósitos post-messinienses y ante-messinienses en el margen continental balear: Significado paleoceanográfico.** CANALS, M.; MALDONADO, A.; ZAMARREÑO, I.; DIAZ, J. I., y LI FARRAN, M.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 7.39-7.42, esp., bibl. IGME.

* Offshore, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Neógeno, Perfil geofísico, Método sísmico, Muestreo, Bioestratigrafía, Baleares, Mar Mediterráneo Oeste.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

842028. **Reconversión de desechos minerales carboníferos. Definición de parámetros geoambientales.** IBERGESA.

IGME (1980), núm. 00637, 73 pp., esp., CDIGME.

* Residuo industrial, Carbón, Estudio impacto medio, Protección medio ambiente, Sondeo, Corte sondeo, Muestreo, Clasificación granulométrica, pH, Capacidad carga catión, Materia orgánica, Conductividad eléctrica, Análisis químico, Provincia Barcelona, Provincia Palencia.

842029. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Área Rincón de Ademuz.** IGME.

IGME (1980), núm. 00653, 112 pp., 19 ref., esp., CDIGME.

* Estudio medio, Planificación regional, Mapa geológico, Provincia Valencia.

842030. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Área Moncayo-Tarazona-Borja.** IGME.

IGME (1980), núm. 00654, 135 pp., esp., CDIGME.

* Geología del medio ambiente, Ciclo sedimentario, Hidrología superficie, Permeabilidad, Pedogénesis, Clima, Sismicidad, Recurso natural, Ecología humana, Vías comunicación, Concesión minera, Bibliografía, Inventario, Provincia Zaragoza.

842031. **Realización de un programa de actuación de geología territorial y ambiental. Tomo I.** IGME.

IGME (1980), núm. 00658, 4 vol., esp., CDIGME.

* Geología del medio ambiente, Planificación regional, Estudio impacto medio, Programa, España.

842032. **Realización de un programa de actuación de geología territorial y ambiental. Tomo I.** IGME.

IGME (1980), núm. 00658, 214 pp., esp., CDIGME.

* Geología del medio ambiente, Planificación regional, Castilla La Nueva.

842033. **IGME: Funciones, obligaciones y estructura. El medio físico. Actuaciones del IGME sobre el medio natural. Situación actual y perspectivas de desarrollo.** IGME.

IGME (1980), núm. 00658, 1-55, esp., CDIGME.

* Geología del medio ambiente, Teoría, IGME, Informe actividad, Geología, Geotecnia, Agua subterránea, Yacimentología, Programa, España.

842034. **Realización de un programa de actuación de geología territorial y ambiental.** IGME.

IGME (1980), núm. 00658, 4 tomos, 822 pp., esp., CDIGME.

* Mapa geológico, Mapa pedológico, Precipitación atmosférica, Hidrología superficie, Evapotranspiración, Infiltración, Calidad agua, Agua subterránea, Gestión recursos agua, Balance agua, Geografía, Ecología humana, Industria, Vías de comunicación, Suelo, Clasificación, Utilización terreno, Inventario, León, Provincias Palencia, Valladolid, Burgos, Región Centro, Región Manchega, Región Aragonesa, Murcia, Santander, Región Valenciana, Canarias, Asturias, Extremadura, Baleares, Galicia, Andalucía Oriental, Andalucía Occidental, España.

842076. **Informe sobre las condiciones de estabilidad de la balsa de cenizas de Mas de Perle, propiedad de ENDESA, Andorra (Teruel).** PERNIA, J. M.

IGME, Div. Geotecnia (1981), núm. 00670, 32 pp., esp., CDIGME.

* Proyecto, Residuo industrial, Almacenamiento, Agua subterránea, Polución, Previsión, Estudio impacto medio, Clasificación granulométrica, Compactación, Estabilidad ladera, Piezometría, Filtración, Ensayo de laboratorio, Ceniza carbón, Andorra, Provincia Teruel.

842077. **Informe somero sobre los deslizamientos de Alcoy, Alicante.** IGME.

IGME (1980), núm. 00671, 4 pp., esp., CDIGME.

* Deslizamiento terreno, Ladera, Estabilización, Alcoy, Provincia Alicante.

850009. **Europa y el desafío ecologista.** MOLTKE, K. von. Bol. inf.—Fund. Juan March (1982), núm. 111, 3-12, esp., bibl. IGME.

* Protección medio ambiente, Histórico, Ecología, Cooperación internacional, CEE, Legislación, Europa Oeste.

850010. **Mejora del suelo e hinca de pilotes en los Barrios, Algeciras.** ANDREU, J.; ARCONES, A., y SORIANO, A.

Bol. inf. lab. carret. geotec. (1984), núm. 161, 3-11, 15 ref., esp., bibl. IGME.

* Suelo, Arena, Propiedad geotécnica, Clasificación granulométrica, Ensayo in situ, Permeabilidad, Penetrometría, Compactación, Fundación, Provincia Cádiz.

850011. **Formulación de un modelo geoestadístico de la compresibilidad del suelo y su aplicación al cálculo directo de asentamientos diferenciales en el delta del río Llobregat (Barcelona).** XIMENEZ DE EMBUN, J.

Bol. inf. lab. carret. geotec. (1984), núm. 161, 13-31, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Suelo, Propiedad geotécnica, Compresibilidad, Penetrómetro, Modelo, Geoestadística, Provincia Barcelona, Cuenca Llobregat.

PALEONTOLOGIA DE LOS VERTEBRADOS

842082. **Roedores e Insectívoros del Mioceno Superior de Hostalets de Plérola, Vallés-Penedés, Cataluña.** AGUSTI, J., y GIBERT, J.

Butll. inf.—Inst. Paleontol. Sabadell (1982), vol. 14, número 1-2, 19-37, 13 ref., esp., res. ing., cat., bibl. IGME.

* Insectívoro, Myomorpha, Diente, Anatomía esqueleto, Biometría, Mioceno sup., Histograma, Provincia Barcelona.

842083. **Los Rinocerotidos, Mammalia, Perissodactyla del Turolense del Penedés, Píera, Barcelona.** SANTAFE-LLOPIS, J. V., y CASANOVAS-CLADELLAS, M. L.

Butll. inf.—Inst. Paleontol. Sabadell (1982), vol. 14, número 1-2, 39-47, 11 ref., esp., res. cab., fr., bibl. IGME.

* Ceratomorpha, Aceratherium, Dicerorhinus, Turolense, Anatomía locomoción, Mioceno sup., Corte geológico, Provincia Barcelona.

842085. **Los Hispanopitecos, Primates Pougidae de los yacimientos del Vallés-Penedés, Cataluña España. I: Material ya descrito.** GOLPE POSSE, J. M.

Butll. inf.—Inst. Paleontol. Sabadell (1982), vol. 14, número 1-2, 63-69, 9 ref., esp., res. cat., bibl. IGME.

* Pougidae, Mandíbula, Diente, Mioceno, Provincia Barcelona.

842090. **Los Palaeotheriinae, Perissodactyla, Mammalia de talla media del yacimiento ludense de Sossis, Tremp, Lérida.** CASANOVAS-CLADELLAS, M. L., y SANTAFE-LLOPIS, J. V.

Paleontol. evol. (1982), vol. 17, 15-20, 8 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

* Hippomorpha, Palaeotherium, Diente, Biometría, Ludense, Eoceno, Provincia Lérida.

842091. **Dicerorhinus steinheimensis, Mammalia, Perissodactyla y su distribución estratigráfica en las Cuencas del Mioceno catalán.** SANFE-LLOPIS, J. V., y CASANOVAS-CLADELLAS, M. L.

Paleontol. evol. (1982), vol. 17, 21-28, 6 ref., esp., res. cat., fr., bibl. IGME.

* Ceratomorpha, Dicerorhinus, Diente, Biometría, Biotopo, Mioceno, Cataluña.

842092. **Roedores e Insectívoros, Mammalia del Mioceno Superior de Can Jofresa y Can Perellada, Vallés-Penedés, Cataluña,** AGUSTI, J., y GIBERT, J.

Paleontol. evol. (1982), vol. 17, 29-41, 15 ref., esp., res. ing., cat., bibl. IGME.

* Cricetidae, Myomorpha, Insectívora, Diente, Biometría, Bioestratigrafía, Paleoecología, Mioceno sup., Provincia Barcelona.

842093. **Algunas precisiones acerca de la sistemática y nomenclatura de los Plisciformes fósiles.** GOLPE POSSE, J. M.

Paleontol. evol. (1982), vol. 17, 43-48, 17 ref., esp., res. cat., bibl. IGME.

* Taxinómia, Nomenclatura, Písces, Extensión estratigráfica.

850029. **Contribución al estudio de las faunas prehistóricas de Galicia: Los ungulados del Holoceno.** VAZQUEZ VARELA, J. M.

Cuad. lab. xeol. Laxe (1984), núm. 7, 217-220, 6 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

* Fauna vertebrado, Ungulados, Holoceno, Galicia.

PALEONTOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS

842171. **La fauna de Ammonites del Oxfordiense de la Cordillera Ibérica y su posición paleogeográfica.** MELLENDEZ, G.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca (1983), 6.10-6.13, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Fauna ammonites, Fauna específica, Provincia faunística, Biogeografía, Oxfordiense, Paleogeografía, Macizo Ibérico.

842184. **Relación fauna-sedimento de los Bivalvia en el Plioceno de Huelva, Sección de la Antovia, Sevilla-Huelva.** PORTA, J. de, y GONZALEZ, J. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca 7.1-7.3, esp., bibl. IGME.

* Fauna pelecípodo, Plioceno, Tafonomía, Biofacies, Provincia Huelva, Cuenca Guadalquivir.

850001. **Nuevos paleontinidos del yacimiento Infracretácico de la «Pedrera de Melá» (Lérida).** GOMEZ PALLEROLA, I. E.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 4, 301-309, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Hemipteroidea, Taxón nuevo, Taxinómia, Caliza, Cretácico inf., Provincia Lérida.

850004. **Revisión de la colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España.** PEREJON, A.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 4, 337-353, 34 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Arqueociatos, Colección, Revisión, Taxinómia, Museo, IGME, España.

850028. **Fósiles ordovícicos del sinclinal de Villaodríd (zona Astur-occidental-Leonesa, NO. de España).** GUTIERREZ MARCO, J. C., y RABANO, I.

Cuad. lab. xeol. Laxe (1984), núm. 7, 213-216, esp., bibl. IGME.

* Fauna trilobite, Fauna graptolite, Fauna molusco, Fauna braquiópodos, Algas, Llanvirniense, Pizarra, Provincia Lugo.

PALEOBOTANICA

842084. **La flora del Mioceno medio de las cercanías de Martorell.** SANZ DE SIRIA CATALAN, A.

Bull. inf.—Inst. Paleontol. Sabadell (1982), vol. 14, número 1-2, 49-61, 7 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

* Gymnosperma, Commelinidae, Hamamelididae, Magnoliidae, Rosidae, Dilleniidae, Mioceno medio, Provincia Barcelona.

842089. **La flora pliocénica de Siurana, Gerona.** SANZ DE SIRIA, A.

Paleontol. evol. (1982), vol. 17, 3-14, 9 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

* Coniferales, Commelinidae, Hamamelididae, Dilleniidae, Magnoliidae, Rosidae, Asteridae, Plioceno, Provincia Gerona.

850003. **Contribución al estudio del Nanoplancton calcáreo del Neógeno en la provincia de Murcia.** GARCIA ABOIN, H.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 4, 325-336, 53 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Nanofósil, Plancton, Caliza, Tortoniense, Andalucense, Provincia Murcia.

TECTONICA

850025. **Estructura, petrología y evolución de la región de Sobrado de los Monjes (La Coruña).** MARTINEZ CATALAN, J. R., y DE PABLO, J. C.

Cuad. lab. xeol. Laxe (1984), núm. 7, 103-124, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pliegue, Pliegue antiformal, Falla, Cabalgamiento, Orogenia Hercínica, Granodiorita, Milonita, Ultrabásita, Eclogita, Metabásita, Gabro, Deformación, Recristalización, Facies metamórfica, Control tectónico, Provincia La Coruña.

HIDROGEOLOGIA

842026. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén). Tomo IV. Anejo IV. Hidrología subterránea.** IGME.

IGME (1980), núm. 00630, 170 pp., esp., CDIGME.

* Agua subterránea, Pozos agua, Fuente, Caudal, Temperatura, Análisis químico, Inventario, Provincia Jaén.

842027. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén). Tomo V. Anejo V. Minería.** IGME.

IGME (1980), núm. 00630, 167 pp., esp., CDIGME.

* Yacimiento, Plomo sustancia, Filón, Yacimiento hidrotermal, Falla, Control tectónico, Inventario, Provincia Jaén.

842052. **Estudio de las posibilidades de explotación de energía geotérmica en almacenes profundos de baja y media entalpía del territorio nacional.** IGME.

IGME (1981), núm. 00660, 3 vol., 215 pp., 17 mapas, 36 fichas, esp., CDIGME.

* Geotermia, Energía geotérmica, Gradiente geotérmico, Prospección, Elección lugar, Sondeo, Cuenca sedimentaria, Corte sondeo, Isopaca, Agua subterránea, Temperatura, Acuífero, Porosidad, Permeabilidad, Arenisca, Caliza, Dólomía, Atlas, Mapa hidráulico, Mapa tectónico, Profundidad, Dato, España.

842058. **Estudio de los materiales de la cuenca occidental del Duero susceptibles de constituir acuíferos profundos capaces de ser soporte de energía geotérmica de baja entalpía.** IGME.

IGME (1980), núm. 00664, 3 vol., 120 ref., 13 mapas, esp., CDIGME.

* Hidrogeología, Acuífero, Hidroquímica, Energía geotérmica, Mapa geológico, Mapa hidrogeológico, Terciario, Cuenca Duero, Provincia León, Zamora, Salamanca.

842066. **Estudio de las manifestaciones termales de Galicia, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos.** IGME.

IGME (1980), núm. 00666, 3 vol., Memoria: 159 pp., 175 ref., Anexo: 72 pp., 9 mapas, esp., CDIGME.

* Geotermia, Fuente, Agua termal, Hidroquímica, Mapa geológico, Isótopo, Geotermometría, Análisis químico, conductividad eléctrica, Dureza agua, Atlas, Galicia.

842070. **Estudio de las manifestaciones termales de Ciudad Real, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos.** IBERGESA.

IGME (1980), núm. 00667, 4 vol., Memoria: 96 pp., 107 ref., 3 planos, esp., CDIGME.

* Geotermia, Acuífero, Hidroquímica, Clima, Precipitación atmosférica, Porosidad, Transmisividad, Piezometría, Fuente, Pozo agua, Inventario, Isótopo, Análisis menores, Geotermometría, Gradiente geotérmico, Campo de Calatrava, Ciudad Real.

842075. **Estudio geotérmico preliminar de las provincias de Castellón, Valencia y Alicante.** IGME.

IGME (1980), núm. 00668, 119 pp., esp., CDIGME.

* Geotermia, Gradiente geotérmico, Inventario, Fuente, Agua termal, Hidráulica, Hidroquímica, Informe químico, Isótopo estable, Análisis químico, Geología regional.

842078. **Consideraciones sobre el grupo de manantiales de aguas mineromedicinales de Caldas de Montbui.** LOPEZ AZCONA, J. M.

An. R. Acad. Farm. (1984), vol. 50, núm. 3, 501-518, 31 ref., esp., bibl. IGME.

* Agua termomineral, Histórico, Geotermia, Agua subterránea, Temperatura, Sondeo, Gradiente geotérmico, Hidroquímica, pH, Conductividad eléctrica, Dureza agua, Análisis menores, Potabilidad, Provincia Barcelona.

850012. Evolución piezométrica de los sistemas acuíferos núms. 14, 15 y 17 de la Cuenca del Tajo. Análisis del período 1977-1982. IGME.

Colecc. Inf.—Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 66 pp., esp., bibl. IGME.

* Piezometría, Acuífero, Cuenca Tajo, Provincias Guadalajara, Madrid, Toledo, Cáceres.

850013. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Asturias). IGME.

Colecc. Inf.—Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 53 pp., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Calidad agua, Asturias.

850014. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Asturias). Sistema acuífero núm. 1. Unidad mesozóica Gijón-Villaviciosa. IGME.

Colecc. Inf.—Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 15-24, esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Arenisca, Conglomerado, Caliza, Jurásico, Calidad agua, Contaminación, Previsión, Hidroquímica, Asturias.

850015. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Asturias). Sistema acuífero núm. 2. Unidad meso-terciaria Oviedo-Cangas de Onís. IGME.

Colecc. Inf.—Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 25-34, esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Arena, Caliza, Sistema multicapa, Cretácico, Calidad agua, Hidroquímica, Contaminación, Previsión, Asturias.

850016. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Asturias). IV. Subsistema 3G. Acuíferos costeros de Rivadesella. IGME.

Colecc. Inf.—Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 35-40, esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Roca clástica, Roca calcárea, Arena, Jurásico, Cretácico, Calidad agua, Hidroquímica, Contaminación, Previsión, Asturias.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

842094. 10.º Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca, 26-30 septiembre 1983. Univ. Palma de Mallorca. Dep. Geol.

Palma de Mallorca: Inst. Estud. Baleares (1983), 2 vol., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Sedimentación, Comunicaciones.

842097. Sedimentación lacustre, carbonatado-salina, en las facies Autuniense de la Cordillera Ibérica. ARRIBAS, J.; ARRIBAS, M. E.; MARFIL, R., y DE LA PEÑA, J. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.5-1.8, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Roca carbonatada, Estructura sedimentaria, Dolomitización, Silicificación, Vulcano-sedimentario, Autuniense, Macizo Ibérico, Provincia Guadalajara.

842098. Características generales de diversas cuencas lacustres terciarias de pizarras bituminosas del NE. de la Península Ibérica. ANADON, P.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.9-1.12, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Esquisto bituminoso, Cuenca sedimentaria, Estructura slumping, Estructura sedimentaria, Litofacies, Estampiense, Mioceno inferior, Mioceno medio, Provincias Castellón, Teruel, Barcelona.

842099. Estructura interna en barras de ríos trezados conglomeráticos. DABRIO, C. J., y FERNANDEZ, J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.13-1.16, esp., bibl. IGME.

* Barra, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Estructura sedimentaria, Conglomerado, Paleocorriente, Megaciclo sedimentario, Plioceno, Pleistoceno, Provincia Granada.

842100. Secuencias proximales y distales en ríos de baja sinuosidad. FERNANDEZ, J., y DABRIO, C. J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.17-1.20, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Sinuosidad río, Estructura sedimentaria, Plano inundable, Valle, Provincia Granada.

842101. Estructuras por deformación de escape de flujos en los canales fluviales del Paleógeno superior salmantino. ALONSO GAVILAN, O., y ARMENTEROS, I.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.21-1.22, esp., bibl. IGME.

* Estructura sedimentaria, Deformación, Arenisca, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Granoselección, Estratificación cruzada, Textura, Eoceno sup., Provincia Salamanca.

842102. Características de los depósitos aluviales del sistema del río Arlanza, borde este de la Cuenca del Duero. POL, C., y CARBALLEIRA, J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.23-1.24, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Medio alta energía, Discordancia angular, Estructura sedimentaria, Terciario, Cuenca Duero, Provincia Burgos.

842103. Los sistemas deposicionales Terciarios de la depresión de Peñaranda-Alba y sus relaciones con la fracturación. CORROCHANO, A.; CARBALLEIRA, J.; POL, C., y CORRALES, I.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.25-1.27, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Depresión, Control tectónico, Falla, Terciario, Cuenca Duero, Provincia Salamanca.

842104. Megasecuencias fluviales en el Estefaniense de Cangas de Narcea, Asturias. CORRALES, I.; POL, C.; CORROCHANO, A.; FLOR, C.; CARBALLEIRA, J., y MANJON, M.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.28-1.30, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Megaciclo sedimentario, Litofacies, Estructura sedimentaria, Paleorelieve, Estefaniense, Asturias.

842105. Distribución y evolución de las facies sedimentarias del Estefaniense de Rengos, Asturias. CARBALLEIRA, P.; CORRALES, I.; FLOR, G.; CORROCHANO, A.; POL, C., y MANJON, M.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.31-1.33, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Paleorelieve, Plano inundable, Valle, Carbón, Estefaniense, Asturias.

842106. El abanico aluvial Paleógeno de Beleña de Sobe, Cuenca del Tajo. Facies, relaciones espaciales y evolución. ARRIBAS, M. E.; DIAZ MOLINA, M.; LOPEZ MARTINEZ, N., y PORTERO, J. M.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.34-1.37, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Cono aluvión, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Estructura sedimentaria, Litofacies, Roca clástica, Roca carbonatada, Paleocología, Modelo, Paleógeno, Cuenca Tajo, Provincia Guadalajara.

842107. Características sedimentológicas del Buntsandstein entre Landete y Talayuelas, Cuenca, Cordillera Ibérica. ARCHE MIRALLES, A., y LOPEZ GOMEZ, J.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.39-1.42, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Ciclo sedimentario, Estructura sedimentaria, Granoselección, Estratificación masiva, Estratificación cruzada, Megaripple, Buntsandstein, Provincia Cuenca, Macizo Ibérico.

842108. Caracterización sedimentológica de la unidad intermedia del Mioceno de la zona sur de Madrid. CALVO SORANDO, J. P.; ORDONEZ, S.; HOYOS GOMEZ, M., y GARCIA DEL CURA, M. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.43-1.44, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación continental, Medio continental, Discordancia, Paleorelieve, Karst, Paleoclima, Mioceno medio, Provincia Madrid.

842109. Contribución al estudio sedimentológico de las facies evaporíticas de Cerezo del río Tirón (Burgos). ORDONEZ, S.; MENDUINA, J., y GARCIA DEL CURA, M. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.45-1.48, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Evaporita, Glauberita, Yeso, Sedimentación continental, Génesis, Terciario, Provincia Burgos.

842110. Contribución al conocimiento de la sedimentogénesis evaporítica en las cuencas neógenas de Madrid y del Duero en base a datos de isótopos estables. ORDONEZ, S.; FONTES, J. CH., y GARCIA DEL CURA, M. A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.49-1.52, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Evaporita, Neógeno, O-18 O-16, Fraccionamiento isotópico, Génesis, Cuenca Duero, Cuenca Tajo, Provincia Madrid.

842111. Sedimentoquímica e hidroquímica de lagunas castellano-manchegas. Cuencas del Cigüela y del Zancara. ORDONEZ, S.; MINGARRO, F.; GARCIA DEL CURA, M. A., y LOPEZ DE AZCONA, M. C.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.53-1.56, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Sedimentación

química, Agua superficial, Hidroquímica, Ión, Ión cloruro, Sulfato, Yeso, Halita, Provincia Cuenca, Provincia Ciudad Real.

842112. Procesos de sedimentación y diagénesis temprana en un sistema lacustre endorreico somero: Características de los depósitos lacustres del Oligoceno superior del SE de la Cuenca del Ebro. CABRERA, L.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.57-1.61, esp., bibl. IGME.

* Depresión, Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Diagénesis precoz, Sedimentación carbonatada, Evaporita, Oligoceno sup., Cuenca Ebro.

842113. Interpretación sedimentológica del Terciario del sector oriental de la cubeta de Montalbán (Prov. Teruel). PEREZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J., y GONZALEZ, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.62-1.65, esp., bibl. IGME.

* Terciario, Sedimentación continental, Medio continental, Cono aluvión, Colada barro, Plano inundable, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Provincia Teruel, Macizo Ibérico.

842114. Los depósitos aluviales del terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. Teruel). GONZALEZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J., y PEREZ, A.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.66-1.69, esp., bibl. IGME.

* Sedimentación continental, Medio continental, Río anastomosado, Plano aluvial, Cono aluvión, Provincia Teruel.

842115. Arquitectura de los depósitos de un sistema fluvial (Fm. Castisent, Cuisiense, Cuenca de Grau-Tremp). MARZO, M.; NIJMAN, W., y PUIGDEFABREGAS, C.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca. 1.70-1.72, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Eoceno inf., Eoceno medio, Cuisiense, Luteciense, Ciclo sedimentario, Sedimentación deltaica, Medio deltaico, Acreción, Plano inundable, Provincia Lérida.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

842176. Facies vulcanosedimentarias en el Trías Superior de la Sierra Norte de Mallorca. ALVARO, A.; DEL OLMO, P.; RAMIREZ, J., y NAVIDAD, M.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca (1983), 6.27-6.28, esp., bibl. IGME.

* Roca volcánica, Volcanosedimentaria, Composición basáltica, Espilitización, Sebkha, Caliza, Dolomía, Estromatolitos, Sedimentación marea, Medio marea, Trías sup., Baleares, Mallorca.

842211. La granodiorita de Pallares, un intrusivo Precámbrico en la alineación Olivenza-Monesterio, zona de Ossa-Morena. CUETO, L. A.; EGUILUZ, L.; LLAMAS, F. L., y QUESADA, C.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 219-226, 17 ref., esp., res. ing., port., bibl. IGME.

* Granodiorita, Intrusión, Metamorfismo contacto, Dación, Rb-Sr, Antecámbrico, Provincia Badajoz.

842213. **Procesos cataclásticos en el stock granítico de la Sierra del Castillo, Monesterio.** EGUILUZ, L., y GARROTE, A.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 235-248, 12 ref., esp., res. port., bibl. IGME.

* Stock, Granito, Cataclasita, Gneiss, Análisis químico, Análisis modal, Textura, Deformación, Falla, Cabalgamiento, Falla horizontal, Antecámbrico, Antecámbrico sup., Provincia Badajoz.

842214. **Materiales volcanoclasticos en el Carbonífero inferior, al S-SW de Villaviciosa de Córdoba, zona de OSSA-Morena.** GARROTE, A., y SANCHEZ-CARRETERO, R.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 249-257, 12 ref., esp., res. port., bibl. IGME.

* Volcano sedimentario, Estructura sedimentaria, Corte geológico, Viseense, Provincia Córdoba.

842215. **Migmatitas de Lora del Río, Sevilla, España. Estructurología y deformación.** ARRIOLA, A., y EGUILUZ, L.

Comun. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 2, 259-263, 10 ref., esp., res. port., bibl. IGME.

* Migmatita, Deformación, Metamorfosis regional, Anatexia, Mapa geológico, Antecámbrico, Provincia Sevilla, Lora del Río.

850017. **Petroloxia e estructura das unidades de Cabo Ortegal, Ordes e Complexo Antigo. Reunión de Xeoloxia e Minería do NO. Peninsular (Nadal 1983).** SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 355 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Roca ígnea, Cabo Ortegal, Macizo Galicia, Galicia, Portugal.

850018. **Distribución de tierras raras (REE) en granitoides hercínicos de la región de Finisterre (NW de España).** GIL IBARGUCHI, J. I.; BOWDEN, P., y WHITLEY, J. E.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 19 pp., esp., bibl. IGME.

* Roca ígnea, Granito, Leucogranito, Granodiorita, Tierra rara, Corteza terrestre, Fusión parcial, Choque placas, Galicia.

850019. **Datos preliminares U-Pb, Sm-Nd y de tierras raras (REE) de las eclogitas del Cabo Ortegal (NW de España).** GIL IBARGUCHI, J. I.; PEUCAT, J. J.; BERNARD-GRIFFITHS, J.; IGLESIAS, M., y CORNICHE, J.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 20 pp., bibl. IGME.

* Eclogita, Génesis, Corteza oceánica, Tierra rara, U-Pb, Galicia.

850020. **Evolución térmica de las áreas de alto grado de la Península Ibérica, Cordillera Herciniana.** MARTINEZ, F. J.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 21 pp., esp., bibl. IGME.

* Metamorfismo térmico, Metamorfismo fuerte, Pliegue,

Pliegue antiforme, Condición presión temperatura, Hercínico Centro, Macizo Galicia.

850022. **Granitoides cuarzdioríticos y granodioríticos en el sector Usagre Llerena (Provincia de Badajoz, SW Macizo Ibérico).** CHACON, J., y MARTI, J. A.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 25-53, 35 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca ígnea, Granito, Tonalita, Granodiorita, Orogenia Hercínica, Tectónica superpuesta, Análisis mayores, Norma petrográfica, Informe químico, Génesis, Magma, Fusión parcial, Anatexia, Provincia Badajoz, Hercínico sur.

850023. **Petrografía y aspectos geoquímicos de los enclaves microgranudos de Cangas de Morrazo-Moaña (Provincia de Pontevedra).** GALLASTEGUI, G.; CORRETGE, L. G., y CUESTA, A.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1984), núm. 7, 55-85, 30 ref., esp., res. ingl., bibl. IGME.

* Enclave roca, Roca microgranuda, Granito, Geometría Clasificación, Roca encajante, Granodiorita, Análisis modal, Composición mineralógica, Provincia Pontevedra.

YACIMIENTOLOGIA DE METALES

842086. **La importancia del wolframio en la minería e industria española.** AZCARATE, J. E., y LUACES, C.

Ind. min. (1984), núm. 242, 7-20, 27 ref., esp., bibl. IGME.

* Tungsteno sustancia, Metalogenia, Metasomatosis, Greisenización, Morfología yacimiento, Control litológico, Control tectónico, Utilización sustancia, Reserva, España.

850005. **El yacimiento de estaño del Trasquillón (Cáceres): Una mineralización asociada a una cúpula granítica.** GONZALEZ AGUADO, M. T., y GUMIEL, P.

Bol. geol. min. (1984), vol. 95, núm. 4, 354-373, 44 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Stockwerk, Granito, Greisen, Pegmatita, Análisis químico, Análisis modal, Paragénesis, Control tectónico, Génesis yacimiento, Antecámbrico, Antecámbrico sup., Correlación, Viseano, Provincia Cáceres, Extremadura, Portugal, Cornuailles, Inglaterra, Macizo Central, Macizo Armoricano.

YACIMIENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

842179. **Caolines de alteración de cenizas volcánicas en la cuarcita armoricana (Ordovícico inferior) de Asturias y León.** ARAMBURU, C.; GARCIA-RAMOS, J. C., y BRIME, C.

10.º Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca (1983), 6.37-6.40, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Caolín sustancia, Yacimiento estratiforme, Roca encajante, Cuarcita, Ceniza volcánica, Roca volcánica, Diagénesis, Caolinización, Ordovícico inf., Asturias.

SUELOS

842081. **Los suelos del Caldas de Montbuy.** CARDUS, J., y CORTES, A.

An. R. Acad. Farm. (1984), vol. 50, núm. 3, 539-559, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca madre suelo, Roca clástica, Terraza, Granodiorita, Suelo poco desarrollado, Entisol, Perfil suelo, Estructura suelo, Clasificación granulométrica, pH, Materia orgánica, Composición mineralógica, Provincia Barcelona.

GEOQUIMICA

842079. **Análisis físico-químico del agua termal de Caldes de Montbuy (Barcelona).** OLIVER, B.

An. R. Acad. Farm. (1984), vol. 50, núm. 3, 519-530, 12 ref., esp., bibl. IGME.

* Agua termal, Análisis químico, Histórico, Cation, Anión, Temperatura, Densidad, pH, Conductividad eléctrica, Dureza agua, Análisis elemento traza, Provincia Barcelona.

GEOFISICA

842056. **Estudio mediante «Dipole Mapping» de las anomalías geotérmicas de Caldes de Montbuy y La Garriga.** IGME.

IGME (1979), núm. 00661, 51 pp., esp., CDIGME.

* Método eléctrico, Resistividad eléctrica, Conductividad eléctrica, Campo eléctrico, Levantamiento eléctrico, Campo geotérmico, Anomalía eléctrica, Provincia Barcelona.

842057. **Estudio magnetotélurico y audio-MT de las anomalías geotérmicas de Caldes de Montbuy y La Garriga.** COMPANIA GENERAL DE SONDEOS.

IGME (1979), núm. 00662, 87 pp., esp., CDIGME.

* Geotermismo, Levantamiento geofísico, Método magnetotélurico, Teoría, Metodología, Tratamiento dato, Análisis armónico, Sondeo geofísico, Instrumentación, Interpretación, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

ENERGIA

850008. **El poderoso retorno del carbón.** ARROYO QUIÑONES, M.

Bol. geol. min. (1984), vol. 95, núm. 4, 387-393, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Reserva, Producción, Consumo, Mundo, CEE, España.

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. 28003-Madrid



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid