



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

boletín

geológico

y minero

VOLUMEN 103

Mayo - Junio 1992

NUMERO 3



El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un «Geological Survey of Spain», es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R. D. 1.270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Volumen 103

Número 3

Mayo - Junio 1992

boletín geológico y minero

revista bimestral de geología, minería y ciencias conexas fundada en 1874 - 5.ª serie

Sumario

Geología	A. RIAZA GARCIA: Reflectancia en rocas en función de su litología y fábrica interna. II. Cartografía de rocas ígneas en el Complejo de Burguillos del Cerro en el visible e infrarrojo cercano: reflectancia espectral en laboratorio y evaluación estadística de la misma en relación con imágenes Thematic Mapper 3
	J. GARCIA-SANSEGUNDO: Estratigrafía y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del valle de Arán y de la Alta Ribagorça (Parte IV) 27
	D. GIL CID Y G. M. BERNAL BARREIRO: Aspectos Paleoecológicos de una comunidad de Calyx del Ordovícico de los Montes de Toledo (España) ... 59
	G. LOPEZ: Paleontología y bioestratigrafía de los inocerámidos (Bivalvia) del Cretácico Superior de la Cuenca Navarro-Cántabra y de la Plataforma Norcastellana. Parte II: Estudio sistemático de los subgéneros Mytiloides Brongniart y Magadiceramus Seitz 70
Minería	J. C. MELGAREJO y C. AYORA: Mineralizaciones sedex de manganeso en tramos basales de la serie carbonífera del Priorato - Sierra de Miramar (Cataluña) 136
Aguas subterráneas	P. NIETO: Acuíferos, residuos y planes hidrológicos; algunas sugerencias. 143
Estudio de minerales y rocas	R. GARCIA, J. M. BRELL y A. APARICIO: El metamorfismo del Paleozoico de la isla de Menorca (Islas Baleares) 156
Información	F. PELAYO: Ensayos sobre los métodos de beneficio de amalgamación y de fundición realizados por Juan José de Elhuyar y José Celestino Mutis en Nueva Granada 162
	E. MENENDEZ PEREZ y L. MATEO ALCALA: Condicionantes y posibilidades de uso futuro de los combustibles fósiles en Europa y España ... 181
	A. DEL VALLE MENENDEZ: Conferencia de Antonio del Valle Menéndez en el Club Español de la Minería 193
	Noticias y Notas Bibliográficas 199

DIRECCION, REDACCION Y PUBLICACION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION, DISTRIBUCION Y SUSCRIPCION

Doctor Fleming, 7, 2.º - 28036-Madrid

Teléfono 250 02 03

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
GEOMINERO DE ESPAÑA**

**CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO**

El Instituto Tecnológico Geominero 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 Tecnológico Geominero de España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.

NUESTRA PORTADA:

Investigación minera mediante cortes geológicos en zanja. En torno de las minas de D. Benito (Badajoz).

Depósito legal: M. 3.279 - 1958
ISSN 0366 - 0176
NIPO 241 - 92 - 004 - 1

Imprenta Ideal, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 359 57 55 - 28016-MADRID

Reflectancia en rocas en función de su litología y fábrica interna.

II. Cartografía de rocas ígneas en el Complejo de Burguillos del Cerro en el visible e infrarrojo cercano: reflectancia espectral en laboratorio y evaluación estadística de la misma en relación con imágenes Thematic Mapper.

Por A. RIAZA GARCIA (*)

RESUMEN

El Complejo de Burguillos del Cerro (Badajoz) agrupa una gran variedad petrográfica de rocas ígneas, desde términos muy básicos a muy ácidos. Estas rocas se han sometido a medidas de reflectancia espectral en laboratorio en los intervalos del visible y del infrarrojo cercano (0.4-2.55 μm .), y se han agrupado según sus respuestas y composición petrográfica tomando como referencia fundamental su índice de acidez.

La alteración de las superficies de las rocas por meteorización, su recubrimiento por líquenes, y su desagregación produciendo material suelto, modifica la respuesta espectral del conjunto. Las áreas cubiertas por rocas graníticas experimentan un oscurecimiento en albedo, mientras que el resto aumentan generalizadamente su reflectancia. Con la excepción de los granitos, todas las demás rocas pierden sus sutiles caracteres de absorción distintivos. Sin embargo, sin contar con recubrimiento de líquenes, superficies frescas y meteorizadas de rocas y suelos, mantienen una secuencia progresiva de reflectancias desde bajas en rocas básicas a reflectancias altas en rocas ácidas.

Las curvas espectrales de laboratorio se comparan cuantitativamente con las reflectancias observadas en imágenes Thematic Mapper a partir de los rasgos procedentes de laboratorio.

Palabras clave: Thematic Mapper, Visible, Infrarrojo cercano, Rocas ígneas.

ABSTRACT

A wide range of igneous rocks outcrop in the Burguillos del Cerro Complex (Badajoz), ranging from ultrabasic to acidic rocks. Laboratory reflectance measurements have been taken on rock samples in the visible and near-infrared wavelength range (0.4-2.55 μm .). Rocks have been grouped according to their spectral response and petrographical composition, taking as reference their acidity/basicity index.

Spectral response on rocks is modified by weathering of exposed surfaces, lichen cover and development of loose material and soil. Areas where granitic rocks outcrop suffer a decrease in reflectance, while the rest show a generalized increase in overall reflectance. Apart from granites, all rocks lose their weak significant absorption features by weathering. However, fresh rocks, weathered rocks and soils, keep a progressive increase in overall reflectance with an increasing acidity index.

Laboratory reflectance measurements are quantitatively compared to reflectance shown by Thematic Mapper images referring to different digital image processing products. Further on, relationships in reflectance from imagery are discussed based on laboratory observations.

Key words: Thematic Mapper, Visible, Near-infrared, Igneous rocks.

(*) Instituto Tecnológico Geominero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

INTRODUCCION

Cuando la luz incide sobre una superficie, se producen absorciones preferentes en ciertas longitudes de onda, cuyo número, posición e intensidades está relacionado con la composición química y mineralógica de la superficie, además de su textura. La espectroscopía de reflectancia en el visible e infrarrojo cercano (0.35 a 2.55 μm .) se ha utilizado anteriormente para el estudio de minerales y rocas intrusivas en muestras aisladas (HUNT y SALISBURY, 1973, 1974; ROSS, ADLER y HUNT, 1969).

En este trabajo se plantea un estudio espectral en rocas con un contexto geológico regional bien definido, y cuya evolución genética y relaciones cartográficas se conocen. Las propiedades observadas en el laboratorio tratan de aplicarse a la cartografía de áreas cubiertas por rocas diferentes en imágenes registradas por sensores embarcados en satélites que recogen reflectancia en los mismos intervalos de longitudes de onda que las medidas de laboratorio.

En la superficie de la tierra los afloramientos rocosos ocupan una proporción reducida del área total, y presentan un grado variable de alteración a causa de la meteorización, además de estar parcialmente colonizados por musgos y líquenes. Por ello se ha estudiado la reflectancia en superficies de rocas con distinto grado de alteración por efecto de la meteorización, así como los suelos que se desarrollan sobre ellas.

Los sensores embarcados en satélites o aviones no proporcionan espectros continuos como los espectrofotómetros de laboratorio, sino que recogen datos de energía electromagnética reflejada por la superficie de la tierra en intervalos discretos de longitudes de onda. Estos intervalos varían según el sensor.

El sensor Thematic Mapper produce imágenes con datos de reflectancia en seis canales en el visible e infrarrojo cercano, y uno en el infrarrojo térmico. En lo sucesivo nos referiremos a cada canal como bandas.

Las bandas 1, 2 y 3 (0.43-0.55, 0.50-0.65, 0.59-0.73 μm ., respectivamente), se sitúan en las regiones del azul, verde y rojo del visible. La banda 4 (0.73-0.94 μm .) aparece en las longitudes de onda del infrarrojo próximo, y las bandas 5 (1.52-1.96 μm .) y 7 (1.96-2.41 μm .) se sitúan más ale-

jadas. La banda 6 (9.81-12.61 μm .) no ha sido considerada en este trabajo, por pertenecer al infrarrojo térmico y no disponer de datos de laboratorio en este rango de longitudes de onda.

Las medidas de reflectancia espectral en un espectro continuo obtenidas en laboratorio se han sometido a cálculos para obtener los datos numéricos correspondientes a los intervalos de longitudes de onda registrados en los canales del Thematic Mapper. Sobre ellos se han realizado distintos cálculos comunes en tratamiento de imágenes.

El sensor transmite señales electrónicas con arreglo a funciones diferentes en cada canal, representadas en la figura 20. Las colas de las bandas del visible se solapan entre sí. Tampoco se trata de funciones gaussianas, sino asimétricas, lo que produce una desviación de la respuesta espectral hacia un cierto sector de las longitudes de onda comprendidas en cada canal.

METODO DE ESTUDIO

Se han tomado medidas espectrales de reflectancia difusa con un espectrómetro BECKMAN UV 5240 provisto de una esfera integradora en longitudes de onda comprendidas entre 400 y 2.500 nm. (0.4 y 2.55 μm .). El intervalo de lectura es de 1 nm. entre 400 y 800 nm., y de 4 nm. entre 800 y 2.500 nm. El instrumento proporciona lecturas de reflectancia relativa respecto a un standard de politetrafluoroetileno (halón).

Se han analizado 40 muestras de rocas y otras 30 de suelos. Diez muestras seleccionadas de rocas se han molido para efectuar medidas espectrales sobre las gravas resultantes, y en casos se han separado fracciones minerales en las gravas con métodos magnéticos y líquidos pesados. Se han secado los suelos por exposición al aire, y se han pasado por un tamiz de 2 mm. de luz.

Las muestras de roca estudiadas se han asignado a distintos grupos petrográficos utilizando criterios de observación en muestra de mano, relaciones de afloramiento, estudios de lámina delgada, microsonda electrónica y análisis geoquímicos (RIAZA y GARCIA CASQUERO, 1989).

Los puntos de muestreo se han extendido en to-

da la superficie del complejo intrusivo, para evitar un sesgo producido por distintas características geomorfológicas o de uso de suelo en el aspecto de un mismo tipo petrológico de roca en las imágenes Thematic Mapper.

Los suelos se han asignado a cada tipo petrográfico por su proximidad a afloramientos rocosos, y evitando la cercanía de otras rocas que pudieran producir mezcla de materiales sueltos. Cuando la heterogeneidad en el afloramiento era manifiesta, se ha reseñado para comprobar sus posibles efectos.

En las muestras de roca se han tomado medidas en superficies que exhiben un corte fresco de la roca, así como en superficies parcialmente meteorizadas, e incluso cubiertas por una cantidad variable de líquenes. Se han realizado un total de 107 medidas de reflectancia espectral sobre rocas, 67 de ellas sobre rocas enteras y 40 sobre gravas procedentes de rocas molidas.

Las medidas espectrales correspondientes a cada grupo de rocas, suelos o superficies, se han promediado para resumir características comunes y ofrecer una apreciación estadística y posiblemente generalizable para ser utilizada en imágenes (CROWLEY, J. K.; SHERMAN, D. M., y BENNET, I. J., 1986). Aunque la variabilidad en reflectancia global de cada grupo de rocas es considerable, sus respuestas espectrales individuales se disponen en franjas que siguen las tendencias expresadas por las curvas promedio. Por ello se han tomado estas curvas como representativas del comportamiento espectral correspondiente.

El cálculo de cocientes de bandas en tratamiento digital de imágenes se utiliza tradicionalmente para tratar de realzar diferencias numéricas, a base de utilizar un numerador presumiblemente invariable respecto a la propiedad que se desea resaltar, y un denominador sensible respecto a la misma.

Se han calculado resultados numéricos aplicando filtros que ajusten los datos de reflectancia espectral de laboratorio a las funciones gaussianas correspondientes a las señales recogidas por los sensores en los tramos de medidas espectrales de laboratorio comprendidos entre las longitudes de onda de los canales registrados por el sensor Thematic Mapper. Estos datos se han di-

vidido unos por otros tratando de expresar diferencias observadas en las curvas espectrales, posiblemente detectables en imágenes.

Los resultados de los cocientes se han proyectado en diagramas bidimensionales para mejor apreciar el agrupamiento de distintos tipos de rocas según sus cocientes correspondientes. Estos diagramas se comparan con diagramas de cocientes equivalentes calculados en imágenes Thematic Mapper (RIAZA y GARCIA CASQUERO, 1989).

REFLECTANCIA ESPECTRAL DE ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS EN EL VISIBLE E INFRARROJO CERCANO EN EL COMPLEJO DE BURGUILLOS DEL CERRO BASADAS EN MEDIDAS DE LABORATORIO

Marco geológico

El Complejo Intrusivo de Burguillos del Cerro (CBC) intruye en el sector central del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio, una de las estructuras más importantes que constituyen la Zona de Ossa-Morena del Macizo Hespérico de la Península Ibérica (LOTZE, 1945; JULIVERT et al., 1974) (fig. 5). PONS (1982) estudió el CBC relacionándolo con diversos cuerpos intrusivos próximos, deduciendo que el conjunto, que abarca rocas de muy diversa naturaleza, desde granítica a graboica con todos los términos intermedios, formaba parte de una asociación magmática. Todos los tipos petrográficos definidos por PONS (1982) se hallan presentes en el CBC.

El Anticlinorio de Olivenza-Monesterio es una megaestructura de dirección NO-SE, en cuyo núcleo afloran materiales precámbricos atribuidos a la denominada Serie Negra, que litológicamente se caracteriza por la presencia de esquistos bandeados y pizarras silíceas negras, alternando con lilitas y con algunas protocuarzitas grafitosas negras (MUELAS y SOUBRIER, 1977). Discordantemente, se dispone en su flanco septentrional la Formación Malcocinado (DELGADO QUE-SADA, 1971), de naturaleza vulcanodetrítica, y en su flanco sur por materiales asimilables al Complejo de Bodonal-Cala (HERNANDEZ ENRILE, 1971) constituido por pizarras con niveles de porfiroides y tramos carbonatados. Todos estos ma-

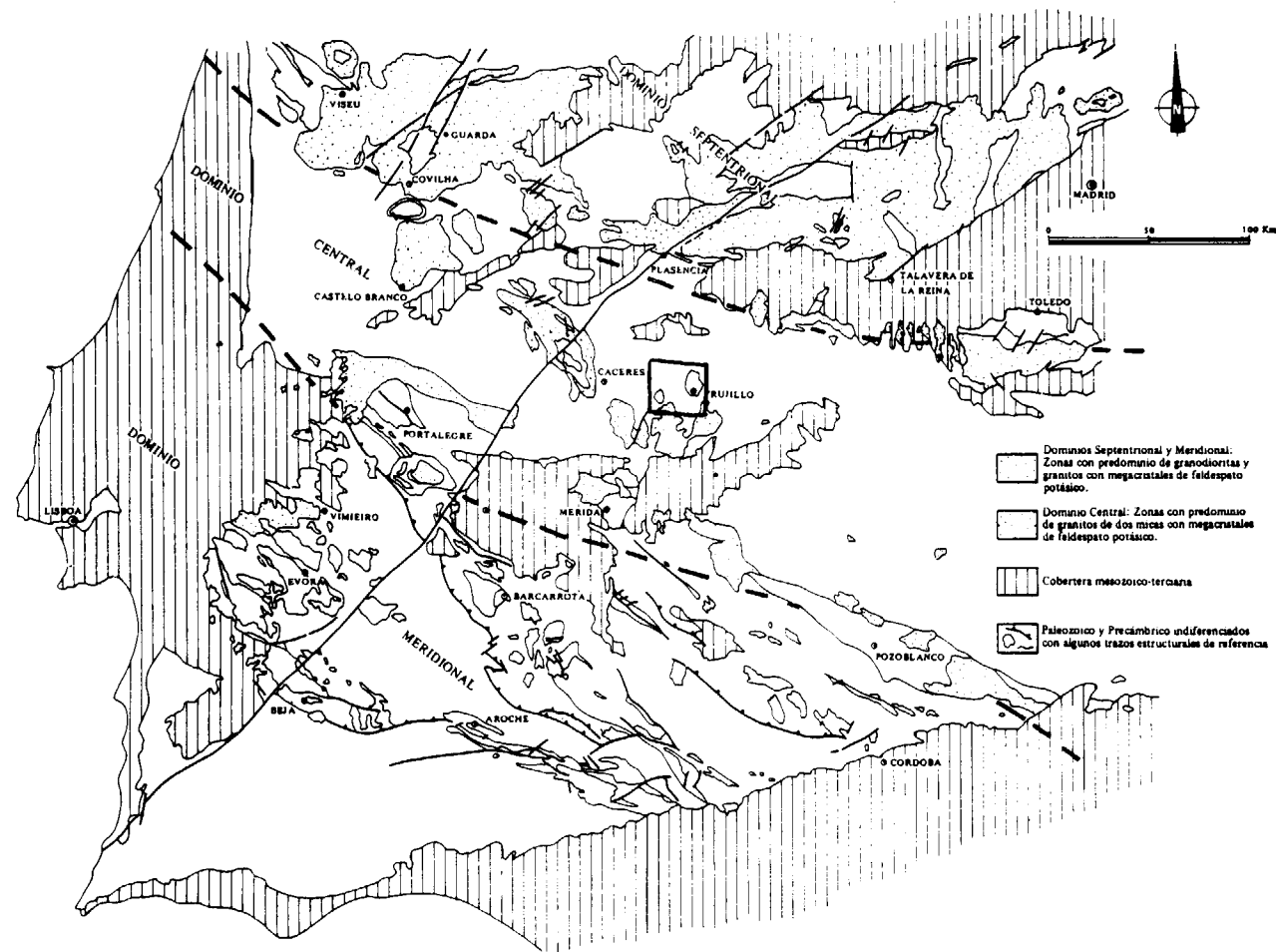


Figura 5.—Esquema de situación del área de estudio (en Geología de España, tomo I, 1983).

teriales, de edad precámbrica, fueron deformados en diferentes fases de la Orogenia Panafricana (QUESADA, 1987).

La secuencia paleozoica, que ocupa los flancos de la estructura, se limita al Cámbrico Inferior-Medio. Está constituido por: a) una unidad eminentemente detrítica (Formación Torreárboles, LIÑAN, 1979); b) una unidad carbonatada (Formación Alconera, LIÑAN y PEREJON, 1981); c) una unidad pizarrosa (Formación La Lapa, LIÑAN y PEREJON, 1981), y d) una unidad vulcanosedimentaria (BARD, 1964). Deformada durante la Orogenia Hercínica, estos materiales casi nunca presentan deformación interna. No se genera en ellos una esquistosidad de carácter regional.

En el área objeto de estudio no se conserva nin-

gún otro depósito posterior, si bien al NE del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio alcanzan una extensión considerable los materiales pliocuaternarios de la Tierra de Barros. Forman un sustrato alterado y carbonatado con débil desarrollo de suelos preferentemente arcillosos (GARROTE et al., 1983).

El Complejo de Burguillos del Cerro intruye en la Serie Negra y en los niveles basales del Cámbrico, siendo el techo de la intrusión los tramos inferiores de la unidad carbonatada. El metamorfismo regional es en estos materiales de grado bajo. En la Serie Negra se citan (MUELAS y SOUTBRIER, 1977) cordierita y biotita generadas a lo largo de la esquistosidad principal. El metamorfismo de contacto producido por el CBC forma una orla estrecha salvo en su extremo SE, donde

sus efectos pueden unirse al del metamorfismo de contacto producido por la intrusión del Macizo de Valencia del Ventoso. En la Serie Negra se observa cómo blastos de cordierita aparecen aplastados por la esquistosidad principal, mostrando sombras de presión, si bien se superponen a formaciones previas presentes en estas rocas. También se observa crecimiento de moscovita y recristalización de albita y cuarzo. Las relaciones entre estos minerales y la textura de las rocas que los contienen son ambiguas. Sobre los materiales cámbricos los efectos de la intrusión del Complejo de Burguillos del Cerro son aún más complejos, al producirse fenómenos locales de asimilación, y de alteración con desarrollo de «eskarns» en los materiales carbonatados, y la transformación de los mismos en mármoles brucíticos y serpentínicos, alcanzándose condiciones de corneanas piroxénicas.

El Complejo de Burguillos del Cerro se presenta como un cuerpo circunscrito constituido por una amplia gama de tipos petrológicos correspondientes a cuatro asociaciones principales (GARCIA CASQUERO, 1991): 1) una asociación gabroica; 2) una asociación de rocas dioríticas; 3) una asociación de rocas monzoníticas, y 4) una asociación de rocas graníticas. Las relaciones genéticas y espaciales entre estas asociaciones y su disposición cartográfica no es sencilla, siendo en la actualidad objeto de estudio.

La asociación gabroica está representada por rocas de composición peridotítica hasta cuarzo-monzodiorítica. El tipo más característico es un gabronorita biotítica, con clinopiroxeno augítico, ortopiroxeno hipersténico, plagioclasa tipo labrador y biotita. A veces presenta olivino. El anfíbol, tschermaquítico, no está siempre presente, pero puede ser la fase más abundante, e incluso desarrollarse en facies muy características como grandes cristales poiquilíticos tardíos (Facies Ojo de Culebra, PONS, 1982).

La asociación diorítica contiene rocas de naturaleza diorítica hasta granodiorítica. Su tipo más característico es el «Ochavo Negro» de los canchales de Burguillos. Es una roca clara compuesta por una plagioclasa de tipo andesina básica, clinopiroxeno augítico y biotita. El anfíbol sólo se presenta en algunas facies muy evolucionadas. El contenido en cuarzo y feldespato alcali-

no aumenta también en las facies más evolucionadas.

La asociación monzonítica, compuesta por rocas de naturaleza muy diferente, presenta como tipo más característico un granito llamado «hipersolvus», constituido por un solo feldespato alcalino peritítico, con anfíbol histingsítico, restos de piroxeno muy desestabilizado, algo de biotita y cuarzo escaso.

Por último, la asociación granítica la componen rocas peraluminosas de composición granítica sensu-strictu, con biotita y generalmente moscovita, siendo sillimanita y cordierita los accesorios fundamentales.

En todas las rocas, principalmente aquellas que parecen haber sufrido una evolución mayor, son abundantes las fases accesorias, destacando la abundancia de esfena, apatito y, entre las opacas, magnetita.

REFLECTANCIA ESPECTRAL DE ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS EN EL COMPLEJO DE BURGUILLOS DEL CERRO BASADAS EN MEDIDAS DE LABORATORIO

Reflectancia espectral de rocas en superficies frescas

Las medidas espectrales tomadas en superficies limpias de rocas ofrecen dos grupos bien señalados en función de su reflectancia global (figura 6), y de las longitudes de onda de sus absorciones más características.

Los granitos se distinguen por su reflectancia comparativamente más alta, y acusados picos de absorción. Los demás tipos de rocas describen curvas mucho más planas y absorciones atenuadas, debido a su menor contenido en cuarzo, y abundancia relativa de minerales opacos.

Tomando el conjunto total de tipos de rocas, se cumple la observación de ROSS, ADLER y HUNT (1969), acerca de un progresivo aumento de la reflectancia global de las rocas proporcional a su índice de acidez. Así, las peridotitas presentan la reflectancia más baja, y los granitos la más elevada.

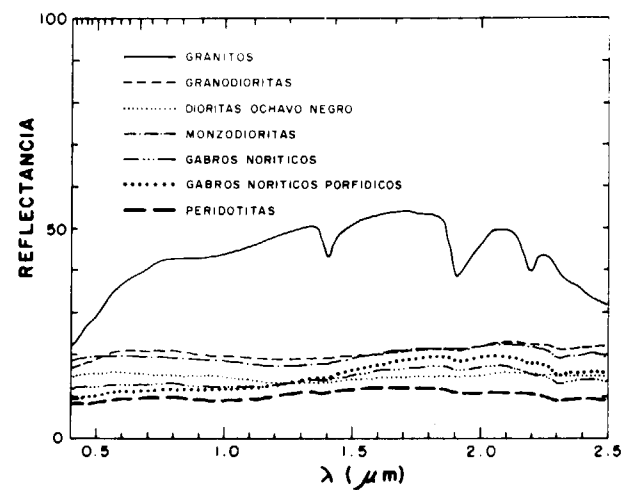


Figura 6.—Curvas espectrales promedio en superficies frescas de rocas.

Asociación granítica

Los granitos sensu stricto describen una curva alta (fig. 6), debido a su color claro, y absorciones bien definidas en 1,4 y 1,9 μm ., por efecto del agua presente en las inclusiones fluidas de los granos de cuarzo (HUNT y SALISBURY, 1973). El agua también produce la rápida caída de reflectancia hacia 2,5 μm .

La absorción en 2,2 μm . se debe a la presencia de aniones OH^- , bien en minerales arcillosos de alteración, o a la presencia de moscovita. Las absorciones débiles en 0,5 y 0,9 μm . se atribuyen al ión ferroso Fe^{2+} .

Asociación diorítica

Las dioritas, granodioritas y monzodioritas describen curvas comparativamente planas respecto a los granitos. Lo más llamativo es una amplia depresión entre 0,8 y 2,1 μm . Empieza a perfilarse la absorción en 2,3 μm ., debida a la vibración de aniones OH^- en combinación con Mg^{2+} , débil en dioritas y granodioritas, y más acusada en monzodioritas. Piroxenos y anfíboles presentan un doblete característico en estas longitudes de onda, que no es explícito en las curvas de las rocas en las que están presentes por el efecto amortiguador de otros componentes minerales.

Lo más llamativo es una amplia depresión entre

0,8 y 2,1 μm ., especialmente acentuada en las monzodioritas de grano grueso de las facies periféricas internas. La molienda y separación de fracciones minerales con métodos magnéticos y líquidos pesados, y medida de espectros en cada una de las fracciones (fig. 7) (GARCIA CASQUEIRO, 1990, com. personal), apunta al feldespato como responsable de esta característica. La variedad bytownita de plagioclasa, presente en la roca estudiada, describe esta amplia depresión que no aparece en el resto de las variedades de plagioclasa (HUNT y SALISBURY, 1970).

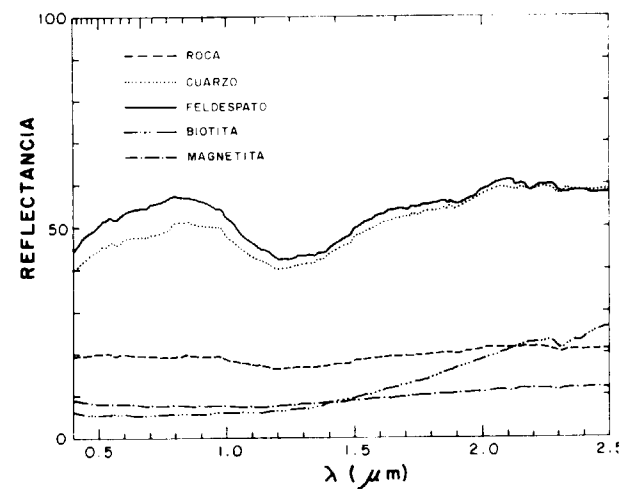


Figura 7.—Curvas espectrales sobre gravas procedentes de la separación en roca molida de facies periféricas de monzodioritas de grano grueso de distintas fracciones por métodos magnéticos y líquidos pesados.

Las facies periféricas diversificadas en internas y externas en atención a su tamaño de grano y composición, también ofrecen diferencias en sus absorciones en el infrarrojo cercano (fig. 8). Las facies externas de grano fino ofrecen absorciones más acusadas en 2,2, 2,23 y 2,33 μm ., y más débil en cambio en 2,38 μm . Esto puede deberse a la mayor o menor abundancia de biotita (fig. 9). La reflectancia presentada en las medidas efectuadas sobre muestras individuales sugiere una tendencia de las facies de grano fino a valores más elevados que las de grano grueso, especialmente en el infrarrojo cercano. Sin embargo, esta diferencia no se expresa en los valores medios de reflectancia calculados sobre ellas.

Además, la absorción en 2,33 μm . está desplaza-

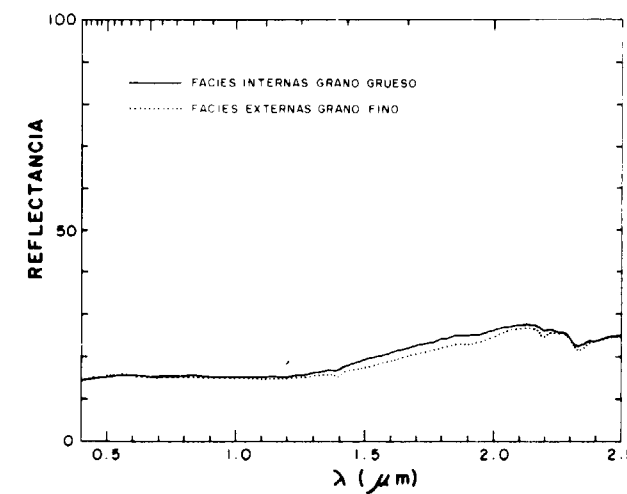


Figura 8. Curvas espectrales en gravas de rocas de facies periféricas monzodioríticas.

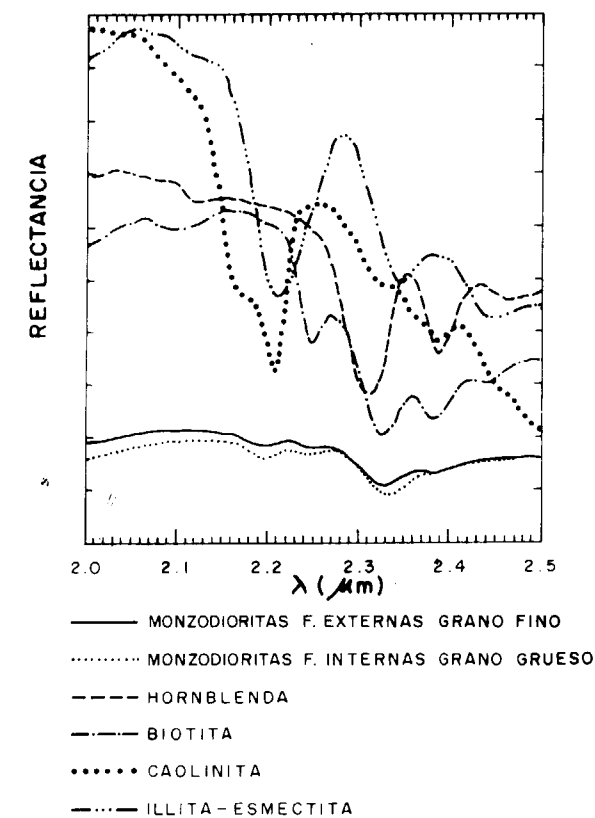


Figura 9.—Curvas espectrales en gravas de rocas de facies periféricas monzodioríticas y varios de sus componentes minerales.

da hacia longitudes de onda más largas. Una mayor abundancia de hornblenda en las facies internas de grano grueso, pertenecientes a la asociación gabroica, puede ser responsable de esta desviación, así como de la mayor profundidad de la absorción en 2,38 μm . (ROWAN, GOETZ y ABBOT, 1987).

Asociación gabroica

El conjunto de las rocas encuadradas en la asociación gabroica se considera un gabro norítico compuesto fundamentalmente por piroxeno tipo augita, con participación de hiperstena, plagioclasa tipo labrador, y anfíbol no siempre presente (fig. 10).

Las curvas promedio muestran una caída más acentuada hacia el azul por efecto del ión ferroso que las rocas de la asociación diorítica. Las absorciones en 1,9 μm ., también más acusadas, son características del ortopiroxeno rico en hierro tipo hiperstena. También puede indicar, junto con la 1,4 μm ., efectos de los iones OH^- por alteración a anfíbol del piroxeno, o por el anfíbol mismo. Sin embargo, está ausente el persistente punto de absorción en 1,0 μm ., por efecto del piroxeno (NASH y CONEL, 1974), observado en mezclas binarias con ilmenita, y en mezclas con limonita (SINGER, 1981).

Se repite la absorción en 2,3 μm . debida a la presencia de iones OH^- , presumiblemente en anfíbol, biotita o illita-esmectita.

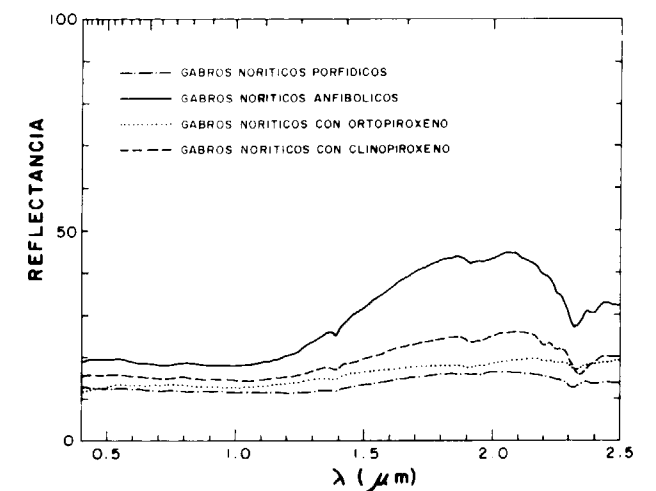


Figura 10.—Curvas espectrales en rocas gabroicas.

Los piroxenos de simetría monoclinica o rómbica no siempre coexisten, por lo que se han molido muestras que presentan uno u otro tipo de piroxeno, así como un gabro predominantemente anfibólico.

Las curvas de los gabros con ortopiroxeno muestran una reflectancia global más baja que los gabros con clinopiroxeno o anfíbol, y caída hacia el azul por abundancia de hierro. El mínimo cercano a 2,2 μm . es combinación de varios mínimos correspondientes a caolinita e illita-esmectita en 2,2 μm ., biotita o flogopita en 2,25 μm ., y biotita con illita-esmectita en 2,35 μm . (fig. 11). En el infrarrojo las cantidades predominantes de clinopiroxeno respecto a ortopiroxeno producen un desplazamiento de la absorción de 2,3 hacia 2,4 μm ., cuando predomina el clinopiroxeno (SINGER, 1981). El doblete en 2,15 y 2,25 μm . puede deberse a la presencia de biotita (fig. 11), y a la aparición de minerales de alteración, tales como caolinita o illita-esmectita.

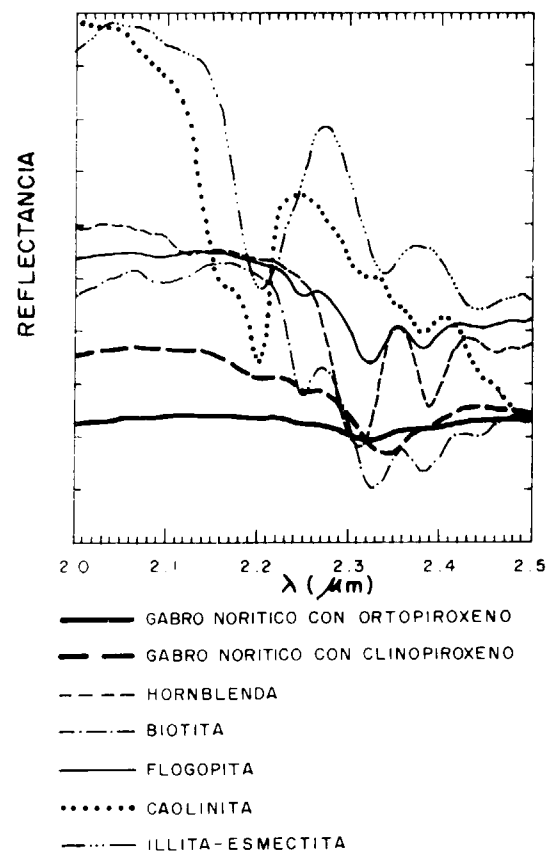


Figura 11.—Curvas espectrales de gabros noríticos con orto o clinopiroxeno y varios de sus componentes minerales.

Los gabros anfibólicos (fig. 12) están dominados por las características espectrales de la hornblenda entre 2 y 2,5 μm ., además de recoger el doblete antes mencionado por efecto de la biotita en 2,15 y 2,25 μm . y la posible presencia de minerales de alteración. El mínimo en 2,3 se debe a la presencia de hornblenda. Puede desplazarse hacia 2,4 μm . por influencia de biotita y epidota.

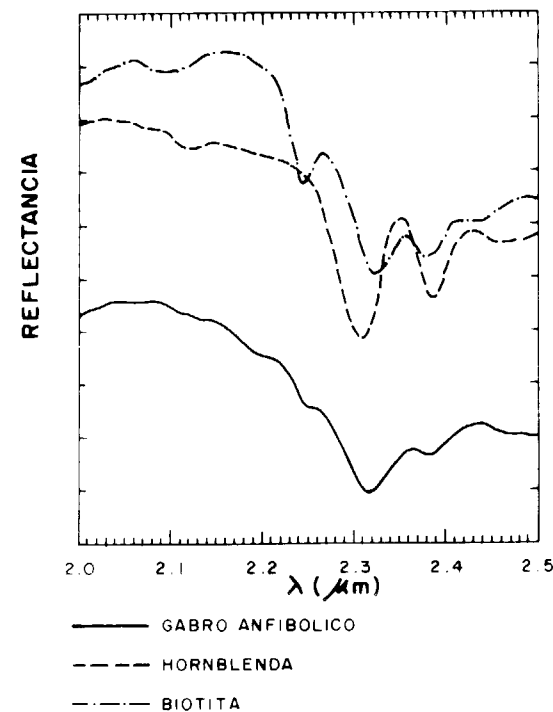


Figura 12.—Curvas espectrales de gabros anfibólicos y varios de sus componentes minerales.

Peridotitas

Las peridotitas, que constituyen las rocas más básicas del conjunto estudiado, presentan la reflectancia más baja (ROSS, ADLER y HUNT, 1969), y características de absorción similares a las rocas de la asociación gabroica (fig. 6). Puede reseñarse una débil depresión centrada en 1,0 μm ., ocasionada por la abundancia de olivino (SINGER, 1981).

La baja reflectancia generalizada de estas rocas no permite una mayor expresividad de los rasgos de absorción de sus componentes minera-

les. Sin embargo, se aprecia el mínimo en 2,3 μm ., aunque atenuado, por la presencia de aniones OH^- ligados a magnesio.

Reflectancia espectral en suelos

Los espectros de todos los suelos estudiados muestran una forma similar, con una caída fuerte hacia el azul en el visible, y reflectancia comparativamente alta en el infrarrojo cercano, con absorciones bien definidas en 0,9, 1,4, 2,2, 2,3 y 2,4 μm . (fig. 13). Los picos de absorción se deben a la presencia de agua como constituyente, previsiblemente de los granos de cuarzo en mayor o menor cantidad, y de iones OH^- existentes en las arcillas desarrolladas por alteración de los distintos componentes minerales de las rocas subyacentes.

Mantienen la misma progresión en reflectancia global que las rocas, siendo más oscuros los suelos desarrollados sobre las rocas más básicas de la asociación gabroica, y más claros los desarrollados sobre granitos, pasando por las rocas de composición intermedia.

Entre 0,4 y 0,8 μm ., la reflectancia sigue una trayectoria rectilínea, cuya pendiente disminuye progresivamente desde las rocas ácidas a las básicas, actuando como un indicador de la abundancia de material ferruginoso, o de su predominio sobre otros componentes en la reflectan-

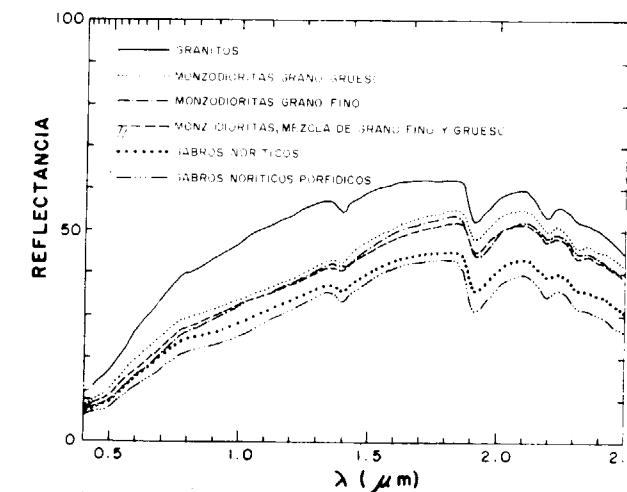


Figura 13.—Curvas espectrales promedio en suelos desarrollados sobre distintos tipos de rocas.

cia resultante. Las rocas relativamente básicas son más abundantes en minerales ricos en hierro. Sin embargo, la abundancia correlativa en magnetita y opacos hace que la caída hacia el azul predecible por su contenido en hierro, sea por el contrario, menos acentuada, siendo la pendiente de la recta menor. Es por ello que son los granitos los que exhiben tramos con pendiente más alta en el visible.

Reflectancia espectral de superficies meteorizadas de rocas

Los espectros medidos sobre superficies de rocas con signos de haber experimentado alteración por meteorización, presentan formas intermedias entre las curvas obtenidas en superficies frescas de roca, y la reflectancia de los suelos correspondientes (fig. 14).

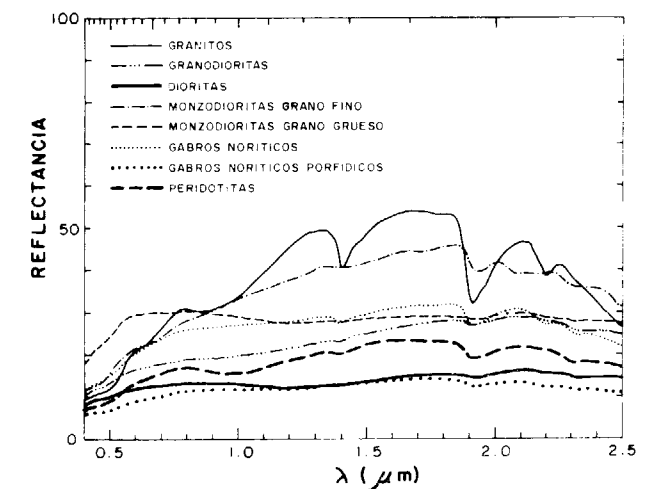


Figura 14.—Curvas espectrales promedio sobre superficies meteorizadas de rocas.

Las reflectancias globales aumentan respecto a las de las rocas frescas, y los picos de absorción coinciden con los de los suelos, desapareciendo las diferencias de reflectancia sutiles entre unas rocas y otras antes señaladas. Aparece la absorción en 0,475 μm . por la presencia de óxidos de hierro (HUNT y SALISBURY, 1971 a).

El ordenamiento de reflectancias globales se

mantiene de modo general, correspondiendo reflectancias bajas a rocas básicas, y altas a ácidas. Las alteraciones en comparación con la secuencia seguida por las rocas en superficie fresca y los suelos, puede atribuirse al grado de meteorización.

Las monzodioritas de grano grueso, las dioritas y los gabros porfídicos anfibólicos, que no encajan en la secuencia de rocas básicas a ácidas, coinciden en ofrecer rasgos mucho más planos que las demás rocas. Ello indica una menor incidencia de la meteorización, y por lo tanto su comparación con los demás tipos de rocas no es aconsejable.

Los restantes tipos de rocas sí respetan la progresión de reflectancias bajas en peridotitas, avanzando hacia granodioritas y gabros noríticos, monzodioritas de grano fino y granitos en las reflectancias superiores.

Reflectancia espectral de superficies de rocas cubiertas por líquenes

La reflectancia observada en superficies de rocas recubiertas de líquen describe con exactitud todas las características de absorción propias de líquenes en otras litologías observadas en un área relativamente próxima geográficamente al área de estudio (AGER y MILTON, 1987). De los tres tipos de líquenes clasificados en atención a su color y morfología en el trabajo mencionado, la reflectancia de los líquenes estudiados en las rocas de Burguillos del Cerro se ajusta al denominado «grupo foliado pardo».

De modo general, y a diferencia de las plantas verdes (fig. 15) los líquenes presentan una absorción debida a clorofila mitigada en $0,68 \mu\text{m}$., que ofrece la forma de un codo muy fácilmente identificable en las curvas espectrales. No registran el pico en $0,55 \mu\text{m}$., de las plantas verdes, y desde $0,68 \mu\text{m}$., hasta $1,4 \mu\text{m}$., la reflectancia aumenta de forma rectilínea. En longitudes de onda más largas, mantienen una reflectancia superior a la de las plantas verdes. Repiten respecto a las mismas las absorciones en $1,8$ y $1,9 \mu\text{m}$., por efecto del agua contenida en las células, aunque menos acentuadas. Los líquenes, sin embargo, presentan absorciones adicionales en longitudes de ondas superiores a $2,0 \mu\text{m}$., en $2,1$ y $2,3 \mu\text{m}$., además de $1,73 \mu\text{m}$.. Las absorcio-

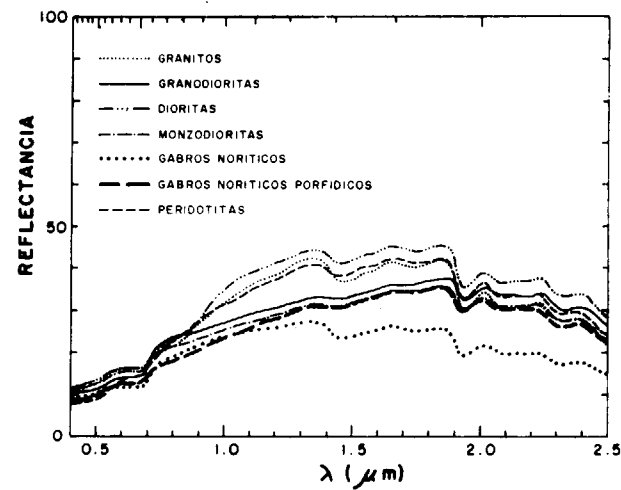


Figura 15.—Curvas espectrales promedio sobre superficies de rocas recubiertas de líquen.

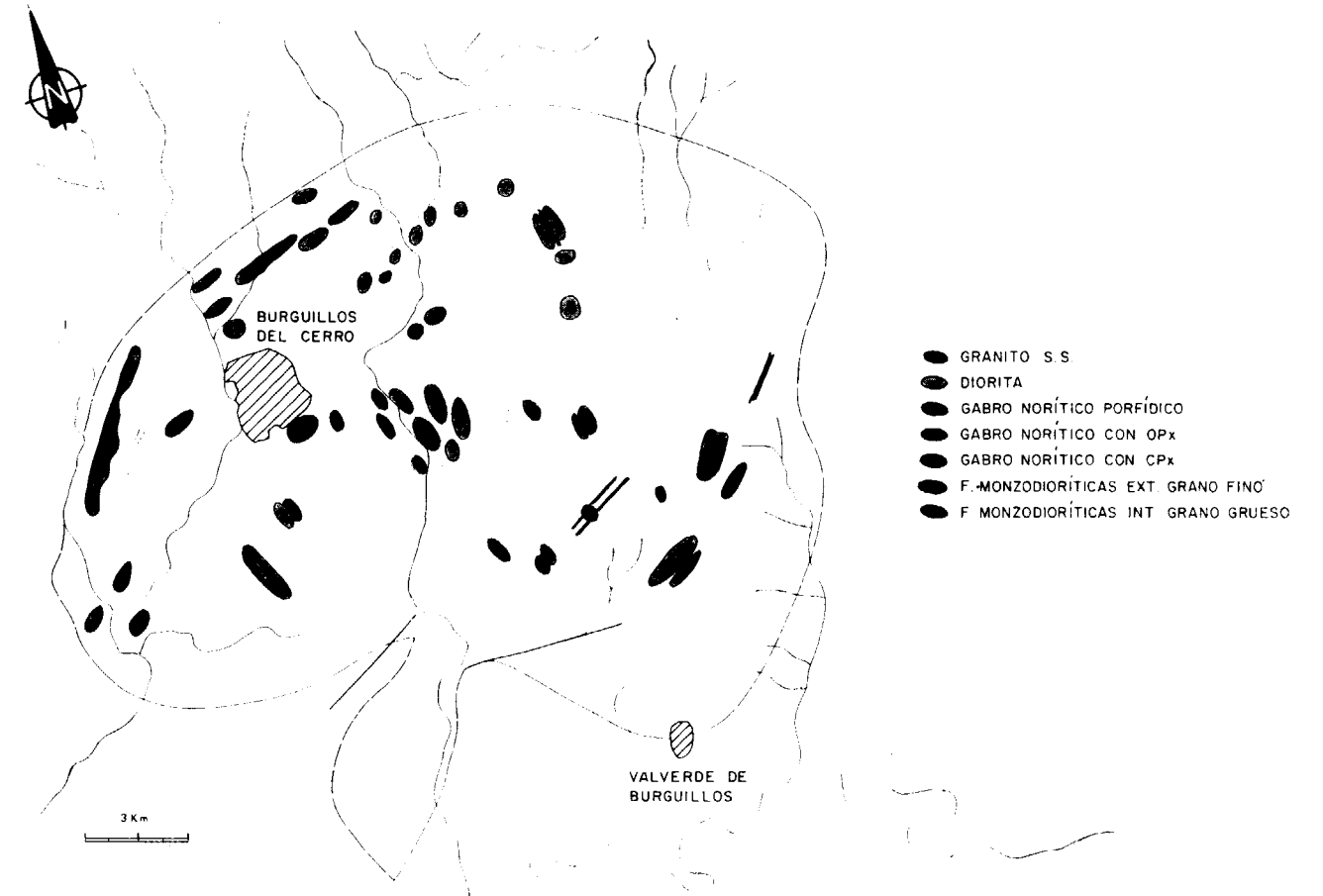
nes adicionales a las plantas verdes se deben a la celulosa, que es un componente fundamental de las paredes de las células de los hongos. La localización de los puntos de absorción es independiente del contenido en humedad del líquen.

Las reflectancias tomadas en superficies de rocas recubiertas de líquen en Burguillos del Cerro son más planas y oscuras en conjunto que las de los líquenes reseñados por AGER y MILTON. Sin embargo, no se ha hecho una estimación cuantitativa del grado de recubrimiento de la superficie de roca por líquen que permita interpretar con más precisión esta circunstancia.

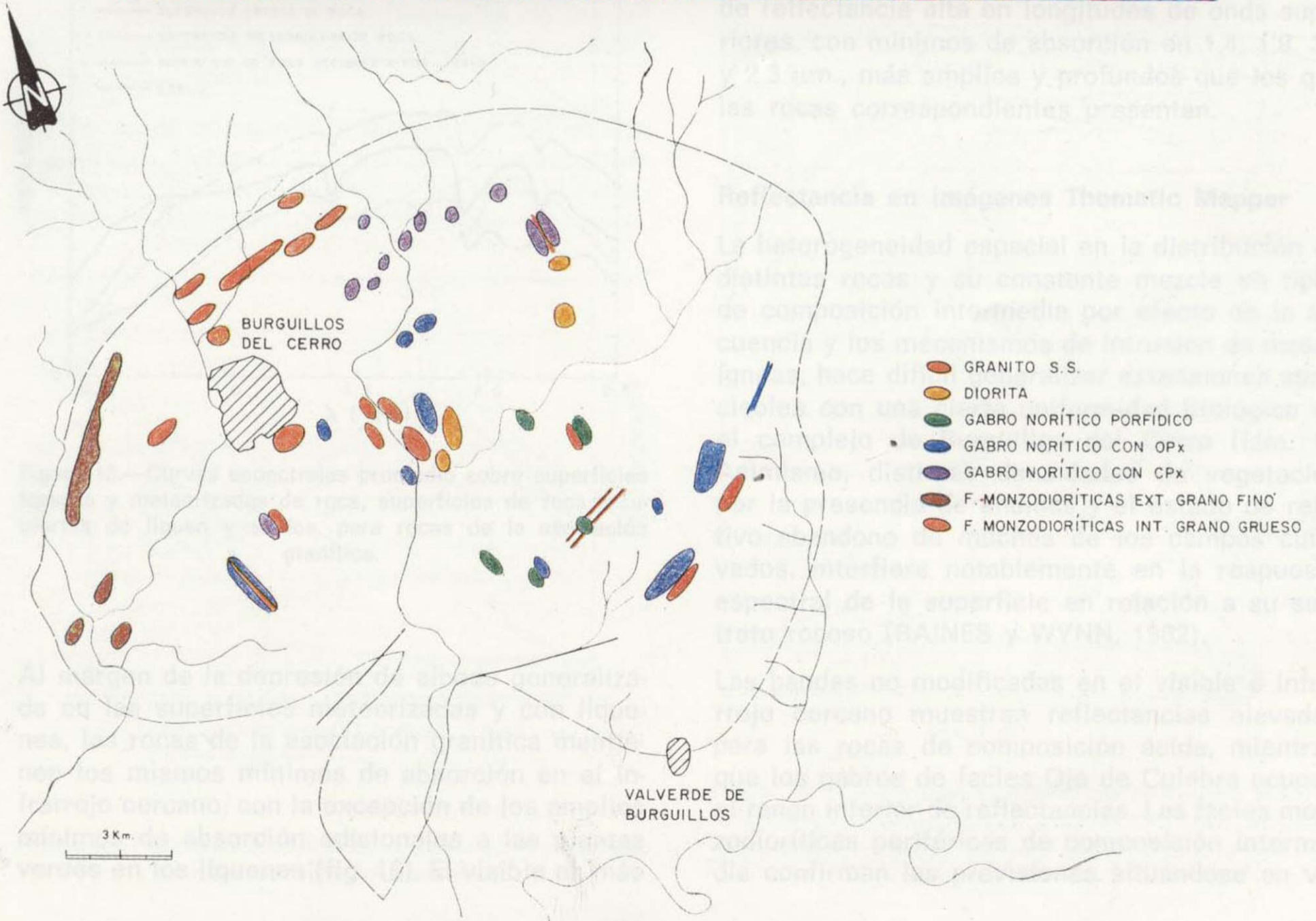
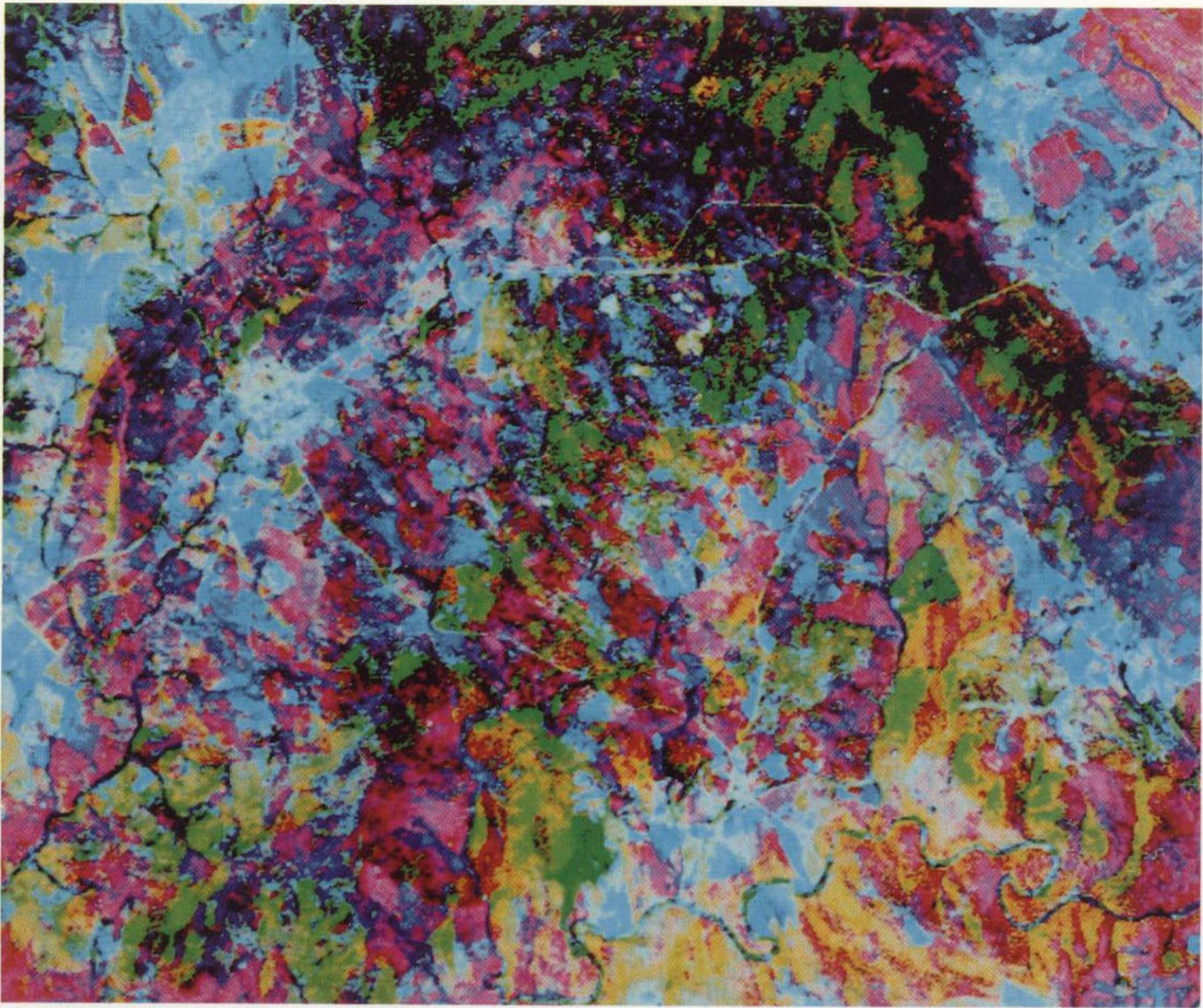
Los distintos sustratos rocosos no presentan una relación evidente con las características espectrales de las superficies cubiertas por líquen en las condiciones en que han sido observadas. Una evaluación más cuidada de tipos, estimaciones cuantitativas de recubrimientos superficiales y sustrato podría modificar esta apreciación.

Relaciones entre las reflectancias en distintas superficies de rocas y suelos

Los sensores embarcados en satélites recogen reflectancia correspondiente a una unidad de superficie de la tierra, que integra la respuesta de rocas, si afloran, con distintos grados de altera-



Composición en color de Componentes Principales de primero, segundo y tercer orden en imágenes Thematic Mapper, indicando la gran heterogeneidad espectral y espacial en el interior del Complejo de Burguillos del Cerro. Esquema de afloramientos tomados como referencia en imágenes por su relativa ausencia de vegetación y uniformidad litológica.



Composición en color de Componentes Principales de primero, segundo y tercer orden en imágenes Thematic Mapper, indicando la gran heterogeneidad espectral y espacial en el interior del Complejo de Burguillos del Cerro. Esquema de afloramientos tomados como referencia en imágenes por su relativa ausencia de vegetación y uniformidad litológica.

ción en superficie, su recubrimiento vegetal específico, material suelto y suelos producto de la desagregación de la roca y su transformación mineralógica, así como asociaciones vegetales que se desarrollan sobre este material suelto.

En este apartado se trata de evaluar los cambios en la reflectancia producidos por la meteorización y crecimiento de líquenes sobre las rocas, prescindiendo de la influencia del recubrimiento vegetal a gran escala.

Tanto la alteración como el recubrimiento por líquenes modifica el albedo de las rocas (figs. 16 y 17). En los dos grandes grupos que se han distinguido, la reflectancia global decrece en los granitos, tanto por meteorización, como por la aparición de líquenes. El efecto es contrario en las rocas básicas e intermedias, que, siendo oscuras en corte fresco, se aclaran por meteorización y crecimiento de líquenes.

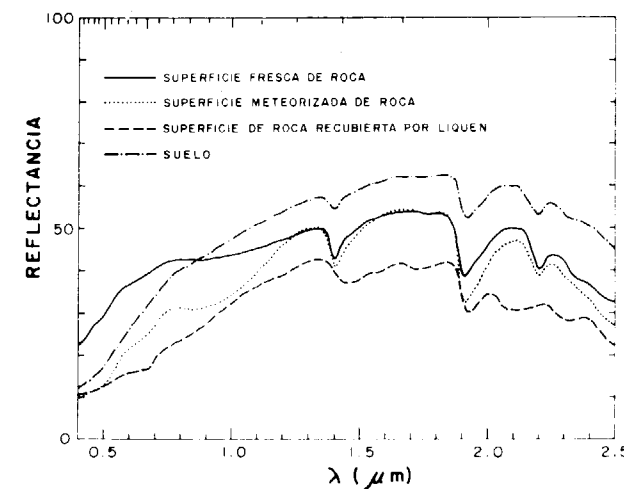


Figura 16.—Curvas espectrales promedio sobre superficies frescas y meteorizadas de roca, superficies de roca recubiertas de líquen y suelos, para rocas de la asociación granítica.

Al margen de la depresión de albedo generalizada en las superficies meteorizadas y con líquenes, las rocas de la asociación granítica mantienen los mismos mínimos de absorción en el infrarrojo cercano, con la excepción de los amplios mínimos de absorción adicionales a las plantas verdes en los líquenes (fig. 16). El visible es más

sensible, experimentando variaciones espectrales inexistentes en las rocas frescas. Los procesos de meteorización incorporan mínimos debidos a la presencia de óxidos de hierro en 0,5, 0,65 y 0,9 μm . La reflectancia en imágenes Thematic Mapper estaría deprimida en las bandas 1, 3 y 4. El efecto de los líquenes, con el mínimo en 0,68 μm ., también sería globalmente depresor en el visible. Si bien los suelos describen una caída hacia el azul más pendiente que las rocas frescas, su uniformidad altera en menor medida potencialmente las propiedades de las rocas frescas.

Todas las rocas de las asociaciones dioríticas y gabroicas experimentan un aumento de reflectancia global por efecto de la vegetación y meteorización, y la completa destrucción de las sutiles diferencias espectrales que distinguen unas rocas de otras en corte fresco (fig. 17). Puesto que se trata de curvas muy planas, el efecto resultante es la depresión entre 0,4 y 0,7 μm . (bandas 1, 2 y 3 en el Thematic Mapper), el aumento lineal entre 0,7 y 1,9 μm ., y el mantenimiento de reflectancia alta en longitudes de onda superiores, con mínimos de absorción en 1,4, 1,9, 2,2 y 2,3 μm ., más amplios y profundos que los que las rocas correspondientes presentan.

Reflectancia en imágenes Thematic Mapper

La heterogeneidad espacial en la distribución de distintas rocas y su constante mezcla en tipos de composición intermedia por efecto de la secuencia y los mecanismos de intrusión de masas ígneas, hace difícil generalizar extensiones apreciables con una cierta uniformidad litológica en el complejo de Burguillos del Cerro (lám. 1). Asimismo, distintas densidades de vegetación por la presencia de encinas y el estado de relativo abandono de muchos de los campos cultivados, interfiere notablemente en la respuesta espectral de la superficie en relación a su sustrato rocoso (RAINES y WYNN, 1982).

Las bandas no modificadas en el visible e infrarrojo cercano muestran reflectancias elevadas para las rocas de composición ácida, mientras que los gabros de facies Ojo de Culebra ocupan el rango inferior de reflectancias. Las facies monzodioríticas periféricas de composición intermedia confirman las previsiones situándose en va-

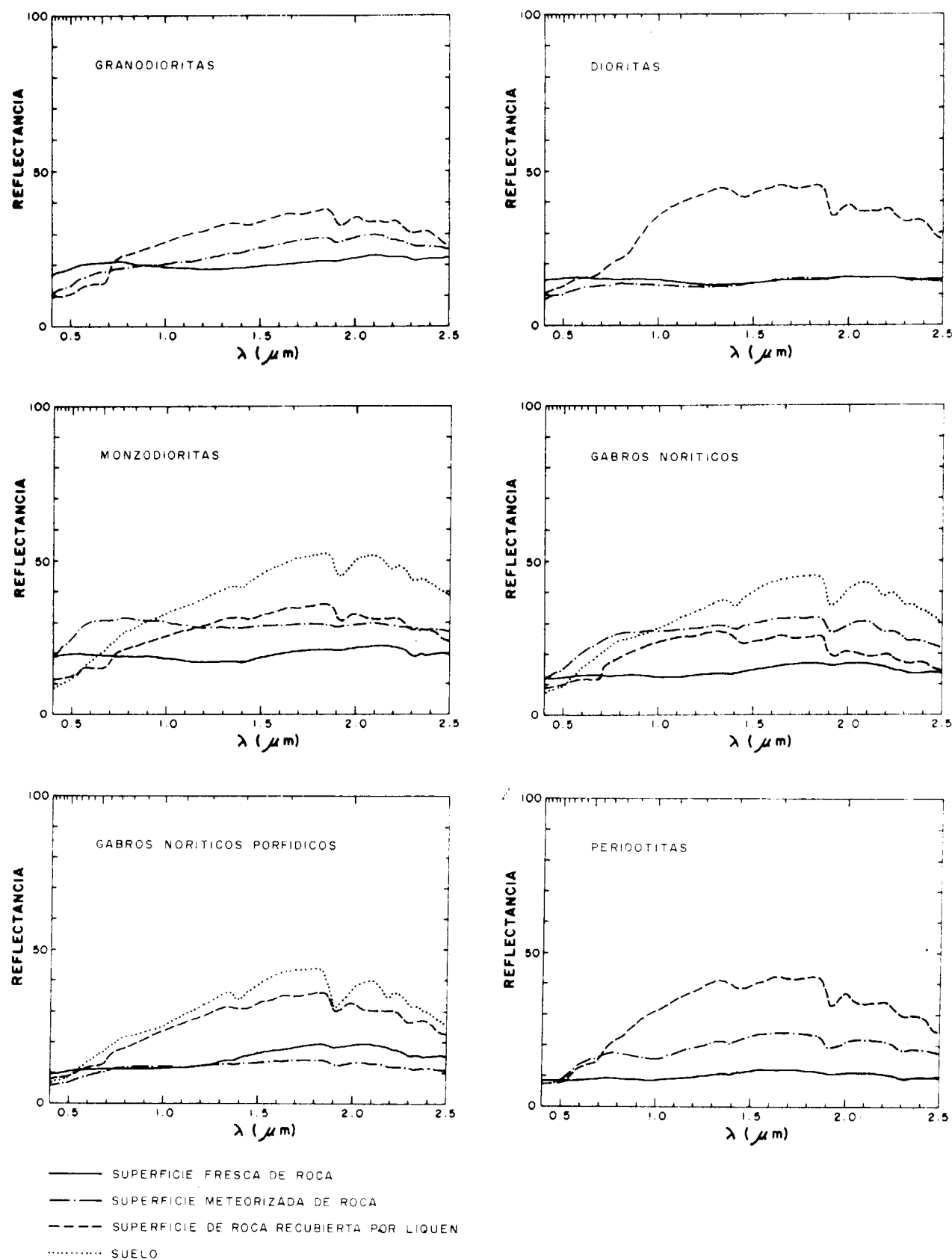


Figura 17.—Curvas espectrales promedio sobre superficies frescas y meteorizadas de roca, superficies de roca recubiertas de líquen y suelos, agrupadas por tipos de rocas con afinidades petrográficas, para las asociaciones diorítica y gabroica.

lores intermedios de reflectancia global (figura 47).

Es muy de destacar la superposición de los valores de los gabros azules con las rocas ácidas. Los gabros azules son rocas compuestas fundamentalmente por piroxeno y plagioclasa básica de tipo labrador, término petrográficamente conocido como gabro norítico. Los gabros noríticos (HUNT, SALISBURY y LENHOFF, 1974) tienen un comportamiento espectral anormal respecto al conjunto de los gabros, desplazándose hacia reflectancias comparativamente más altas, y mostrando irregularidades más acusadas en su curva espectral por la presencia masiva de piroxenos.

Las facies periféricas monzodioríticas de composición intermedia se distinguen en dos grupos por su situación en el plutón y por su tamaño de grano. Las facies periféricas externas de grano fino pertenecientes a la asociación gabroica presentan reflectancias más altas que las periféricas internas de grano grueso pertenecientes a la asociación diorítica. Esto confirma de nuevo el supuesto de la mayor reflectancia de las rocas de tamaño más fino para una composición mineralógica similar.

Las rocas de composición básica, los gabros Ojo de Culebra, tienen una textura porfídica con grandes fenocristales de anfíboles de tamaño centimétrico o decimétrico. Es posible que esta pecu-

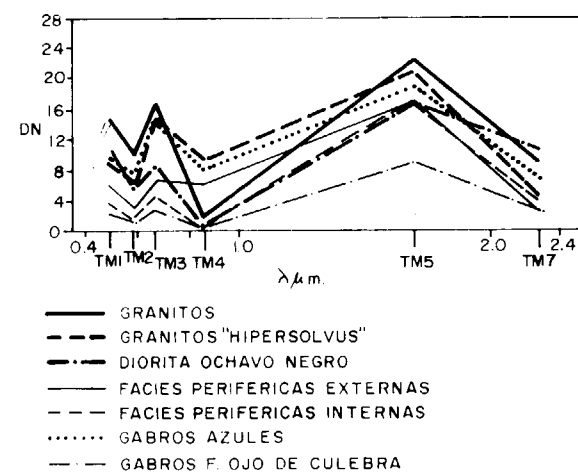


Figura 18.—Números digitales calculados en imágenes TM para las litologías mencionadas.

liaridad influya, además de en su composición, en determinar su reflectancia más baja en imágenes.

Los Gabros Azules diversifican su aparición cartográfica en dos facies diferenciables por la simetría de sus piroxenos, bien rómbica (ortopiroxenos) o monoclinica (clinopiroxenos). Los valores de reflectancia tomados de las imágenes Thematic Mapper para el conjunto de los Gabros Azules, y aquellos que contienen clinopiroxeno u ortopiroxeno, muestran mayor similitud de los Gabros Azules con clinopiroxeno con las tendencias generales del conjunto de los Gabros Azules, y una reflectancia global más baja en los Gabros Azules con ortopiroxeno (fig. 19). Los valores en los Gabros Azules con ortopiroxeno son comparativamente inferiores al conjunto de los Gabros Azules en las bandas 3, 4 y 5 del Thematic Mapper, cuyos intervalos de longitud de onda coinciden con el descenso en reflectancia ofrecido por los gabros con ortopiroxeno.

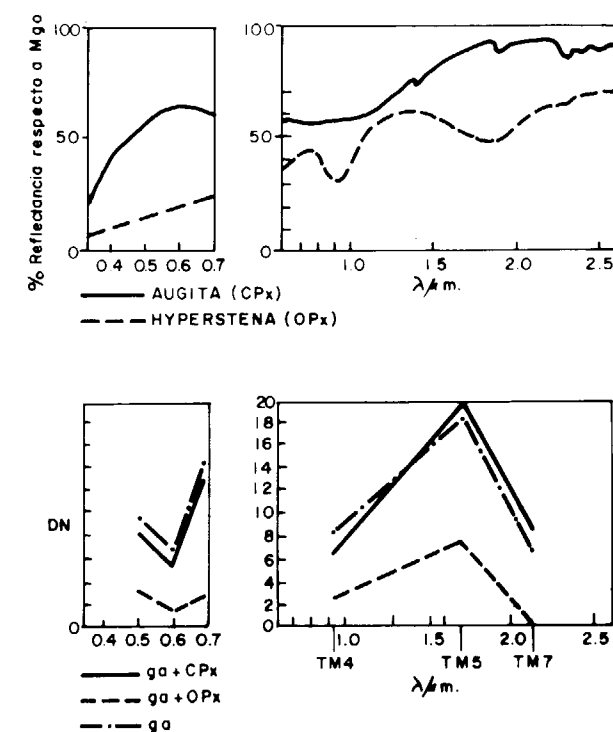


Figura 19.—Curvas espectrales de clinopiroxenos (CPx) y ortopiroxenos (OPx) (HUNT y SALISBURY, 1970). Números digitales en imágenes TM para gabros noríticos con OPx y CPx.

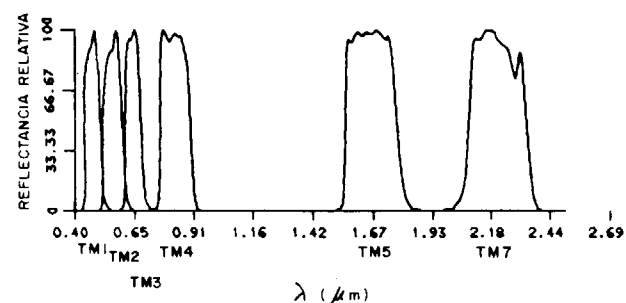


Figura 20.—Funciones de señales de respuesta de energía electromagnética para los canales del sensor Thematic Mapper.

EVALUACION ESTADISTICA DE MEDIDAS ESPECTRALES DE LABORATORIO EN ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS EN EL COMPLEJO DE BURGUILLAS DEL CERRO (BADAJOZ), ENFOCADA A LA INTERPRETACION DE IMAGENES

Cocientes calculados sobre reflectancias espectrales en rocas frescas

En las curvas de reflectancia de las rocas examinadas en superficies frescas se muestra una reflectancia bastante uniforme en la banda 5, por lo que puede utilizarse como referencia (fig. 21). La banda 7 comprende las absorciones en 2,3 μm. por efecto de los grupos MgOH en rocas básicas e intermedias, así como la fuerte absorción en 2,2 μm. en granitos. Esto se traduce en un cociente 5/7 elevado para los granitos, intermedio para las rocas básicas, y bajo para las intermedias. Aunque las rocas básicas presentan una absorción más intensa en 2,3 μm., éste es el punto más bajo de una caída progresiva de reflectancia desde 2,05 μm. Siendo las curvas de las rocas intermedias más planas, el valor final para la banda 7 es proporcionalmente más bajo en las mismas que para las rocas básicas, y el cociente 5/7 resultante es superior en las rocas intermedias que en las básicas.

La banda 2 se sitúa en el punto más alto de la amplia depresión que caracteriza a las rocas intermedias, cuya reflectancia decrece hacia el infrarrojo en este sector. Por el contrario, la reflectancia de las rocas básicas decrece uniformemente hacia el visible desde el infrarrojo cercano. La anchura de la banda 4 hace difícil cuantificar la ligera elevación en reflectancia respec-

to a las bandas del visible en las rocas básicas. Por ello los cocientes 4/1 y 2/1 son muy parecidos para las rocas básicas e intermedias, aunque individualizan bien a los granitos, que ofrecen una caída de reflectancia fuerte hacia el visible. El cociente 2/4, por el contrario, separa con valores ligeramente más altos las rocas intermedias de las rocas básicas, mientras que los granitos recogen los valores más bajos.

El cociente 4/7 separa las peridotitas y gabros porfídicos de los gabros azules, que se agrupan con las rocas intermedias y los granitos. Esto se debe a la más constante caída hacia el visible en peridotitas y gabros porfídicos, que resulta en valores inferiores para la banda 4, y, en consecuencia, para el cociente 4/7. Esta circunstancia compensa los valores intermedios que las rocas básicas producen en la banda 7, y los comparativamente más bajos de las rocas intermedias y altos de las rocas ácidas. De este modo, rocas ácidas, intermedias y gabros noríticos azules toman valores altos en el cociente 4/7, mientras que peridotitas y gabros porfídicos toman valores bajos.

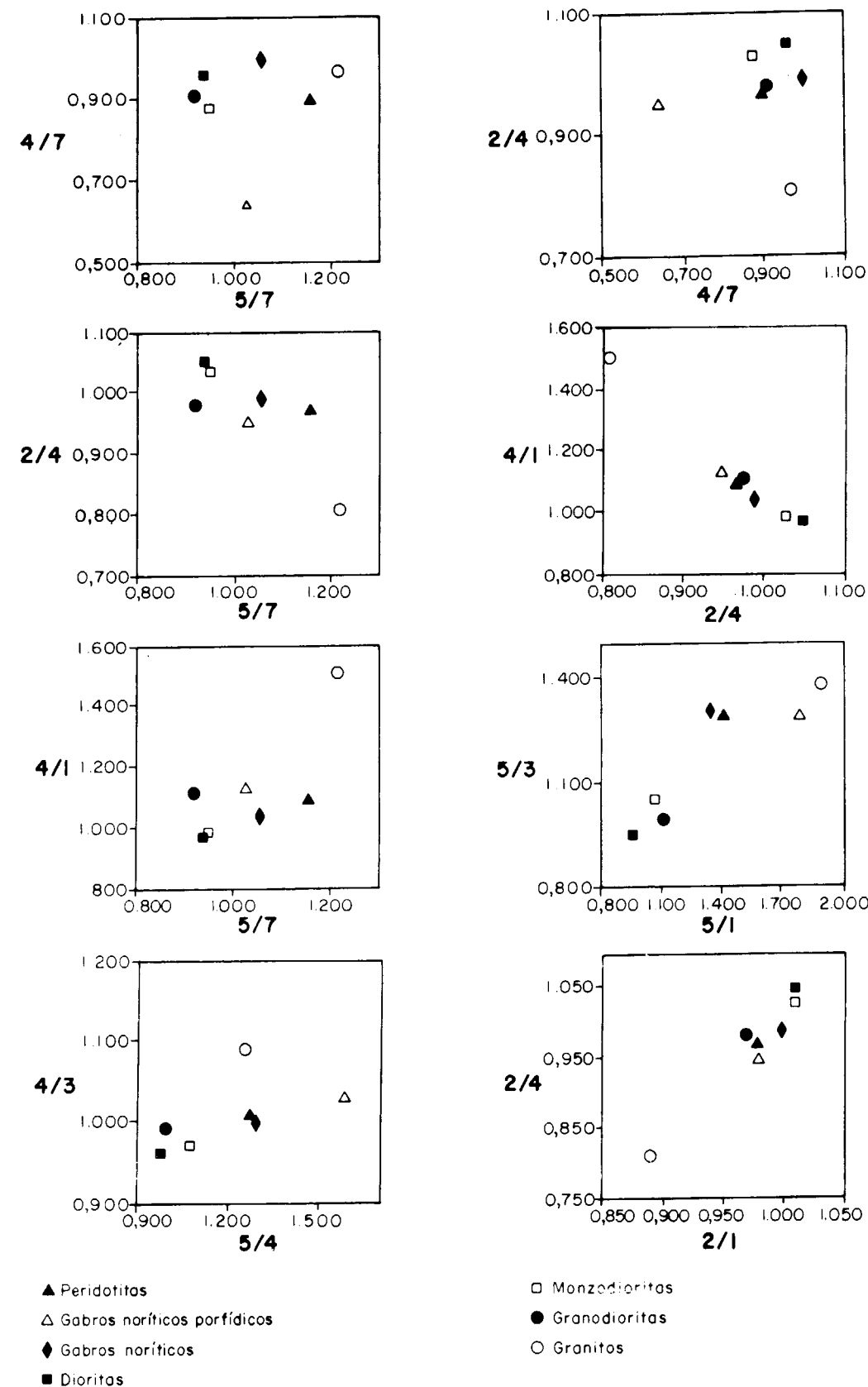
La banda 1, al igual que la banda 5, ofrece un ordenamiento regular, y una reflectancia homogénea en todos los tipos de rocas, manteniendo reflectancias bajas en las rocas básicas, y altas en las ácidas. Así, el cociente 5/1 separa bien los tres grupos de rocas.

No ocurre lo mismo con el 5/3, donde la reflectancia comparativamente más alta de los granitos en la banda 3 produce un cociente similar al de las rocas básicas. Se repite el mismo efecto en el cociente 5/4, que resulta en un agrupamiento similar al 5/3 de tipos de rocas.

El cociente 4/3 es susceptible de recoger las caídas inversas de reflectancia entre las rocas intermedias y las rocas básicas. Una vez más, los granitos se aproximan a las rocas básicas, si bien el valor del cociente 4/3 es mucho más alto para ellos.

Cocientes calculados sobre reflectancias en superficies meteorizadas de rocas, y líquenes desarrollados sobre las mismas

Los resultados de calcular cocientes en los intervalos de longitudes de onda que recogen las bandas del Thematic Mapper en medidas de re-



- ▲ Peridotitas
- △ Gabros noríticos porfídicos
- ◆ Gabros noríticos
- Dioritas
- Monzodioritas
- Granodioritas
- Granitos

Figura 21.—Diagramas bidimensionales de cocientes calculados sobre valores de curvas espectrales de laboratorio sobre superficies frescas de rocas en los intervalos de longitud de onda de los canales del Thematic Mapper.

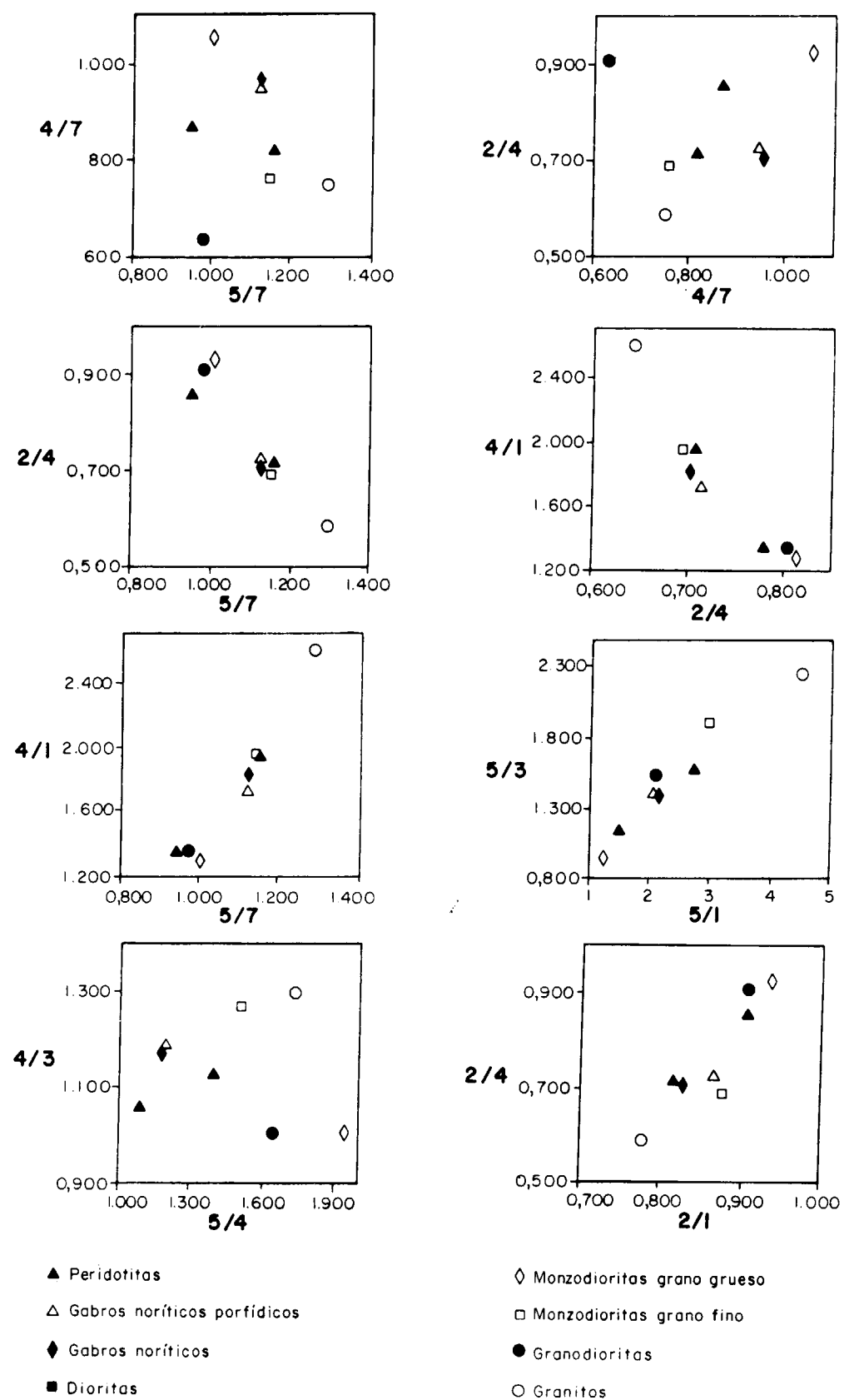


Figura 22.—Diagramas bidimensionales de cocientes calculados sobre valores de curvas espectrales de laboratorio sobre superficies meteorizadas de rocas en los intervalos de longitud de onda de los canales del Thematic Mapper.

flectancia en laboratorio sobre superficies meteorizadas de rocas, presentan en líneas generales las mismas tendencias a separar grupos de rocas que las superficies frescas de rocas (figura 22).

Aparecen discrepancias en diagramas bidimensionales cuando en los dos cocientes participa la banda 4. Al coincidir entre sus extremos longitudes de onda en los que se manifiesta la absorción por hierro, la diferencia en la intensidad de meteorización en unas rocas y otras es más evidente, resultando una desorganización de resultados respecto a la tendencia general de los distintos tipos de rocas, en cuanto a las medidas en superficies frescas de rocas se refiere.

La desorganización en cuanto a afinidades petrográficas es especialmente notoria en el cociente 4/7, y en menor medida, en el 2/4 y 5/4. No es así en el 4/3 y 4/1, a pesar de que la banda 4 figura en el numerador de ambos cocientes. Tanto la banda 1 como la banda 3 cubren intervalos de longitudes de onda sensibles a las absorciones por material ferruginoso, al igual que la banda 4. Puesto que tanto numerador como denominador están ligados a un comportamiento espectral paralelo en los cocientes 4/3 y 4/1, sus valores encajan mejor en los agrupamientos de tipos de rocas reflejados por los diagramas dimensionales de cocientes.

Las facies periféricas internas monzodioríticas de grano fino se sitúan siempre próximas a las rocas básicas. Su curva de reflectancia espectral en superficie meteorizada es muy plana, revelando un grado de meteorización menor. También presenta en común con las rocas básicas una caída fuerte hacia el visible.

Tanto en superficies frescas como en superficies meteorizadas de rocas, son los cocientes 5/1 y 5/3 los que ofrecen un índice de regresión mejor en la distribución de los tres grupos de rocas ácidas, intermedias y básicas.

Los cocientes calculados para reflectancias observadas en superficies de rocas cubiertas por líquenes despliegan una distribución ajena a la composición mineralógica de las mismas, por lo que no se hace comentario detallado de su distribución. Sin embargo, se incluyen los diagramas binarios que representan los mismos cocientes de bandas (fig. 23), a modo de muestra de la variabilidad que el recubrimiento de líquen

introduce en la interpretación de la reflectancia de distintos tipos de rocas.

Si tomamos como ejemplo el diagrama formado por los cocientes 5/1 y 5/3, que separan razonablemente los distintos grupos de rocas, tanto en superficie fresca como meteorizada, el crecimiento de líquenes haría confundir las rocas graníticas con la mayor parte de las básicas, y viceversa, y mezclaría las rocas intermedias con otras rocas.

Cocientes calculados sobre reflectancias de suelos

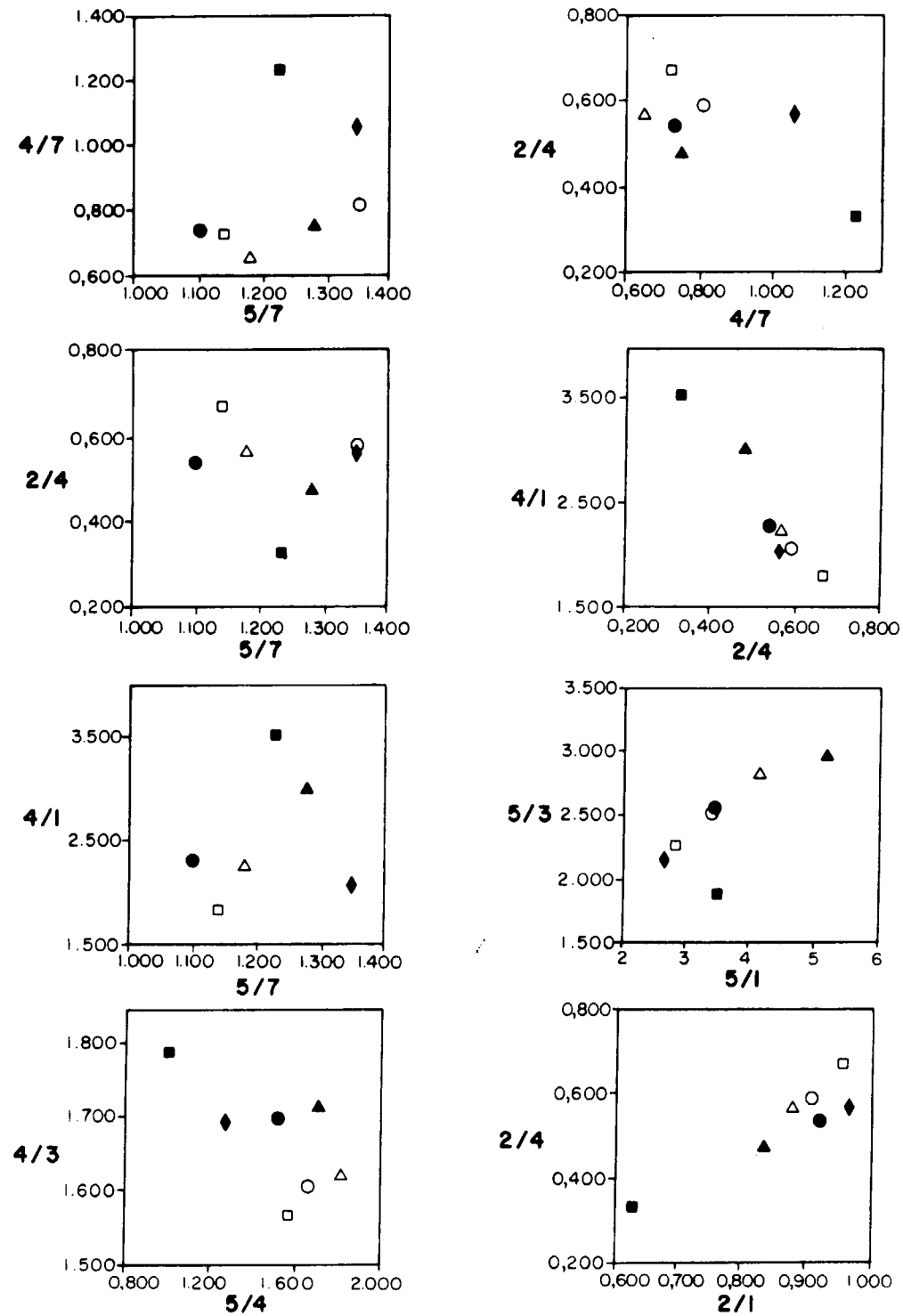
Las reflectancias en laboratorio sobre suelos describen una curva muy parecida para los distintos tipos de rocas sobre los que se desarrollan, siendo su principal diferencia la reflectancia global. Por ello, los cocientes de bandas no son susceptibles en principio de aportar grandes novedades en la separación de rocas.

Como ya ha sido reseñado con anterioridad (figura 13), es de esperar diferencias entre el visible y el infrarrojo, por la caída hacia el azul en el visible en forma de abanico que las curvas de reflectancia de los suelos describen.

Llama la atención en primer lugar el valor excepcionalmente alto para los suelos de los gabros porfídicos con facies Ojo de Culebra en el cociente 5/7 (fig. 24). En la banda 5, la curva es ligeramente más plana que las demás, y asimismo ligeramente más pendiente hacia longitudes de onda elevadas en la banda 7. Esta ligera diferencia es suficiente para producir un cociente comparativamente más elevado que los suelos de las demás rocas.

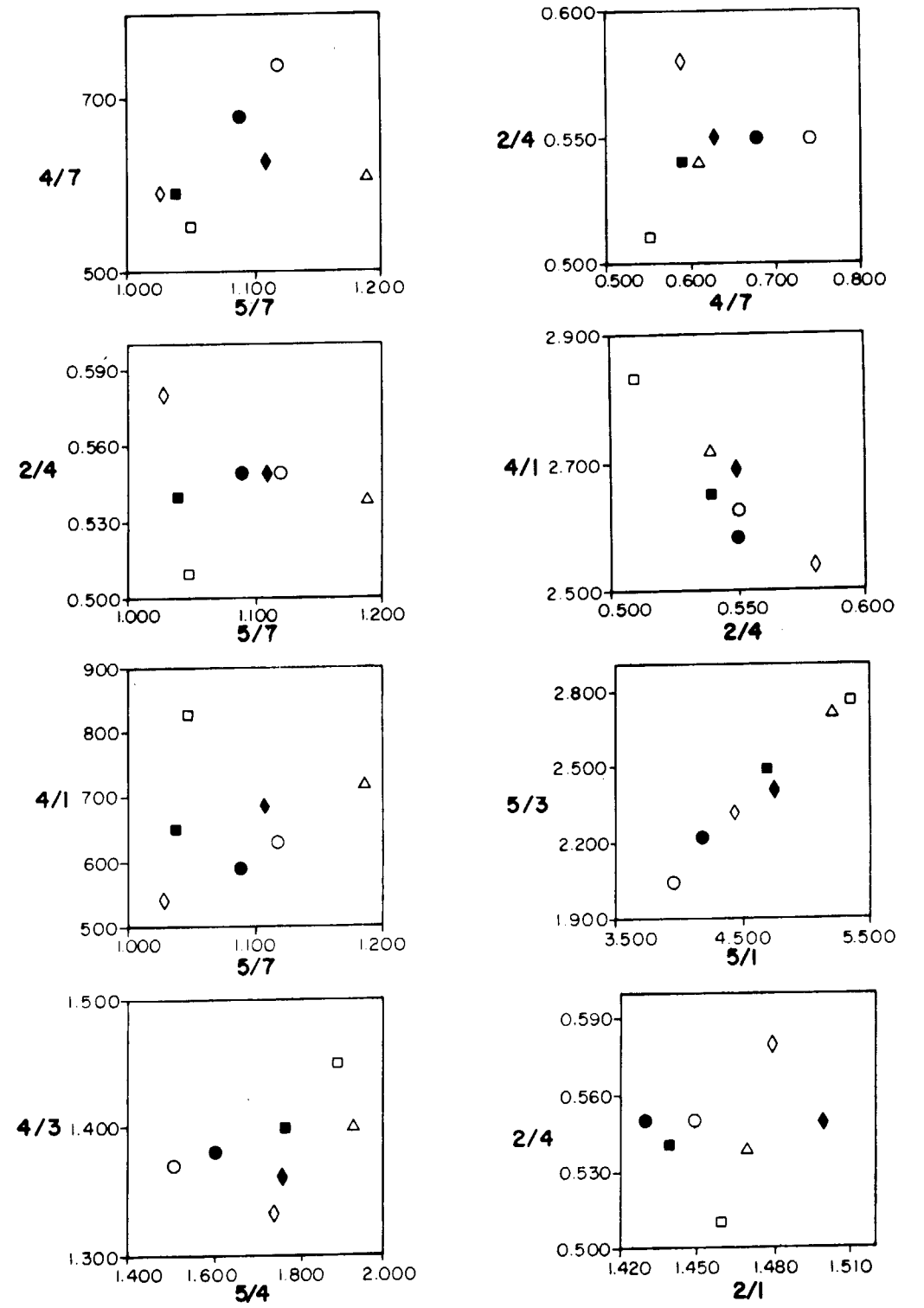
El cociente 5/7 separa los suelos de las rocas intermedias de los desarrollados en rocas graníticas y básicas. Ello se debe a que la meseta en la banda 5 en las rocas intermedias está ligeramente más inclinada hacia el visible que las demás, y por ello resulta un cociente menor.

Es el cociente 4/7 el que diferencia en grupos nítidos los suelos en las rocas intermedias, básicas y ácidas. La reflectancia de los suelos en rocas intermedias es comparativamente más alta en la banda 7 que en los de otros grupos de rocas respecto a la banda 4, resultando cocientes muy bajos. Los valores más altos corresponden



- ▲ Peridotitas
- △ Gabros noríticos porfídicos
- ◆ Gabros noríticos
- Dioritas
- Monzodioritas
- Granodioritas
- Granitos

Figura 23.—Diagramas bidimensionales de cocientes calculados sobre valores de curvas espectrales de laboratorio sobre superficies de rocas recubiertas por líquen en los intervalos de longitud de onda de los canales del Thematic Mapper.



- △ Gabros noríticos porfídicos
- ◆ Gabros noríticos
- ◇ Monzodioritas grano grueso
- Monzodioritas grano fino
- Monzodioritas (mezcla)
- Granitos
- Granito hipersolus (monzonita)

Figura 24.—Diagramas bidimensionales de cocientes calculados sobre valores de curvas espectrales de laboratorio sobre suelos en los intervalos de longitud de onda de los canales del Thematic Mapper.

a suelos en rocas graníticas, cuyo ascenso de reflectancia desde el visible al infrarrojo es ligeramente menor.

Otros cocientes que tienen la banda 5 como numerador, como los 5/1, 5/3 y 5/4, diferencian los granitos del resto, que toman valores bajos. El relativamente menos acentuado ascenso de reflectancia desde el visible al infrarrojo en los suelos de granitos, mencionado al hablar del cociente 4/7, es responsable también de este hecho. El par de cocientes 5/1 y 5/3 ofrece el mejor índice de regresión en diagramas bidimensionales para la diferenciación de suelos en los tres tipos fundamentales de rocas.

Los suelos de las facies periféricas presentan una curiosa dispersión de valores en cocientes en que participan las bandas del visible, tales como los 2/1, 2/4, 4/1 y 4/3. La ya mencionada diferencia de pendiente en la caída hacia el azul, mayor en los suelos de las facies monzodioríticas periféricas internas de grano grueso, que en los de las facies externas de grano fino ocasiona valores altos en el 2/1 y 2/4 y bajos en el 4/1 y 4/3 para las primeras, y correspondientemente inversos para las segundas. La diferencia de pendiente es suficientemente acusada como para que los valores que los suelos desarrollados sobre los mencionados tipos de roca en estos cocientes ocupen los valores extremos del conjunto de todas las rocas estudiadas.

Las diferencias de pendiente en el tramo 0,4-0,8 μm . son responsables del caos en cuanto a agrupamiento de suelos en rocas, en lo que a afinidades petrográficas se refiere, en los cocientes 2/1, 2/4, 4/1 y 4/3.

Relación entre cocientes calculados en laboratorio y procedentes de tratamiento de imágenes

El complejo de Burguillos del Cerro es un plutón semicircular de tres kilómetros aproximadamente de diámetro, que exhibe una gran heterogeneidad en la distribución espacial de las rocas aflorantes, así como en la variabilidad espectral registrada en las imágenes Thematic Mapper (RIAZA y GARCIA CASQUERO, 1989). En un margen muy estrecho de homogeneidad espectral, se seleccionaron áreas de entrenamiento correspondientes a afloramientos ciertos de cada uno

de los tipos de roca cartografiados, con su cortejo de suelos y variedad de asociaciones vegetales.

Los valores de números digitales obtenidos en las bandas individuales del Thematic Mapper apuntaban la progresión en reflectancia global, que ha sido confirmada con medidas de laboratorio realizadas sobre distintas superficies de roca y suelos (RIAZA y GARCIA CASQUERO, 1989).

Revelan asimismo peculiaridades en el comportamiento espectral de rocas como los gabros noríticos, que se separan del conjunto de las rocas de composición básica al que pertenecen petrográficamente, para solaparse en sus respuestas espectrales con las rocas de composición ácida.

Los resultados de los cocientes resultantes en tratamiento de imágenes Thematic Mapper para los distintos tipos de roca asignados a las áreas de entrenamiento se representaron en diagramas bidimensionales (fig. 25). El análisis de regresión aplicado a los mismos aconsejó el uso de los cocientes 5/7, 4/7, 2/4 y 4/1 para distinguir rocas de la asociación granítica de los demás tipos de rocas. Los cocientes 5/1 y 5/3 colaborarían a la distinción entre rocas básicas e intermedias, de las rocas de la asociación granítica y diorítica, a las que se incorporan los gabros noríticos no porfídicos.

Estas observaciones han orientado el análisis de cocientes de bandas realizado sobre medidas de reflectancia en laboratorio, con el objeto de establecer un contraste.

De modo general, y como es de esperar por la mezcla de distintos elementos en la superficie de la tierra, los datos de imágenes Thematic Mapper son mucho más confusos en la separación de distintos grupos de rocas que las medidas de laboratorio. Lo más optimista en imágenes ha sido la separación de dos grupos de rocas, mientras que en laboratorio se pueden llegar a distinguir los tres grandes grupos de rocas en función de su índice de acidez.

Los diagramas de cocientes equivalentes en medidas de laboratorio e imágenes no se parecen, con la excepción del par 5/3 y 5/1 para suelos. Aunque la distribución en diagramas bidimensionales no coincide para los distintos tipos de rocas representados, los cocientes seleccionados

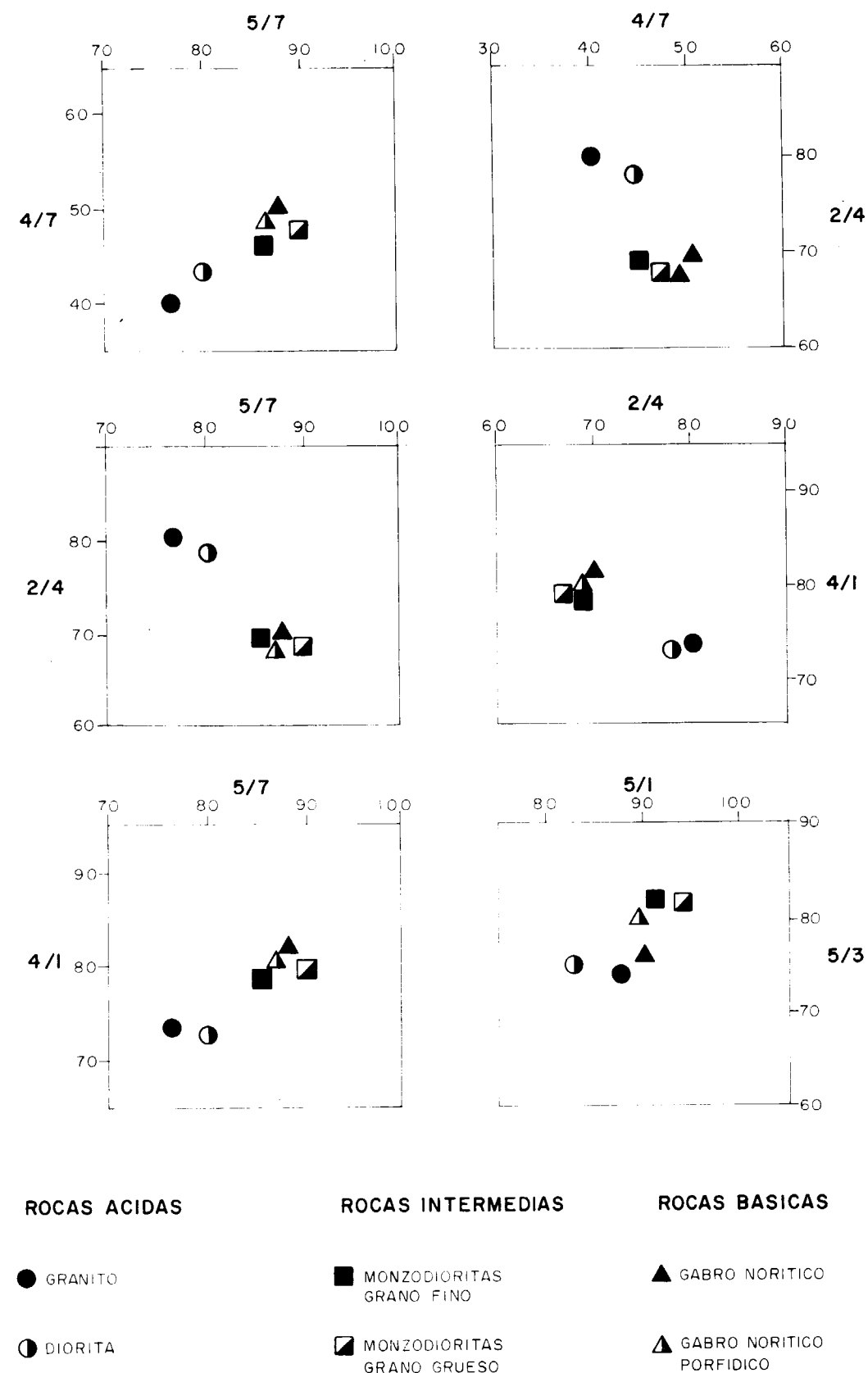


Figura 25.—Diagramas bidimensionales de cocientes calculados sobre imágenes Thematic Mapper.

con tratamiento de imágenes coinciden con varios de los seleccionados en medidas de reflectancia de laboratorio.

El par 5/3 y 5/1 ofrece la mejor distribución de los distintos tipos de rocas, tanto en medidas realizadas sobre superficies frescas y meteorizadas de rocas, como en suelos. El cociente 4/7 en suelos refleja de modo óptimo las diferencias de índices de acidez referidos a sus rocas correspondientes. El 2/4 hace el mismo papel tanto en medidas en superficies frescas como meteorizadas de rocas.

Tomando como muestra el par de cocientes 5/3 y 5/1, en superficies frescas y meteorizadas de rocas, los granitos presentan los valores más altos, mientras que en suelos son los más bajos. Rocas y suelos neutralizarían de alguna manera su efecto en una superficie que combine la reflectancia de ambos, y sobre cuya reflectancia se calculen los mencionados cocientes. Pero el hecho de que sus reflectancias respectivas estén mejor separadas tanto en suelos como en rocas, convierte a estos cocientes en potenciales discriminadores de las rocas correspondientes, aunque el orden de valores resultantes no sea una combinación sencilla de los componentes individuales que contribuyen a la reflectancia conjunta.

La superposición de la respuesta espectral de todos los materiales que aparecen en una unidad superficial terrestre no es necesariamente un promedio de las respuestas espectrales individuales de cada uno de ellos, como se ha comprobado en repetidas ocasiones en mezclas de distintos minerales (NASH y CONEL, 1974; SINGER, 1981; GAFFEY, 1985; CLARK, 1983). No es de esperar, por ello, que los resultados numéricos calculados sobre imágenes imiten fielmente los resultados de variaciones sutilísimas proporcionados por las medidas de laboratorio, como se ha comprobado en este capítulo. Sin embargo, es razonable esperar que los cálculos que han resultado más esclarecedores en laboratorio tengan más probabilidad de producir mejores resultados en imágenes.

CONCLUSIONES

Las rocas intrusivas en corte fresco en el Complejo de Burguillos del Cerro presentan reflec-

tancias distintivas, tanto en cuanto a reflectancia global, como en los picos de absorción resultantes de sus componentes minerales.

En lo referente a la reflectancia global, tanto las rocas en superficie fresca, como en superficie meteorizada, y los suelos desarrollados sobre ellas, presentan una progresión en reflectancia global en el visible e infrarrojo cercano, siendo las rocas básicas oscuras y las ácidas, claras.

Las rocas pertenecientes a la asociación granítica ofrecen puntos de absorción característicos, estrechos y profundos, en 1,4 y 1,9 μm . por efecto del agua contenida en las inclusiones fluidas de los granos de cuarzo, y en 2,2 μm . por influencia de moscovita.

Una depresión amplia entre 0,8 y 2,1 μm . caracteriza las rocas de la asociación diorítica, además de débiles desplazamientos en 2,3 μm ., ocasionados por las abundancias relativas de hornblenda y biotita.

Los gabros noríticos exhiben grandes variaciones en el infrarrojo según la presencia predominante de hornblenda, o de piroxenos con distinta simetría cristalina. El predominio de clinopiroxeno produce un desplazamiento de 2,3 a 2,4 μm . La presencia de biotita puede producir un efecto similar.

Tanto las rocas pertenecientes a la asociación diorítica y gabroica como las peridotitas presentan absorción en 2,3 μm . por efecto de los aniones OH^- ligados a magnesio.

La alteración de las superficies de las rocas por meteorización, su recubrimiento por líquenes, y su desagregación produciendo material suelto, modifica la respuesta espectral del conjunto. Las áreas cubiertas por rocas graníticas, experimentan un oscurecimiento en albedo por estas causas, mientras que el resto aumentan generalmente su reflectancia. Con la excepción de los granitos, todas las demás rocas pierden sus sutiles caracteres de absorción distintivos. Sin embargo, sin contar con recubrimiento de líquenes, superficies frescas y meteorizadas de rocas, y suelos mantienen una secuencia progresiva de reflectancias desde bajas en rocas básicas a reflectancias altas en ácidas.

Las imágenes Thematic Mapper son capaces de detectar grados de acidez en rocas ígneas. Los datos de números digitales calculados sobre ban-

das individuales recogen un aumento de reflectancia global desde los términos más básicos a los más ácidos.

Revelan asimismo peculiaridades en el comportamiento espectral de rocas como los gabros noríticos, que se separan del conjunto de las rocas de composición básica al que pertenecen petrográficamente, para solaparse en sus respuestas espectrales con las rocas de composición ácida.

Aun dentro de una misma asociación de rocas, la distinta simetría cristalina de uno de sus componentes minerales influye en el distinto comportamiento espectral. Los gabros azules con orto o clinopiroxeno se agrupan en dos extremos de valores de reflectancia en los datos de bandas individuales de las imágenes Thematic Mapper.

Los resultados de efectuar cocientes entre valores producidos por la aplicación de funciones que simulan la señal recogida por los sistemas electrónicos del sensor Thematic Mapper sobre medidas de reflectancia en laboratorio entre 0,4 y 2,5 μm . sobre rocas intrusivas y suelos, se comparan con cálculos equivalentes procedentes de imágenes Thematic Mapper.

Las imágenes Thematic Mapper presentan los cocientes 5/7, 4/7 y 2/4 como mejores discriminadores de las asociaciones graníticas y dioríticas respecto a la asociación gabroica. Los extremos más básicos con mayor abundancia de minerales opacos y máficos se individualizan mejor en los cocientes 5/1 y 5/3.

Los cocientes calculados sobre medidas de laboratorio realizadas sobre superficies frescas de rocas se asemejan a los obtenidos en superficies meteorizadas de las mismas rocas.

El cociente 4/7 en medidas de superficies frescas de rocas presenta una separación mejor de distintos tipos de rocas en función de su índice de acidez en términos petrológicos. Puede añadirse el 4/3. El par 5/3 y 5/1 presenta una distribución más próxima a una línea recta en los distintos tipos de rocas.

Distintas características de las curvas de reflectancia contribuyen a la selección de los cocientes anteriores. La banda 4 recoge el punto más alto en la caída de reflectancia hacia el visible que experimentan las rocas ácidas y básicas en

superficie fresca, y casi todas las medidas en superficie meteorizada. La banda 7 recoge las absorciones en 2,3 μm . por efecto de aniones OH^- ligados a magnesio, y en 2,2 μm . por los mismos aniones ligados a aluminio. Las bandas 1 y 3 comprenden absorciones por presencia de minerales ferruginosos.

Ligeras diferencias en las pendientes de los distintos tramos en las muy parecidas curvas de reflectancia medidas sobre suelos producen diferencias sensibles en los cocientes. También en las curvas de los suelos es el cociente 4/7 el que distribuye tipos de rocas con más claridad, y el par 5/1, 5/3 el que reproduce la mayor aproximación a una disposición lineal.

Los diagramas bidimensionales que representan pares de cocientes son similares en los obtenidos en medidas sobre superficies frescas y meteorizadas de rocas, y difieren en suelos. La discrepancia es notable con diagramas equivalentes obtenidos en imágenes de satélite, por efecto de la mezcla en píxeles de efectos de meteorización, vegetación, además del calibrado de las imágenes y las correcciones previas al tratamiento que se describe en este trabajo.

Puesto que la reflectancia resultante de la mezcla de distintos materiales no es una combinación lineal de las reflectancias de cada uno de ellos, no es de esperar diagramas similares en combinaciones de cocientes calculados sobre medidas de reflectancia de laboratorio e imágenes. No obstante, cocientes que han mostrado mejor capacidad discriminadora en medidas de laboratorio mantienen potencialmente la misma capacidad en imágenes obtenidas desde satélites.

REFERENCIAS

- AGER, C. M., y MILTON, N. M. (1987): *Spectral reflectance of lichens and their effects in the reflectance of rock substrates*. Geophysics, 52 (July 1987), 898-906.
- BARD, J. P. (1964): *Observaciones sobre la estratigrafía del Paleozoico en la región de Zafra (prov. de Badajoz, España)*. Not. y Com. IGME, 76, 175-180.
- CLARK, R. N. (1983): *Spectral Properties of Mixtures of Montmorillonite and Dark Carbon Grains: Implications for Remote Sensing Minerals Containing Chemically and Physically Absorbed Water*. Jr. of Geophys. Res., 88, núm. B12, Dec. 10, 1983, 10635-10644.

- CROWLEY, J. K.; SHERMAN, D. M., y BENNET, I. S. (1986): *A low-cost digital recording and display system for Beckman UV 5200 series spectrophotometers*. US Geol. Surv. Open-File Report, 86-27, 23 pp.
- DELGADO QUESADA, M. (1971): *Esquema geológico de la Hoja núm. 878, Azuaga*. Bol. Geol. y Min., 82-84, 277-286.
- GAFFEY, S. J. (1985): *Reflectance spectroscopy in the visible and near-infrared (0.35-2.55 μm): Applications in carbonate petrology*. Geology, 13, Apr., 1985, 270-273.
- GARCIA CASQUERO, J. L. (1991): *El Complejo de Burguillos del Cerro. Un macizo polítipico y polintrusivo en la Cadena Hercínica Ibérica*. Tesis Doctoral Universidad de Salamanca, inédita.
- GARROTE, A.; LIÑAN, E.; PEREJON, A.; PEON, A., y VARGAS, I. (1983): *Memoria Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, núm. 854, Zafra*. Publ. IGME.
- HERNANDEZ ENRILE, J. L. (1971): *Las rocas porfiroides del límite del Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio (Badajoz)*. Bol. Geol. y Min., 82-84, 359-360.
- HERRANZ, P.; SAN JOSE, M. A., y DE VILAS, L. (1977): *Ensayo de corrección del Precámbrico de los Montes de Toledo occidentales y el Valle del Matachel*. Estudios Geológicos, 33 (4), 327-342.
- HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W. (1970): *Visible and Near-infrared Spectra of Minerals and Rocks: I. Silicate Minerals*. Modern Geology, 1, 283-300.
- HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W., y LENHOF, J. (1971): *Visible and Near-infrared Spectra of Minerals and Rocks: III. Oxides and Hydroxides*. Modern Geology, 2, 191-205.
- HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W., y LENHOF, J. (1973a): *Visible and Near-Infrared Spectra of Minerals and Rocks: VII. Acidic Igneous Rocks*. Modern Geology, 4, 217-224.
- HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W., y LENHOF, J. (1973b): *Visible and Near-infrared Spectra of Minerals and Rocks: VIII. Intermediate Igneous Rocks*. Modern Geology, 4, 237-244.
- HUNT, G. R.; SALISBURY, J. W., y LENHOF, J. (1974): *Visible and Near-infrared Spectra of Minerals and Rocks: IX. Basic and Ultrabasic Igneous Rocks*. Modern Geology, 5, 15-22.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A., y CONDE, L. (1974): *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Publ. IGME. Mem. 113 pp., mapa escala 1:1.000.000.
- LIÑAN, E. (1979): *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis Doctoral Universidad de Granada, 212 pp.
- LIÑAN, E., y PEREJON, A. (1981): *El Cámbrico Inferior de la Unidad de Alconera, Badajoz (SO de España)*. Bol. R. Soc. Hist. Nat. (geol.), 79, 125-148.
- LOTZE, F. (1956): *Das Prekámbriums Spaniens*. Neues. Ib. Geol. Paleont., Mh., t. 8, 383-380. Traducido por J. Gómez Llarena, 1960: *El Precámbrico en España*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España, 60, 227-240.
- MUELAS, A., y SOUBRIER, J. (1977): *Mem. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, núm. 853 (Burguillos del Cerro)*. Publ. IGME.
- NASH, D. B., y CONEL, J. E. (1974): *Spectral Reflectance Systematics for Mixtures of Powdered Hyperstene, Labradorite and Ilmenite*. Jr. of Geophys. Res., 79, 1974, Apr. 10, 1615-1621.
- PONS, J. (1982): *Un modèle d'évolution de complexes plutoniques: Gabbros et granitoides de la Sierra Morena Occidental (Espagne)*. Tesis doct. Travaux du Lab. de Géol.-Pétrol. de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 451 pp.
- QUESADA, C. (1987): *Mem. Mapa Geológico-Minero de Extremadura, escala 1:300.000*. Publ. Junta de Extremadura, 131 pp.
- RAINES, G. L., y WYNN, J. C. (1982): *Mapping of Ultramafic Rocks in a Heavily Vegetated Terrain Using Landsat Data*. Econ. Geol., 77, 1755-1769.
- RIAZA, A., y GARCIA CASQUERO, J. L. (1989): *Cartografía de rocas ígneas intrusivas en el Complejo de Burguillos del Cerro (Badajoz), con imágenes Thematic Mapper*. Res. III Reunión Científica del Gr. de Trabajo en Teledetección, Madrid, 17-19 Oct. 1989, 169-179.
- ROSS, H. P.; ADLER, J. E., y HUNT, G. R. (1969): *A Statistical Analysis of the Reflectance of Igneous Rocks from 0.2 to 2.65 microns*. Icarus, 11, 46-54.
- ROWAN, L. C.; GOETZ, A. F. H., y ABBOT, E. (1987): *Analysis of Shuttle Multispectral Infrared Radiometer Measurements in the Western Saudi Arabian Shield*. Geophysics, 52, núm. 7 (Jul. 1987), 907-923.
- SINGER, R. B. (1981): *Near-infrared spectral reflectance of mineral mixtures: Systematic combinations of pyroxenes, olivine and iron oxides*. Jr. of Geophysical Res., 86, 7967-7982.

Original recibido: Octubre de 1991.

Original aceptado: Noviembre de 1991.

Estratigrafía y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça (Parte IV).

Por J. GARCIA-SANSEGUNDO (*)

RESUMEN

Esta publicación corresponde a la cuarta parte del estudio geológico realizado en esta transversal de la Zona Axial pirenaica. Una vez realizada la descripción de las estructuras del área estudiada en las tres partes anteriores, se efectúa una comparación con las estructuras de otros sectores de la Zona Axial pirenaica.

En la parte oriental de la Zona Axial pirenaica, así como en el Macizo de Lys-Caillaouas, situado al oeste, se describen grandes estructuras acostadas, próximas a áreas afectadas por intenso metamorfismo hercínico y desarrolladas simultáneamente al clímax metamórfico. A estas estructuras, normalmente, se asocia una foliación subhorizontal que es la principal en estos dominios metamórficos. Igualmente, numerosos autores describen estructuras previas a las dominantes acostadas, consistentes en clivajes primarios, pliegues vergentes al sur o de dirección N-S. Las estructuras precoces pueden ser correlacionables con las primeras estructuras (D1) del Domo del Garona. Las estructuras principales acostadas pueden ser comparables a las estructuras de segunda generación D2 que son las principales en el Domo del Garona.

Por otra parte, algunos autores consideran que las estructuras principales acostadas de los dominios de alto y medio grado metamórfico son las últimas en formarse y que lo hacen en condiciones extensionales. En la zona estudiada, a partir del estudio de superposición de estructuras, se interpreta que no son tardías, sino las segundas en formarse. Por otra parte, no se han observado evidencias de que estas estructuras se hayan formado en condiciones extensionales.

En toda la Zona Axial pirenaica han sido observadas estructuras comparables a las que en este trabajo se han agrupado en la tercera generación (D3). Así, por una parte se describen pliegues derechos o vergentes al sur, en dominios epimetamórficos, a los que se asocia la foliación principal de estos dominios, la cual es comparable con la S₃ observada en la zona estudiada. También se han observado en numerosas zonas cabalgamientos tanto previos como posteriores a los pliegues subverticales dominantes. Cabalgamientos de estas características también han sido observados en la zona estudiada.

En el extremo occidental de la Zona Axial pirenaica las estructuras hercínicas observables, únicamente corresponden a pliegues vergentes al sur, que no van acompañados de clivaje. Esta sería una zona más externa que cualquiera de las observadas en el sector estudiado.

La estructura alpina en la zona estudiada no es muy diferente a la observada en otros puntos de la Zona Axial pirenaica. Se observa un apilamiento antiformal, producido por la superposición de cabalgamientos alpinos que delimitan láminas cabalgantes constituidas por rocas permo-triásicas y paleozoicas con deformación hercínica. Del estudio de la estructura realizado en esta transversal de la Zona Axial se puede deducir que la rotación sufrida por las láminas cabalgantes alpinas es mayor en la parte más meridional que hacia el norte. El motivo por el cual se extrae esta conclusión es que en la parte septentrional del área estudiada, las estructuras hercínicas tienen, actualmente, una posición parecida a la que debían de tener antes de la deformación alpina.

Palabras clave: Pirineos, Zona Axial, Hercínico, Alpino, Cabalgamiento, Pliegue, Clivaje, Apilamiento antiformal.

ABSTRACT

This publication is the fourth part of the geological study of the Axial Zone of the Pyrenees. This part is about the correlation of the Aran Valley and Alta Ribagorça structures with the other areas of the Axial Zone.

(*) División de Geología (ITGE). C/ Mayor, 20. 22700 Jaca (Huesca). España.

In the eastern Axial Zone and the Lys-Caillaouas Massif, there are metamorphic terrains with recumbent folds and a main horizontal foliation associated to them. Many authors describe a first cleavage, south-verging folds and N-S trending folds previous to these main structures. These previous structures are comparable to D1 structures of the Garone Dome. The main structures can be correlated to the north-verging structures (D2) of the study area, which are the main structures in the Garona Dome.

Some authors interpret that the main horizontal structures in the metamorphic domains are the last structures and are related to extensional processes. In the study area the deformation sequence shows that these structures are not the last ones, and are related to compressional processes.

In the entire Axial Zone of the Pyrenees there are upright or south-verging structures developed in low grade metamorphic areas, which are associated to the main vertical cleavage. These structures are comparable with the D3 structures of the study area. Many authors have described thrusts comparable to those of the Aran Valley and Alta Ribagorça domains. These thrusts may be either previous or later to the main upright main folds and the S₃ cleavage.

In the western sector of the Axial Zone, the only Hercynian structures are the south-verging folds, which do not have associated a regional cleavage. These folds are comparable to the main vertical structures (D3) of the Aran Valley and Alta Ribagorça domains.

In the southern part of the Axial Zone, there is an alpine antiformal stack, which is also observed in the study area. The rotation of the alpine thrust sheets in the southern part of the study area is larger than in the northern part. In the northern study area, the scarce rotation of the alpine thrust sheets is evidenced by the present position of the Hercynian structures, which can not be very different from that before the alpine deformation.

Key words: Pyrenees, Axial Zone, Hercynian, Alpine, Thrust, Fold, Cleavage, Antiformal stack.

Este trabajo corresponde a la cuarta y última parte de la memoria de la Tesis Doctoral realizada por quien suscribe este trabajo. En la primera parte se realizó una descripción de la estratigrafía de la zona estudiada. En la segunda parte se publicaron datos referentes a la estructura de los dominios del «Domo del Garona» y del «Valle de Arán», así como las relaciones entre ambos. En la tercera publicación se aportaron datos sobre la estructura del Dominio de la «Alta Ribagorça», completándose así el capítulo de tectónica. Asimismo, en esta tercera parte se realizó un ensayo de correlación entre todas las estructuras observadas en esta transversal de la Zona Axial pirenaica.

En esta cuarta y última publicación de la memoria de la Tesis Doctoral, se intentará llevar a cabo una comparación entre las estructuras de la zona estudiada y de otros sectores de la Zona Axial pirenaica. También se explicarán y comentarán algunos aspectos de la estructura alpina que afecta a rocas paleozoicas, delimitando láminas cabalgantes que conservan la estructura hercínica en su interior. Por último, se realizará un capítulo donde se elabora una historia geológica a partir de las principales conclusiones extraídas de este trabajo.

4. CORRELACION CON OTRAS AREAS DEL PIRINEO

Previamente, diversos autores han elaborado cuadros de correlación de estructuras agrupadas en fases de deformación para el conjunto de la Zona Axial pirenaica. Así, SANTANACH (1973) elaboró una síntesis de este tipo poniendo de manifiesto un problema ya tradicional relativo a la estructura hercínica de la Zona Axial del Pirineo. Este problema consiste en que para algunos autores la foliación dominante es la misma en toda la Zona Axial, independientemente de cuál sea su posición. Sin embargo, otros autores distinguen entre dos foliaciones, una subhorizontal y otra subvertical, originadas en distintos episodios de deformación (fig. 129).

Posteriormente al trabajo de SANTANACH (op. cit.), ZWART (1979) elaboró otro cuadro de correlación donde se sintetizan y se comparan, de forma cronológica, las fases de deformación definidas por los autores de la Escuela holandesa de Leiden. Estos autores trabajaron en el sector central de la Zona Axial, lo que les ha permitido obtener una visión global de la estructura hercínica del Pirineo (fig. 130).

Otros ensayos de correlación son los de MULLER y ROGER (1977), MAJESTE-MENJOUAS (1979 a), POBLET (1987), etc., pero en casi todos los casos

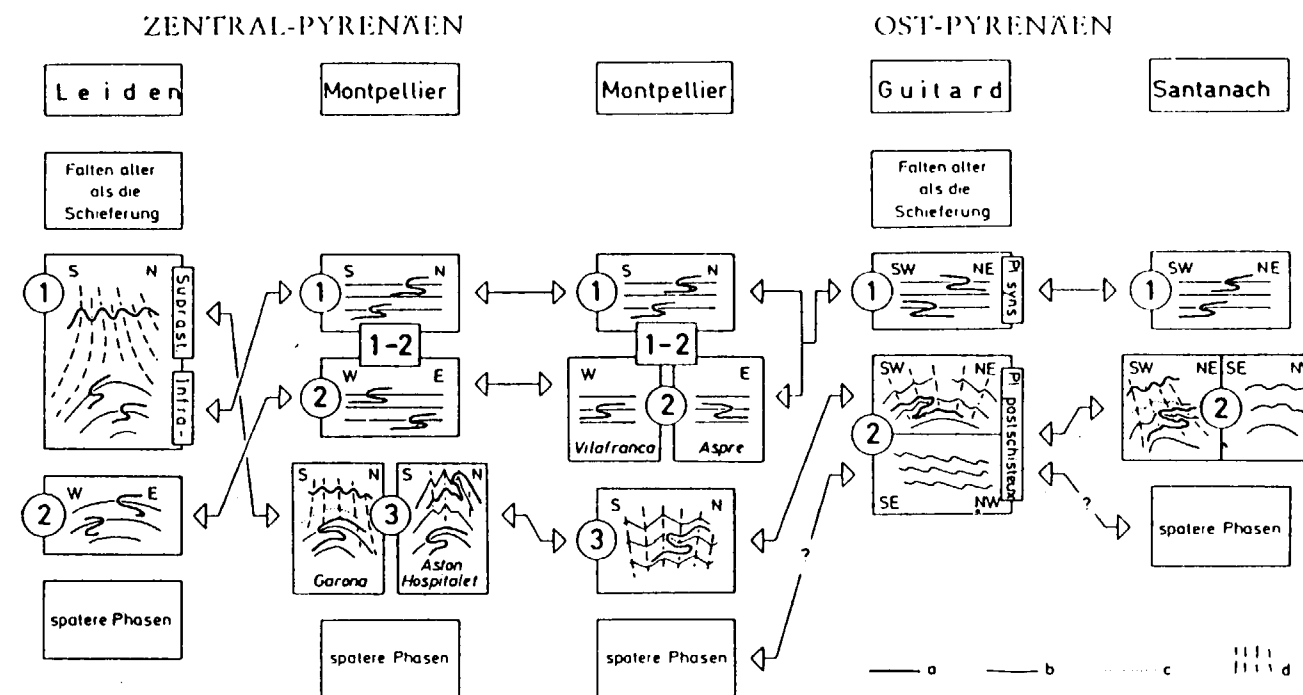


Figura 129.—Cuadro de correlación de fases de deformación definidas por varios autores para el hercínico del Pirineo, propuesto por SANTANACH (1973).

a) Estratificación. b) Foliación horizontal (LEIDEN: S₁ y S₂; MONTPELLIER: S_{1,2}. GUITARD y SANTANACH: S₁). c) Frente superior de la foliación horizontal. d) Foliación vertical (LEIDEN: S₁; MONTPELLIER: S₂; GUITARD Y SANTANACH: S₂).

surgen bastantes problemas. Así, la correlación se establece en ocasiones para zonas muy alejadas que pueden tener problemas geológicos diferentes y sin que se tenga un suficiente conocimiento estructural de las áreas interpoladas.

Es frecuente que se desconozca el ámbito de desarrollo de una determinada familia de estructuras, si es local o general. De este modo, puede ocurrir que las estructuras más generalizadas queden enmascaradas en algunos sectores por un mejor desarrollo de estructuras locales, que un mismo evento tectónico dé lugar a diferentes tipos de estructuras en áreas alejadas, o que se lleguen a correlacionar eventos tectónicos diferentes cuando las estructuras resultantes son geoméricamente parecidas.

Debido a todos estos problemas, en este capítulo no se intentará realizar un nuevo cuadro de correlación de fases de deformación que encaje o no en alguno de los ya descritos. Sin embargo, se tratará de buscar aquellas estructuras o acon-

tecimientos tectónicos, observados en otras áreas de la Zona Axial pirenaica que puedan servir de referencia para establecer algún tipo de correlación con las estructuras del área estudiada. El conocimiento estructural de la Zona Axial pirenaica que los trabajos aparecidos más recientemente proporcionan, justifica este intento de correlación. Para establecer la correlación se tendrán en cuenta las estructuras que tengan un ámbito de desarrollo importante, considerando aspectos de las mismas tales como su posición, orientación y edad relativa.

4.1. PARTE ORIENTAL DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA

En esta zona se han tomado en consideración para su análisis, en términos comparativos, los siguientes macizos o áreas: Cap de Creus, Albera, Roc de Frausa, Canigó, Carança, Aston,

Symbol of fold phase	Structures	Metamorphism	Intrusive Activity	Boschma, 1963	Mey, 1967	Hartevelt, 1970	Muller & Roger, 1977	Déramond, Soula, Majesté-Menjouas, 1971, 1979	Maite, 1969
	Faulting? Shouldering aside of S ₁ cleavage by intruding granodiorite bodies		Maladeta and other granodiorite bodies Dykes						
	Tilting and fanning of S ₁ cleavage; faulting kinkbands								
F ₄	Minor and locally major (Lys-Cailhaous) folds Axial plane: steep to vertical, E-W Foldaxis: E-W, gently plunging to horizontal Foliation: crenulation cleavage, S ₄								
F ₃	Minor folds; mainly in metamorphic areas Axial plane: steep, NW-SE (F _{3a}) and NE-SW (F _{3b}) Foldaxis: horizontal NW or NE to steeply plunging Foliation: crenulation cleavage, S ₃	Upper Amphibolite facies	Cordierite-sillimanite-K-feldspar-zone, V1 Cordierite-sillimanite-zone, V						
F ₂	Minor folds in metamorphics of Aston massif and Bostist area Axial plane: recumbent Foldaxis: N-S Foliation: schistosity, or reactivation of S ₁ with W to E simple shear, causing rotation of minerals in Bostist and Lys-Cailhaous areas	Lower Amphibolite facies	Andalusite-cordierite-zone, IV						
F ₁	Minor folds Axial plane: steep to recumbent Foldaxis: E-W Foliation: crenulation cleavage or schistosity (S ₁) only observed in Fredancon antiform		Staurolite-andalusite-cordierite-zone, III						
F ₀	Major and minor folds in whole Palaeozoic sequence, often called Main phase Axial plane: vertical to inclined in low-grade areas; recumbent in higher grade areas Foldaxis: close to E-W Foliation: slaty cleavage and crenulation cleavage in low-grade areas; schistosity in high-grade areas	Greenschist facies	Muscovite-biotite-zone, II Muscovite-chlorite-chloritoid-zone, I						
	Major folds in Devonian-Carboniferous; minor folds in Cambro-Ordovician; folds in metamorphics?? Axial plane: vertical to steeply inclined Foldaxis: close to N-S Foliation: usually absent This phase has also been called pre-cleavage or pre-main phase	No, or only local metamorphism							

Figura 130.—Cuadro de correlación de fases de deformación definidas por diversos autores para el hercínico del Pirineo, así como su relación con el metamorfismo. Según ZWART (1979).

Hospitalet, Pays de Sault y sector de la Tosa d'Alp, así como las zonas adyacentes de estos macizos (fig. 34).

Estructuras acostadas en rocas presilúricas

En la zona del Canigó, GUITARD (1964) reconoció la existencia de unas láminas de neises «estratoides», intercaladas en una serie esquistosa. En este área existen unas condiciones mesozoicas de metamorfismo. Estas láminas las interpretó como integrantes del núcleo de un manto de estilo pénnico de escala kilométrica, «Nappe del Canigó». Asimismo, AUTRAN y GUITARD (1969) identificaron esta misma estructura en la zona de la Roc de Frausa.

La relación entre las microestructuras y estas estructuras de escala kilométrica es difícil de establecer, como ya fue puesto de manifiesto por estos autores. Sin embargo, GUITARD (1970) considera que estos grandes pliegues están relacionados con la foliación dominante que se dispone subhorizontalmente y está generalizada en los domos neísicos. La dirección y vergencia de estos pliegues en muchos casos es contradictoria. GUITARD (1964) propuso una dirección N-50-E y una vergencia SE para la «Nappe del Canigó». Por otra parte, AUTRAN y GUITARD (1969) observan una vergencia NE para esta estructura en la Roc de Frausa. Posteriormente, LAUMONIER y GUITARD (1978) consideran que tiene una dirección entre NE-SO y NO-SE. Por último, más recientemente, LAUMONIER y GUITARD (en prensa) proponen que la vergencia de este pliegue sea variable, aunque en determinadas áreas parece que es claramente hacia el Este.

LAUMONIER y GUITARD (1978) observaron que la foliación principal de estos dominios, asociada a la «Nappe de Canigó», no es la primera estructura de la región. Así, a partir de la dispersión de las lineaciones relacionadas con esta foliación principal, dedujeron la existencia de pliegues derechos, previos, con dirección NO-SE. Además, en algunos sectores de estas zonas también observaron un clivaje anterior, presumiblemente asociado a pliegues acostados y vergentes al Sur. En los neises únicamente se observa la foliación dominante, pero en los esquistos aparece una anterior, por lo que CASAS (1984) considera que la esquistosidad primaria

desarrollada en los esquistos está traspuesta por la foliación dominante.

Por otro lado, LAGARDE (1978) considera que las láminas de neises del Canigó no constituyen el núcleo de un manto de estilo pénnico, sino que se trata de láminas del zócalo con sentido de transporte hacia el SO, deducido a partir del estudio de microestructuras. Recientemente SOLIVA et al. (1989) refuerzan esta idea y consideran que ésta es la primera deformación que tiene lugar en esta zona.

Al NE del Macizo de Canigó, en el Macizo de Aspres, también fueron observados pliegues relacionados con la foliación subhorizontal dominante (LLAC, 1969, 1973 a y b). Estos pliegues acostados tienen dirección N-S y vergencia Este. Igualmente, LLAC (op. cit.), considera que existen estructuras anteriores a éstas.

Por último, es conveniente indicar que al Sur del Macizo de Canigó, SANTANACH (1972 a) observó un anticlinal de gran escala (flanco inverso casi un kilómetro), al que considera una estructura menor de la «Nappe pénnica de Canigó», reconocida por GUITARD (1970). Según SANTANACH, esta estructura tendría una dirección aproximada E-O y vergencia Sur. Por otra parte, este autor considera que la dispersión de las lineaciones asociadas a estos pliegues de la generación principal es debida a la existencia de estructuras anteriores.

En los macizos de Aston y Hospitalet, SEURET y PROUST (1968 a y b), propusieron el siguiente modelo estructural como respuesta al de ZWART (1963 b, 1965) y OELE (1966):

Fase 1

Pliegues isoclinales con dirección E-O y vergencia Sur, a los que se asocia el clivaje S₁.

Fase 2

Pliegues acostados con dirección N-S y vergencia O. La foliación S₂ se asocia a ellos y es subparalela al clivaje de fase 1.

Como se puede extraer de los datos de los autores mencionados, en las áreas del Pirineo oriental afectadas por un importante metamorfismo hercínico existen estructuras acostadas de gran desarrollo, a las que se asocia la foliación prin-

cial. Estas estructuras, en su conjunto parecen presentar un problema común, en lo referente a su dirección y vergencia, pudiendo ser muy variable según los diferentes autores y áreas. Sin embargo, en algunas zonas se coincide en la existencia de estructuras vergentes al Este o incluso al NE. Otro punto de coincidencia importante lo constituye el hecho de que todos los autores observan estructuras anteriores a las que se relacionan con la foliación principal. Algunos, como es el caso de SEURET y PROUST (1968 a y b) y LAUMONIER y GUITARD (1978) hablan incluso de posibles estructuras preesquisitas vergentes al Sur.

El problema de la tectónica extensional

Los autores de la Escuela holandesa de Leiden defienden desde hace años la idea de que en la Zona Axial pirenaica existe una «infraestructura» y una «supraestructura», las cuales fueron definidas por ZWART (1963 b) de la siguiente manera:

- Se denomina «supraestructura» a un dominio con metamorfismo epizonal, caracterizado por presentar pliegues derechos a los que se asocia la foliación dominante que está en posición subvertical. Según este autor, se forma en unas condiciones compresivas N-S con una extensión vertical. Afecta principalmente a rocas postsilúricas.
- La «infraestructura» corresponde a un dominio en el que existen unas condiciones de metamorfismo que pueden llegar a ser de alto grado. En este dominio, la foliación principal está en posición subhorizontal. Las condiciones en que se origina esta «infraestructura», según este autor, corresponden a una compresión N-S, pero la extensión, en vez de producirse verticalmente, tiene lugar en una dirección E-O.

Según este modelo, la foliación principal que en unos dominios aparece en posición subhorizontal y en otros subvertical, es la misma. Esta idea fue seguida por los autores de la Escuela de Leiden, como puede observarse en el cuadro de correlación de fases de deformación confeccionado por ZWART (1979) (fig. 130).

Otros autores proponen un modelo tectónico extensional algo diferente. Entre ellos, se puede

citar a VERHOEF et al. (1984) y a van den ECKHOUT (1986). Van den ECKHOUT y ZWART (1988) hicieron extensivo el modelo para toda la Zona Axial pirenaica. En primer lugar diferencian tres dominios estructurales que son los ya citados «supraestructura» e «infraestructura», y un tercero correspondiente a una zona de transición con intensa deformación localizada en el contacto, que afecta a la «infraestructura». Estos autores proponen la siguiente sucesión de estructuras:

- 1.º Un plegamiento precoz (D1) con vergencia SO, localizado en la «supraestructura» e «infraestructura».
- 2.º Acortamiento N-S con la aparición de pliegues derechos de dirección E-O que son las estructuras mejor desarrolladas de la «supraestructura» (D2), y que en la «infraestructura» fueron intensamente deformadas posteriormente.
- 3.º Acortamiento vertical y extensión subhorizontal (D3) por cizallamiento, seguido de un metamorfismo progrado. Aparece una foliación subhorizontal en la «infraestructura». La configuración en domo de los macizos de Aston y Hospitalet tiene lugar de forma pasiva durante la formación de estas últimas estructuras.

Recientemente, van den ECKHOUT (1990) estudió la estructura de la zona oriental del macizo de Hospitalet, en donde observó un gran pliegue acostado que atribuyó a la deformación extensional (D3), de dirección aproximada E-O y vergente al sur. Para este autor, este pliegue constituye la transición de la «infraestructura» a la «supraestructura». En esta misma zona observa la existencia de estructuras D1 y pliegues D2 que tienen vergencia Norte.

WICKHAM y OXBURGH (1985 y 1986) proponen una situación tectónica y metamórfica bajo condiciones de «rifting» para el Hercínico del Pirineo. Estos autores argumentan su propuesta con los siguientes datos: 1) el metamorfismo hercínico se origina con unas condiciones de temperatura de 700°C aproximadamente, a unos 10-12 kilómetros de profundidad; 2) existe una ausencia de sedimentación en el registro estratigráfico del Paleozoico Superior; 3) no se conocen evidencias que permitan suponer la existencia

de una colisión continental; 4) por último, también apoyan esta hipótesis resultados sobre la estabilidad isotópica.

Asimismo, algunos autores de la Escuela de Toulouse elaboraron un modelo geodinámico basado principalmente en sus trabajos realizados en los macizos de Aston y Hospitalet (SOULA et al., 1986 b). En este modelo también se contempla la existencia de una tectónica extensional que a diferencia del caso anterior, de Van der ECKHOUT y ZWART (1988), se produce tempranamente, en el Fameniense, basándose en criterios sedimentológicos. En una situación extensiva como la propuesta por estos autores, se pueden dar unas condiciones de metamorfismo con alta temperatura y baja presión. Igualmente, durante esta etapa se produce la ascensión de rocas básicas y ultrabásicas emplazadas muy tempranamente.

Los primeros acontecimientos tectónicos serían un episodio compresivo que da lugar a cabalgamientos previos a la deformación principal y un proceso de diapirismo que produce la ascensión de los neises aflorantes en el núcleo de los Macizos de Aston y Hospitalet (SOULA, 1982; SOULA et al., 1986 a y b). Asimismo, para estos autores tiene lugar la formación de pliegues acostados (D1). Por otra parte, además del nivel de despegue que corresponde a los materiales silúricos, estos autores proponen otro en la base de los neises granulíticos. Con posterioridad a estas primeras estructuras, para SOULA et al. (1986 b) tendría lugar la formación de las estructuras principales (D2), que son de la misma generación tanto en el interior de los macizos neísicos como fuera de ellos. Estas estructuras son sincrónicas con el clímax del metamorfismo, que es más antiguo hacia zonas más profundas. Después de las estructuras dominantes, según estos autores, aparecen dos sistemas de pliegues derechos (D3) con direcciones NO-SE y NE-SO.

Resulta difícil sintetizar las interpretaciones referentes a la tectónica extensional de las diferentes escuelas que han trabajado en la zona. El principal problema lo constituye la edad de la tectónica extensional, siendo precoz para unos y tardía para otros. De todos modos, puede advertirse que el clivaje S_{1-2} de SEURET y PROUST (1968 b) es la foliación dominante en la «infraestructura» de ZWART (1963 b) y que la S_3 de los autores de la Escuela de Montpellier corres-

ponde a la foliación observada por ZWART en la «supraestructura».

Estructuras tardías que afectan a rocas presilúricas

Entre otras muchas estructuras tardías reconocidas en la parte oriental de la Zona Axial pirenaica, pueden destacarse algunos sistemas de pliegues y zonas de cizalla con direcciones entre N-120-E y E-O. Estos dos tipos de estructuras deforman la esquistosidad subhorizontal dominante y pueden servir de modelo de comparación con la zona estudiada.

En las zonas más orientales de la Zona Axial pirenaica (la Albera y Cap de Creus), a menudo caracterizadas por un intenso metamorfismo hercínico que puede llegar a la parte alta de la mesozona, CARRERAS (1975) reconoció la existencia de importantes zonas de cizalla con dirección N-120-E. En sectores próximos donde el metamorfismo es mucho más bajo, en facies esquistos verdes, este autor observó que en lugar de zonas de cizalla aparecen pliegues de igual dirección y vergencia SO. Entre estos dos dominios reconoció una zona de transición en la que aparecen ambos tipos de estructuras (CARRERAS y CASAS, 1987). Previamente, CARRERAS (1975) y CARRERAS et al. (1980) ya habían propuesto una relación entre ambos tipos de estructuras.

En sectores más occidentales como son los macizos de Canigó, Aston y Hospitalet, SEURET y PROUST (1968 a y b) reconocen dos fases de deformación posteriores a las estructuras acostadas que son:

Fase 3

Pliegues «chevron» de dirección N-105-E, subverticales y vergentes al Sur, a los que se asocia un clivaje (S_3). En las zonas alejadas de los macizos de Aston y Hospitalet, estas estructuras pliegan intensamente a las foliaciones S_{1-2} . Dentro de los domos se manifiesta mal, pero es la fase de deformación responsable del abombamiento.

Fase 4

Fase tardía, caracterizada por dos direcciones de cizalla que son NO-SE y NE-SO.

En estos mismos sectores también han sido observadas zonas de cizalla principalmente con dirección E-O, que al igual que en la parte más oriental han sido relacionadas con pliegues de la misma dirección (CARRERAS et al., 1980). La Falla de Merens, que separa los macizos de Aston y Hospitalet, es una estructura de este tipo con desarrollo de importantes milonitas ligadas a pliegues muy cerrados y que transponen las estructuras previas (CARRERAS y CIRES, 1986). Sin embargo, hacia el oeste las milonitas se relacionan con pliegues más abiertos de dirección E-O. Para estos autores estas estructuras son tardihercénicas. Sin embargo, SOULA et al. (1986 c) y LAMOUROUX et al. (1980-81) suponen que la Falla de Merens juega un papel importante durante la deformación alpina.

Cabalgamientos hercénicos que afectan a rocas silúrico-devónicas

En la parte septentrional del Pirineo oriental han sido reconocidos cabalgamientos hercénicos que superponen sucesiones devónicas diferentes. Al Sur, en la zona próxima al Cadí, también se han observado cabalgamientos tanto hercénicos como alpinos, diferentes a los situados más al norte, como se describirá a continuación. Así, en el núcleo del Sinclinal de Villefranche de Conflent, MATTAUER et al. (1967) mencionaron la existencia de cabalgamientos. Posteriormente, RAYMOND (1980) reconoció la superposición de dos series devónicas de facies diferente, lo que interpretó como un cabalgamiento hercénico. Otros autores (CYGAN et al., 1980-81) confirmaron la existencia de estas estructuras, poniendo de manifiesto la superposición anómala de rocas con diferentes edades, mediante el estudio de conodontos.

En el Pays de Sault, al norte del Granito de Querigut, RAYMOND (1986) observó también la existencia de dos series de edad devónica diferentes que este mismo autor interpretó como cabalgamientos (fig. 131). Este autor denominó Usson-les-Bains a una serie considerada como alóctona respecto a otra, que es la serie de Fajolle, la cual se encuentra en continuidad normal con las rocas silúricas y presilúricas en el flanco septentrional del Macizo del Aston, situado al Sur (fig. 131).

El límite entre estas sucesiones es un cabalga-

miento deformado por los pliegues dominantes que afectan a las series devónicas en esta zona. A estos pliegues, cuyo plano axial es subvertical, se asocia la foliación dominante. En este mismo sector, al NO del Granito de Querigut, la serie devónica de Usson-les-Bains se sitúa sobre las pizarras silúricas en vez de hacerlo sobre la serie de Fajolle. RAYMOND (1986) supone que este contacto corresponde a un despegue entre los materiales silúricos y los devónicos, el cual aparece plegado por las estructuras principales de la zona (fig. 131).

En la parte más meridional de este sector oriental de la Zona Axial pirenaica, concretamente en la zona de la Tosa d'Alp, se reconocieron cabalgamientos de edad posiblemente hercénica (HARTEVELT, 1970; SANTANACH, 1972 a; LLAC, 1979). Más recientemente, DOMINGO et al. (1988) diferenciaron dos sistemas de cabalgamientos en esta misma zona, denominados de la Tosa d'Alp y de la Molina-Alp. El segundo sistema es alpino y fuera de secuencia respecto al primero. Respecto a la edad del sistema de la Tosa d'Alp, fue considerado como tardihercénico por HARTEVELT (1970) y de edad Estefano-Pérmica por LLAC (1979). DOMINGO et al. (1988) observaron que las unidades situadas más al Sur son tardihercénicas, ya que están fosilizadas por rocas estefano-pérmicas. Otros cabalgamientos de este mismo sistema son alpinos, aunque no debe descartarse la posibilidad de que se trate de estructuras hercénicas que jugaron posteriormente. Los cabalgamientos de esta zona fueron integrados en un ámbito mayor por CASAS et al. (1989), en donde se incluyen las unidades de Llavorsí, Segre y Cadí, esta última estudiada por DOMINGO et al. (1988). Estas tres unidades se analizarán posteriormente de manera conjunta en el epígrafe 4.2.

Correlación entre los datos aportados por los diferentes autores en el Pirineo oriental y la región estudiada, del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça

a) Comparación de las estructuras acostadas que afectan a rocas presilúricas

Dentro de este grupo de estructuras no se consideran únicamente los pliegues acostados, sino que se incluyen también las zonas de cizalla o cabalgamientos que tienen una disposición com-

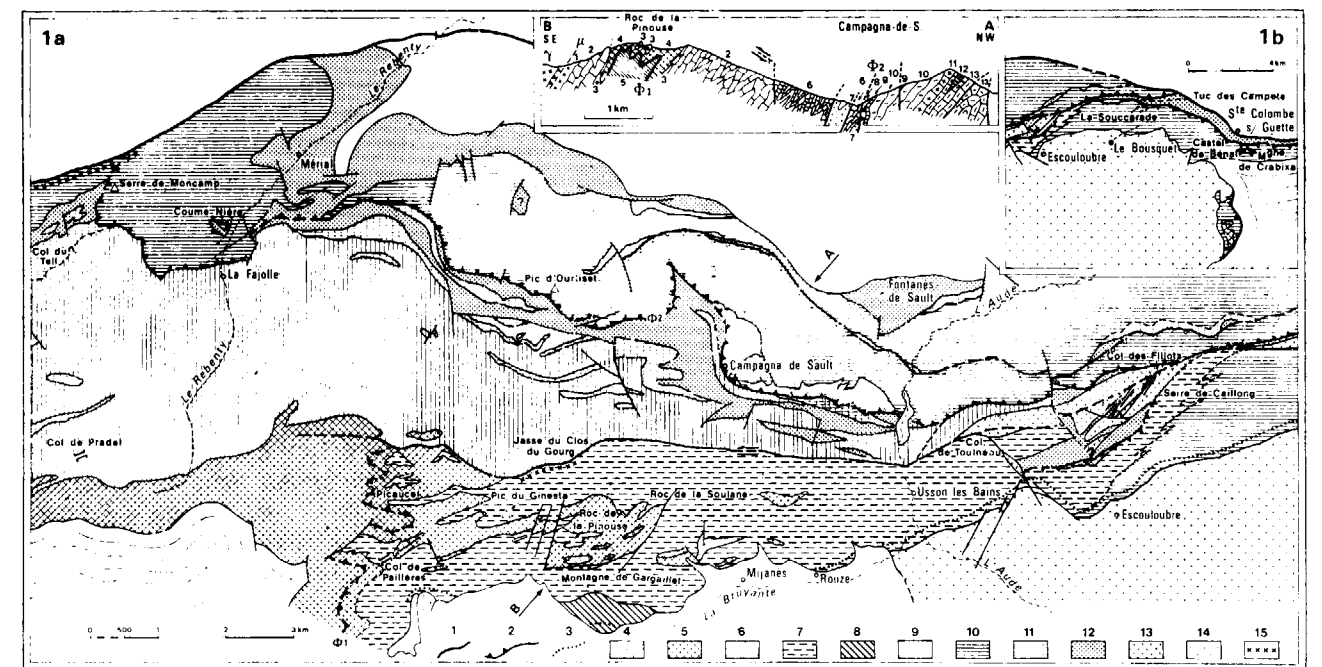


Figura 131.—Esquema geológico de la zona del Pays de Sault, donde se muestran cabalgamientos que afectan a rocas silúrico-devónicas, deformados por los pliegues de la generación principal.

1) Falla Norpirenaica. 2) Triángulos negros: correspondientes a cabalgamientos de la base de las unidades del Pic d'Ourtiset y de Usson-les-Bains. Triángulos blancos: corresponden a una estructura que aparece dentro de la unidad del Pic d'Ourtiset y pueden corresponder a un cabalgamiento alpino. 3) Límite de la aureola de metamorfismo de contacto del Granito de Querigut. 4) Rocas ordovícicas. 5) Rocas silúricas. 6) Término detrítico de la base de las Series del Pic d'Ourtiset (SPO) y de Usson-les-Bains (SUB). 7) Término silíceo-carbonatado de SUB. 8) Término dolomítico de SUB. 9) Rocas pelítico-carbonatadas del Devónico Inferior-Medio, pertenecientes a la Serie de la Fajolle (SLF). 10) Rocas carbonatadas del Devónico Inferior-Medio de la SPO. 11) Rocas del Devónico Superior y del Viseense de las Series SLF y SPO. 12). Rocas en facies «Culm» del Viseense Superior y Namuriense, pertenecientes a las Series SLF y SPO. 13) Rocas triásicas. 14) Granito de Querigut. 15) Milonitas. Figura perteneciente a RAYMOND (1986). Situación en figura 34.

parable a la de los pliegues acostados. En el Domo del Garona, al igual que en los macizos de Aston, Hospitalet, Canigó, Roc de Frausa, Aspres o zonas limítrofes, se encuentra afectado por un importante metamorfismo hercénico. También se observa una foliación dominante, subhorizontal, ligada a pliegues acostados y vergentes al Norte, que podrían relacionarse con los pliegues sinquistosos descritos en la parte oriental de la Zona Axial del Pirineo.

Por otro lado, previamente al desarrollo de la foliación dominante, en el Domo del Garona se observa otro clivaje primario, vergente al Sur. Idénticas estructuras fueron citadas por SEGURET y PROUST (1968 a y b) en Aston y Hospitalet y por LAUMONIER y GUITARD (1978) en el Canigó. En cualquier caso, parece clara la existencia de estructuras previas a la foliación principal en toda la parte oriental de la Zona Axial.

b) Deformación extensional

En contraste con la interpretación de los autores de la Escuela holandesa (VERHOEF et al., 1984; van den EECKHOUT, 1986 y 1990; van den EECKHOUT y ZWART, 1988) en la región estudiada no se han observado estructuras penetrativas que se puedan entender como originadas por una extensión. Así, la foliación dominante del Domo del Garona, interpretada por van den EECKHOUT y ZWART (1988) como extensional, en este trabajo se relaciona con pliegues que sugieren una etapa compresiva.

Por otro lado, para estos autores la foliación subhorizontal sería la última estructura en formarse, mientras que los pliegues derechos que afectan a las rocas postsilúricas se originarían con antelación a la extensión. En la zona estu-

diada hay claras evidencias de que la foliación subhorizontal, dominante en el Domo del Garona, es anterior al clivaje principal observado en los materiales postsilúricos, fuera del ámbito del domo. Basta con observar que dentro de las ampolitas silúricas existen niveles de despegue relacionados con estructuras de dirección E-O y vergencia Sur. Estos despegues son posteriores a la foliación dominante del Domo del Garona (S_2) y están relacionados con los pliegues derechos del Sinclinal del Valle de Arán, a los que se asocia la foliación regional (S_2) de este dominio.

En relación con la estructura observada al este del macizo de Hospitalet por van den EECKHOUT (1990), existe un problema de correlación con el área estudiada. Así, las estructuras D2 con dirección E-O de van den EECKHOUT (op. cit.) podrían ser equivalentes a los pliegues vergentes al norte del Domo del Garona. En este caso, las estructuras D3 de van den EECKHOUT no se encontrarían en el Domo del Garona. Sin embargo, si estas estructuras D3 se comparan con los pliegues de la fase dominante del Domo del Garona, la correlación se complica respecto a las estructuras previas, ya que mientras en el Domo del Garona sólo se reconoce un episodio de deformación vergente al S, al este del macizo de Hospitalet habría estructuras D1 y D2.

La sucesión de episodios de deformación aquí propuesta, también entra en contradicción con la observada por SOULA (1982) y SOULA et al. (1986 a). Para estos autores la deformación principal comprende tanto las estructuras acostadas, próximas a zonas con importante metamorfismo, como las que se encuentran en posición subvertical fuera de los domos, en áreas epimetamórficas, de tal modo que la foliación se verticalizaría progresivamente.

c) *Comparación de las estructuras tardías que afectan a rocas presilúricas*

La foliación (S_3) reconocida en los macizos de Aston y Hospitalet por SEURET y PROUST (1968 a y b), puede corresponder a la foliación dominante (S_3), que afecta al conjunto de rocas paleozoicas en los dominios del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça del área estudiada.

Por otro lado, entre las estructuras de replegamiento se reconocen pliegues derechos con di-

rección E-O, generalmente abiertos, que afectan a la foliación dominante y a los cabalgamientos mineralizados. Estos pliegues derechos son las estructuras responsables de la actual configuración del Domo del Garona (estructuras D_4). En determinados sectores, se puede observar que estos pliegues se encuentran especialmente apretados en bandas de anchura variable, en algunos casos, próximas a fallas de dirección E-O. Se puede suponer que estas estructuras son equivalentes a las zonas de cizalla descritas por CARRERAS et al. (1980) en el Pirineo oriental. La diferencia radicaría en que, en el caso del Domo del Garona, aparecen afectando a rocas con menor metamorfismo.

d) *Comparación entre los cabalgamientos que afectan a rocas silúrico-devónicas*

Existe una gran similitud entre las estructuras encontradas por RAYMOND (1986) en el Pays de Sault y las observadas en el Sinclinal del Valle de Arán. Si se considera que los supuestos cabalgamientos de la Tüca enraízan en los despegues observados dentro de los materiales silúricos, idea que por otra parte parece bastante lógica, la situación sería muy similar a la expuesta por RAYMOND (1986) en el Pirineo oriental. En ambos casos se trataría de cabalgamientos que involucran a sucesiones devónicas diferentes y que se enraizarían en las ampolitas silúricas. Además, los primeros cabalgamientos en emplazarse se verían afectados por las estructuras de la generación principal que afecta a rocas postsilúricas en ambas áreas.

En el Domo del Garona, aparte de los cabalgamientos reconocidos en los materiales silúricos, se observan los que están mineralizados y afectan a la sucesión presilúrica. Estas estructuras podrían ser comparables a las descritas por RAYMOND (1986), aunque los cabalgamientos observados por este autor no afectan a rocas presilúricas.

Los cabalgamientos de la Tosa d'Alp podrían ser tardíos, posteriores a la generación de pliegues principales y por lo tanto ser estructuras comparables al Cabalgamiento de puerto de la Picada-Valarties y a los cabalgamientos del sector de Castanesa, muchos de los cuales, pese a tener una edad alpina, pudieron actuar ya durante la deformación hercínica. Si los cabalgamientos

de la Tosa d'Alp son anteriores a los pliegues de la generación principal, se pueden considerar equivalentes a los supuestos cabalgamientos de la Tüca.

4.2. PARTE CENTRAL DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA

Por su proximidad, las comparaciones realizadas con esta zona son más fiables que las establecidas con otras áreas más alejadas (fig. 34). En todo el sector que se va a analizar a continuación, las estructuras hercínicas que pueden considerarse principales son pliegues derechos a los que se asocia la foliación dominante. Por lo tanto, son estructuras comparables a las observadas en los dominios del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça del área estudiada. Por otro lado, en la parte más meridional de todo este sector es destacable la importancia de las estructuras alpinas observadas.

Estructuras anteriores a las de la generación principal

En la terminación oriental del Sinclinal de Llavorsí, POBLET (1987) observa un episodio de deformación principal que afecta a todos los materiales paleozoicos. Se caracteriza por el desarrollo de pliegues, a los que se asocia la foliación dominante. Con anterioridad a estas estructuras, este autor reconoció dos fases de deformación. La primera de ellas corresponde a un sistema de pliegues con dirección entre N-65-E y N-80-E; la segunda fase de deformación está representada por pliegues de dirección N-140-E. Con posterioridad a la deformación principal, este autor observa varios sistemas de pliegues de escaso desarrollo.

En un área que abarca el Sinclinal de Llavorsí y el Domo de l'Orri, SPEKSNIJDER (1987) considera que la dispersión de las lineaciones de intersección de la fase principal es debida a la existencia de dos generaciones de pliegues previos, con un ámbito de desarrollo que incluye parte del sector de la Alta Ribagorça. Se trata, según este autor, de dos sistemas de pliegues abiertos a los que no se asocian clivajes y que tienen direcciones aproximadamente N-S y ONO-ESE. Ambos sistemas de pliegues los relaciona con

«décrochements» dextros. Igualmente, en el Anticlinal de la Massana, al norte del Sinclinal de Llavorsí, CIRES et al. (1990) han reconocido estructuras previas a la fase de deformación dominante; se trata de dos sistemas de pliegues, unos con dirección N-S y otros E-O y vergencia Norte.

Cabalgamientos hercínicos

Han sido citados en la parte central de la Zona Axial del Pirineo cabalgamientos formados en diferentes momentos de la historia deformacional. Así, entre las estructuras más importantes de la etapa postesquistosa, descritas por POBLET (1987), se encuentran unos cabalgamientos hercínicos que deforman a las estructuras principales. CASAS y POBLET (1989), restaurando el corte geológico de esta zona, concluyen que el denominado Sinclinal de Llavorsí no es exactamente un sinclinal, sino el flanco normal de una estructura de la generación principal vergente al Sur. Su geometría actual responde a un apilamiento de láminas transportadas hacia el sur, con pliegues menores de la fase principal truncados por los cabalgamientos. Por este motivo, esta estructura se denominó en adelante Unidad de Llavorsí.

En el sector situado al oeste y sur de Andorra, CASAS et al. (1989) relacionan entre sí diversas estructuras, entre las que se incluyen los cabalgamientos mencionados de la Unidad de Llavorsí, otros ya observados por HARTEVELT (1970) y los de la Tosa de Alp descritos por DOMINGO et al. (1988). De Norte a Sur, CASAS et al. (1989) distinguen tres unidades: Unidad de Llavorsí, Unidad de Segre y Unidad de Cadí (fig. 34). Los límites Norte y Sur de la Unidad de Segre son dos cabalgamientos, denominados respectivamente Arcabell y de Llavorsí, que cortan a la mayoría de los cabalgamientos de la Unidad de Segre. Todos estos cabalgamientos se encuentran cortados por los granitos tardihercínicos de la Maladeta y de Andorra-Mt. Louis y, por lo tanto tienen edad hercínica. Sin embargo, CASAS et al. (1989) no descartan una posible reactivación alpina para este conjunto de cabalgamientos, tal y como lo parece indicar el hecho de que en algunos casos se encuentren afectando al contacto entre los granitos tardihercínicos y su encajante.

En contraposición a los cabalgamientos poste-

riores al desarrollo de los pliegues principales, en áreas próximas a la Unidad de Llavorsí, CAPELLA (1988) indica la existencia de cabalgamientos anteriores a la foliación dominante. Mucho más cerca del Valle de Arán, en la zona de Marimanya, LOSANTOS et al. (1986) y BODIN et al. (en prensa), han reconocido que el contacto entre las rocas presilúricas y devónicas (faltan las ampelitas silúricas) corresponde a un cabalgamiento vergente al sur, el cual también ha sido puesto de manifiesto en las zonas del puerto de Salau y del río Salat, escasos kilómetros más al norte (MORET y WEYANT, 1986; BODIN y LEDRU, 1986; y BODIN, 1988). El carácter sustractivo que presenta esta falla parece sugerir un movimiento de falla directa. Sin embargo, la ausencia de ampelitas silúricas y de parte de las rocas presilúricas, puede ser interpretada como debida a la existencia de pliegues anteriores a los cabalgamientos que fueron cortados posteriormente. Además del cabalgamiento mencionado, que pone en contacto rocas devónicas y cambro-ordovícicas, se ha observado otro cabalgamiento de similares características que superpone dos series devónicas diferentes, siendo la más antigua la del bloque superior, tal y como se deduce del estudio de conodontos (BODIN y LEDRU, 1986, y BODIN, 1988). Todos los autores citados coinciden en que estos cabalgamientos están plegados por las estructuras de la fase de deformación principal. Asimismo, han observado que pliegues y cabalgamientos se encuentran cortados por los granitos tardihercínicos de Marimanya y de Bassies.

Correlación entre los datos aportados por los diferentes autores en la parte central de la Zona Axial pirenaica y la región estudiada del Valle de Arán y sector de la Alta Ribagorça

a) Comparación entre las estructuras anteriores a la deformación principal de áreas epimetamórficas

Dentro de la zona estudiada fueron observadas estructuras de vergencia Norte en los dominios de la Alta Ribagorça y del Valle de Arán. Estos pliegues pueden ser correlacionados con los pliegues también vergentes al Norte observados por CIRES et al. (1990). Los pliegues de dirección N-S anteriores a la foliación principal, citados por SPEKSNIJDER (1987) y CIRES et al. (1990), no han sido encontrados en la zona estudiada.

Si acaso, estructuras de este tipo podrían ser las responsables de la disposición N-S de los ejes de los pliegues de la generación principal en la zona del collado Salines (Lámina cabalgante de Bono), ya que estas direcciones resultan anómalas en el área estudiada.

b) Comparación de los cabalgamientos hercínicos

El despegue situado en los materiales silúricos en el área estudiada podría ser comparable a los cabalgamientos reconocidos por CAPELLA (1988) en la Unidad de Llavorsí.

Los cabalgamientos de las zonas de Marimanya y Salat que afectan al contacto Ordovícico-Devónico, así como los mencionados por BODIN y LEDRU (1986) y BODIN (1988) en las zonas de puerto Salau y de río Salat, que superponen series devónicas diferentes, deben de corresponder a los despegues de los materiales silúricos y a los supuestos cabalgamientos de la Tüca reconocidos en la zona estudiada. El hecho de que el cabalgamiento de la zona de Marimanya sea oblicuo a la estratificación de las rocas cambro-ordovícicas, podría explicarse mediante el truncamiento de pliegues previos a los despegues (pliegues vergentes al Norte).

El Cabalgamiento de puerto de la Picada-Valarties, en el Dominio de la Alta Ribagorça, puede ser comparable a los descritos por CASAS et al. (1989), que cortan a las estructuras dominantes de la parte central de la Zona Axial pirenaica. Este cabalgamiento, además de haber jugado antes del desarrollo de los pliegues de la generación dominante, parece que también ha cabalgado después, como lo sugiere el hecho de que corte al Anticlinal Central. La reactivación alpina de esta estructura tampoco debe de ser descartada.

Los cabalgamientos del sector de Castanesa son de edad alpina, ya que afectan a materiales posthercínicos. Sin embargo, podrían haber jugado ya durante la deformación hercínica, puesto que en algunos casos el salto observable en las rocas paleozoicas es mayor que el que se observa rocas posthercínicas. Corresponderían a estructuras comparables a las descritas al sur y oeste de Andorra por CASAS et al. (1989).

4.3. PARTE OCCIDENTAL DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA

En la parte occidental de la Zona Axial existen diversas áreas afectadas por un importante metamorfismo hercínico de alta temperatura. Se trata de los macizos de Lys-Caillaouas, Chirulet y Lespone (fig. 34). En estas áreas, los problemas principales giran en torno a la estructura hercínica, su significado y su relación con el metamorfismo. Por el contrario, en el resto de la parte occidental de la Zona Axial, donde el metamorfismo es epizonal, la estructura hercínica es menos compleja. En este caso, las mayores dificultades para el estudio tectónico se encuentran en las zonas con estructuras alpinas importantes, que a menudo son difíciles de distinguir de las hercínicas.

Estructuras de áreas afectadas por un importante metamorfismo

Muy próximo al área estudiada se encuentra el macizo de Lys-Caillaouas, en la prolongación hacia el oeste del Anticlinal Central. Entre los autores que recientemente han publicado trabajos sobre esta zona, destacan los de BRESSER et al. (1986), KRIEGSMAN et al. (1989) y KRIEGSMAN (1989). Todos ellos coinciden en proponer una primera deformación caracterizada por la existencia de pliegues derechos, responsables de la formación de la «supraestructura» y una segunda consistente en estructuras horizontales extensivas que dan lugar a la «infraestructura». KRIEGSMAN (1989) considera que posteriormente a la primera generación de estructuras, tiene lugar la aparición del máximo desarrollo del metamorfismo regional hercínico, el cual va acompañado de una esquistosidad de crenulación poco penetrativa asociada a un gran pliegue acostado. En su flanco superior se conserva la primera foliación y por el contrario en el inferior queda transpuesta. Según indica este autor, el pliegue se formaría en condiciones extensivas con un metamorfismo regional de alta temperatura.

Como se puede observar, el modelo sugerido, tanto por KRIEGSMAN (1989) como por los autores anteriormente citados, no difiere prácticamente del propuesto por van der EECKHOUT y ZWART (1988). A rasgos generales, este modelo considera que después de una fase hercínica compresiva, caracterizada por la formación de

pliegues E-O derechos, tiene lugar una extensión con la formación de una foliación subhorizontal y pliegues acostados de gran escala.

Más al oeste, en los macizos de Chiroulet y Lespone, se observa también un metamorfismo regional hercínico importante. En el primero de estos macizos los materiales son principalmente migmatitas, mientras que en el de Lespone son rocas plutónicas. En este sector, POUGET (1984) propone una secuencia de formación de estructuras bastante similar a la que SOULA (1982) y SOULA et al. (1986 a y b) proponen para los macizos de Aston y Hospitalet, que hace extensiva para toda la Zona Axial pirenaica.

En efecto, POUGET (1984) reconoce unos primeros pliegues con dirección entre N-110-E y N-120-E, vergentes al norte, que son las estructuras principales de la región y que llevan asociada la foliación dominante (SH1). Con anterioridad a estos pliegues, este autor observa la existencia de otra foliación (SH0), pero considera que corresponde a la SH1 en los estadios más iniciales. Sincrónicamente con la formación de las estructuras de la fase de deformación principal (DH1), tiene lugar la aparición del metamorfismo térmico, así como la intrusión diapírica de las migmatitas y de las rocas plutónicas.

Estructuras de áreas epimetamórficas

En el resto de la parte occidental de la Zona Axial pirenaica, los materiales que afloran son de edad devónico-carbonífera. En ellos la estructura hercínica observada es menos compleja que en otras áreas del Pirineo central y oriental, siendo mucho menor el desarrollo de clivajes hercínicos. Por otro lado, existen numerosas zonas donde los materiales paleozoicos aparecen afectados por estructuras alpinas difíciles de distinguir de las hercínicas, lo que ocasiona una complejidad añadida.

Una de estas zonas es el sector de Gavarnie (figura 34), en donde la traza del cabalgamiento de Gavarnie aflora dibujando un antiformal. Al oeste aparece una ventana tectónica, en cuyo núcleo se observa el autóctono de esta estructura. En él afloran rocas paleozoicas afectadas por un importante metamorfismo. La unidad autóctona está constituida principalmente por rocas devónico-carboníferas, epimetamórficas, las cua-

les se ven afectadas por numerosas estructuras alpinas.

Otra de las zonas con importante estructuración alpina es el sector de Eaux-Chaudes, situado al NO de la Zona Axial, en el que también afloran rocas prehercínicas y posthercínicas afectadas por los cabalgamientos alpinos de Eaux-Chaudes y Cinq Monts, correspondientes a la unidad que se emplaza por encima de la de Gavarnie.

a) *Secuencia de formación de estructuras de plegamiento*

Según MAJESTE-MENJOULAS (1979 a), la estructura hercínica en el sector de Gavarnie se caracteriza por una deformación polifásica en la que se pueden diferenciar tres episodios deformativos:

Estructuras H1

Se trata de pliegues acostados con una dirección que varía entre N-S y N-20-E, a los que se asocia un clivaje de plano axial (SH1). La dirección y descripción de estas estructuras corresponden a la fase precoz de MULLER y ROGER (1977), quienes también trabajaron en esta zona.

Estructuras H2

MAJESTE-MENJOULAS (1979 a) considera que son las estructuras principales y se trata de pliegues con dirección entre N-100-E y N-120-E. A estos pliegues se asocia un clivaje primario en unos casos, y de crenulación en otros (SH2), que es la foliación dominante y que coincide con el clímax metamórfico, así como con la intrusión de granitos hercínicos. Esta fase de deformación coincide con la fase 2 de MULLER y ROGER (1977).

Estructuras H3

En este episodio se incluyen diversos tipos de estructuras: fallas verticales de dirección E-O, pliegues con dirección N-S, pliegues de dirección N-70-E y fracturas de dirección N-110-E. Los pliegues presentan el plano axial buzando unos 40° al NO y por lo tanto vergencia SE. Estructuras de estas características fueron consideradas de fase 3 por MULLER y ROGER (1977). Durante la formación de estas estructuras tiene

lugar la intrusión de las granodioritas tardihercínicas.

b) *Cabalgamientos hercínicos*

En área situada al norte de la Ventana tectónica de Gavarnie aparecen diversos cabalgamientos. Entre ellos, MAJESTE-MENJOULAS (1979 b) distingue el de Bachebirou-Soulan-Peyrefitte, que superpone una sucesión devónica calcárea, sobre otra que presenta la Serie Sia en su parte superior (esta sucesión es comparable a las de Sa Mont o de Montpius-Montcorbissun del área estudiada, ver capítulo 2.3). MAJESTE-MENJOULAS (1982) considera que este cabalgamiento es hercínico porque en el valle de Neste, cerca de Vieille-Aure, le observa cortado por filones de rocas ígneas tardihercínicas. También en el valle de Gallego (20 kilómetros al oeste de este sector), cabalgamientos comparables al de Bachebirou-Soulan-Peyrefitte están cortados por rocas eruptivas estéfano-pérmicas (VALERO, 1974). Sin embargo, esta estructura aparece afectando a la Granodiorita tardihercínica de Neouvielle, lo que puede hacer suponer que se trata de una estructura alpina o tardihercínica. MAJESTE-MENJOULAS (1982) explica esta circunstancia como debida a rejugos de las estructuras hercínicas durante la deformación alpina.

Al SE de la Ventana tectónica de Gavarnie, MAJESTE-MENJOULAS (1979 b) diferenció la Unidad de Pimene-Troumouse-Chinipro. Entre los cabalgamientos que se reconocen en esta zona, el de Chinipro merece especial atención, ya que superpone una sucesión devónica calcárea, sobre otra que contiene Serie de Sia en los tramos superiores (MAJESTE-MENJOULAS, 1982). Este cabalgamiento corta estructuras hercínicas de la fase de deformación principal y es cortado por otras estructuras alpinas. Fue considerado como de edad hercínica y correlacionable con el cabalgamiento de Bachebirou-Soulan-Peyrefite, localizado al norte (MAJESTE-MENJOULAS, 1981). Sin embargo, PARISH (1984) ha considerado al Cabalgamiento de Chinipro como alpino.

Al oeste de la Ventana tectónica de Gavarnie, MAJESTE-MENJOULAS (1979 b) reconoce diversas estructuras hercínicas rejugadas durante la orogenia alpina. Al norte de esta unidad aparecen los klippen de S. Lary, Secres y Lourdes, que superponen una sucesión devónica caracterizada

por presentar Serie de Sia en la parte alta, sobre otra sucesión devónica calcárea en la que aparece el Devónico más alto. Según MAJESTE-MENJOULAS (1981) estos «klippen» forman parte de cabalgamientos hercínicos y aparecen plegados por un sinclinal alpino de dirección E-O.

Comparación entre las estructuras de la parte occidental de la Zona Axial pirenaica y de la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça

a) *Comparación entre las estructuras de áreas afectadas por importante metamorfismo*

El Domo del Garona es el dominio más comparable a los macizos mencionados en el Pirineo occidental, aunque en el área estudiada no han sido encontradas evidencias de estructuras extensivas, ya que las estructuras acostadas del Domo del Garona se han atribuido a una etapa compresiva.

En cuanto a lo observado por POUGET (1984) en los macizos de CHIROULET y LESPONE, el clivaje SH0 podría corresponder a la primera foliación observada en el Domo del Garona (S₁), en vez de corresponder a un estadio inicial de la foliación dominante. La esquistosidad o el clivaje principal (SH1) descrito por POUGET, que se asocia a estructuras de vergencia norte, podría ser el mismo que en el Domo del Garona se asocia a los pliegues de igual vergencia y que también corresponde a la foliación dominante (S₂). Sin embargo, el hecho de que el clivaje (SH1) observado en Chiroulet y Lespone se encuentre muy verticalizado, hace dudar de la validez de esta correlación.

b) *Comparación entre las estructuras de áreas epimetamórficas*

La fase de deformación hercínica principal H2, definida por MAJESTE-MENJOULAS (1979 a) podría corresponder a la de estructuras principales de los dominios del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça. Por otra parte, los pliegues de fase 1, con dirección N-S, reconocidos por MAJESTE-MENJOULAS, no se corresponden con las estructuras de vergencia norte, descritas en la zona estudiada, formadas antes de la etapa de deformación principal. Sin embargo, en el Dominio de la Alta Ribagorça, concretamente en al Lámina cabalgante de Bono, se cita la posible existencia de

estructuras de dirección N-S previas a las de la generación principal, que podrían ser correlacionadas con las descritas en la zona de Gavarnie.

Los cabalgamientos hercínicos descritos por MAJESTE-MENJOULAS (1981, 1982) podrían ser correlacionables con el Cabalgamiento de puerto de la Picada-Valarties o con los cabalgamientos de Castanesa, que ya habían jugado durante la deformación hercínica (ver epígrafe 3.7.5).

4.4. EXTREMO OCCIDENTAL DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA

Los resultados obtenidos recientemente en este sector de la Zona Axial pirenaica, con motivo de la elaboración de las hojas geológicas de Zuriza y Ansó del Mapa Geológico Nacional (TEIXELL y GARCIA-SANSEGUNDO, en prensa; TEIXELL, GARCIA-SANSEGUNDO y ZAMORANO, en prensa), son útiles para realizar la comparación con los dominios del Valle de Arán y Alta Ribagorça (figs. 132, 133).

La estratigrafía fue establecida por diversos autores (Van der LINGEN, 1960; SCHWARZ, 1962; MIROUSE, 1966; MARKS y WENSINCK, 1970; JOSEPH et al., 1980 y 1984). La litología, espesor y edades de los materiales que afloran en esta sucesión son igualmente presentados de forma esquemática en la figura 134. La serie carbonífera se dispone de forma discordante sobre los materiales infrayacentes (MIROUSE, 1966).

La estructura del sector SO de la Zona Axial pirenaica

Los mapas geológicos de las figuras 132 y 133, así como los cortes de las figuras 135 y 136, permiten la observación de las estructuras mayores y las figuras de interferencia resultantes, de la superposición de diferentes estructuras. Las principales estructuras reconocidas son dos sistemas de pliegues, a los que se suma la existencia de cabalgamientos afectados por el segundo sistema de pliegues. La descripción de estas estructuras es la siguiente:

a) *Primera generación de pliegues*

Son las estructuras más visibles. Se trata de pliegues apretados, a veces isoclinales, asimétricos, con traza axial de dirección NO-SE y ejes

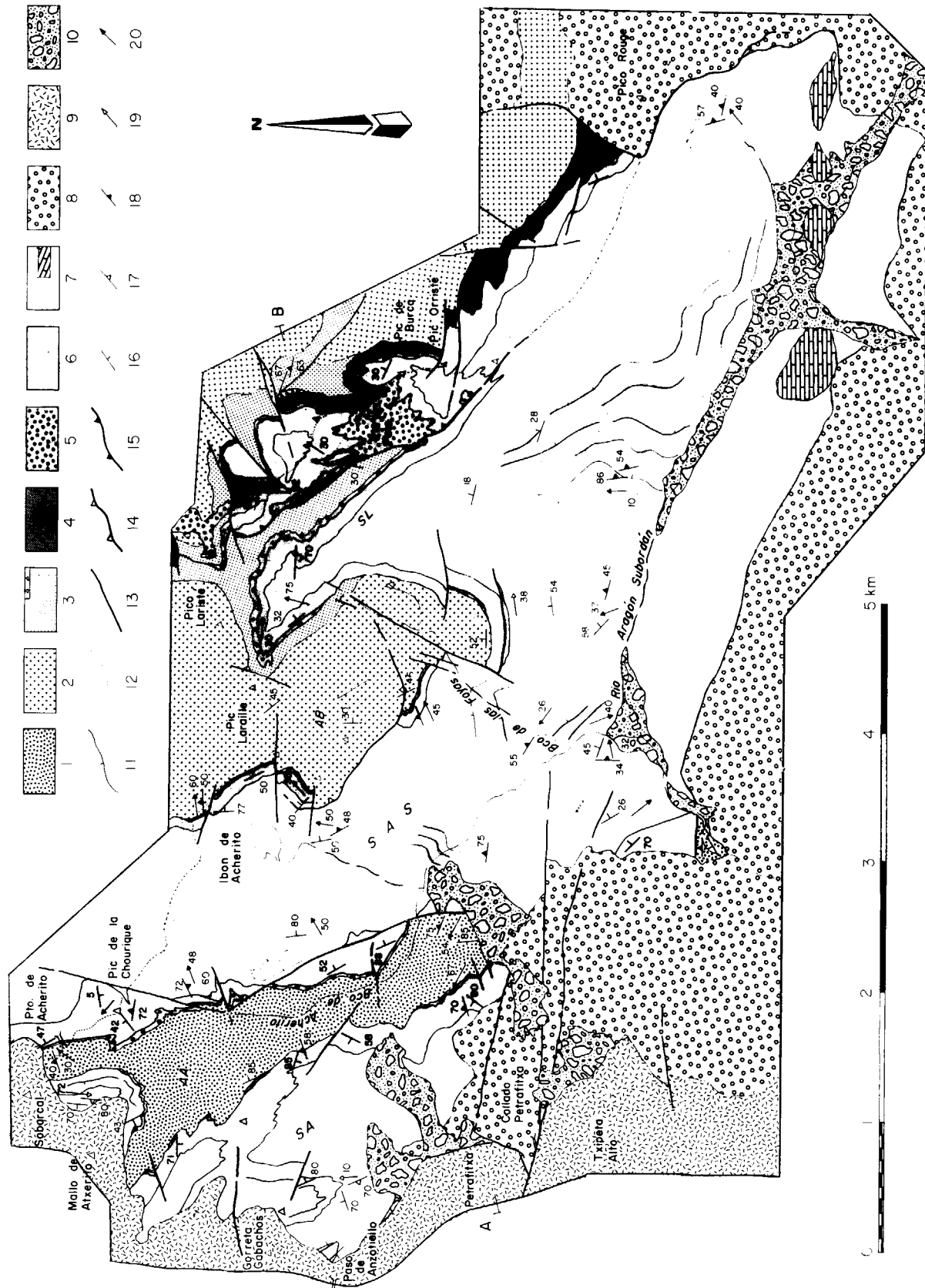


Figura 132.—Mapa geológico del extremo suroccidental de la Zona Axial pirenaica. Situación en figura 1.

1) Capas de Acherito. 2) Calcaire à Polypiers. 3) Serie de Pic Lariste parte inferior calcárea, con olistostromas a techo. 4) Serie Pic Lariste parte superior silicilástica. 5) Caliza griotte. 6) Calizas negras del Namuriense. 7) Rocas silicilásticas carboníferas, con intercalaciones de olistostromas de calizas negras. 8) Rocas pérmicas. 9) Rocas cretácicas. 10) Materiales cuaternarios. 11) Trazado de capas. 12) Frontera franco-española. 13) Falla. 14) Cabalgamiento hercínico. 15) Cabalgamiento alpino. 16) Estratificación. 17) Clivaje hercínico. 18) Clivaje dominante (alpino?). 19) Lineación o eje de plegue hercínico. 20) Lineación alpina (?). AA) Anticlinal de Acherito. AB) Anticlinal de Billare. SA) Anticlinal de Anzotiello; SAS) Sinclinal del Aragón Subordán. SL) Sinclinal de Laraille. (A-B) AT) Anticlinal del Tobazo. Situación del corte geológico de la figura 136.

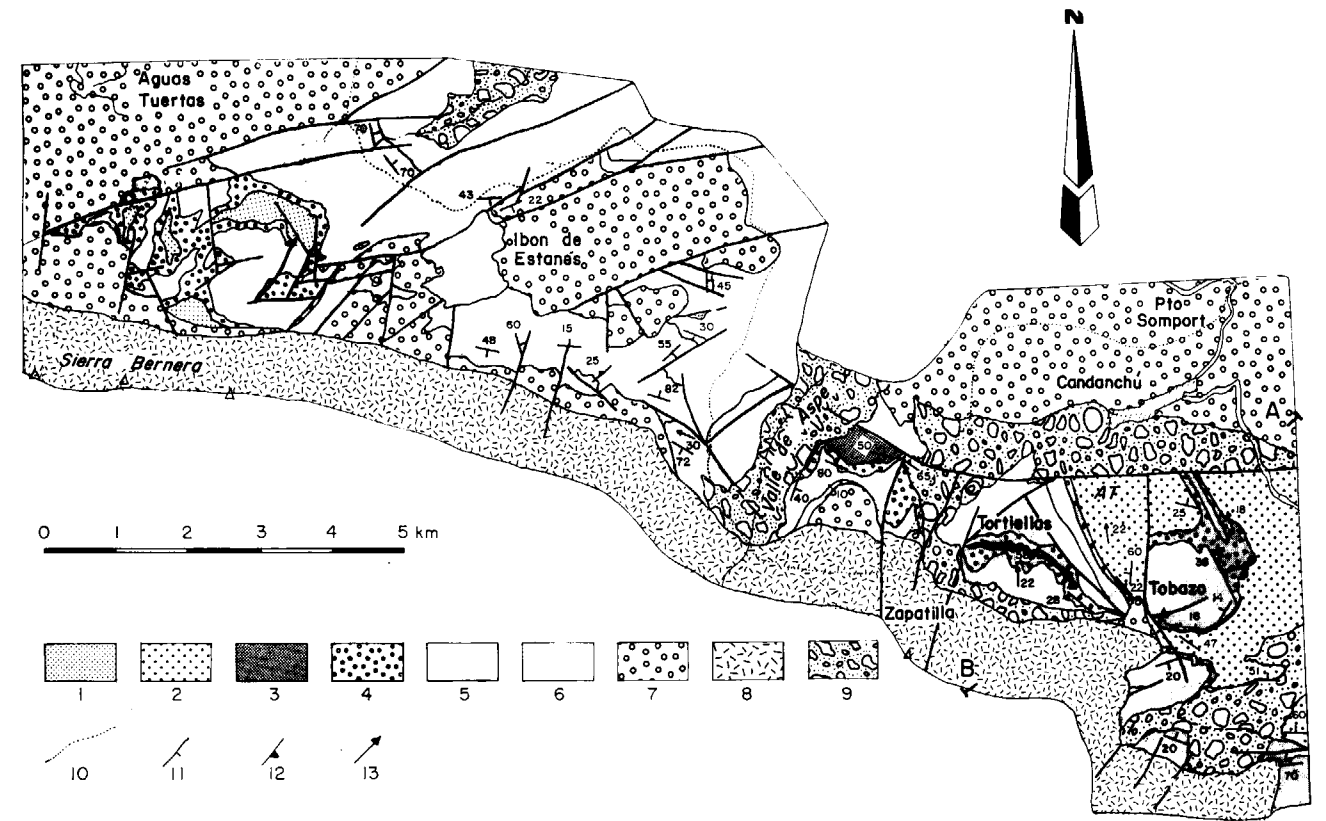


Figura 133.—Mapa geológico de la zona de Candanchú-Ibon d'Estanés. Situación en figura 1.

1) Capas de Acherito. 2) Calcaire à Polypiers. 3) Serie de Pic Lariste. 4) Caliza griotte. 5) Calizas negras del Namuriense. 6) Rocas carboníferas silicilásticas. 7) Rocas pérmicas. 8) Rocas cretácicas. 9) Materiales cuaternarios. 10) Frontera franco-española. 11) Estratificación. 12) Clivaje dominante. 13) Lineación de intersección entre el clivaje y la estratificación. (A-B) AT) Anticlinal del Tobazo. Situación del corte geológico de la figura 136.

normalmente E-O (fig. 132). Los ejes a menudo se presentan fuertemente inclinados, aunque a veces están en posición subhorizontal. La vergencia es hacia el SO y ocasionalmente llevan asociado un clivaje de plano axial, normalmente poco desarrollado y visible en lámina delgada. A escala de afloramiento sólo es visible en algunas zonas de charnela.

Algunas de las estructuras cartográficas más características de esta generación son: Sinclinal de Anzotiello, Anticlinal de Acherito. Sinclinal del Aragón Subordán (MIROUSE, 1966), Anticlinal de Billare y Sinclinal de Laraille (figs. 132 y 135). En el puerto del Palo se observa la existencia de numerosos pliegues de esta generación de escala hectométrica que afectan a la Caliza «griotte» de Rioseta. En la zona de Candanchú, la estructura más importante de esta generación es el Anticlinal de Tortiellas.

b) Segunda generación de pliegues

En la zona del río Aragón Subordán, el sistema de pliegues anteriormente descrito se ve afectado por unos pliegues, generalmente abiertos, que tienen el plano axial y el clivaje asociado, buzando unos 50° al NE y dan lugar a un suave arqueamiento de las estructuras previas. Figuras de interferencia de este tipo se observan también en la zona meridional del Pic Lariste. En otras ocasiones, lo que se observa son cambios en la inclinación de los ejes de los primeros pliegues, tal y como se observa en el sector NO de la canal de Acherito, en el Sinclinal de Anzotiello (fig. 132).

El clivaje de esta segunda generación tiene una dirección N-80-E. Las lineaciones de intersección asociadas aparecen frecuentemente con una gran

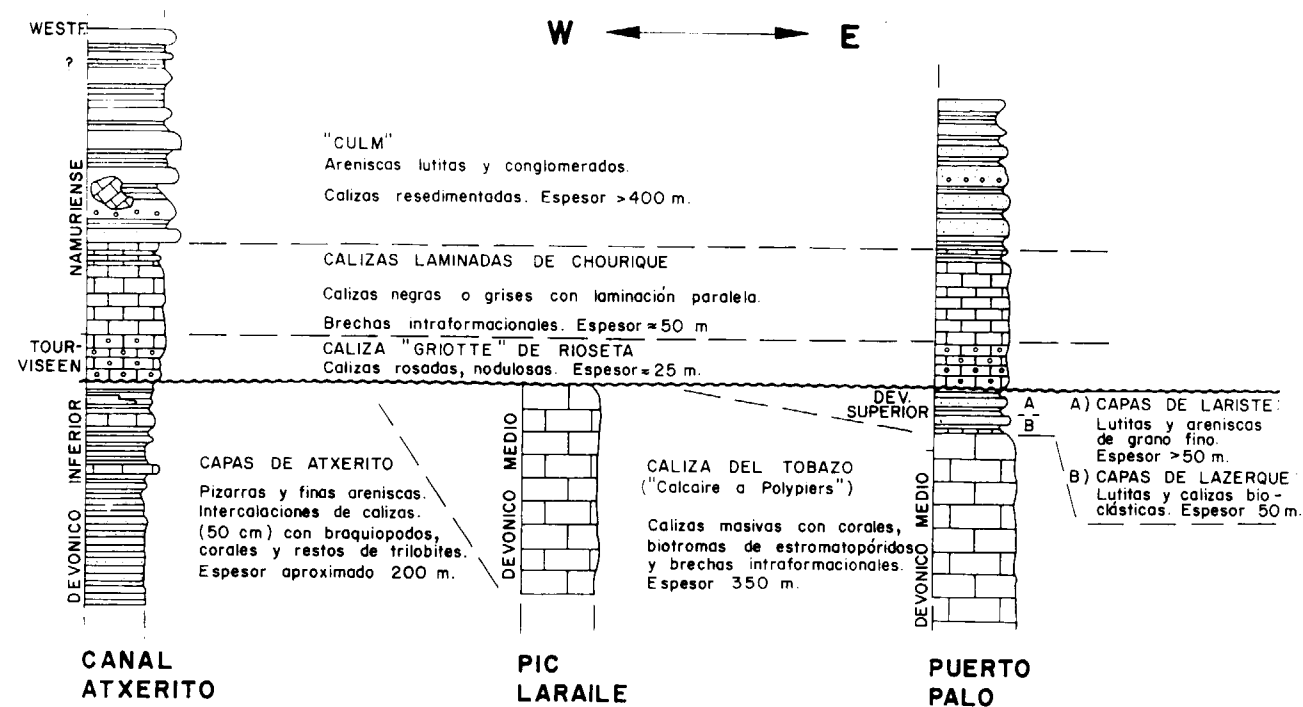


Figura 134.—Correlación de las columnas estratigráficas pertenecientes al extremo SO de la Zona Axial pirenaica.

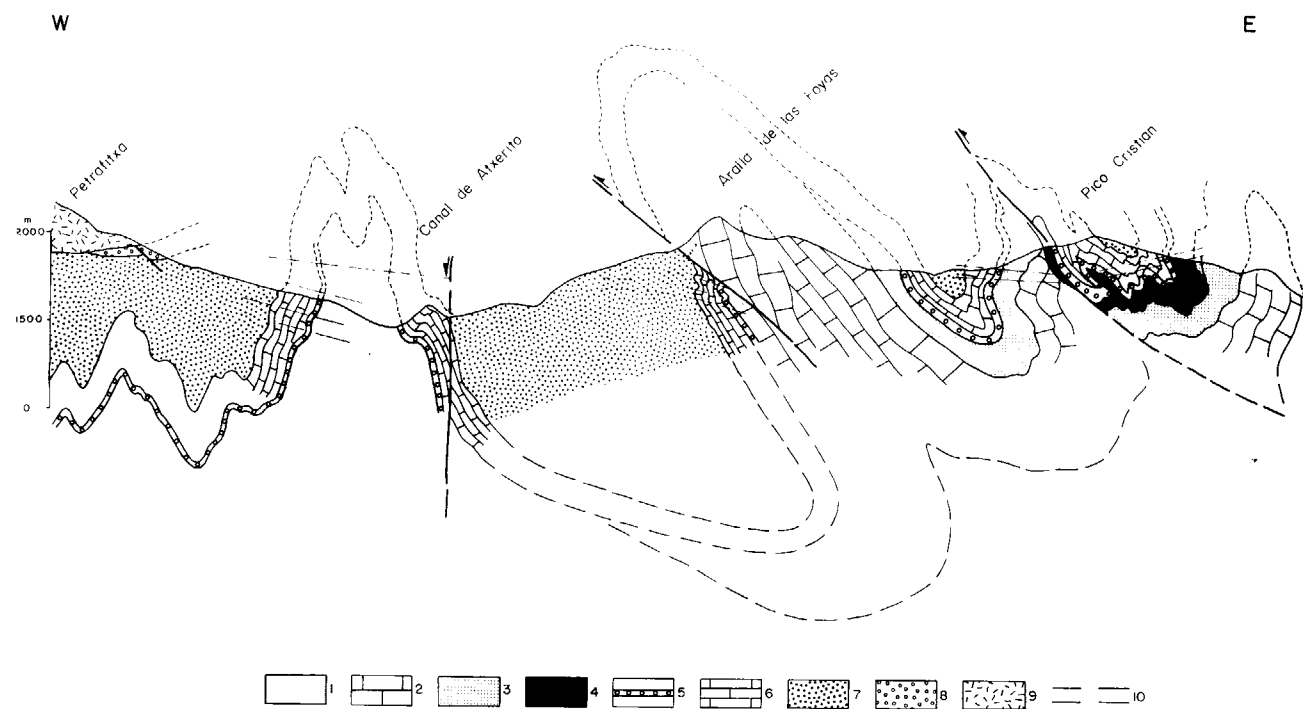


Figura 135.—Corte geológico por el extremo SO de la Zona Axial pirenaica.

1) Capas de Acherito. 2) «Calcaire à Polypiers». 3) Serie Pic Lariste parte inferior calcárea. 4) Serie Pic Lariste parte superior siliciclástica. 5) Caliza griotte. 6) Calizas negras del Namuriense. 7) Carbonífero siliciclástico. 8) Rocas pérmicas. 9) Rocas cretácicas. Situación en figura 132.

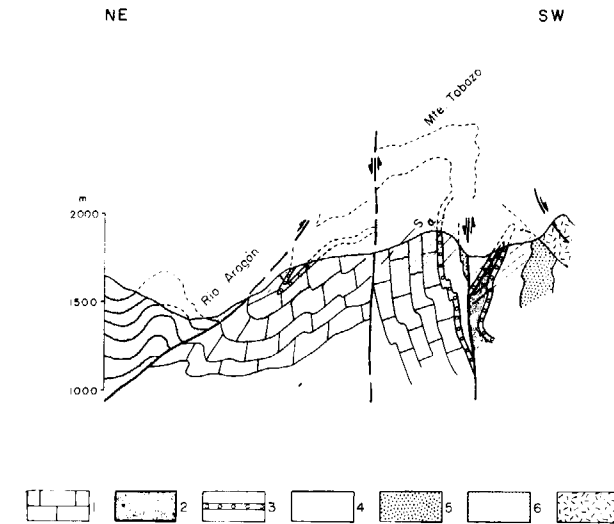


Figura 136.—Corte geológico por la zona de Candanchú. 1) «Calcaire à Polypiers». 2) Serie Pic Lariste calcáreo-lutítica. 3) Caliza griotte. 4) Calizas negras del Namuriense. 5) Carbonífero siliciclástico en facies «Culm». 6) Rocas pérmicas. 7) Rocas cretácicas. Situación en figura 133.

dispersión, orientadas generalmente hacia el Norte. Esta desorientación de las lineaciones puede deberse a la existencia de pliegues previos, aunque las deformaciones posteriores también pueden ser responsables de dicha dispersión. El clivaje que se asocia a estos pliegues, ocasionalmente, es de crenulación y es la foliación principal. La vergencia observada para estas estructuras varía entre oeste y sur.

La principal estructura de esta generación es el Anticlinal del Tobazo (figs. 133 y 136). En el sector del río Aragón Subordán, debido al gran número de estructuras de primera generación que aparecen y a su tamaño cartográfico, las estructuras de segunda generación se observan mal y únicamente aparecen suaves flexiones. Sin embargo, es especialmente llamativo el afloramiento del puerto del Palo, donde numerosos pliegues de primera generación, que afectan a la Caliza «griotte» de Rioseta, aparecen cortados casi perpendicularmente por la foliación principal (fig. 137).

c) Cabalgamientos

En la zona meridional del Pic Lariste, afectando

a un gran flanco inverso de primera generación, aparece un cabalgamiento vergente al sur que omite parte de la serie (figs. 132 y 135). Este contacto se puede seguir bien en la cartografía, ya que involucra a la Caliza «griotte» de Rioseta, que es un excelente nivel guía. Se puede observar que esta estructura está afectada por los pliegues de segunda generación y se trata, por lo tanto, de un cabalgamiento previo a ellos.

d) Estructuras responsables de la posición de los pliegues de primera generación

A la vista de la figura 132, se observa que las primeras estructuras hercínicas tienen un trazado próximo a la dirección N-S, mientras que las lineaciones de primera generación están orientadas E-O. Esta disposición reclinada de los pliegues no puede ser explicada únicamente como debida a la segunda generación de pliegues, por lo que se puede interpretar que se debe a otras estructuras. Esta anómala disposición de las estructuras principales podría ser explicada por la existencia de rampas oblicuas o laterales a la dirección de transporte de los cabalgamientos alpinos (E-O) que giran las estructuras de la generación principal, variando su trazado axial.

e) Secuencia de formación de estructuras y comparación con las estructuras de la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribargorça

De manera esquemática, las estructuras de esta zona pueden ser agrupadas en dos episodios de deformación, uno que engloba a las hercínicas y otro a las alpinas. A primera vista, ya se puede adelantar que las estructuras hercínicas de esta región representan niveles estructurales más superficiales que los correspondientes a la parte central y oriental de la Zona Axial pirenaica. Además, en este sector la secuencia de estructuras hercínicas varía notablemente respecto a la establecida en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribargorça.

Estructuras hercínicas

Se puede suponer que la primera generación de pliegues del sector SO de la Zona Axial corresponde a las estructuras principales de los dominios del Valle de Arán y de la Alta Ribargorça.

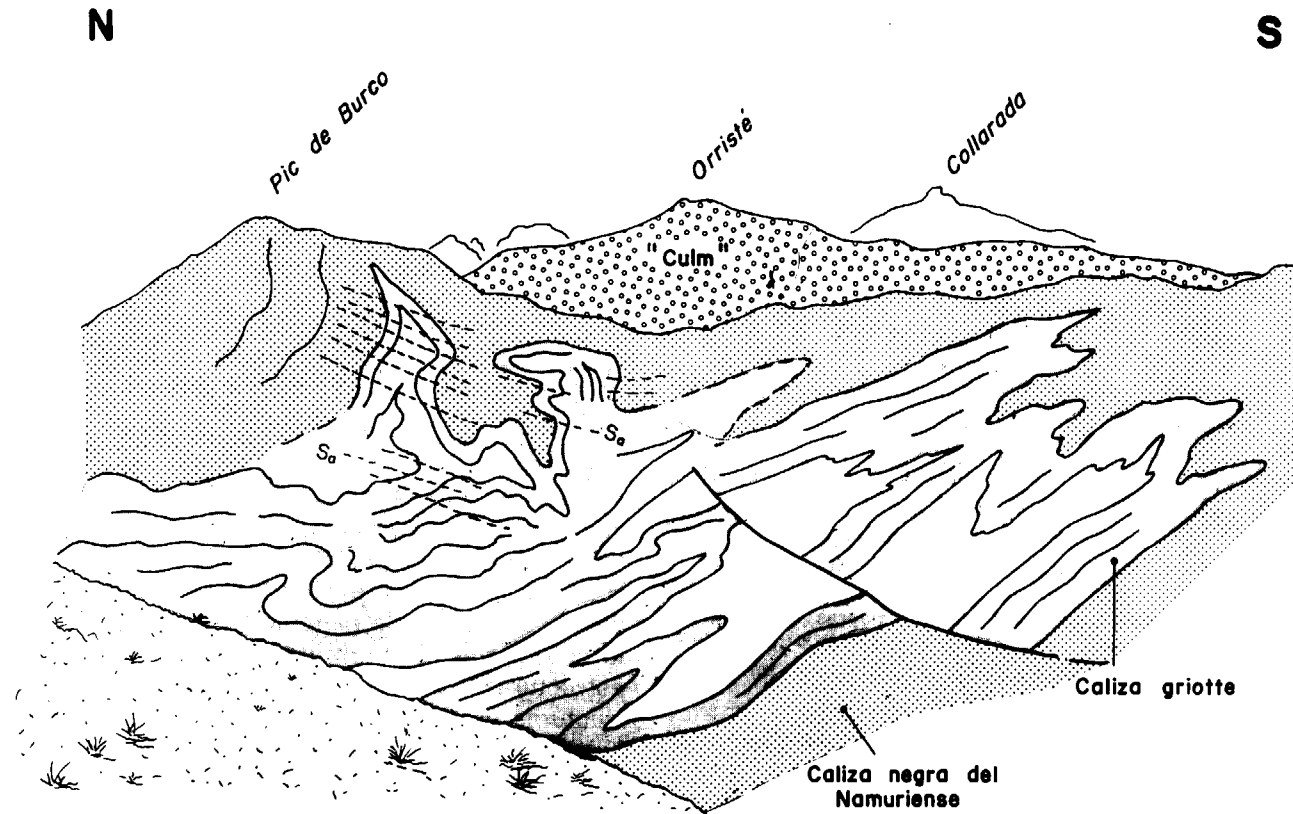


Figura 137.—Panorámica desde el Puerto del Palo hacia el este, donde se observan pliegues hercínicos deformados por otros a los que se asocia el clivaje dominante de este sector (S_a) que se encuentra en posición subhorizontal y posiblemente son de edad alpina.

ça (D3). La diferencia consiste en que en el extremo SO de la Zona Axial no se observa un buen desarrollo del clivaje (S_2), tal y como ocurre en la parte central de la Zona Axial. Existe otra diferencia, y es que en la transversal del Valle de Arán y Alta Ribargorça, las primeras estructuras reconocibles son pliegues de vergencia norte que no han sido observados en el sector SO de la Zona Axial. Los cabalgamientos, tal y como se observa en la cartografía y en los cortes, parecen ser estructuras relacionadas con estos pliegues y por lo tanto también hercínicos.

Estructuras alpinas

El segundo sistema de pliegues reconocido en el sector SO de la Zona Axial pirenaica, así como el clivaje (S_a) que lleva asociado, pueden ser considerados alpinos. En favor de esta hipótesis existen algunos datos, como es el que estos pliegues podrían correlacionarse con algunos de los

observados en los materiales pérmicos y mesozoicos de esta zona. Algunas de las principales estructuras de esta región, y concretamente el Anticlinal del Tobazo, pueden ser interpretadas como hercínicas, posteriormente reorientadas y reapretadas durante la deformación alpina. Las estructuras responsables de los fuertes buzamientos de los ejes de los pliegues hercínicos, también se pueden considerar alpinos. Es posible que se trate de rampas oblicuas ligadas a los cabalgamientos alpinos de esta zona.

4.5. CORRELACION GENERAL Y SIGNIFICADO TECTONICO DE LAS ESTRUCTURAS HERCINICAS DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA

Cualquier intento de correlación de las estructuras que sea válido para la Zona Axial pirenaica

es muy problemático, a causa de diversos factores ya enumerados en la introducción de este capítulo. Por un lado, influye el desigual desarrollo de las estructuras de los diferentes dominios, sobre todo en lo referente a las foliaciones. Por otra parte, se encuentran próximas entre sí áreas afectadas por metamorfismo de diferente grado que presentan diferente evolución estructural.

Otro problema añadido, que aumenta las dificultades existentes para establecer una correlación, es el hecho de que en la Zona Axial pirenaica hayan trabajado diferentes escuelas. Esta circunstancia ha propiciado el que se haya trabajado con criterios distintos, lo que dificulta el establecimiento de correlaciones globales. En cualquier caso, en el capítulo 4 se ha realizado un intento de correlación entre las diferentes áreas de la Zona Axial y la región estudiada. A modo de conclusión general, se puede intentar realizar una proposición de la historia deformacional del Hercínico del Pirineo que englobe los datos de diferentes autores. Algunas estructuras de desarrollo local no serán tenidas en cuenta.

Las primeras evidencias de deformación reconocibles corresponden a estructuras vergentes al sur. En la parte oriental de la Zona Axial ha sido reconocido un clivaje anterior a la foliación dominante por LAUMONIER y GUITARD (1978) y CASAS (1984) entre otros. Por otro lado, según SOLIVA et al. (1989), las zonas de cizalla observadas en este sector de la Zona Axial son las primeras estructuras reconocibles y por ello podrían corresponder a esta misma generación de estructuras. En los macizos de Aston y Hospitalet corresponderían a las estructuras de fase 1, vergentes al sur, descritas por SEURET y PROUST (1968 a y b). En la zona estudiada corresponderían al primer clivaje (S_1), observado en el Domo del Garona, que se encuentra asociado a estructuras vergentes al sur. Esta primera fase o generación de estructuras se desarrollaría próxima a áreas afectadas por intenso metamorfismo hercínico.

La segunda generación de estructuras reconocible en la Zona Axial pirenaica podría corresponder a pliegues acostados de vergencia variable. Por una parte, se encuentran en zonas próximas a las áreas que están afectadas por importante metamorfismo, en cuyo caso llevan aso-

ciado el clivaje de crenulación que es la foliación dominante. En los sectores de Canigó-Carança y Roc de Frausa, corresponderían a las estructuras que LAUMONIER y GUITARD (1978) consideran de la generación dominante y que podrían ser posteriores a los mantos de estilo «pennico» (LAUMONIER y GUITARD, en prensa). En los macizos de Aston y Hospitalet, estas estructuras corresponderían a los pliegues de Fase 2 con dirección N-S y vergencia oeste, descritos por SEURET y PROUST (1968 a y b). Dentro del ámbito del área estudiada, las estructuras de segunda generación corresponderían a los pliegues vergentes al norte del Domo del Garona y que llevan asociada la foliación dominante, que es simultánea o algo anterior al clímax de metamorfismo. En áreas epimetamórficas serían las primeras estructuras reconocibles, consistentes en pliegues de vergencia norte. Si se asume que todo este conjunto de estructuras pertenecen a la misma generación, a la vista de los datos obtenidos por los autores anteriormente citados, en otros sectores de la Zona Axial pirenaica existe un problema en lo que a la vergencia se refiere, ya que como se ha visto ésta es muy variable. Esta circunstancia podría explicarse si se considera que se trata de estructuras originadas por cizalla que daría lugar a una distribución heterogénea de la deformación con la aparición de pliegues con las charnelas curvadas y por lo tanto con vergencias variables.

Los pliegues de segunda generación en el área estudiada tienen una vergencia norte, contraria a la vergencia de la mayoría de estructuras hercínicas de la zona y por lo tanto puede denominarse «backfolding». Estas vergencias podrían tener distintos orígenes que son difíciles de determinar en el área de estudio. Entre otras, podrían citarse la existencia de zonas de cizalla retrovergentes.

La tercera generación de estructuras correspondería a pliegues derechos de dirección E-O, que son las estructuras a las que se asocia la foliación dominante que afecta a áreas epimetamórficas. Asimismo, podrían considerarse estructuras de esta generación los despegues reconocidos en la base de los materiales silúricos que como se ha comprobado en la zona estudiada, tienen íntima relación con los pliegues derechos que aparecen por encima. Los cabalgamientos previos a los pliegues principales de áreas epi-

metamórficas, pueden ser episodios precoces de esta tercera generación de estructuras; sin embargo, no se conoce la relación entre estos cabalgamientos y las estructuras de las primeras generaciones. Las zonas de cizalla y pliegues asociados a ellas, reconocidos en la parte oriental del Pirineo (CARRERAS et al., 1980), así como los pliegues derechos que se reconocen en el Domo del Garona, pueden considerarse estructuras de esta misma generación, aunque no debe descartarse la edad alpina de algunas de ellas o al menos su reapretamiento. Las últimas estructuras hercínicas reconocibles en la Zona Axial pirenaica corresponden a cabalgamientos que cortan a los pliegues derechos de tercera generación (CASAS et al., 1989). Estas estructuras pueden considerarse igualmente como de tercera generación.

En el área estudiada, concretamente en el Dominio del Valle de Arán, la aparición de pliegues de tercera generación en las rocas postsilúricas se encuentra relacionada con los cabalgamientos que se reconocen en los materiales silúricos. Sin embargo, en otros sectores del área estudiada (Dominio de la Alta Ribagorça), la relación entre los pliegues de esta generación y niveles de despegue no es clara. Asimismo, en otros puntos de la Zona Axial pirenaica se han descrito dominios con diferencias estructurales comparables a las que se reconocen en la zona estudiada, pero involucrando a rocas presilúricas exclusivamente. Un ejemplo de este caso podrían constituirlo los macizos de Aston y Hospitalet, donde se pasa de un dominio con estructuras acostadas en el centro del domo, a otro dominio con desarrollo de estructuras verticales, principalmente alrededor del domo. En el límite de estos dominios, van den EECKHOUT (1986) describe la existencia de una zona de transición con intensa deformación. Esta zona podría ser una zona de cizalla y corresponder a un nivel de despegue comparable al del Silúrico del área estudiada, pero situado en un nivel más profundo e involucrando a rocas más antiguas.

Han sido descritas otras estructuras en diferentes sectores de la Zona Axial pirenaica; entre ellas cabe destacar: los pliegues de dirección N-S, previos a la foliación dominante en la zona del Sinclinal de Tor (CIRES et al., 1990) y los pliegues preesquistosos de dirección N-S, referidos por diversos autores en la parte oriental

de la Zona Axial. En cualquier caso la correlación de estas estructuras es difícil, incluso de forma especulativa, por lo que parece conveniente esperar a que el conocimiento de la estructura en la Zona Axial pirenaica sea mayor.

5. LA ESTRUCTURA ALPINA DE LA ZONA AXIAL PIRENAICA Y SU INTERPRETACION

En cualquiera de los cortes generales de la Zona Axial pirenaica (fig. 138) se puede observar que la estructura general de la Cadena pirenaica viene determinada por cabalgamientos alpinos, entre los que quedan compartimentados bloques de rocas paleozoicas que preservan la estructura hercínica en su interior. Este conjunto de cabalgamientos da lugar a un apilamiento antiformal, el cual ha sido reconocido en el Sur de la Zona Axial pirenaica por diversos autores (PARISH, 1984; WILLIAMS y FISCHER, 1984; DERAMOND, et al., 1985; WILLIAMS, 1985; MUÑOZ, 1985, entre otros).

Los cortes geológicos *a* y *b* de la figura 138, situados en la parte más occidental de la Zona Axial del Pirineo, fueron elaborados por MAJESTE-MENJOULAS (1979 a). El primero de ellos (*a*) corresponde a la zona del Anticlinal de Pierrefite y sus proximidades. Este sector se caracteriza por la posición subvertical de los cabalgamientos alpinos. El corte de la figura 138 *b* corresponde al sector de Gavarnie. En esta zona, MAJESTE-MENJOULAS (1979 a, b) diferenció tres unidades, en las que se reconocen estructuras de cabalgamiento con características diferentes, que son la unidad septentrional, la de Pimené-Troumouse y la de Escamas (fig. 34). En la Unidad de Pimené-Troumouse, localizada en el sector SE de la Ventana tectónica de Gavarnie, MAJESTE-MENJOULAS (1982) concluyó que algunos de los cabalgamientos son hercínicos (Cabalgamiento de Chinipro), rejugados posteriormente durante la deformación alpina (ver capítulo 4.3). Por otra parte, en esta misma zona, PARISH (1984) mostró la relación entre todos los cabalgamientos que conforman la unidad de Gavarnie (fig. 138 *c*). Este autor dibuja una estructura antiformal constituida por una compleja sucesión de láminas cabalgantes. En el autóctono de la unidad de Gavarnie aparece un sistema imbricado de láminas cabalgantes subverticales. En lo que se refiere

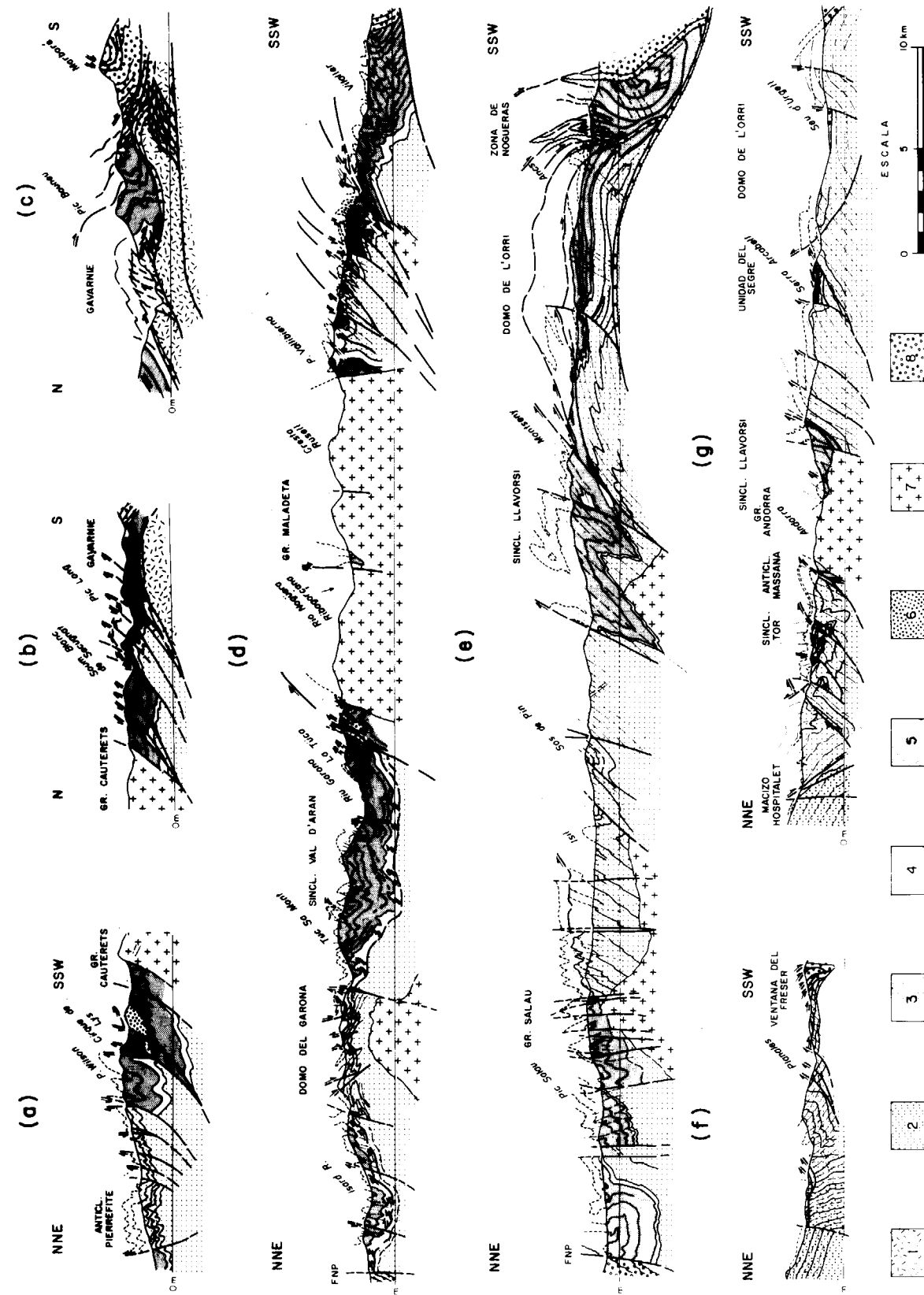


Figura 138.—Cortes geológicos por la Zona Axial pirenaica.

a) Corte geológico del sector de Gavarnie, y b) del sector de Pierrefitte, elaborados por MAJESTE-MENJOULAS (1979 a) y modificados en profundidad. c) Corte geológico del sector de Gavarnie, elaborado por PARISH (1984). d) Corte geológico de la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça, elaborado por el autor de este trabajo. e) Corte geológico de la transversal del Perfil ECORS, elaborado por MUÑOZ (1988). f) Corte geológico por el sector de Sierra Cavallera, elaborado por MUÑOZ (1985). g) Corte geológico de la transversal oriental del Domo de la Pallaresa, elaborado por CIRES et al. (1990). 1) Metasedimentos de alto grado y rocas paleozoicas indiferenciadas. 2) Neises. 3) Rocas silúricas. 4) Rocas paleozoicas. 5) Rocas silúricas. 6) Rocas carboníferas. 7) Granitoides. 8) Rocas mesozoico-terciarias. Situación en figura 34.

al cabalgamiento de Chinipro, atribuido a la Orogenia hercínica por MAJESTE-MENJOULAS (1982), PARISH (1984) considera que es alpino y que forma parte de la secuencia del bloque superior de la unidad de Gavarnie.

El corte geológico de la figura 138 e, elaborado por MUÑOZ (1988), ha puesto de manifiesto la existencia del apilamiento antiformal alpino, tomando como referencia la disposición de la foliación subvertical hercínica y de las rocas posthercínicas. Los «horses» que conforman esta estructura están constituidos de rocas paleozoicas que preservan la deformación hercínica. Los cabalgamientos atribuidos a la deformación alpina y el clivaje principal hercínico pasan de encontrarse subverticales, en la parte más septentrional de la Zona Axial pirenaica, a tener una posición subhorizontal al sur, en la zona del Domo de l'Orri. En el límite meridional de la Zona Axial, la foliación mayor hercínica, los planos axiales de los pliegues a los que se asocia y los cabalgamientos alpinos se encuentra buzando hacia el sur. En la parte más meridional, Zona de los Noguerras, todo este conjunto de estructuras llegan incluso a encontrarse invertidas. La variación gradual de la posición de la foliación principal hercínica (disposición en abanico), es interpretada por MUÑOZ (1988) como originada por efecto de la deformación alpina, en contraste con las ideas de ZWART (1979), el cual considera que esta variación se produce durante la deformación hercínica. Por último, en esta zona existen foliaciones alpinas que afectan tanto a las rocas prehercínicas como a las triásicas, principalmente en las zonas próximas al contacto meridional de la Zona Axial (fig. 138 e).

En el corte geológico de la figura 138 g, realizado por CIRES et al. (1990), la estructura más evidente que se muestra es hercínica, la cual ya ha sido comentada anteriormente en el capítulo 4.2. En este corte se observan pliegues vergentes al norte deformados por estructuras vergentes al sur de la generación principal hercínica. En la parte más meridional del corte de la figura 138 g, es evidente que la foliación dominante hercínica está plegada en anticlinal por efecto de la deformación alpina.

En lo referente al corte geológico de la figura 138 f, correspondiente a la parte oriental de la Zona Axial pirenaica, y que fue realizado por MUÑOZ (1985), se muestra claramente el papel

jugado por los cabalgamientos alpinos que afectan a rocas prehercínicas y conforman un «antiformal stack» que involucra rocas de la cobertura y del zócalo. Según MUÑOZ (1985), las estructuras hercínicas se preservan dentro de cada lámina cabalgante alpina, salvo en las zonas de culminación o de rampa donde están plegadas (fig. 138 f).

Recientemente, unos 20 kilómetros al este de la zona estudiada, se ha realizado un perfil sísmico (ECORS pyrenees team, 1988), que aporta información de la estructura del Pirineo a niveles profundos de la corteza y ha permitido a diversos autores realizar interpretaciones globales de la estructura de esta Cordillera. De entre estas interpretaciones se han seleccionado cuatro y se muestran en la figura 139. En líneas generales, la diferencia entre ellas radica principalmente en lo referente al acortamiento de la corteza inferior (cuánto se acorta y de qué forma) y en lo relativo a la Falla Norpirenaica, que para algunos autores juega un papel importante en la deformación, mientras que para otros no.

Posiblemente, debido a la escasez de trabajos que permitan prolongar lateralmente las estructuras, la interpretación de la parte superior del corte es difícil de establecer. La elevada altura de la estructura antiformal alpina que configura la Zona Axial pirenaica en el corte de MUÑOZ (1992), está motivada por el hecho de prolongar las láminas cabalgantes de rocas paleozoicas a lo largo de prácticamente toda la transversal. Asumir este tipo de apilamiento ocasiona el que dichas láminas deban sufrir una rotación importante, hecho que salvo en el sector meridional de la Zona Axial pirenaica parece poco probable, a la vista de los datos existentes. Además, en una transversal N-S por la Zona Axial, el nivel de erosión en las rocas paleozoicas no varía mucho y no se reconocen grandes saltos en el metamorfismo al atravesar las fallas alpinas. La heterogénea distribución del metamorfismo hercínico se produce en el interior de cada «horse» y no por la deformación alpina.

En la zona estudiada y basándose en la información proporcionada por el Perfil ECORS, se ha realizado un corte que de alguna forma podría explicar cómo se produce el apilamiento antiformal pero sin que necesariamente sufran una gran rotación las láminas cabalgantes alpinas de rocas paleozoicas. Como consecuencia de ello, la

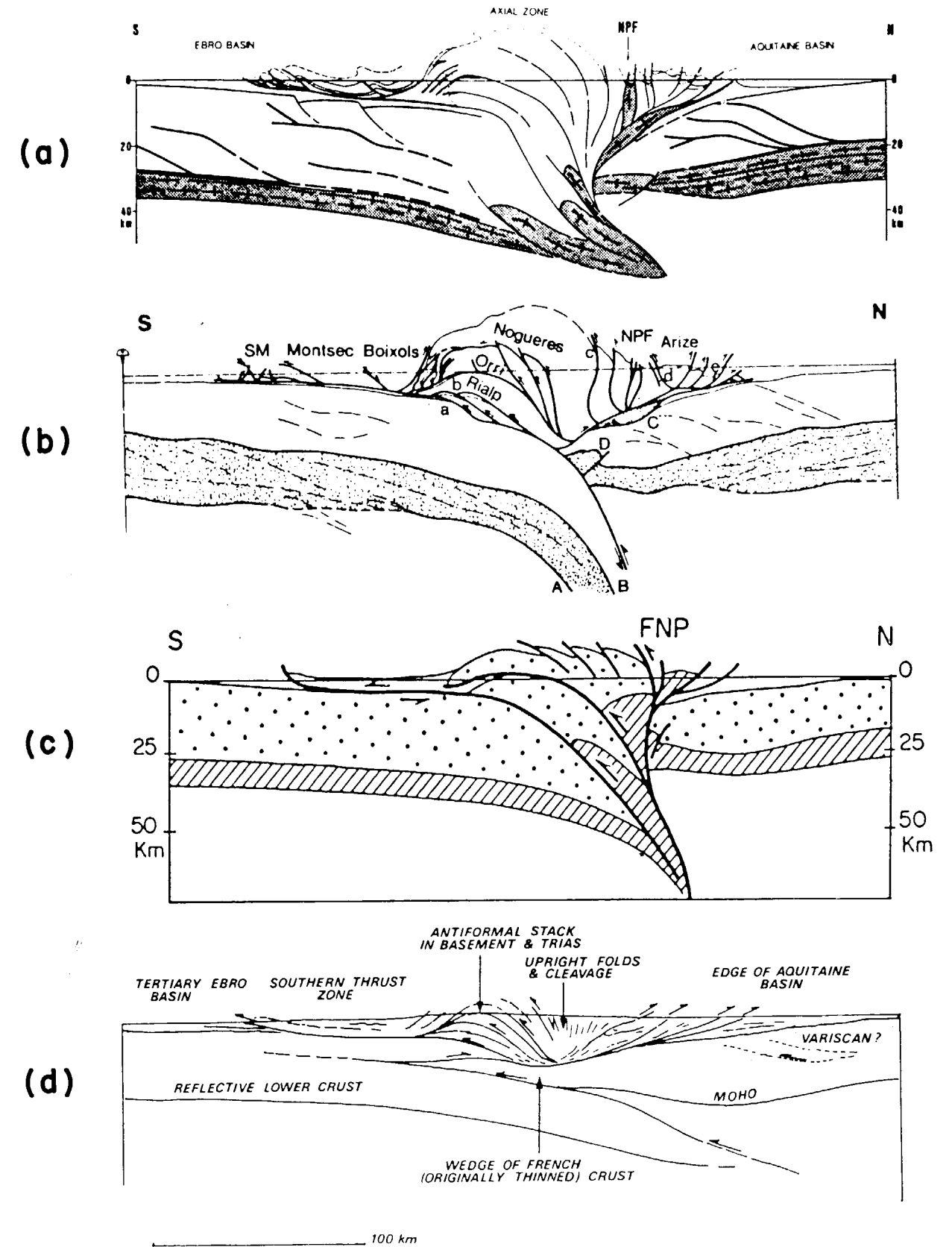


Figura 139.—Cortes geológicos, a escala cortical, interpretados por diferentes autores a partir del Perfil ECORS Pirinéas. a) Según ROURE et al. (1989), modificado por CHOUKROUNE et al. (1990). b) Según LOSANTOS et al. (1989), modificado por MUÑOZ (1992). c) Según MATTAUER (1990). d) COWARD y DIETRICH (1989).

altura alcanzada por el antiforame es sensiblemente menor (fig. 140). En el Domo del Garona y sinclinorio del Valle de Arán, las estructuras hercínicas observadas tienen una posición que probablemente no difiere mucho de la que debían tener antes de la deformación alpina. Así, por ejemplo, los despegues del Silúrico están en posición subhorizontal, que es la que debían tener en el momento de su formación. A partir de estas observaciones se puede concluir que en esta parte de la Zona Axial pirenaica no se pro-

duce gran rotación de los elementos estructurales hercínicos dentro de las láminas cabalgantes alpinas, por lo que seguramente las estructuras alpinas influyeron principalmente produciendo una elevación vertical de los bloques. Otro argumento que se compatibiliza difícilmente con la existencia de un apilamiento antiformal en los sectores central y septentrional de la Zona Axial pirenaica es la inexistencia de un metamorfismo alpino en la parte central, mientras que en el antiformal del sur, aunque débil sí lo hay.

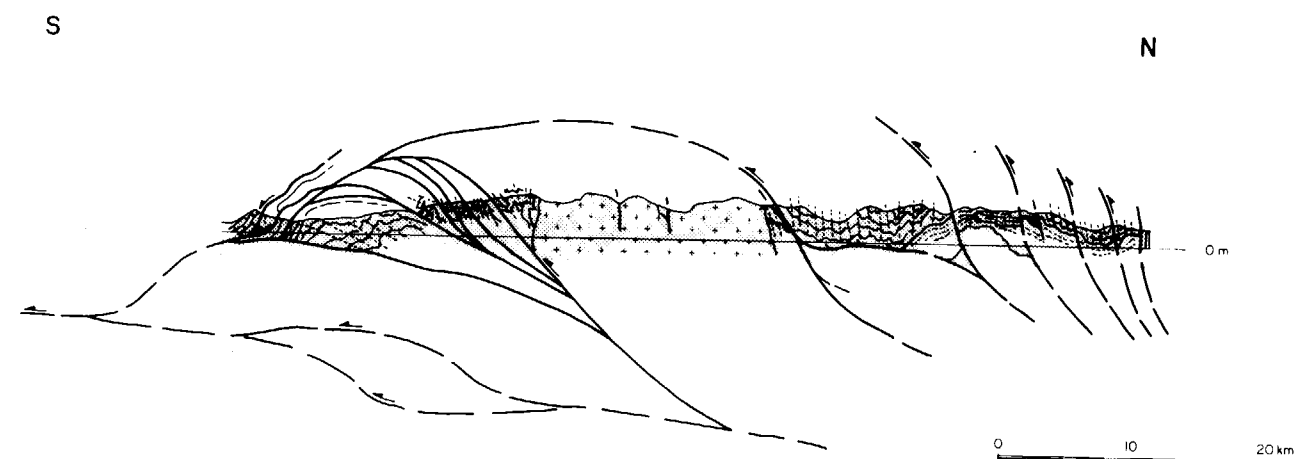


Figura 140.—Corte geológico interpretativo de la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça.

Las principales estructuras alpinas de la región estudiada se localizan en el Dominio de la Alta Ribagorça. Corresponden al apilamiento antiformal que conforman los cabalgamientos imbricados del sector de Castanesa, así como el Cabalgamiento de Gavarnie, situado en el borde norte de este dominio. Otras posibles estructuras alpinas observadas en esta región son el Cabalgamiento de puerto de la Picada-Valarties, que pudo haber jugado durante la deformación alpina y las fallas E-O del Domo del Garona (Falla de Bossost). También pudo tener lugar la aparición o al menos el reapretamiento de algunas estructuras consideradas como hercínicas (D4) y la acentuación del Domo del Garona.

Todo el conjunto de cabalgamientos alpinos del Dominio de la Alta Ribagorça corresponden al autóctono del Cabalgamiento de Gavarnie. Hacia el este, en la transversal del Perfil ECORS no se observan todas estas estructuras. Por el contra-

rio, lo que sí se aprecia en dicha transversal, concretamente en la zona del Domo de l'Orri, es una mayor rotación de las estructuras hercínicas como lo muestra la foliación principal hercínica. Estas diferencias pueden ser explicadas por la existencia de estructuras laterales, deformación por cizalla simple de los «horses», o porque el nivel de erosión en la zona estudiada está por encima del nivel del Perfil ECORS, de manera que en el área estudiada no se observa el apilamiento de rampas necesario para que se produzca la misma rotación.

6. HISTORIA GEOLOGICA Y CONCLUSIONES

Para realizar el estudio estratigráfico y estructural de esta transversal de la Zona Axial pirenaica, se han distinguido tres dominios (Domo del Garona, Sinclinorio del Valle de Arán y sec-

tor de la Alta Ribagorça). Los criterios para establecer esta división son principalmente estructurales, aunque los límites entre los dominios coinciden bastante bien con los empleados para el estudio estratigráfico.

El conjunto litológico más antiguo corresponde a las rocas presilúricas, de las cuales se reconoce una parte inferior pre-Caradociense, de carácter siliciclástico, posiblemente depositada en un medio de plataforma externa. La parte superior está formada por rocas del Ordovícico Superior que se apoyan discordantemente sobre el conjunto litológico infrayacente. La sedimentación de las rocas del Ordovícico Superior, seguramente se produjo en condiciones bastante someras, teniendo lugar procesos efusivos durante esta etapa, puestos más claramente de manifiesto en otras zonas del Pirineo donde han sido observadas rocas volcánicas intercaladas en la sucesión. Dentro del área estudiada, concretamente en el Domo del Garona, ha sido evidenciada la existencia de esta discordancia, ya que se ha observado cómo las rocas del Ordovícico Superior truncan las distintas unidades litoestratigráficas infrayacentes.

Durante el período Silúrico se depositaron ampolitas negras en toda la Zona Axial pirenaica. En el Devónico se desarrollan cuencas con una importante subsidencia. Así, en este período se reconoce una sedimentación terrígena (lutítico-arenosa) alternando con episodios carbonáticos, donde se reconocen facies arrecifales. En el Sinclinorio del Valle de Arán, que corresponde a una buena parte del área estudiada, durante el Devónico Superior se produce una importante sedimentación turbidítica, correspondiente al depósito de las Areniscas de las Bordas. En el presente trabajo se ha establecido la correlación entre las sucesiones estratigráficas del Devónico de la zona estudiada, que presentan diferentes facies en períodos de tiempo equivalentes. Esta correlación entre las diferentes series del Devónico se ha realizado basándose en la cartografía de las diferentes unidades litoestratigráficas y en los datos cronoestratigráficos, ya que se ha determinado la edad de varias unidades a partir del estudio de conodontos. Asimismo, estas series han sido correlacionadas con otras situadas al este y al oeste del área estudiada. A partir del estudio paleontológico, se han observado superposiciones faunísticas y estratigráficas anó-

malas que en el presente trabajo han sido interpretadas como cabalgamientos.

Dentro del área estudiada, las rocas depositadas al comienzo del Carbonífero aparecen mal representadas. Posteriormente tiene lugar una mayor tasa de sedimentación, producto de la generación de nuevos surcos, en los que se depositan las rocas siliciclásticas, turbiditas (facies de tipo «Culm»), que ponen en evidencia una intensa actividad tectónica, correspondiente a la Orogenia hercínica.

Como ya se ha indicado, se han distinguido tres dominios con características estructurales diferentes, que de norte a sur son los siguientes: Dominio del Domo del Garona, Dominio del Valle de Arán y Dominio de la Alta Ribagorça. En el Domo del Garona aparecen las estructuras hercínicas correspondientes a las zonas más internas de la Cordillera. Se distinguen varios episodios deformacionales, de los cuales los dos primeros (D1 y D2) corresponden a estructuras acostadas, o fuertemente vergentes. El primer episodio deformacional (D1) se caracteriza por el desarrollo de un clivaje primario (S₁), definido por la orientación preferente de filosilicatos (moscovita y clorita) y cuarzo. Esta foliación posiblemente está asociada a grandes pliegues que no han sido observados en el ámbito de la zona estudiada. La vergencia de estas estructuras es hacia el sur. Esta primera deformación se produjo en unas condiciones metamórficas de bajo grado, en la parte alta de la zona de los esquistos verdes.

El segundo episodio de deformación (D2), corresponde a pliegues de plano axial muy tendido o acostados, vergentes al norte, a los que se asocia un clivaje o una esquistosidad secundaria, que es la foliación dominante del Domo del Garona (S₂). Algunas de las estructuras de esta generación son las más importantes de este dominio (anticlinales de Armeros, Liat y Urets). En zonas de bajo grado metamórfico, la foliación es un clivaje de crenulación, definido por dominios enriquecidos en filosilicatos (moscovita y clorita), que separan otros con mayor contenido en cuarzo. En zonas con mayor grado de metamorfismo (mesozona y catazona), la foliación corresponde a una esquistosidad de crenulación generalmente definida por cristales de biotita, cuarzo y otros minerales propios de zonas con importante metamorfismo (andalucita, cordierita, silli-

manita, etc.). Esta foliación (S_2) es sincrónica o algo anterior al clímax metamórfico. La zona afectada por un importante metamorfismo se localiza en el centro del Domo de Bossot, siendo éste de alta temperatura y baja presión (500° y 2 Kbares para la facies anfibolita), con isogradas estrechas que no superan los 15 km. de diámetro (ZWART, 1979 y 1986).

Posteriormente, en el Domo del Garona tiene lugar la aparición de cabalgamientos vergentes al sur y de escaso desplazamiento (estructuras D3). Además, se reconocen dos sistemas de pliegues derechos y laxos, de direcciones oblicuas. Unos son muy locales, de dirección NO-SE y los otros de dirección aproximadamente E-O (estructuras D4). Estas son las principales estructuras que configuran la actual morfología del Domo del Garona. A ambos sistemas de pliegues se asocian unas crenulaciones muy penetrativas, de cuyas relaciones se puede decir que las de dirección E-O (L_4) son posteriores a las de dirección NO-SE (L_{NO-SE}). Asimismo, los cabalgamientos vergentes al sur, anteriormente citados, se encuentran plegados por el segundo sistema de pliegues derechos de dirección E-O. Otras estructuras tardías, reconocidas en el Domo del Garona, son fallas directas de dirección E-O que se encuentran plegadas por el sistema de pliegues derechos de dirección E-O, aunque en parte de su trazado pudieron rejugar posteriormente.

En el segundo dominio, correspondiente al Sinclinatorio del Valle de Arán, no han sido reconocidas las primeras estructuras observadas en el Domo del Garona (D1), correspondientes a un clivaje primario, asociado a estructuras vergentes al sur. Así, en este segundo dominio, las primeras estructuras son pliegues vergentes al norte (D2), a los que se asocia un clivaje primario que por correlación con el Domo del Garona ha sido denominado S_2 . Los pliegues de esta generación son escasos y aparecen restringidos a bandas separadas varios cientos de metros entre sí, por áreas donde no se reconocen estructuras de este tipo. La foliación por lo general está presente en todo el dominio y corresponde a un clivaje definido por la orientación preferente de pequeños filosilicatos (clorita y moscovita) y cuarzo. Estas estructuras se han relacionado con las de la generación dominante de Domo del Garona (D2), que tienen la misma vergencia.

La vergencia más generalizada de las estructuras hercínicas en la Zona Axial pirenaica es hacia el sur. Sin embargo, es llamativa la existencia de pliegues vergentes al norte, tanto en el Domo del Garona como en el resto del área estudiada, que deben considerarse «backfolds».

La segunda generación de estructuras desarrollada en el Sinclinatorio del Valle de Arán (D3) corresponde a pliegues de plano axial subvertical, que son las estructuras más evidentes a la vista del mapa geológico. Son pliegues a todas las escalas con dirección E-O, a los que va asociada la foliación dominante de este dominio (S_3). Esta foliación es un clivaje de crenulación donde se distinguen unos dominios enriquecidos en óxidos de hierro y filosilicatos orientados en la misma dirección que la foliación; en los otros dominios aparece un mayor enriquecimiento en cuarzo. Este clivaje se forma en unas condiciones de metamorfismo de bajo grado. También se consideran estructuras de esta generación a supuestos cabalgamientos, que se han deducido a partir de la superposición de asociaciones faunísticas anómalas.

El límite entre el Domo del Garona y el Sinclinatorio del Valle de Arán viene marcado por los materiales silúricos. En esta zona se observan diversas estructuras que ponen de manifiesto la relación existente entre estos dos dominios. En la parte inferior de las ampelitas del Silúrico se observa que la foliación dominante del Domo del Garona (S_2) se encuentra afectada por un conjunto de cabalgamientos, a menudo vergentes al sur y convergentes hacia la base, donde se localiza un nivel de despegue generalizado en toda la zona. Hacia la parte superior de las ampelitas silúricas, estos cabalgamientos pasan a pliegues que constituyen las estructuras dominantes del Sinclinatorio del Valle de Arán (D3). El Domo del Garona tiene una evolución estructural anterior a las estructuras D3 más compleja que Dominio del Valle de Arán. Así, mientras en el Domo del Garona se habían formado las estructuras de primera generación (D1) y había tenido lugar un buen desarrollo de estructuras de segunda generación (D2), en el Dominio del Valle de Arán tan sólo se habían formado algunos pliegues de segunda generación mucho menos desarrollados que en el Domo del Garona. Tal circunstancia parece sugerir que el acortamiento producido por las estructuras de primera generación en el Do-

mo del Garona, así como parte del producido por las de segunda generación, pudo verse compensado en el Dominio del Valle de Arán por el despegue anteriormente mencionado. En otros sectores de la Zona Axial pirenaica se observa que las ampelitas silúricas no separan dos dominios diferentes, como ocurre en la zona estudiada. Sin embargo, sí han sido reconocidos dos dominios estructurales comparables a los del Domo del Garona y Sinclinatorio del Valle de Arán, en otras zonas donde el límite entre ellos no se localiza en las ampelitas silúricas, sino que se encuentra dentro de rocas cambro-ordovícicas, por lo que es factible suponer que existen otros niveles de despegues diferentes al del área estudiada.

La principal característica del dominio más meridional, de la Alta Ribagorça, es la gran cantidad de estructuras alpinas que aparecen afectando a las rocas paleozoicas, las cuales compartimentan láminas cabalgantes que conservan la estructura hercínica en su interior. Estas estructuras hercínicas no difieren mucho de las observadas en el Dominio del Valle de Arán. Las primeras estructuras observadas (D2) corresponden a pliegues vergentes al norte (en la parte más septentrional del dominio) o al oeste (en el sector de cabalgamientos de Castanesa), a los que ocasionalmente puede ir asociado un clivaje primario que por correlación con los otros dominios ha sido denominado S_2 .

Las segundas estructuras observables corresponden a los pliegues derechos de dirección E-O, considerados de tercera generación (D3). En este dominio, estas estructuras también llevan asociado el clivaje dominante (S_3). Algunas de las estructuras mayores que aparecen en este dominio corresponden a esta generación de estructuras (Anticlinorio Central, Sinclinatorio de Plan d'Estan). El Anticlinorio de Sierra Negra es una estructura que resulta de la interferencia de los pliegues de segunda y tercera generaciones. Algunas de las estructuras consideradas como hercínicas más tardías en este dominio, corresponden a cabalgamientos vergentes al sur que cortan a los pliegues de tercera generación. El mejor ejemplo de este tipo de estructuras lo constituye el Cabalgamiento de puerto de la Picada-Valarties, aunque este cabalgamiento parece que ya pudo jugar antes de la formación de pliegues de la generación dominante.

El aspecto estructural más destacable de los ob-

servados en este dominio lo constituyen las estructuras alpinas. Así, se observa la existencia de una estructura antiformal, originada por el apilamiento de láminas cabalgantes que involucran a los materiales paleozoicos. Del efecto producido por la estructura alpina en la zona estudiada, pueden extraerse dos conclusiones:

- Únicamente se observa una rotación importante de las láminas cabalgantes, constituidas por materiales paleozoicos, en la parte más meridional de la Zona Axial pirenaica, donde es clara la existencia de un apilamiento antiformal.
- Las estructuras alpinas observadas hacia los sectores más septentrionales de la Zona Axial pirenaica, principalmente producen una traslación de los bloques, con una rotación menos marcada. Prueba de que no se encuentran tan rotados es la posición que tienen las estructuras hercínicas actualmente, la cual no debe ser muy diferente a la que debían tener antes de la deformación alpina.

REFERENCIAS

- AUTRAN, A. & GUITARD, G. (1969): *Mise en évidence de nappes hercyniennes de style pennique dans la série métamorphique du massif du Roc de France (Pyrénées orientales): Ilason avec la Nappe de Canigou*. C. R. Acad. Sci. Paris, 269, pp. 2497-2499.
- BODIN, J. (1988): *Le Dévonien inférieur et moyen des Pyrénées ariégeoises et centrales*. Documents du BRGM., Orleans, núm. 153, 255 pp.
- BODIN, J.; GUERANGE, B.; GUERANGE-LOZES, J. & LEDRU, P. (en prensa): *Données nouvelles sur le Paléozoïque de la bordure Nord du dôme de la Pallaresa (Pyrénées ariégeoises / France et Haute Noguera Pallaresa / Espagne)*. In: *Llibre Homenatge a Faura i Sans*. Servei Geològic de Catalunya, Barcelona.
- BODIN, J. & LEDRU, P. (1986): *Nappes hercyniennes précoces à matériel dévonien hétérotique dans les Pyrénées ariégeoises*. C. R. Acad. Sc. Paris, 302 (2), pp. 969-974.
- BRESSER, J. H. P. de; MAJOOR, F. J. M. & PLOEGSMA, M. (1986): *New insights in the structural and metamorphic history of the Western Lys-Caillaouas massif (Central Pyrénées, France)*. Geol. en Mijnbouw, Dordrecht, 65, pp. 177-187.
- CAPELLA, I. (1988): *Estudi estructural del Sinclinal de Llavorsí entre els rius Civís i Valira (Andorra, Lleida)*. Tesis Licenciatura, Univ. Autònoma de Barcelona, 102 pp.

CARRERAS, J. (1975): *Las deformaciones tardi-hercynicas en el litoral septentrional de la península de Cabo Creus (prov. de Gerona, España): la génesis de las bandas miloníticas*. Acta Geol. Hispánica, Barcelona, X, 3, pp. 109-115.

CARRERAS, J. & CASAS, J. M. (1987): *On folding and shear zone development: a mesoscale structural study on the termination between two different tectonic styles*. Tectonophysics, Amsterdam, 135, pp. 87-98.

CARRERAS, J. & CIRES, J. (1986): *The geological significance of the western termination of the Merens fault a Port Well (Central Pyrenees)*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 99-114.

CARRERAS, J.; JULIVERT, M. & SANTANACH, P. (1980): *Hercynian mylonite belts in the eastern Pyrenees: an example of shear zones associated with late folding*. J. Struct. Geol., Oxford, 2, 1/2, pp. 5-9.

CASAS, J. (1984): *Estudi de la deformació en els gneiss del Massís del Canigó*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 284 pp.

CASAS, J. M.; DOMINGO, F.; POBLET, J. & SOLER, A. (1989): *On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the Upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees*. Geodinamica Acta, Paris, 3, 2, pp. 135-147.

CASAS, J. M. & POBLET, J. (1989): *Essai de restitution de la déformation dans une zone avec plis et chevauchements: le «synclinal de Llavorsí» dans les Pyrénées centrales (Espagne)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 308, II, pp. 427-433.

CHOUKROUNE, P.; PINET, B.; ROURE, F. & CAZES, M. (1990): *Major Hercynian thrusts along the ECORS Pyrenees and Biscay lines*. Bull. Soc. géol. France, Paris (8), VI, número 2, pp. 313-320.

CIRES, J.; ALIAS, G.; POBLET, J. & CASAS, J. M. (1990): *La estructura del Anticlinal de la Massana (Hercinico del Pirineo Central)*. Geogaceta, Madrid, 8, pp. 42-44.

COWARD, M. & DIETRICH, D. (1989): *Alpine Tectonics — an overview*. In: COWARD, M. P.; DIETRICH, D. & PARK, R. G. (Eds.): *Alpine Tectonics*. Geol. Soc. Sp. Publ., 45, pp. 1-29.

CYGAN, C.; PERRET, M. F. & RAYMOND, D. (1980/81): *Le Dévonien et le Carbonifère du «Synclinal de Villefranche-de-Conflent» (Pyrénées orientales, France): datation par Conodontes et conséquences structurales*. Bull. du BRGM, Orleans, (II), 1, ppw 113-118.

DERAMOND, J.; GRAHAM, R. M.; HOSSACK, J. R.; BABY, P. & CROUZET, G. (1985): *Nouveau modèle de la Chaîne des Pyrénées*. C. R. Acad. Sc. Paris, 301, II, pp. 1213-1216.

DOMINGO, F.; MUÑOZ, J. A. & SANTANACH, P. (1988): *Estructures d'encavalcament en els materials del sòcol hercinià del massís de la Tosa d'Alp (Pirineu oriental)*. Acta Geol. Hispánica, Barcelona, 23, pp. 141-153.

ECORS Pyrenees team (1988): *The ECORS deep reflection seismic survey across the Pyrenees*. Nature, London, 331, 508-511 pp.

ECKHOUT, VAN DEN B. (1986): *A case study of a mantled gneiss antiformal, the Hospitalet massif Pyrenees (Andorra, France)*. Geologica Ultraiectina, Utrecht, 45, pp. 1-193.

ECKHOUT, VAN DEN B. (1990): *Evidence for large-scale recumbent folding during infrastructure formation in the Pyrenees: the structural geology of part of the eastern Hospitalet massif*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (8), VI, 2, pp. 331-338.

ECKHOUT, VAN DEN B. & ZWART, H. J. (1988): *Hercynian crustal scale extensional shear zone in the Pyrenees*. Geology, Boulder, 16, 135-138.

GUIARD, G. (1964): *Un exemple de structure en nappe de style pennique dans la chaîne hercynienne: Les gneiss stratoides du Canigou (Pyrénées orientales)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 258, pp. 4597-4599.

GUIARD, G. (1970): *Le métamorphisme hercynien mésozonal et les gneiss ocellés du massif du Canigou (Pyrénées orientales)*. Mém. du BRGM, Orleans, 63, 353 pp.

HARTEVELT, J. J. A. (1970): *Geology of the Upper Segre and Valira valleys, Central Pyrenees, Andorra/Spain*. Leidse Geol. Meded., 45, pp. 167-236.

JOSEPH, J.; BRICE, D. & MOURAVIEFF, N. (1980): *Données Paléontologiques nouvelles sur le Frasnien des Pyrénées centrales et occidentales: implications paléogéographiques*. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 116, pp. 16-41.

JOSEPH, J.; MIROUSE, R. & PERRET, M. F. (1984): *Calcaires dévoniens et carbonifères du Monte Tobazo (Pyrénées aragonaises, Huesca, Espagne)*. Acta Geol. Hispánica, Barcelona, 19, pp. 149-166.

KRIEGSMAN, L. M. (1989): *Structural geology of the Lys-Caillaouas massif, Central Pyrenees. Evidence of large scale recumbent fold of late variscan age*. Geodinamica Acta, 3, 2, pp. 163-170.

KRIEGSMAN, L. M.; AERDEN, D. G. A. M.; BAKKER, R. J.; BROK, S. W. J. DEN & SCHUTJENS, P. M. T. M. (1989): *Variscan tectonometamorphic evolution of the eastern Lys-Caillaouas massif, Central Pyrenees — evidence for a late orogenic extension prior to peak metamorphism*. Geol. en Mijnbouw, Dordrecht, 68, pp. 323-333.

LAGARDE, J. L. (1978): *Analyse du sens de déversement d'une nappe gneissique. Application à la nappe hercynienne de Canigou (Pyrénées orientales)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 268, pp. 937-940.

LAMOUREUX, C.; SOULA, J. C. & RODDAZ, B. (1980/81): *Les zones mylonitiques des massifs du Bassiès et de l'Aston (Haute Ariège)*. Bull. Bur. Rech. géol. Min., Sect., 2, pp. 103-111.

LAUMONIER, B. & GUITARD, G. (1978): *Contribution à l'étude de la tectonique superposée Hercynienne des Pyrénées orientales: Le problème de plissements précoces dans le Paléozoïque inférieur épizonal (série de Jujols) du synclinal de Villefranche de Conflent*. Rev. Geogr. physique géol. dynam., Paris, (2), XX, pp. 177-212.

LAUMONIER, B. & GUITARD, G. (en prensa): *Contribución a la «Sintesis geológica del Pirineo y cuencas de antepais (Ebro y Aquitania)»*. Macizo de Canigou. ITGE - BRGM.

LINGEN, G. J. VAN DER (1960): *Geology of the Spanish Pyrenees, North of Canfranc, Huesca province*. Estudios Geol., Madrid, XVI, pp. 205-242.

LLAC, F. (1969): *Etude tectonique de l'evolvee Paléozoïque à l'Est du Canigou: le massif des Aspres (Pyrénées orientales)*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (7), XI, pp. 476-483.

LLAC, F. (1973 a): *Tectoniques superposées dans le Paléozoïque inférieur du massif des Alberes (Pyrénées orientales)*. C. R. Somm. Soc. géol. Fr., Paris, 15, pp. 53-54.

LLAC, F. (1973 b): *Tectoniques superposées dans le Paléozoïque inférieur du massif du Puigmal (Pyrénées orientales)*. C. R. somm. Soc. géol. Fr., Paris, 15, pp. 89-90.

LLAC, F. (1979): *Les nappes tardi-hercyniennes entre Cerdagne et Llobregat (versant sud des Pyrénées catalanes)*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (7), XXI, pp. 467-473.

LOSANTOS, M.; BERASTEGUI, X.; MUÑOZ, J. A. & PUIGDEFABREGAS, C. (1988): *Corte geológico cortical del Pirineo central (perfil ECORS): Evolución geodinámica de la Cordillera Pirenaica*. Simposio sobre Cinturones orogénicos, Soc. Geol. Esp., pp. 7-16.

LOSANTOS, M.; PALAU, J. & SANZ, J. (1986): *Considerations about hercynian thrusting in the Marimanya massif (Central Pyrenees)*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 71-79.

MAJESTE-MENJOUAS, C. (1979a): *Evolution alpine d'un segment de chaîne varisque: Nappe de Gavarnie, chevauchement Cinq-Monts-Gentiane (Pyrénées centrales et occidentales)*. Thèse Sci., Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 343 pp.

MAJESTE-MENJOUAS, C. (1979 b): *Structure du Paléozoïque dans la Nappe alpine de Gavarnie (Pyrénées centrales): influence de la configuration du socle*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (7), XXI, pp. 495-499.

MAJESTE-MENJOUAS, C. (1981): *Superpositions d'unités varisques à séries hétéropiques du Dévonien supérieur dans la Nappe alpine de Gavarnie (Pyrénées centrales)*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (7), XXIII, pp. 673-678.

MAJESTE-MENJOUAS, C. (1982): *L'unité paléozoïque de Bachebirou-Chinipro, témoin d'une tectonique tangentielle varisque dans les Pyrénées centrales*. C. R. Acad. Sci. Paris, 294 (II), pp. 145-150.

MARKS, P. & WENSICK, H. (1970): *Conodonts and the age of the «Griotte» limestone formation in the upper Aragon valley (Huesca, Spain)*. Konin. Nederl. Akad. Wet. Proc., Amsterdam, (B), 73, pp. 238-275.

MATTAUER, M. (1990): *Une autre interprétation du profil ECORS Pyrénées*. Bull. Soc. Geol. France, Paris, (8), VI, núm. 2, pp. 307-311.

MATTAUER, M.; DALMAYRAC, B.; LAUBACHER, G. & VIDAL, J. C. (1967): *Contribution à l'étude des tectoniques superposées dans la chaîne hercynienne: le synclinal Paléozoïque de Villefranche de Conflent (Pyrénées orientales)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 265, (D), pp. 1361-1364.

MIROUSE, R. (1966): *Recherches géologiques dans la par-*

tie occidentale de la zone primaire axiale des Pyrénées. Mém. Carte Geol. France, Paris, 451 pp.

MORET, J. F. & WEYANT, M. (1986): *Datation de l'Emsien-Dévonien moyen des calcaires de Campaïs et des schistes d'Escala-Alta, équivalents occidentaux de la «série de Salau» (zone axiale pyrénéenne, Haute Noguera-Pallaresa, province de Lerida, Espagne)*. Conséquences structurales. C. R. Acad. Sc. Paris, 302, (II), pp. 353-356.

MULLER, J. & ROGER, Ph. (1977): *L'évolution structurale des Pyrénées (Domaine central et occidental). Le segment hercynien, la chaîne de fond alpine*. Géologie Alpine, 53, pp. 149-191.

MUÑOZ, J. A. (1985): *Estructura Alpina i Herciniana a la vora sud de la Zona Axial del Pirineu Oriental*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 305 pp.

MUÑOZ, J. A. (1992): *Evolution of a Continental Collision Belt: ECORS-Pyrenees Crustal Balanced Cross-section*. In: Mc CLAY, K. R. (ed.) (Thrust tectonics), Chapman & Hall, pp. 235-246.

OELE, J. A. (1966): *The structural history of the Vall Ferrera Area. The transition zone between the Aston Massif and the Salat-Pallaresa Anticlinorium (Central Pyrenees, France, Spain)*. Leidse Geol. Meded., 38, pp. 129-164.

PARISH, M. (1984): *A structural interpretation of a section of the Gavarnie nappe and its implications for Pyrenean Geology*. J. Struct. Geol., Oxford, 6, pp. 247-255.

POBLET, J. (1987): *Estudi geològic del sector central del sinclinal de Llavorsí (Pirineu central)*. Tesis Licenciatura, Univ. Barcelona, 163 pp.

POUGET, P. (1984): *Géologie de la région de Lesponne (Hautes Pyrénées)*. Thèse 3ème Cycle, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 347 pp.

RAYMOND, D. (1980): *Découverte d'une unité allochtone varisque dans le haut pays de Sault (zone axiale pyrénéenne, confins de l'Aude et de l'Ariège)*. C. R. Somm. Soc. géol. Fr., Paris, 6, pp. 250-252.

RAYMOND, D. (1986): *Tectonique tangentielle varisque dans le Paléozoïque supérieur de l'Est des Pyrénées françaises: l'exemple du Pais de Sault (Nord du granite de Querigout, Aude et Ariège) et régions voisines*. Bull. Soc. géol. France, Paris, (8), II, 3, pp. 479-485.

ROURE, F.; CHOUKROUNE, P.; BERASTEGUI, X.; MUÑOZ, J. A.; VILLIEN, P.; MATHERON, P.; BAREYT, M.; SEGURET, M.; CAMARA, P. & DERAMOND, J. (1989): *ECORS Deep Seismic data and balanced cross sections: Geometric constraints on the evolution of the Pyrenees Tectonics*, Washington, 8, 1, pp. 41-50.

SANTANACH, P. F. (1972 a): *Estudio tectónico del Paleozoico Inferior del Pirineo entre La Cerdaña y el río Ter*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 238 pp.

SANTANACH, P. (1973): *Die variszische Formung und ihre Strukturen im Süden des Canigó-Massives (Ostpyrenäen) in Relation zu den Nachbargebieten*. N. Jb. Geol. Paläont., Stuttgart, 144, 2, pp. 252-269.

SCHWARZ, E. J. (1962): *Geology and paleomagnetism of the valley Aragón Subordán north and east of Oza (Spanish Pyrenees, Province of Huesca)*. Estudios Geol., Madrid, XVIII, pp. 193-240.

SEGURET, M. & PROUST, F. (1968 a): *Contribution à l'étude des tectoniques superposées dans la chaîne hercynienne: l'allure anticlinale de la schistosité à l'Ouest du massif de l'Aston (Pyrénées Centrales) n'est pas originelle mais due à un replissement*. C. R. Acad. Sc. Paris, 266, (D), pp. 317-320.

SEGURET, M. & PROUST, F. (1968 b): *Tectonique hercynienne des Pyrénées centrales: signification des schistosités redressées, chronologie des déformations*. C. R. Acad. Sc. Paris, 266, (D), pp. 984-987.

SOLIVA, J.; SALEL, J. F. & BRUNEL, M. (1989): *Shear deformation and emplacement of the gneissic Canigou thrust nappe (Eastern Pyrénées)*. Geol. en Mijnbouw, Dordrecht, 68, pp. 357-366.

SOULA, J. C. (1982): *Characteristics and mode of emplacement of gneiss domes and plutonic domes in central-eastern Pyrenees*. J. Struct. Geol., Oxford, 3, pp. 313-342.

SOULA, J. C.; DEBAT, P.; DERAMOND, J.; GUCHEREAU, J. Y.; LAMOUREUX, Ch.; POUGET, P. & ROUX, L. (1986 a): *Evolution structurale des ensembles métamorphiques des gneiss et des granitoïdes dans les Pyrénées centrales*. Bull. Soc. géol. France, Paris, 8, II, (1), pp. 79-93.

SOULA, J. C.; DEBAT, P.; DERAMOND, J. & POUGET, P. (1986 b): *A dynamic model of the structural evolution of the Hercynian Pyrenees*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 115-147.

SOULA, J. C.; LAMOUREUX, Ch.; VILLARD, P.; BESSIERE, G.; DEBAT, P. & FERRET, B. (1986 c): *The Mylonite zones in the Pyrenees and their place in alpine tectonic evolution*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 115-147.

SPEKSNIJDER, A. (1987): *The detection and significance of early deformation in the southern Variscan Pyrenees*.

Spain; implications for regional Paleozoic structural evolution. Geol. Rundschau, Stuttgart, 76, 2, pp. 451-476.

TEIXELL, A. & GARCIA-SANSEGUNDO, J. (en prensa): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, Hoja de Zuriza (núm. 118). 2.ª serie MAGNA*. ITGE, Madrid.

TEIXELL, A.; GARCIA-SANSEGUNDO, J. & ZAMORANO, M. (en prensa): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, Hoja de Ansó (núm. 144). 2.ª serie MAGNA*. ITGE, Madrid.

VALERO, J. (1974): *Géologie structurale du Paléozoïque de la région de Panticosa. Province de Huesca (Espagne)*. Thèse 3ème Cycle, Bordeaux, 78 pp., 32 pl., 1 carte.

VERHOEF, P. N. W.; VISSERS, R. L. M. & ZWART, H. J. (1984): *A new interpretation of the structural and metamorphic history of the western Aston massif (Central Pyrenees, France)*. Geologie en Mijnbouw, Dordrecht, 63, pp. 399-410.

WICKHAM, S. M. & OXBURGH, E. R. (1985): *Continental rifts as a setting for regional metamorphism*. Nature, London, 318, pp. 330-333.

WICKHAM, S. M. & OXBURGH, E. R. (1986): *A rifted tectonic setting for Hercynian high-thermal gradient metamorphism in the Pyrenees*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 53-69.

WILLIAMS, G. D. (1985): *Thrust tectonics in the south central Pyrenees*. J. Struct. Geol., Oxford, 7, 1, pp. 11-17.

WILLIAMS, G. D. & FISCHER, M. W. (1984): *A balanced section across the Pyrenean orogenic belt*. Tectonics, Washington, 3, pp. 773-780.

ZWART, H. J. (1963 b): *The structural evolution of the Paleozoic of the Pyrenees*. Geol. Rundschau, Stuttgart, 53, pp. 170-205.

ZWART, H. J. (1979): *The Geology of the Central Pyrenees*. Leidse Geol. Meded., 50, 74 pp.

ZWART, H. J. (1986): *The Variscan Geology of the Pyrenees*. Tectonophysics, Amsterdam, 129, pp. 9-27.

Original recibido: Septiembre de 1991.

Original aceptado: Octubre de 1991.

Aspectos Paleoecológicos de una comunidad de Calyx del Ordovícico de los Montes de Toledo (España).

Por D. GIL CID (*) y G. M. BERNAL BARREIRO (*)

RESUMEN

Se propone la reconstrucción de una «comunidad de Calyx» (Equinodermos Diplopóridos) de la zona de *Placoparia tournemini* (Llandeilo inferior) situada entre las localidades de Navas de Estena y Retuerta del Bullaque (Ciudad Real), en base a invertebrados marinos fósiles y datos sedimentológicos.

Palabras clave: Ordovícico, Paleoecología, Calyx, Macizo Hespérico, Montes de Toledo, España.

RESUME

On fait la reconstruction d'une «communauté de Calyx» dans le Llandeilo inférieur (zone de *Placoparia tournemini*), d'une zone située entre les localités de Navas de Estena et Retuerta del Bullaque (Ciudad Real, Espagne), à partir de invertebrés marins fossilisés et l'information sédimentologique.

Mots-clés: Ordovicien, Paléocologie, Calyx, Massif Hesperique, Monts de Tolède, Espagne.

El material figurado, así como todo el estudiado, está depositado en el Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid.

El presente trabajo queda enmarcado en el Proyecto PB - 680046 de la CICYT, a través del IGE de Madrid, cuyo Investigador Principal es María Dolores GIL CID.

INTRODUCCION

En el área de los Montes de Toledo, el primer hallazgo de equinodermos de edad Ordovícico se debe a CASIANO DE PRADO, VERNEUIL y BARRANDE (1855) para los materiales pizarrosos de Ciudad Real. Con posterioridad, varios autores dan noticia de nuevos enclaves con presencia de fósiles de equinodermos en el Ordovícico de la Zona Centroibérica (EGOZCUE y MALLADA, 1876; DELGADO, 1908; GIL CID, 1970-72), si bien en ninguno de estos casos se trata de estudios paleontológicos de dichos hallazgos, limitándose a los aspectos crono y bioestratigráficos. Hemos de remitirnos a los trabajos publi-

cados por CHAUVEL y MELENDEZ entre 1941 y 1984, para poder encontrar información específica sobre los aspectos paleobiológicos de este grupo de fósiles, así como del reparto paleogeográfico de las especies en concreto.

En nuestro estudio, ubicamos el problema en el área geográfica situada al norte de los Montes de Toledo, próxima a la localidad de Navas de Estena; concretamente, la sección estudiada la localizamos entre Retuerta del Bullaque y Navas de Estena (fig. 1). La zona objeto del presente trabajo ha sido estudiada por diferentes autores y abarcando aspectos diversos (estratigráfico, tectónico, paleontológico, etc.), si bien, y a pesar del aceptable conocimiento del registro fósil existente en las diferentes secciones de la zona, permanece vacío el espacio dedicado a la reconstrucción paleoecológica de los paleoeco-

(*) Dpto. de Paleontología e Instituto de Geología Económica. Facultad de Ciencias Geológicas. UCM - CSIC. 28040 Madrid.

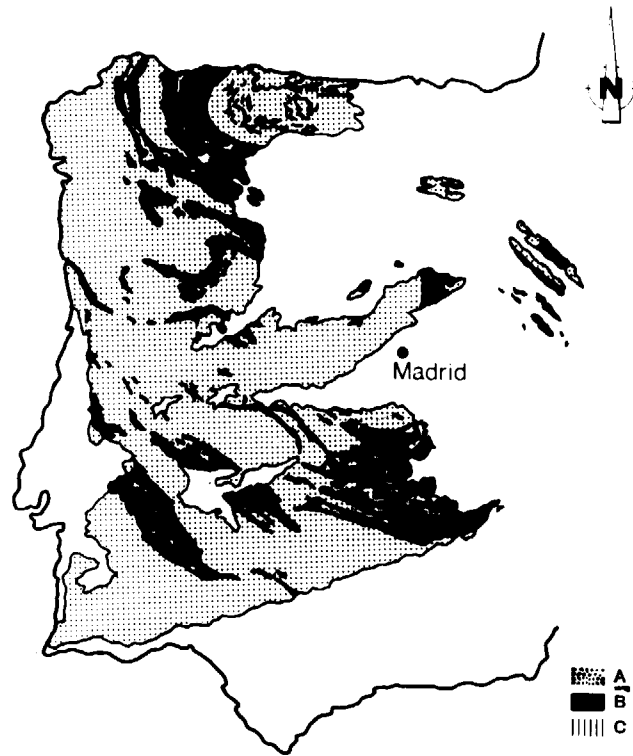


Figura 1.—Zona rayada, localización geográfica del área estudiada.

— A: Basamento proterozoico y materiales paleozoicos.
 — B: Ordovícico.
 — C: Area de estudio.

sistemas que existieron en épocas pretéritas en estos mares ordovícicos.

Los yacimientos ordovícicos en los Montes de Toledo presentan extensas áreas de afloramiento, ubicados en estructuras de tipo sinclinal que corresponden a la primera fase de deformación hercínica. En su mayoría, los yacimientos comportan litofacies de tipo pelítico (pizarras y limolitas) con importantes episodios de arenas y cuarcitas. El Llanvirniense inferior se inicia con una alternancia de pizarras y limolitas de colores oscuros (verde oscuro a gris-negro) con abundantes materiales de hierro; la abundancia en restos fósiles va en incremento porcentual hacia el techo de las formaciones (en términos generales). El Llandeilo está formado litológicamente por secuencias de diferentes características: limolitas, areniscas, areniscas cuarcíticas en bancos de espesor variable y pizarras con abundantes estructuras sedimentarias, así como bioturbaciones.

Los materiales pizarrosos en los yacimientos de Retuerta del Bullaque-Navas de Estena suelen presentar, en los niveles objeto de este trabajo, tonos oscuros, incluso negro intenso en fresco, si bien, y a causa de la existencia de los abundantes óxidos de hierro, se producen alteraciones que forman tonos grisáceos, rojizos y tonasolados.

Nuestro estudio está centrado en un perfil de unos 15-18 metros de materiales fundamentalmente pizarrosos finos, de color negro, que se corresponderían con los niveles intermedios de la sección general dada por SAN JOSE LANCHA et al. (1974) para el Ordovícico medio (fig. 2).

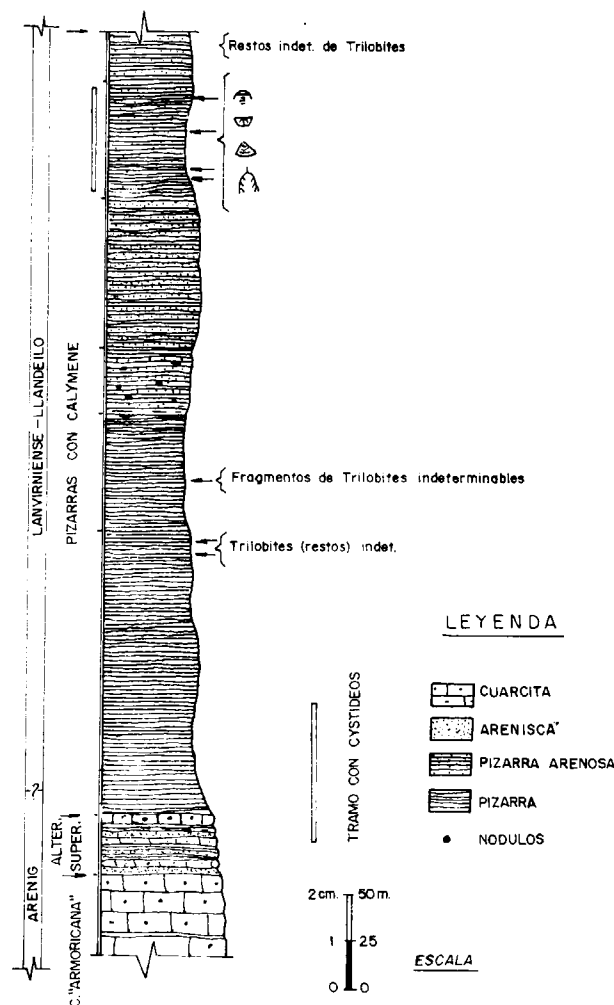


Figura 2.—Serie estratigráfica de Navas de Estena (Toledo), según SAN JOSE LANCHA et al. (1974).

Las faunas ordovícicas del Macizo Hespérico vienen siendo objeto desde los últimos años de diversos estudios, dando lugar en su conjunto a una aproximación sobre la evolución espacio temporal de los ambientes a lo largo de este período.

El interés creciente que se viene prestando recientemente a los aspectos paleoecológicos y paleobiogeográficos de las faunas paleozoicas, junto con la información que proporcionan los elementos existentes en las asociaciones del yacimiento que nos ocupa (equinodermos, moluscos, trilobites, braquiópodos, etc.), hacen que consideremos oportuno el análisis de dichas paleoasociaciones.

PALEONTOLOGIA

Las paleofaunas de la península Ibérica se integran, en lo que al período Ordovícico se refiere, en la llamada por WHITTINGTON y HUGES (1973) «provincia Mediterránea» o de «*Shynomalotus tristani*» de SPJELDNAES (1961) (Provincia calymenidae-trinucleida de WHITTINGTON, 1966).

Esta provincia está caracterizada por medios de aguas frías, de plataformas siliciclásticas de poca profundidad y que geográficamente se ubicaron en el margen más meridional del continente de Gondwana. En estos mares, de carácter marcadamente epicontinental, se produjo un buen desarrollo de la que podemos llamar «Comunidad de *Neseuretus*» (FORTEY y OWENS, 1978) y que podría equivaler a las «capas de *tristani*» en los materiales ordovícicos españoles.

Según BRÉCHLEY (1986), la Zona Centroibérica constituyó, a lo largo del Ordovícico medio, una plataforma epicontinental de poco gradiente, inclinada hacia el norte (fig. 3).

Durante el Cámbrico inferior y medio, las zonas de Ossa-Morena y Centroibérica estuvieron divididas en lo que DELGADO-QUESADA et al. (1977) reseñaron como «dominios». Este «efecto cubeta» produjo un carácter diferenciador en las paleocomunidades cámbricas, llegando atenuado al Ordovícico como consecuencia del proceso de homogeneización patente en el Cámbrico medio (GIL CID, 1988 y 1991). Por lo tanto, aun en el Ordovícico inferior, podemos matizar comu-

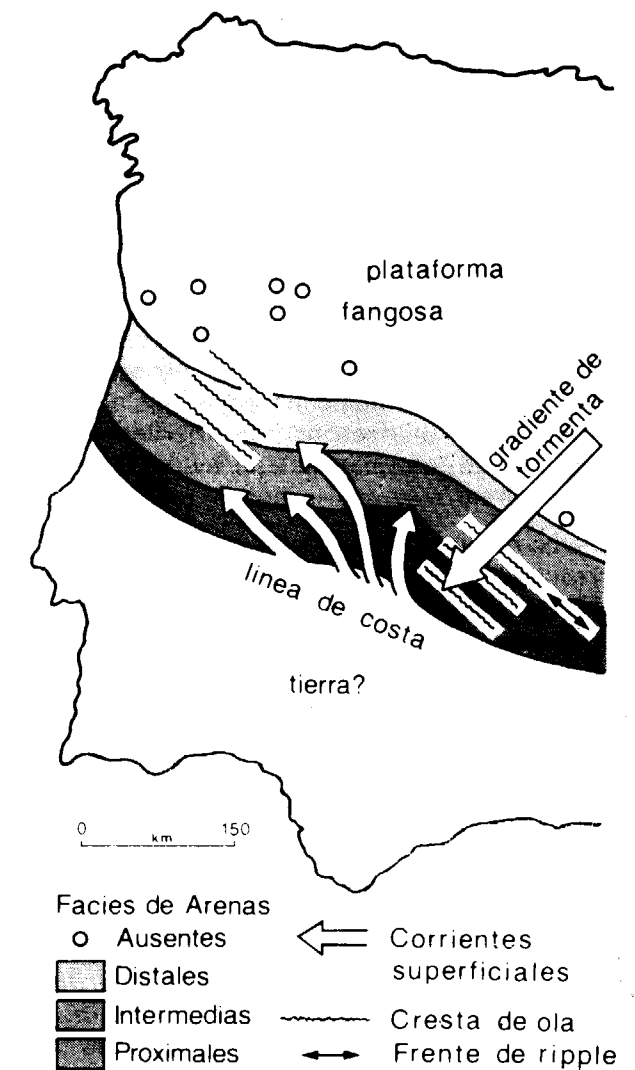


Figura 3.—Paleogeografía de la plataforma ordovícica, según BRÉCHLEY et al. (1986).

des particulares dentro del generalismo imperante en este período. Para las paleofaunas existentes en el Ordovícico inferior y medio, es posible establecer unos caracteres generales, tendencias y patrones sedimentológicos, siendo, no obstante, un hecho la existencia, dentro de estos mares de aguas frías y someras, de paleocomunidades singulares. Tal es el caso de la sección que hemos estudiado y que destaca por su atípica situación en el contexto general paleobiogeográfico. En virtud a su contenido fósil, podemos relacionar que estos materiales presentan los siguientes grupos fósiles: equino-

dermos, moluscos, trilobites, braquiópodos y estructuras de bioturbación. Esta asociación puede reflejar la mayor parte de las secciones del Ordovícico de los Montes de Toledo, si bien, en nuestro caso, se da una particularidad, de carácter básicamente paleoecológico, al ser una comunidad en la que el elemento más importante son los equinodermos, seguido de los moluscos; en orden decreciente, debemos situar a los braquiópodos y trilobites. La abundancia, muy superior, de elementos infaunales y semiinfaunales sobre los bentónicos nadadores y pelágicos, hace de este yacimiento un enclave singular y asequible para una reconstitución paleoecológica que aporte información a la evolución biológica del área.

El medio en que vivieron estos organismos debió corresponder a un paleoambiente marino de escasa profundidad, con un buen aporte de oxígeno, quizás soportado por un cierto grado de agitación y temperaturas relativamente frías.

En los Montes de Toledo, los sedimentos de edad Ordovícica corresponden a pizarras arcillosas con abundantes equinodermos, trilobites, braquiópodos y moluscos; esta asociación representa organismos de hábitos limnícolas, asociados a fondos limosos y fangosos, lo cual hace que los cistídeos (equinodermos diplopóridos), desprovistos de pedúnculo de fijación, vivan semienterrados en estos fondos cenagosos.

Estos sedimentos pizarrosos han sufrido procesos de descalcificación general, lo cual ha producido la práctica desaparición de los exoesqueletos de los organismos, quedando únicamente los moldes internos (vg., moluscos y equinodermos).

En el caso de los cistídeos, por el fenómeno antes citado, se produce la disolución de las placas, conservándose en los moldes el límite de las mismas, así como el relleno de los poros, con lo cual podemos constatar la disposición y características de estos elementos.

Para el Ordovícico inferior y medio de los Montes de Toledo, los equinodermos existentes son los Cystoideos diplopóridos, en tanto que para el Ordovícico superior (Ashgill), la presencia de equinodermos rombíferos (*Heliocrinites*, *Caryocrinites*) se centra en la Cordillera Ibérica y en los Pirineos, para sedimentos calcáreos; en este segundo caso se ve facilitada la conservación

de las placas del cáliz, apareciendo formas pedunculadas; este tipo de organismos se encuentra en relación con aguas tranquilas, de baja energía, sedimentación calcárea y que correspondería a una laguna interna de arrecife. Estos datos reflejan informaciones de carácter paleoecológico y paleobiogeográfico (GUTIERREZ MARCO et al., 1984).

También, en el caso de los gasterópodos, se observa un elevado porcentaje de conchas disueltas. Esta situación facilita la obtención, mediante el relleno de esa cavidad con siliconas adecuadas, de los caracteres de esos exoesqueletos, con lo que se accede a los detalles morfológicos de dichos organismos.

Todos estos casos pudieron producirse, como consecuencia de un proceso de enterramiento relativamente rápido, unido a una tasa de sedimentación alta; los datos procedentes de la sedimentología sugieren episodios de «tormentas» que coincidirían con súbitas avenidas de sedimentos y con la dislocación de los elementos infaunales (vg., distorsión e inversión de los Cystoideos, desarticulación de los elementos columnares de los crinoideos, etc.).

De los grandes moluscos, hemos de hacer mención a los ejemplares de ortocerátidos, presentes en la pizarra. Se encuentran elementos cuyo tamaño pudo ser de varios centímetros, a juzgar por las cámaras que se encuentran fosilizadas. La tasa de sedimentación elevada, con enterramiento rápido, ha dado como resultado el estado actual de conservación de estos organismos nadadores; evidentemente, los ortocerátidos pudieron ser elementos procedentes de otras paleocomunidades y ocasionalmente ubicadas en ésta. Esto implica un cierto grado de aloctonía, difícil de cuantificar. No olvidemos que fueron organismos nadadores con gran capacidad de desplazamiento, pudiendo ser debida su presencia en estos paleobiotopos a diferentes etologías (desplazamiento, nutricional, etc.).

Respecto a los trilobites, es llamativa su escasa presencia en el contexto de esta comunidad y para esta sección. En el Ordovícico de los Montes de Toledo, los trilobites suelen ser el grupo de invertebrados marinos más abundantes (vg., «Capas de *tristani*»). En nuestro caso, constituyen un grupo minoritario, estando representados por: *Neseuretus*, *Nobiliasaphus*, *Illaeus* y *Pla-*

coparia; de ellos, nos interesa especialmente, dado su modo de vida, los illaénidos y calime-naceos, por su hábito semi-infaunal. Se han encontrado también porcentajes relativamente escasos de exuvios de trilobites, siendo frecuentes piezas exoesqueléticas relativamente conexas, procedentes de mudas. De esto se deduce que el transporte de piezas de tamaño pequeño (libri-genas, hipostomas, etc.) ha sido más eficaz que el de los de mayor porte (pigidios, cefalones o elementos torácicos). Tampoco es frecuente la presencia de elementos larvarios (estados *Protaspis-Meraspis*), que son más abundantes en yacimientos relativamente próximos.

Respecto a la información micropaleontológica (comunicación personal de la doctora G. SARMIENTO) coinciden con la asociación de la subzona *inaequalis* de la zona *Anserinus* y es comparable a la Formación Postolonec, en el Macizo Armoricano francés. La relación de conodontos sería:

Icriodella cf. *praecox*, *Amorphognathus inaequalis*, *Pygodus*, *Plectodina* cf. *flexa*, *Coelocerodonthus* cf. *digonius*, *Baltoniodus* aff. *variabilis*, *Eoplacognathus?* sp., *Baltoniodus?* sp. A y B, *Amorphognathus?* sp.

y géneros y especies indeterminados.

Es notable la «ausencia», en nuestro yacimiento, de elementos típicamente pelágicos, como pueden ser los graptolitos. En otros yacimientos, geográficamente próximos al nuestro, estos elementos aparecen, pudiéndoseles calificar de abundantes; creemos que ello debe atribuirse a cuestiones ambientales, unido a condiciones de depósito que eliminaron la posibilidad de encontrar fosilizados los organismos del nivel pelítico. Tampoco han quedado evidencias observables de los elementos productores (vg., algas) en el contexto de relaciones productores esenciales/consumidores.

OBSERVACIONES PALEOECOLOGICAS

La comunidad ordovícica que hemos estudiado, ha suministrado taxones típicos de un ambiente marino. De la alta diversidad de dichos taxones, podemos deducir que estamos ante un paleoecosistema estabilizado. El taxón más representativo, en los niveles de la sección estudiada, es el

género *Calyx* (equinodermo diplopórido endobionte), por lo cual proponemos dar el nombre de este género de equinodermo a esta comunidad. La tanatocenosis se encuentra en una litofacies de lutitas. Los restos, tanto de organismos completos como de fragmentos y/o exuvios, no presentan una ordenación preferencial observable.

Los elementos de la tanatocenosis parecen sugerir, por su disposición, una acumulación influida por un factor «catastrófico». De la observación del sedimento se desprende la existencia de corrientes de turbulencia. Es observable que algunos organismos endobiontes han producido bioturbaciones en este sustrato indicando etapas de relativa calma, así como posibilidades de instalación y prosperidad para estos organismos durante ese período.

De la riqueza de taxones se deduce la existencia de un paleoecosistema con una cadena trófica compleja y diversa, lo cual nos hace pensar en un ambiente no estresante bióticamente, con vectores favorables de luminosidad, oxigenación, concentración de sales y con ausencia de factores limitantes.

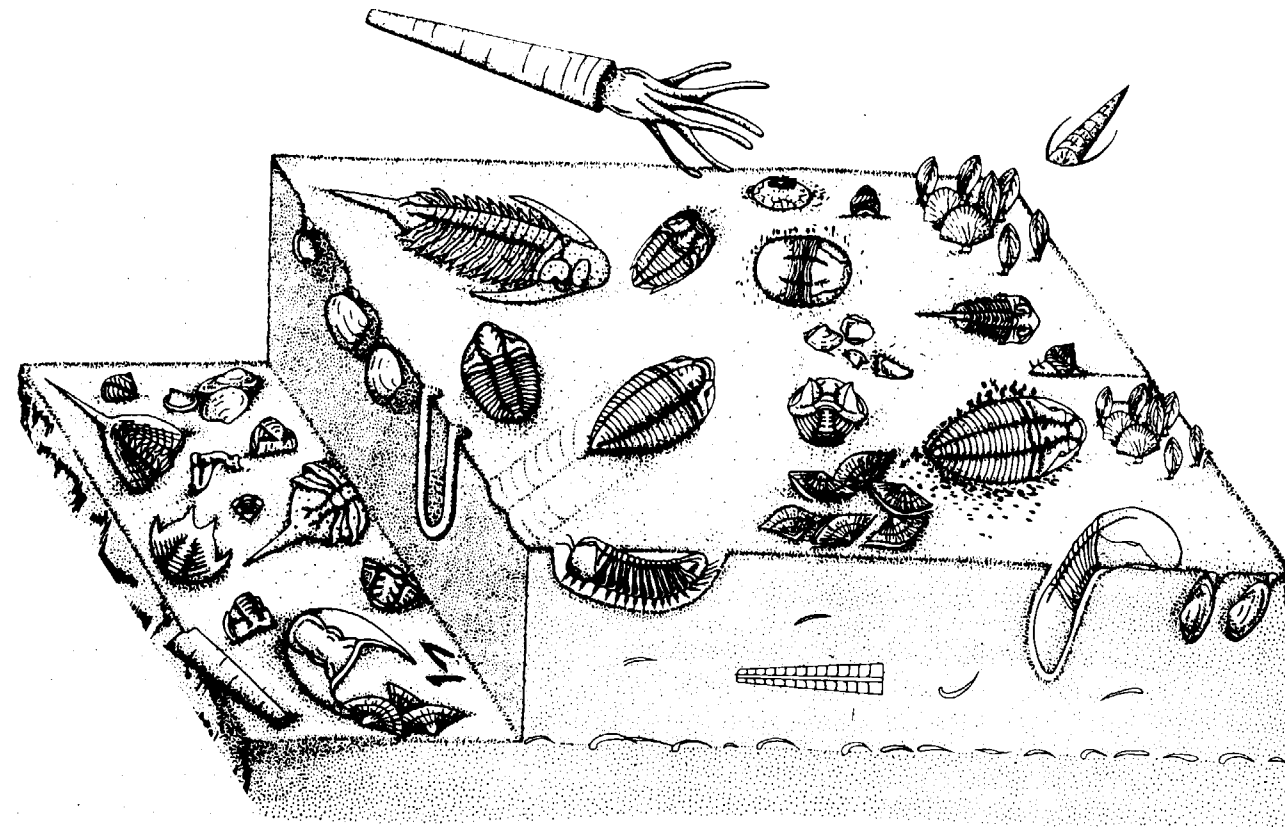
En el bloque A hemos esquematizado una paleoasociación generalizada para el Ordovícico Medio de la zona de Navas de Estena-Retuerta del Bullaque.

El bloque B, «Comunidad de *Calyx*», representa la paleocomunidad obtenida en la sección NE-C de Navas de Estena. Dicha sección ha proporcionado un abundante material fosilífero, que aparece relacionado en la primera columna del Cuadro I, junto al correspondiente modo de vida y la litofacies en que se encuentra.

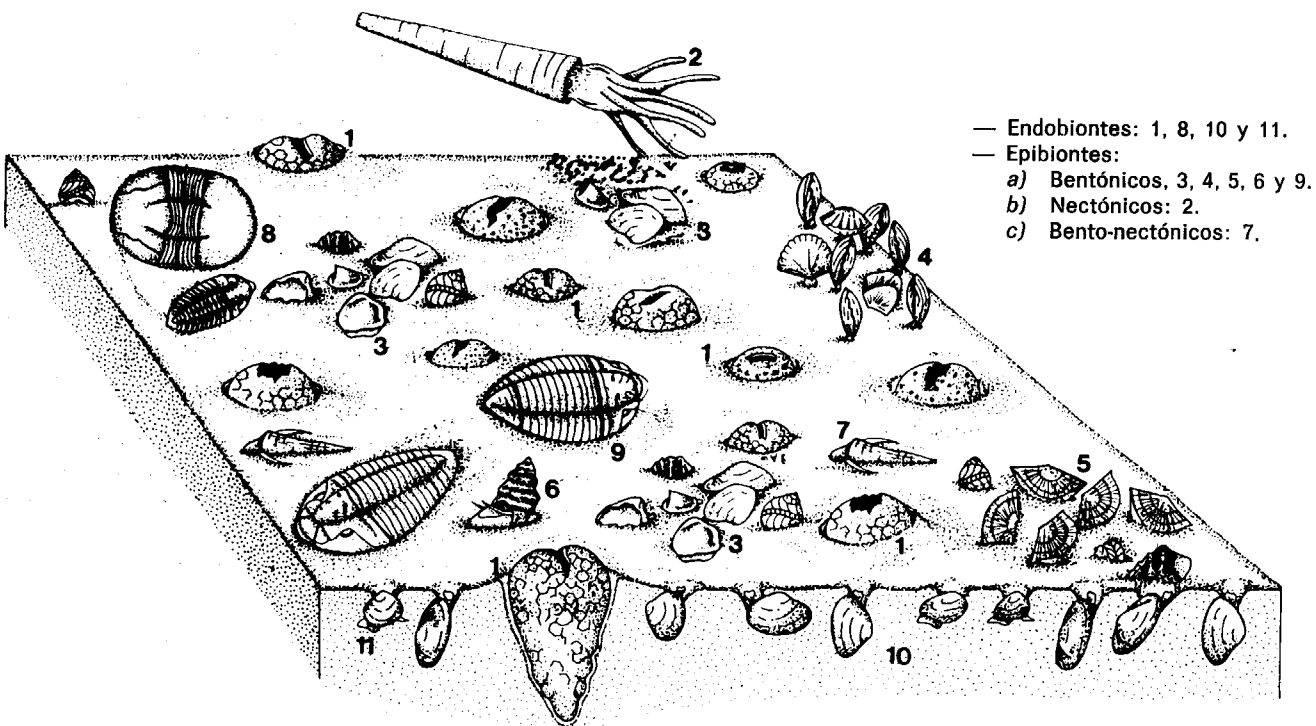
De la relación del Cuadro I se desprende la abundancia de endofaunales, tanto moluscos (bivalvos), equinodermos (*Calyx*) y trilobites (*Ectillaenus*); hemos de hacer constar que tanto en el caso de *Calyx* como de *Ectillaenus*, se trata de un caso de «endofaunal» parcial, ya que su grado de enterramiento no es total. Así mismo, en esta comunidad hay una buena representación de organismos de vida endobionte (1, 8, 10 y 11), epibiontes bentónicos (3, 4, 5, 6 y 9), nectónicos (2) y epibiontes bentonectónicos (7) (véase bloque B).

Para el conjunto global de esta paleocomunidad, podemos decir que el subconjunto formado por equinodermos más bivalvos es el de mayor pre-

LAMINA I

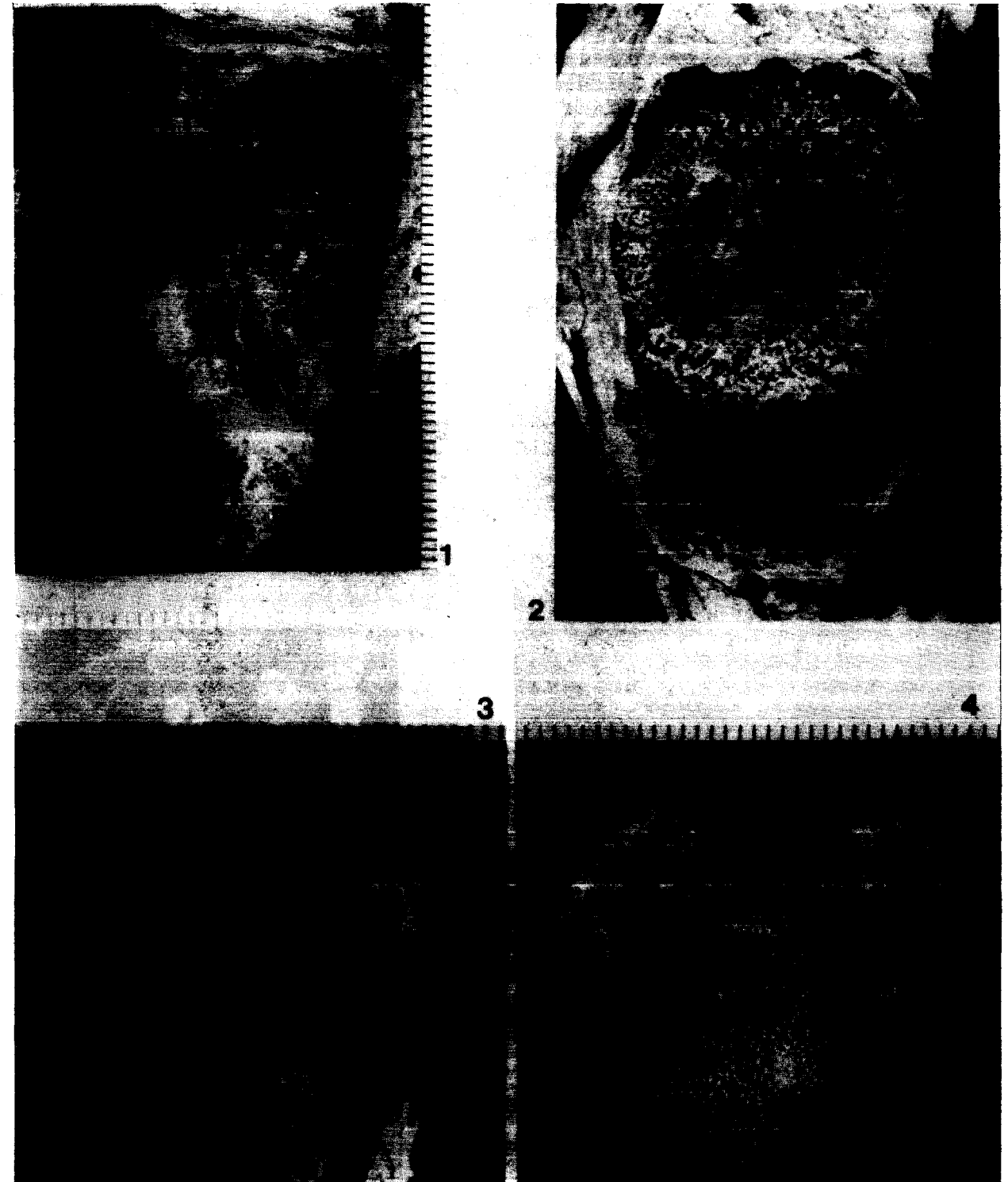


Bloque A.—Representación esquemática de la asociación más frecuente en el Ordovícico medio de los Montes de Toledo. Aparecen esquematizados trilobites (Calymenaceos, Illaenidos, Dalmanitidos, Placoparidos, Lychaidos), moluscos (Orthoceratidos, Bivalvos, Gasterópodos, Hyolithidos), braquiópodos (Orthidos s.l.), equinodermos Cystoideos, Edrioasteroideos, Ofiuroides, Crinoideos), graptolitos e icnofósiles.

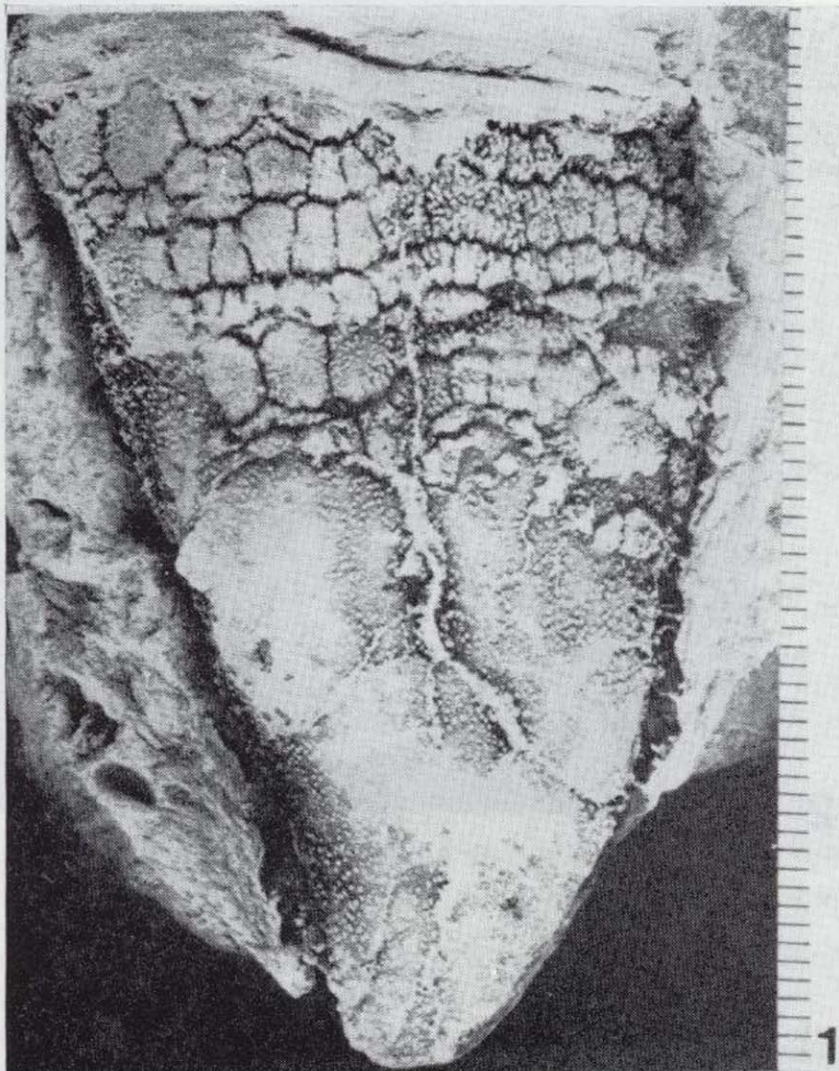


- Endobiontes: 1, 8, 10 y 11.
- Epibiontes:
 - a) Bentónicos, 3, 4, 5, 6 y 9.
 - b) Nectónicos: 2.
 - c) Bento-nectónicos: 7.

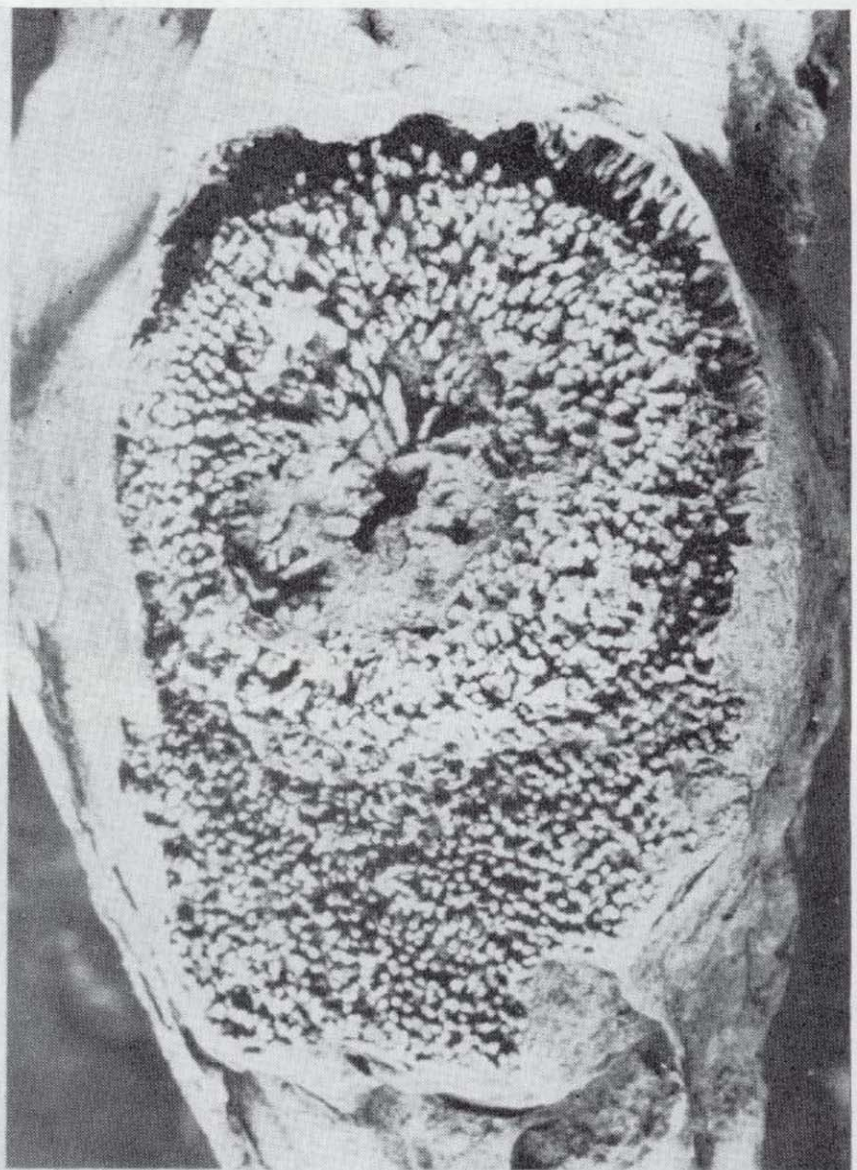
Bloque B.—Representación esquemática de la paleoasociación estudiada, cerca de Navas de Estena.



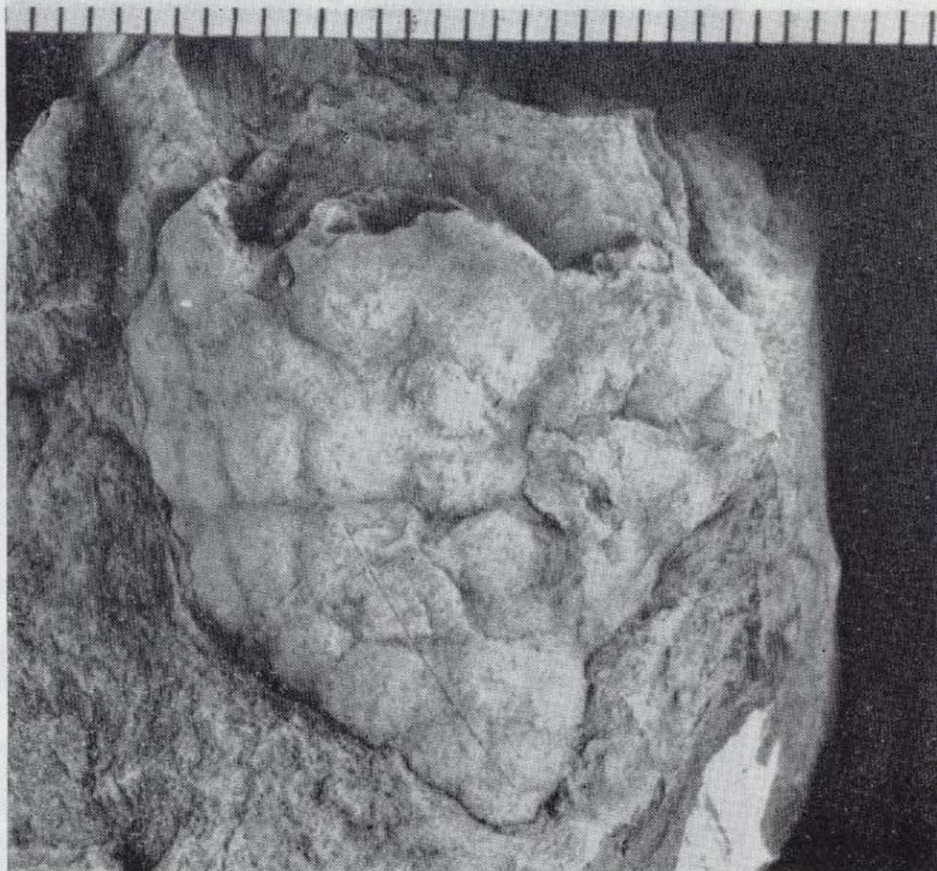
1. *Calyx segau* (G. y H. TERMIER, 1950). Polo oral. MT 035.
 3. *Calyx* sp. MT 069.
 2 y 4. *Codiacystis moneta* (BARRANDE) *occidentalis*. CHAUVEL y MELENDEZ, 1984. Zona aboral. MT 096 y MT 099.



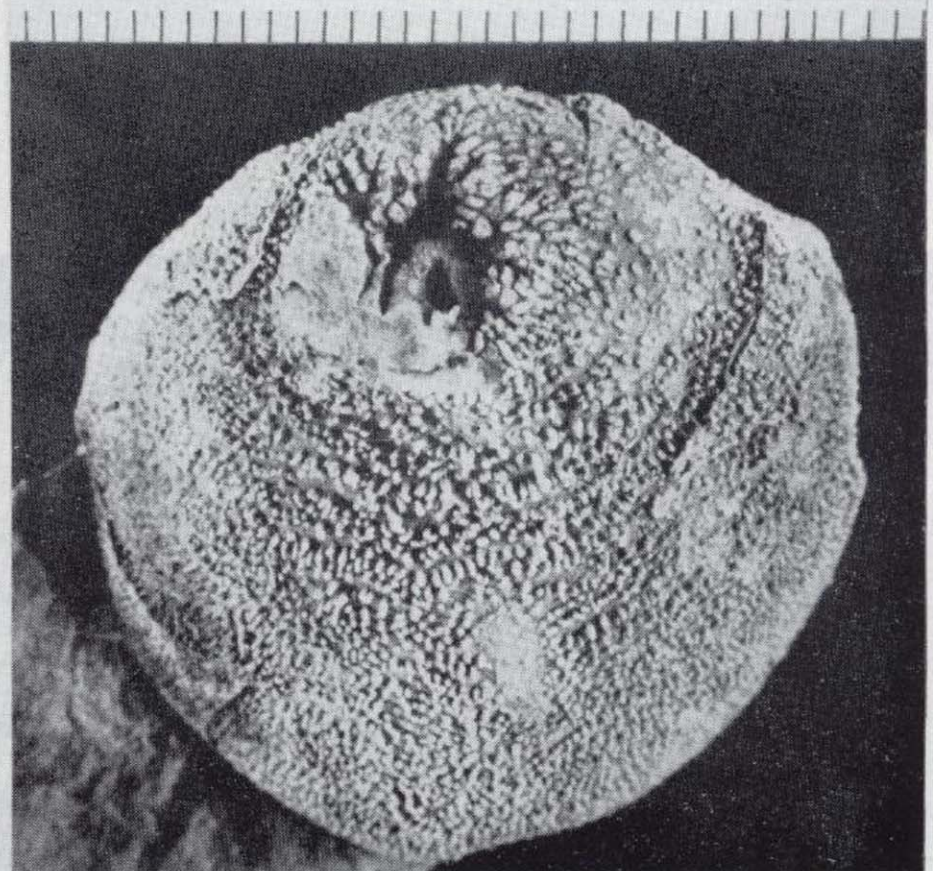
1



2



3

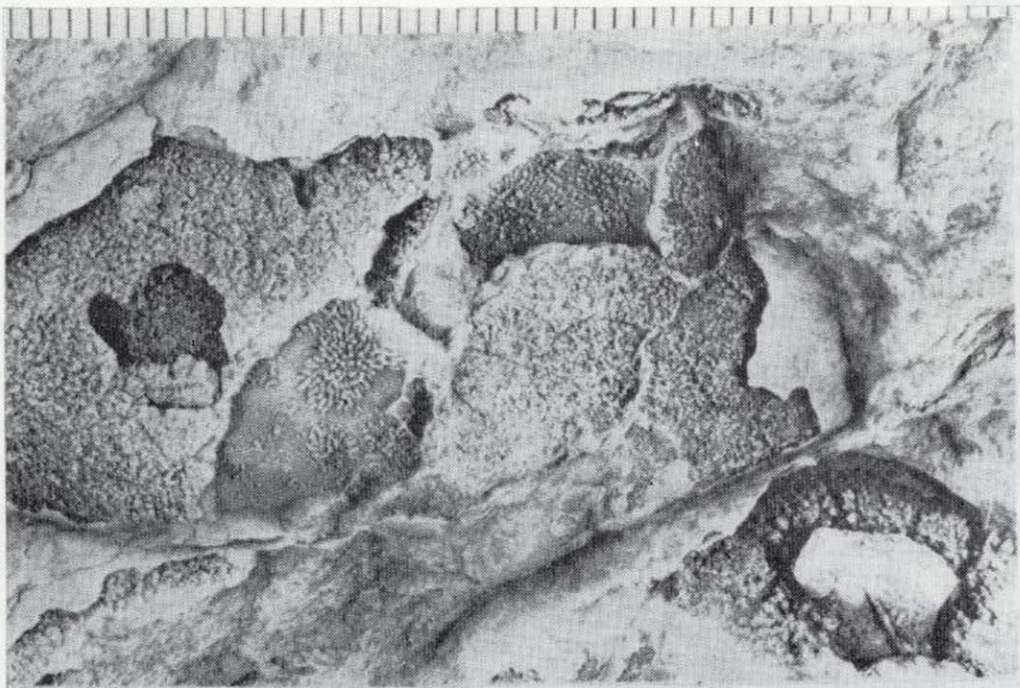


4

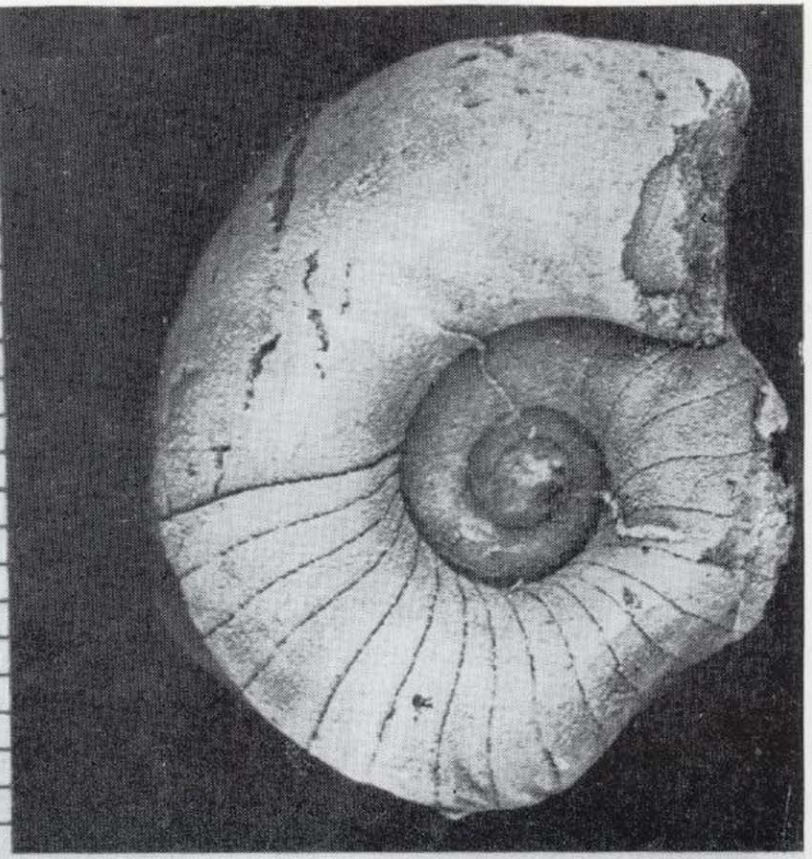
1. *Calyx segaui* (G. y H. TERMIER, 1950). Polo oral. MT 035.

3. *Calyx* sp. MT 069.

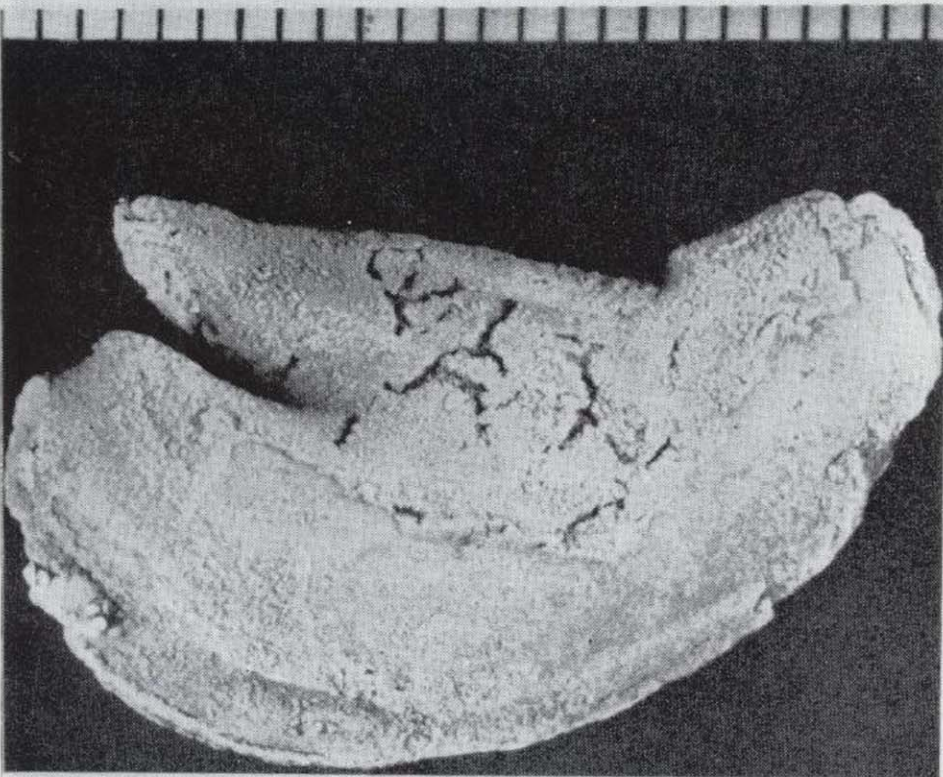
2 y 4. *Codiacystis moneta* (BARRANDE) *occidentalis*. CHAUVEL y MELENDEZ, 1984. Zona aboral. MT 096 y MT 099.



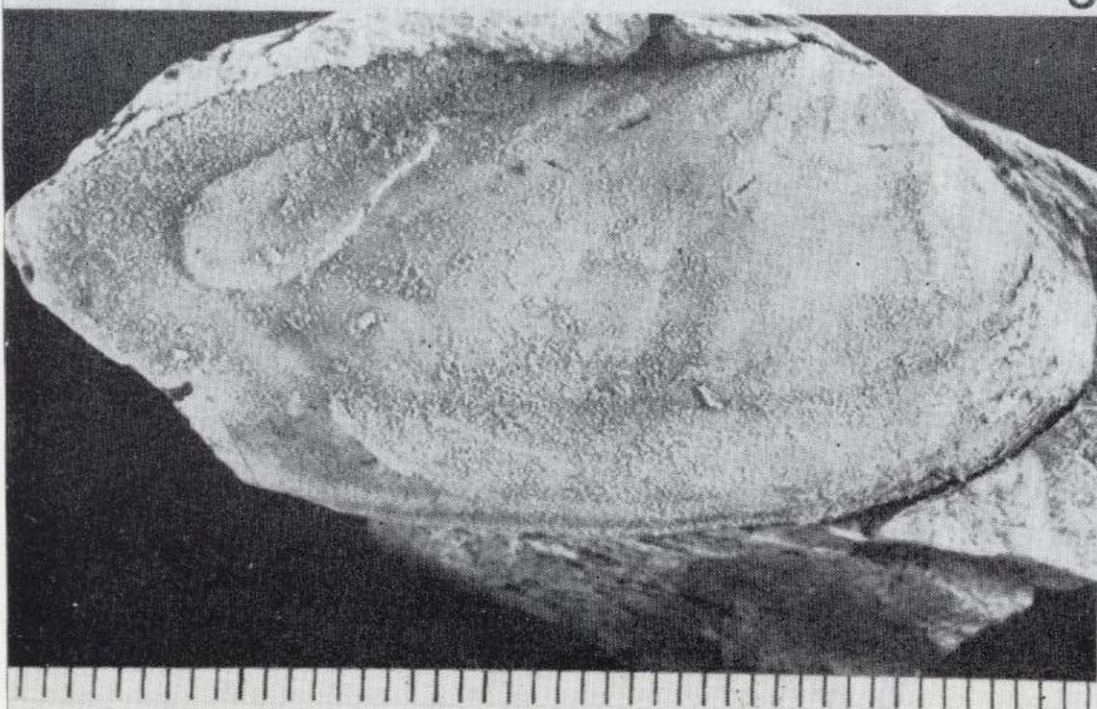
1



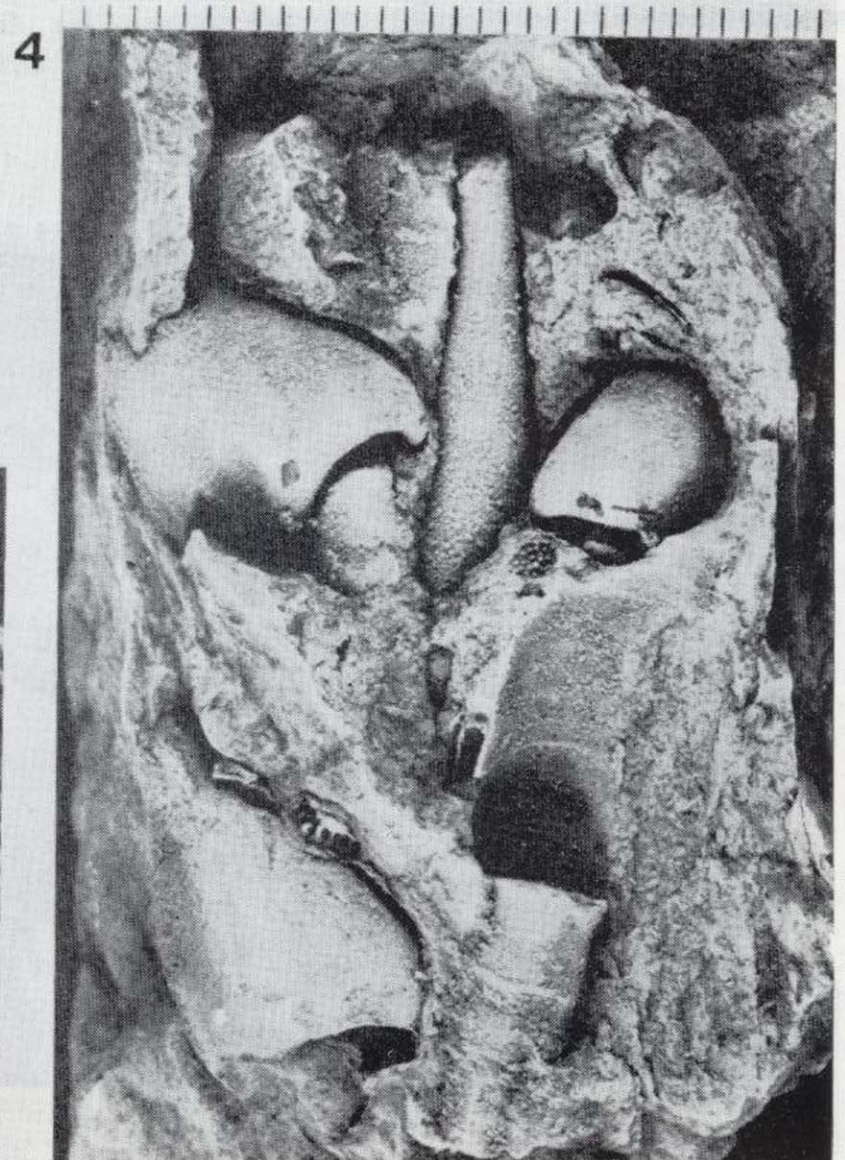
2



3



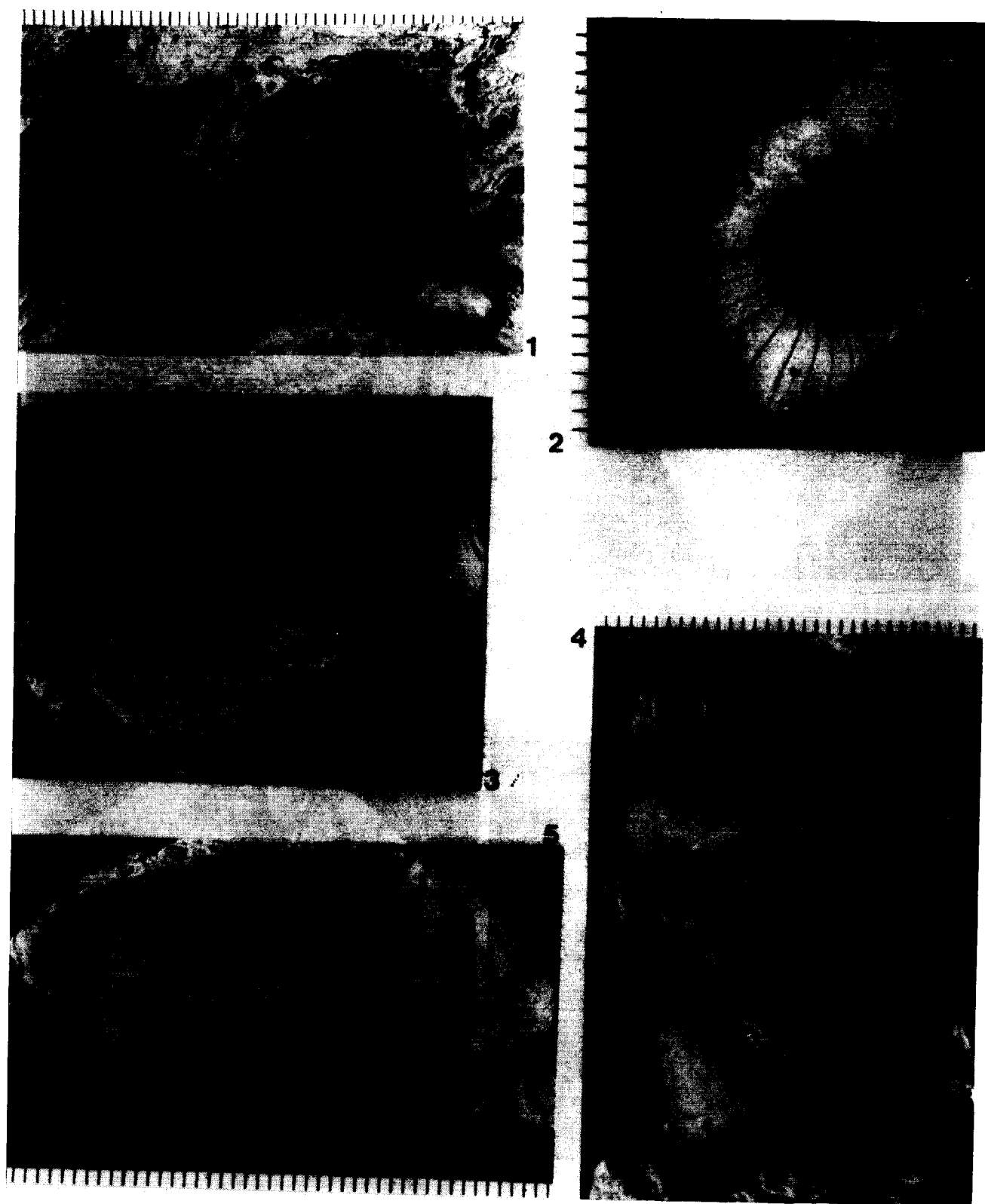
5



4

1. Diversos fragmentos de *Calyx* y polo oral de *Calys inornatus* MELENDEZ, 1958.
 2, 3, 4 y 5. Diferentes Moluscos mostrando el grado de disolución de la concha, como la acción de perforantes.

LAMINA II



1. Diversos fragmentos de *Calyx* y polo oral de *Calyx inornatus* MELENDEZ, 1958.
2, 3, 4 y 5. Diferentes Moluscos mostrando el grado de disolución de la concha, como la acción de perforantes.

CUADRO I

FOSILES	MODO DE VIDA
Echinodermata	
<i>Calyx segaudi</i>	Endobionte
<i>Calyx cf. cornuta</i>	Endobionte
<i>Calyx rouaulti</i>	Endobionte
<i>Calyx inornatus</i>	Endobionte
<i>Calyx rotundipora</i>	Endobionte
<i>Codiacystis cf. gigas</i>	Endobionte
<i>Phyctocystis cf. gigas</i>	Endobionte
<i>Palaeura hispanica</i>	Epibionte
Mollusca	
<i>Coxiconcha britannica</i>	Endobionte
<i>Redonia deshayesi</i>	Endobionte
<i>Babinka prima</i>	Endobionte
<i>Glyptarca naranjoana</i>	Endobionte
<i>Glyptarca? lusitanica</i>	Endobionte
<i>Ribeiria pholadiformis</i>	Endobionte
<i>Cardiolaria beirensis</i>	Endobionte
<i>Tropidodiscus sp.</i>	Endobionte
<i>Lophospira sp.</i>	Epibionte
<i>Sinuites (S.) hispanicus</i>	Nectónico
<i>Curtoceras? intermedius</i>	Nectónico
<i>Pygmaeconus gnomicus</i>	Nectónico
Orthoceratidae	Nectónico
Hyllitha	Bento-Nectónico
Trilobita	
<i>Neseuretus (N.) tristani</i>	Endobentónico
<i>Placoparia (C.) tournemini</i>	Epibionte
<i>Ectillaenus giganteus</i>	Endobentónico
<i>Asaphus sp.</i>	Epibionte
Brachiopoda	
<i>Heterorthina kerfornei</i>	Epibionte
Ichnofósil	
<i>Tomaculum problematicum</i>	

sencia (en cuanto al número de individuos); porcentualmente, le seguiría el subconjunto formado por braquiópodos, gasterópodos, cefalópodos y trilobites, siendo el más escaso el integrado por ortocerátidos e hyolítidos.

Esta división coincide cualitativamente con la caracterización, respecto al modo de vida, de cada organismo; es decir, tendríamos un apartado mayoritario que correspondería a los endobiontes (equinodermos, moluscos [bivalvos] y trilobites [*Ectillaenus* y *Neseuretus*]), seguido de los epibiontes bentónicos (moluscos [gasterópodos y cefalópodos], braquiópodos y trilobi-

tes [*Placoparia* y *Nobiliasaphus*]) y por último, los nectónicos (*Ortoceras* y *Sinuites*) y los bento-nectónicos (*Hyllithes*).

Esto nos lleva a la conclusión de que esta paleocomunidad estaba preferentemente favorecida por el modo de vida *endobionte*, dado que el número de taxones y el número de individuos que adoptan dicho hábito es el mejor representado.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Claude Bobin, de la Universidad Claude Bernard (Lyon), por la lectura crítica del manuscrito y las consiguientes sugerencias.

REFERENCIAS

- BABIN, C. (1966): *Mollusques bivalves et céphalopodes du Paléozoïque armoricain. Etude systématique. Essais sur la phylogénie des Bivalves. Esquisse paléocéologique*. Thèse de Doctorat: 469 pp.
- BABIN, C. & BRANISA, L. (1987): *Ribeiria, Peelerophon y otros moluscos del Ordovícico de Bolivia*. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología, Bolivia, t. 1, pp. 119-129.
- BABIN, C. & GLEMAREC, M. (1971): *Ecologie et Paléocéologie des bivalves marins des sédiments meubles*. Haliotis, vol. 1, núm. 2, pp. 105-125.
- BABIN, C. & GUTIERREZ MARCO, J. C. (1985): *Un nouveau cycloconchide (Mollusca, Bivalvia) de Llanvirn inférieur (Ordovicien) des Monts de Tolède (Espagne)*. Geobios, 18 (2), pp. 609-616.
- BABIN, C. & GUTIERREZ MARCO, J. C. (1991): *Middle Ordovician bivalves from Spain and their phyletic and paleogeographic significance*. Palaeontology, vol. 34, part 1, pp. 109-147.
- BABIN, C. & RACHEBOEUF, P. (1975): *Réflexions sur le benthos Dévonien du massif Armoricain replacé dans le cadre de l'Europe occidentale*. Geobios, vol. 8, fasc. 4, pp. 241-257.
- BABIN, C.; COURTESSOLE, R.; MELOU, M.; PILLET, J.; VIZCAINO, D. et YOCHELSON, E. L. (1982): *Brachiopodes (Articules) et Mollusques (Bivalves, Rostroconches, Monoplacophores, Gastropodes) de l'Ordovicien inférieur (Tremadocien - Arenigien) de la Montagne Noire (France Méridionale)*. Mémoire de la Société de Etudes Scientifiques de l'Aude, pp. 1-95.
- BALLESTRA, G.; BECKER-WAHL, C.; GERMANN, A.; HOFFGES, J.; HOFFMANN, M.; KUMPA, M.; MARKER, A.; NEIDMÖFER, R.; RUTH, H. G.; SCHILLING, E.; WILCKE, J., y WALTER, R. (1982): *Contribuciones al conocimiento del*

Precámbrico y Paleozoico Inferior de los Montes de Guadalupe (España Central.) III. La geología del Sinclinal de Guadarranque. Münster. Forsch. Geol. Paläont., 56, pp. 45-68.

BERGSTRÖM, J. (1973): *Organization, life and systematics of trilobites*. Fossils and Strata, 2, pp. 1-69.

BRENCHLEY, P. J.; ROMANO, M., and GUTIERREZ MARCO, J. C. (1986): *Proximal and distal Hummocky cross-stratified facies on a wide Ordovician shelf in Iberia*. Can. Soc. Petrol. Geol., Mem., 11, pp. 241-255.

CAPERA, J.; COURTESOLE, R., and PILLET, J. (1978): *Contribution à l'étude de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire. Biostratigraphie et revision des Agnostida*. Ann. Soc. géol. Nord., 48, pp. 67-88.

CORTAZAR, D. (1878): *Expedición geológica por la provincia de Toledo*. Bol. Com. Mapa Geol. de España, 5, pp. 139-339.

COURTESOLE, R.; MAREK, L.; PILLET, J.; UBAHS, G., y VIZCAINO, D. (1983): *Calymenina, Echinodermata et Hyolitha de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire*. Mémoire de la Société de Etudes Scientifiques de l'Aude, 62, 62 pp.

CHAUVEL, J. (1941): *Recherches sur les Cystoïdes et les Carpoïdes armoricains*. Mém. Soc. Géol. Min. Bretagne, V, 286 pp.

CHAUVEL, J. (1973): *Les echinodermes cystoïdes de l'Ordovicien de Cabo Peñas (Asturies)*. Breviora Geológica Astúrica, 17, pp. 30-32.

CHAUVEL, J. (1977): *Calix sedgwicki ROUAULT (echinoderme Cystoïde, Ordovicien du massif armoricain) et l'appareil ambulacraire des Diploporites*. C. R. somm. Soc. géol. France, fasc. 6, pp. 314-317.

CHAUVEL, J. (1980): *Données nouvelles sur quelques Cystoïdes Diploporites (Echinodermes) du Paléozoïque armoricain*. Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne, XII, 1, pp. 1-28.

CHAUVEL, J., y MELENDEZ, B. (1978): *Les echinodermes (Cystoïdes, Asterozoaires, Homalozoaires) de l'Ordovicien moyen des Monts de Tolède (Espagne)*. Estudios Geológicos, 34, pp. 75-87.

CHAUVEL, J.; DROT, J.; PILLET, J., et TAMAIN, G. (1969): *Précisions sur l'Ordovicien moyen et supérieur de la «série type» du Centenillo (Sierra Morena orientale, Espagne)*. Bulletin Société Géologique de France, 7 (XI), pp. 613-626.

DEAN, W. T. (1967): *The distribution of Ordovician shelly faunas in the Tethyan region*. In: *Aspects of Tethyan Biogeography*. Sys. Assoc. Publ., 7 (Adams & Ager, eds.), pp. 11-44.

DEL PAN, I. (1923): *Impresiones geológicas de una excursión al Puerto del Milagro (Montes de Toledo)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 23, pp. 260-265.

DELGADO, F. J. N. (1908): *Système Silurique du Portugal. Etude stratigraphique et paléontologique*. Mem. Comm. Serv. geol. Portugal, 245 pp.

DELGADO-QUESADA, M.; LIÑAN, E.; PASCUAL, E., y PEREZ LORENTE, F. (1977): *Criterios para la diferenciación de dominios de Sierra Morena Central*. Studia Geológica, 12, pp. 75-90.

EGOZCUE, J., y MALLADA, L. (1876): *Memoria geológico-minera de la provincia de Cáceres*. Mem. y Com. Mapa Geológico de España, 368 pp.

FORTEY, R. A., and OWENS, R. M. (1978): *Early Ordovician (Arenig) stratigraphy and faunas of the Carmarthen district south west Wales*. Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.), 30 (3), pp. 225-297.

HAMMANN, W. (1976): *The Ordovician of the Iberian Peninsula. A review*. In: *The Ordovician System*. Univ. Wales Press & Nat. Mus. Wales, Cardiff (Bassat, ed.), pp. 387-409.

GIL CID, M. D. (1970): *Contribución al estudio de la fauna del Ordovícico de los Montes de Toledo*. Estudios Geológicos, 26, pp. 285-295.

GIL CID, M. D. (1971): *Nota sobre algunos Calymenaceos (Trilobites) del Ordovícico de los Montes de Toledo*. Estudios Geológicos, 27, pp. 311-316.

GIL CID, M. D. (1972a): *Nota sobre la fauna del Ordovícico de los Montes de Toledo (España)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 70, pp. 55-76.

GIL CID, M. D. (1972b): *Sobre algunos Asaphidae (Trilobites) del Ordovícico de los Montes de Toledo (España)*. Estudios Geológicos, 28, pp. 89-101.

GIL CID, M. D. (1972c): *Sobre los Phacopina del Ordovícico de los Montes de Toledo*. Estudios Geológicos, 28, pp. 143-153.

GIL CID, M. D. (1975): *Interés estratigráfico de los Placopariinae en el Ordovícico*. Boletín Geológico y Minero, 36 (4), pp. 359-364.

GIL CID, M. D. (1976): *Los trilobites Asaphidae del Arenig de San Pablo de los Montes (Toledo, España)*. Tecniterrae, 12, pp. 1-8.

GIL CID, M. D. (1991): *Caracterización paleontológica del Cámbrico de la zona de Ossa-Morena (ZOM) y sus paleo-relieves con Marruecos y Centroeuropa*. Bol. Geol. y Minero, vol. 102-1, pp. 3-18.

GIL CID, M. D., y BERNAL BARREIRO, G. M. (1988): *Afinidades entre los trilobites del Cámbrico Inferior del SO de Ossa-Morena y los del Anti-Atlas*. II Congr. Geol. de España, vol. 1, pp. 281-284.

GIL CID, M. D., y RABANO, I. (1982): *Introducción al estudio de la familia Illenidae (Trilobita, Illaenina) en el Ordovícico español*. Boletín Geológico y Minero, 93 (6), pp. 461-464.

GIL CID, M. D.; GUTIERREZ ELORZA, M., y VEGAS, R. (1971): *Hallazgo de un Trinucleido en el Sinclinal de Guadarranque - Gualija (provincia de Cáceres)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 69, pp. 81-84.

GIL CID, M. D.; GUTIERREZ ELORZA, M.; ROMARIZ, C., y VEGAS, R. (1976): *El Ordovícico y Silúrico del Sinclinal de Guadarranque - Gualija (provincia de Cáceres, España)*. Comun. Serv. geol. Portugal, 60, pp. 17-29.

GOMEZ DE LLARENA, J. (1914): *Excursión geológica a Navas de Estena (Montes de Toledo)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., 14, pp. 385-388.

GOMEZ DE LLARENA, J. (1916): *Bosquejo geográfico-geológico de los Montes de Toledo*. Trab. M. Nac. Cienc. Nat. de Madrid, 15, pp. 5-74.

GUTIERREZ MARCO, J. C., y MARTIN SANCHEZ, J. (1983): *Estudio de los Monoplacóforos (Mollusca) del Ordovícico de los Montes de Toledo (España Central)*. Estudios Geológicos, 39, pp. 379-385.

GUTIERREZ MARCO, J. C., y RABANO, I. (1987): *Paleobiogeographical aspects of the Ordovician mediterranean faunas*. Geogaceta, 2, pp. 24-26.

GUTIERREZ MARCO, J. C.; CHAUVEL, J.; MELENDEZ, B., y SMITH, A. B. (1984): *Los equinodermos (Cystoidea, Homalozoa, Stelleroidea, Crinoidea) del Paleozoico Inferior de los Montes de Toledo y Sierra Morena (España)*. Estudios Geológicos, 40, pp. 421-453.

MELENDEZ, B. (1950): *Les Cystoïdes et Blastoïdes d'Espagne*. C. R. somm. Soc. géol. France, 16, pp. 290-293.

MELENDEZ, B. (1958): *Nuevo Cistideo del Ordoviciense de los Montes de Toledo*. Not. y Com. del IGME, 50, pp. 323-328.

MELENDEZ, B., y CHAUVEL, J. (1983): *Nuevos Cistideos del Ordovícico de los Montes de Toledo*. In: *Libro Jubilar J. M. Rios*, t. III, pp. 151-156.

MONTERO BASTARRECHE, A. (1989): *Los materiales ordovícicos en el área de Retuerta del Bullaque, sinclinal de Navas de Estena (Ciudad Real)*. Estudios Geológicos, 45, pp. 399-407.

PARSLEY, R. L. (1990): *Aristocystites, a recumbent diploporid (Echinodermata) from the Middle and Late Ordovician of Bohemia, CSSR*. Journal of Paleontology, 64 (2), pp. 278-292.

PRADO, M. C. DE (1855): *Mémoire sur la Géologie d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Tolède*. Bull. Soc. Géol. France (segunda serie), XII, pp. 182-204.

RABANO, I. (1990): *Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la zona Centroibérica española*. Publicaciones especiales del Boletín Geológico y Minero, 233 pp.

ROBARDET, M., and GUTIERREZ MARCO, J. C. (1990): *Sedimentary and faunal Domains in the Iberian Peninsula during Lower Paleozoic times*. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (Dallmeyer and Martínez, eds.), pp. 383-395.

SAN JOSE LANCHA, M. A. (1969): *Nota Preliminar sobre el estudio geológico de los alrededores de San Pablo de los Montes (Toledo)*. Cuadernos de Geología Ibérica, 1, pp. 335-343.

SAN JOSE LANCHA, M. A.; PELAEZ, J. R.; VILAS, L., y HERRANZ, P. (1974): *Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo*. Boletín Geológico y Minero, 85, pp. 21-31.

SPJELDNAES, N. (1961): *Ordovician climatic zones*. Norsk. Geol. Tidsskr., 41 (1), pp. 45-47.

VERNEUIL, E. DE, et BARRANDE, J. (1855): *Description des fossiles trouvés dans le terrains Silurien et Devonien d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède*. Bull. Soc. Géol. France (segunda serie), 12, pp. 964-1025.

WHITTINGTON, H. B., and HUGES, C. P. (1973): *Ordovician trilobites. Distribution and geography*. Special Papers in Paleontology, 12, pp. 235-240.

Original recibido: Noviembre de 1991.

Original aceptado: Diciembre de 1991.

GEOLOGIA

Paleontología y Bioestratigrafía de los inocerámidos (Bivalvia) del Cretácico Superior de la Cuenca Navarro-Cántabra y de la Plataforma Norcastellana

Parte II: Estudio sistemático de los subgéneros Mytiloides Brongniart y Magadiceramus Seitz.

Por G. LOPEZ (*)

RESUMEN

En la Cuenca Navarro-Cántabra y en la Plataforma Norcastellana, el subgénero *Mytiloides* Brongniart está representado por 19 especies y subespecies, con una distribución estratigráfica que abarca todo el Turoniense. De ellas, las más representativas, y que serán tratadas en este trabajo, son: *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim), *I. (My.) mytiloides* Mantell, *I. (My.) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay, *I. (My.) goppelnensis aff. tourtenayensis* Badillet y Sornay, *I. (My.) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n., *I. (My.) transiens* Seitz, *I. (My.) hercynicus* Petrascheck, *I. (My.) wiedmanni* sp. n., *I. (My.) incertus incertus* Jimbo, *I. (My.) labiatoidiformis* Tröger, *I. (My.) striatoconcentricus striatoconcentricus* Gümbel e *I. (My.) striatoconcentricus cf. carphaticus* Simionescu.

Por su parte, el subgénero *Magadiceramus* Seitz está representado por 7 especies y subespecies, con una distribución estratigráfica que se limita al Coniaciense Superior. De ellas, las más representativas, y que serán tratadas en este trabajo, son: *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus* Schlüter, *I. (Ma.) subquadratus crenelatus* Seitz, *I. (Ma.) subquadratus cf. complicatus* Heine, *I. (Ma.) subquadratus* subsp. inc., *I. (Ma.) aff. subquadratus* Schlüter, *I. (Ma.) cf. austriensis* Heinz e *I. (Ma.) villamartinensis* sp. n.

Palabras clave: Cuenca Navarro-Cántabra, Plataforma Norcastellana, Inocerámidos, *Mytiloides*, *Magadiceramus*, Cretácico Superior, Turoniense, Coniaciense.

ABSTRACT

The subgenus *Mytiloides* Brongniart is represented in the Navarro-Cantabrian Basin and in the North-Castilian Platform by 19 species and subspecies, ranging from the lower Turonian to the uppermost Turonian. The species studied in this paper are: *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim), *I. (My.) mytiloides* Mantell, *I. (My.) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay, *I. (My.) goppelnensis aff. tourtenayensis* Badillet y Sornay, *I. (My.) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n., *I. (My.) transiens* Seitz, *I. (My.) hercynicus* Petrascheck, *I. (My.) wiedmanni* sp. n., *I. (My.) incertus incertus* Jimbo, *I. (My.) labiatoidiformis* Tröger, *I. (My.) striatoconcentricus striatoconcentricus* Gümbel, and *I. (My.) striatoconcentricus cf. carphaticus* Simionescu.

By other hand, the subgenus *Magadiceramus* Seitz is represented in the Navarro-Cantabrian Basin and in the North-Castilian Platform by 7 species and subspecies, and is upper Coniacian in age. The species studied in this paper are: *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus* Schlüter, *I. (Ma.) subquadratus crenelatus* Seitz, *I. (Ma.) subquadratus cf. complicatus* Heine, *I. (Ma.) subquadratus* subsp. inc., *I. (Ma.) aff. subquadratus* Schlüter, *I. (Ma.) cf. austriensis* Heinz, and *I. (Ma.) villamartinensis* sp. n.

Key words: Navarro-Cantabrian Basin, North-Castilian Platform, Inoceramids, *Mytiloides*, *Magadiceramus*, Upper Cretaceous, Turonian, Coniacian.

(*) Departament de Geologia (Paleontologia). Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona.

INTRODUCCION

En este trabajo se aborda la segunda parte de la Tesis Doctoral del autor (LOPEZ, 1990b), siendo una continuación de un artículo publicado en el número anterior de este mismo volumen. En este segundo apartado se ha estudiado el subgénero *Mytiloides* Brongniart, que está representado por 19 especies y subespecies, y el subgénero *Magadiceramus* Seitz, que está representado por 7 especies y subespecies.

ESTUDIO SISTEMATICO

La metodología empleada en el estudio sistemático de los inocerámidos tratados en este trabajo está expuesta en la primera parte de la Tesis del autor, que como se ha dicho anteriormente fue publicada en el número anterior de este volumen.

Las dimensiones de los ejemplares se exponen dentro del apartado de descripción. Ocasionalmente, detrás del número del ejemplar se sitúa un símbolo, que ofrece la siguiente información:

* = indica que el ejemplar está en bastante mal estado, por lo que sus dimensiones deben considerarse como meramente orientativas.

d = indica que las dimensiones corresponden a la valva derecha de un ejemplar que muestra las dos valvas.

i = indica que las dimensiones corresponden a la valva izquierda de un ejemplar que muestra las dos valvas.

a, b = identifica a las distintas valvas de una pieza que presenta varias valvas (a, b...), que pueden corresponder a individuos distintos o iguales; y que debido a su estado no se ha podido separar una valva de la otra.

Las siguientes abreviaturas han sido utilizadas para indicar la ubicación de los ejemplares mencionados en el presente trabajo:

Sin sigla: Colecciones de la Unidad de Paleontología, del Departamento de Geología, de la Universidad Autónoma de Barcelona.

BM(NH): British Museum (Natural History), London (G. B.).

GIFB: Geologisches Institut der Bergakademie Freiberg, Freiberg (R. D. A.).

GLB: Geologisches Landesmuseum in der Pr. Geol. Landesanstalt, Berlín.

GPIM: Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Münster, Münster (R. F. A.).

GPIT: Geol.-paläont. Institut Universität Tübingen. Tübingen (R. F. A.).

GSH: Geologisches Staatsinstitut der Universität. Hamburg (R. F. A.).

MNB: Museum für Naturkunde in Berlin, Geologisches Institut.

NLFb: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (R. F. A.).

PIB: Paläontologisches Institut und Museum der Universität, Bonn (R. F. A.).

UMUT: University Museum, the University of Tokyo, Tokyo (Japón). Se trata de los ejemplares transferidos desde el Geological Institute, Faculty of Sciences, the University of Tokyo.

Subgénero *Mytiloides* Brongniart, 1822

Especie tipo

Ostracites labiatus Schlotheim, 1813, p. 93, por designación original.

Diagnosis

Equivalvo a muy inequivalvo, inequilateral. De débil a medianamente abombado. Línea de charnela corta y de pequeño diámetro. Ala posterodorsal variablemente marcada. Perfil y curvatura de las ondulaciones ovaladas o subcuadradas. Ondulaciones de anchura y crecimiento variables según las especies; presencia de *circulae*, *annuloribae* o *crestae*, dependiendo de la especie.

Discusión

KAUFFMAN y POWELL (1977), a través de los caracteres internos de la concha, diferencian como

géneros independientes a *Mytiloides* de *Inoceramus*, indicando que las principales características de *Mytiloides* son la inexistencia de impresión muscular, retractores del manto débilmente visibles, líneas del manto de recorrido normal, y aductores posteriores en forma de alubia (monomiarior). De todas formas, estos caracteres internos son muy difíciles de apreciar, dependiendo del grado y del tipo de preservación de los ejemplares. Por estas mismas razones, no se han podido apreciar en ninguno de los numerosos ejemplares estudiados durante la realización de este trabajo.

Las especies de *Inoceramus (Mytiloides)* del Turoniense Inferior han sido citadas muy frecuentemente en la literatura, pero debido a su morfología relativamente similar, las citas suelen ser incorrectas. El primer estudio detallado sobre las especies de *Inoceramus (Mytiloides)* del Turoniense Inferior, fue llevado a cabo por SEITZ (1934), que llegó a diferenciar las seis variedades y cuatro formas siguientes: *Inoceramus labiatus* var. *mytiloides* Mant., *Inoceramus labiatus* var. *mytiloides* n. forma *arcuata*, *Inoceramus labiatus* n. var. *submytiloides*. *Inoceramus labiatus* v. Schloth. var. *labiata*, *Inoceramus labiatus* var. *hercynica* Petr., *Inoceramus labiatus* var. *hercynica* f. *amudariensis* Arkh., *Inoceramus labiatus* var. *opalensis* Böse, *Inoceramus labiatus* var. *opalensis* n. forma *elongata*, *Inoceramus labiatus* n. var. *subhercynica*, *Inoceramus labiatus* var. *subhercynica* n. forma *transiens*.

HEINZ (1932, p. 13) separó *Inoceramus hercynicus* del subgénero *Mytiloides*, utilizándolo para establecer el subgénero *Orpheoceramus*. Pero las características de esta especie son muy típicas del subgénero *Mytiloides*, por lo que no estaba justificado separarla del mismo.

De acuerdo con KAUFFMAN (1977b y 1978a) las especies características de *Inoceramus (Mytiloides)* son, de más antiguas a más recientes: *I. (My.) submytiloides* (parte inferior del Turoniense Inferior), *I. (My.) goppelnensis* (= *I. (My.) opalensis* de algunos autores (citado en la parte inferior del Turoniense Inferior), *I. (My.) mytiloides* (parte media del Turoniense Inferior), *I. (My.) labiatus* (parte superior del Turoniense Inferior). Y también una amplia variedad de formas de *I. (My.) mytiloides* que predominan en la parte inferior del Turoniense Medio, como *I. (My.) transiens* e *I. (My.) hercynicus*. Por otra parte, las especies

alargadas del Turoniense Superior son *I. (My.) striatoconcentricus*, *I. (My.) labiatoidiformis* e *I. (My.) mytiloidiformis*, así como *I. (M.) sublabiatus* en el Coniaciense.

Distribución

Este subgénero presenta una distribución biogeográfica cosmopolita, y según COX (1969, p. N317) ha sido reconocido desde el Jurásico Inferior hasta el Cretácico Superior.

Inoceramus (Mytiloides) labiatus (Schlotheim, 1813)

Figs. 1-3, lám. 1, fig. 1

- 1768 *Ostracites*; Walch, p. 84, lám. B IIb, fig. 2.
- * 1813 *Ostracites labiatus*; Schlotheim, p. 93.
- 1823 *INOCERAMUS mytiloides*; Sowerby, p. 62, lám. 442.
- p 1871-75 *I. labiatus* Schloth., sp.; Geinitz, pp. 46-48, lám. 12, sólo figs. 1a y 1b (no figs. 2 y 3).
- vp 1904-13 *INOCERAMUS LABIATUS* (Schlotheim) 1813; Woods, pp. 281-284, lám. 50, sólo figs. 1, 5 y 6 (no figs. 2-4).
- ? 1918 *Inoceramus labiatus* Schlotheim; Böse, p. 229, lám. 20, fig. 5.
- ? 1923 *Inoceramus Labiatus* Schloth. sp.; Böse, pp. 183-184, lám. 27, fig. 18.
- 1923 *Inoceramus labiatus* Schloth.; Mazurek, p. 113, lám. 2, figs. 1 y 2.
- ? 1928c *Inoceramus labiatus* SCHLOTH.; Heinz, pp. 61-63.
- ? 1934 *Inoceramus labiatus* SCHLOTH. sp.; Andert, pp. 136-137.
- vp? 1934 *Inoceramus labiatus* v. SCHLOTH. var. *labiata*; Seitz, pp. 448-454, fig. text. 9a, figs. text. 11a-b, lám. 38, sólo fig. 1 (no figs. 2 y 3).

- 1954 *INOCERAMUS (MYTILOIDES) LABIATUS* (Schlotheim) sensu lato; Rutsch. y Salvador, pp. 419-421, lám. 40, fig. 1.
- n 1958 *Inoceramus labiatus* (Schlotheim), 1813; Kociubinski, p. 9, lám. 1, figs. 6 y 7.
- p. 1959 *Inoceramus labiatus* Schlotheim; Dobrov y Pavlova, p. 136, lám. 4, sólo fig. 2 (no fig. 3).
- n 1960 *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim), 1813; Jones y Gryc, pp. 160-161, lám. 19, fig. 3, lám. 20, figs. 1, 4 y 5.
- 1968 *Inoceramus labiatus* Schloth.; Kociubinski, p. 120, lám. 17, fig. 4.
- 1974 *Inoceramus labiatus*; Kociubinski, p. 76, lám. 13, fig. 1.
- 1976 *Inoceramus* sp. ex gr. *labiatus* Schlotheim; Lupu, p. 133, lám. 1, figs. 1 y 2.
- 1977a *Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim); Kauffman, p. 73, lám. 7, fig. 5.
- 1977b *Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim) sensu Seitz (1934); Kauffman, lám. 7, figs. 3-6.
- n 1977b *Mytiloides labiatus* s.l. transitional to *M. subhercynicus* (Seitz); Kauffman, lám. 6, fig. 13.
- n 1977b *Mytiloides labiatus* (Schlotheim; sensu Seitz, 1934) n. subsp. (late form); Kauffman, lám. 7, fig. 14.
- p. 1978a *Mytiloides submytiloides* (Seitz); Kauffman, p. XIII, lám. 1, sólo fig. 2 (no figs. 7 y 8).
- p. 1978a *Mytiloides labiatus* (Schlotheim) n. subsp. (elongated, finely ribbed, late form); Kauffman, p. XIII, 1-2, lám. 2, fig. 6, lám. 3, sólo fig. 5 (no fig. 4).
- p. 1978a *Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim); Kauffman, p. XIII, 1-2, lám. 3, sólo fig. 1 (no fig. 6), lám. 4, fig. 9, no lám. 5, fig. 14.
- ? 1978a *Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim)?; Kauffman, p. XIII, 1-2, lám. 5, fig. 8.
- ? 1978a *Mytiloides labiatus* (Schlotheim) n. subsp.; Kauffman, p. XIII, 1-2, lám. 5, figs. 17 y 18.
- 1978 *Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim) sensu Seitz (1934); Kauffman et al., XXIII, 9, lám. 6, figs. 3-6.
- n 1978 *Mytiloides labiatus* s.l. transitional to *M. subhercynicus* (Seitz); Kauffman et al., XXIII, 9, lám. 10, fig. 13.
- n 1978 *Mytiloides labiatus* (Schlotheim; sensu Seitz, 1934) n. subsp. (late form); Kauffman et al., XXIII, 9, lám. 6, fig. 14.
- ? 1979 *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (von SCHLOTHEIM, 1813); Oekentorp y Siegfried, p. 135, lám. 4, fig. 5.
- 1980 *I. labiatus* Schlotheim; Mennessier y Sornay, pp. 9-10, lám. 1, fig. 14.
- n 1981 *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim, 1813); Tzankov, pp. 97-98, lám. 41, figs. 1 y 2.
- v. 1982 *Mytiloides labiatus* (SCHLOTHEIM, 1813); Keller, pp. 119-121, lám. 3, fig. 3.
- ? 1982 *I. labiatus* von SCHLOTHEIM; Sornay, p. 140, lám. 8, fig. 3.
- n 1982 *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* SCHLOTHEIM; Aoki y Tashiro, lám. 6, figs. 7, 8 y 9.
- 1983 *Mytiloides labiatus* (Schlotheim); Cobban, p. 6, lám. 8, fig. 7.
- ? 1984 *Inoceramus labiatus* Schlotheim; Ciéslinski y Blaszkiewicz, p. 362, lám. 155, fig. 2.
- v. 1987 *Mytiloides labiatus* (Schlotheim); Cleavelly y Morris, p. 104, lám. 22, fig. 6.
- ? 1988 *Inoceramus labiatus* Schlotheim, 1813; Ali-zade et al., p. 251, lám. 5, fig. 2.

- ? 1988 *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim); Seibertz y Buitron, figs. 2a-b.
- v. 1990a *Inoceramus (Mytiloides) cf. labiatus* (Schlotheim); López, pp. 200-201, fig. text. 9, lám. 1, fig. 7.

Tipo

El holotipo, por monotipia, es el ejemplar figurado como *Ostracites* por WALCH (1768, lám. B IIb, fig. 2). Probablemente este ejemplar quedó destruido durante la II Guerra Mundial, ya que con posterioridad al trabajo de SEITZ (1934) no se ha vuelto a encontrar.

Diagnosis

Equivalvo, inequilateral, tamaño mediano a grande (H máxima de hasta 110,0 m.), medianamente

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38468	27,0	27,0	32,2	19,5	—	4,1	107°	—
38470	13,3	16,0	15,2	18,0	—	3,9	108°	—
38791	38,9	47,5	56,3	28,5	25,2	4,2	—	—
40522	23,2	28,8	26,6	21,3	13,0	7,3	—	—

Las valvas están ligeramente abombadas en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento (especialmente el ejemplar 38507 y 40522 en los estadios posteriores), oscilando desde un abombamiento (B) mínimo de 3,9 mm., hasta uno máximo de 7,3 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, definiéndose una verdadera ala posterodorsal de tamaño mediano (especialmente visible en el ejemplar 40522). El margen anterior no es muy largo y está curvado. El salto de la concha es mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es ovalado-ancho, alargado en el sentido posteroventral. El valor del ángulo A oscila alrededor de los 108°-107°. El valor del ángulo β no se ha podido observar en ninguno de los ejemplares. El umbo no está muy bien conservado en ninguno de los ejemplares, pero se observa que es pequeño, redondeado, poco sobresaliente y prosogiro.

abombado (B máxima de hasta 15,0 mm.), especialmente en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento. Perfil y curvatura de las ondulaciones ovaladas en forma de lengua (diagnosis según KELLER, 1982, p. 120).

Material

Se han estudiado 7 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de una valva derecha (núm. 40856a), de 5 valvas izquierdas (números 38468, 38470, 38791, 38996 y 40522), y de un ejemplar que presenta las dos valvas (número 38507). El ejemplar figurado por LOPEZ (1990a, lám. 1, fig. 7) corresponde al ejemplar 38468 estudiado en este trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Las ondulaciones no son muy prominentes. Se aprecian *circulae* (ejemplares 38468 y 40856a), aunque éstas sólo son claramente visibles en los estadios posteriores, debido a la conservación de los ejemplares. La curvatura de las ondulaciones es ovalada y alargada en el sentido posteroventral, similar a la forma de una alubia. Las ondulaciones son irregulares, redondeadas, relativamente numerosas y generalmente estrechas, aunque en el ejemplar 38507 son más anchas y prominentes en los estadios posteriores. El crecimiento de las ondulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aumentando durante la ontogenia. Los valores del crecimiento oscilan desde un mínimo de 1,4 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 2,5 mm. en los intermedios, hasta alcanzar un máximo de 4,7 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 161-

120% en los estadios iniciales, hasta el 145% en los posteriores (fig. 1).

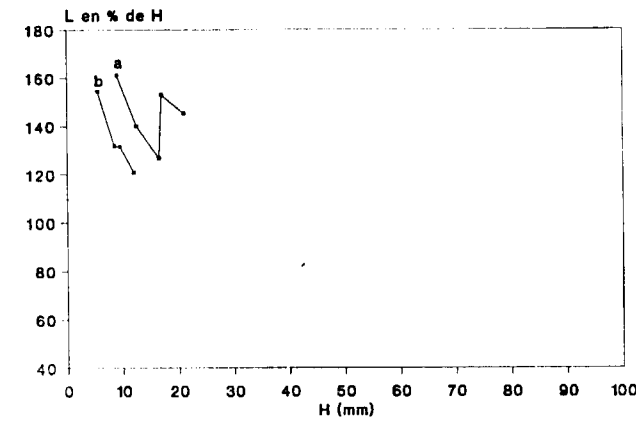


Figura 1.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim). Valvas izquierdas: a=38468; b=38470.

Para la relación Na en % de HA la variación es del 87-65%, hasta el 66-55%, respectivamente (fig. 2).

El ángulo WA oscila desde unos 45°-42° en los estadios iniciales, hasta los 40°-38° en los posteriores (fig. 3).

Discusión

La mayoría de los ejemplares arriba estudiados no presentan un buen estado de conservación, pero tanto su perfil como su ornamentación son los diagnósticos de *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim). Asimismo, ninguna muestra caracteres que no entren dentro de la variabilidad de la especie, por lo que su atribución específica no ofrece duda.

Esta especie ha sido frecuentemente citada, pero, en general, de forma incorrecta. Esto se puede atribuir en gran parte a que el tipo figurado por WALCH (1768) quedó probablemente destruido durante la II Guerra Mundial, puesto que no se ha vuelto a encontrar con posterioridad al trabajo realizado por SEITZ (1934). Por ello, las figuraciones de SEITZ son las únicas que actualmente están de acuerdo con el tipo de WALCH. Así, gran parte de las citas se referían, en rea-

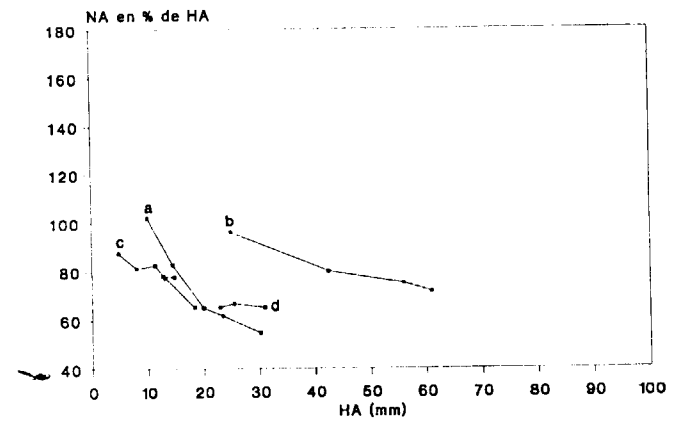


Figura 2.—Variación ontogénica de la relación Na en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim). Valvas derechas: a=38791; b=NLfB Kt8 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 3). Valvas izquierdas: c=38468; d=38470.

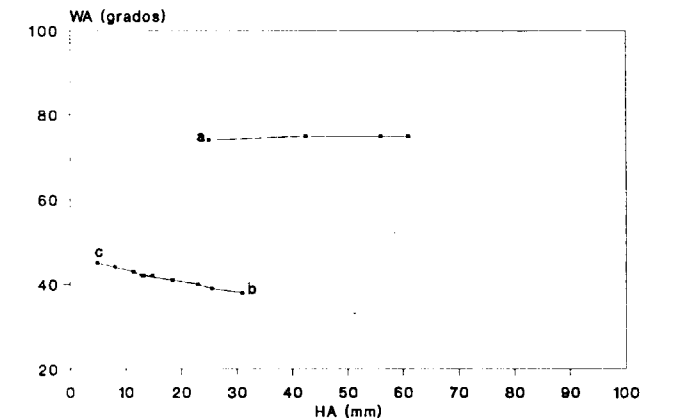


Figura 3.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (Schlotheim). Valva derecha: a=NLfB Kt8 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 3). Valvas izquierdas: b=38468; c=38470.

lidad, a ejemplares de las especies *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* o *I. (My.) goppelnensis*.

Algunos de los ejemplares figurados por WOODS (1904-13, lám. 50, figs. 1, 5 y 6) presentan el perfil y la ornamentación diagnósticas de esta especie, siendo además bastante abombados, mientras que otros de los ejemplares figurados por WOODS (1904-13, lám. 50, figs. 2 y 3) corresponderían a individuos típicos de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*.

El bajo abombamiento, las ondulaciones redon-

deadas y de curvatura subcuadrada-romboidal, y las marcadas anulocirculae del único ejemplar que se ha conservado, de los figurados por SEITZ (1934, fig. text. 9), son características tanto de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, como de *I. (My.) transiens*, por lo que no se puede asegurar su atribución específica.

KAUFFMAN (1978a) figura varios ejemplares bajo la denominación de «*Mytiloides labiatus* (Schlotheim) n. subsp. (elongated, finely ribbed, late form)»; de los cuales, algunos (KAUFFMAN, 1978a, lám. 2, fig. 6, lám. 3, sólo fig. 5) presentan las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) labiatus*, mientras que otro de éstos (KAUFFMAN, 1978a, lám. 3, fig. 4) no parece tener una clara atribución. Asimismo, tan sólo algunos de los ejemplares figurados como «*Mytiloides labiatus labiatus* (Schlotheim)» por KAUFFMAN (1978a, lám. 3, fig. 6, y lám. 4, fig. 9) presentan las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) labiatus*, mientras que los restantes son distintos por su perfil y ornamentación.

El ejemplar figurado como «*I. labiatus* Schlotheim» por MENNESSIER y SORNAY (1980, lám. 1, fig. 14) presenta las características diagnósticas de la especie, y a diferencia de los ejemplares estudiados en el presente trabajo muestra un mayor abombamiento y una ornamentación más lisa.

KELLER (1982, lám. 3, fig. 3) figura un ejemplar que parece corresponder a una forma bastante característica de esta especie; pero se diferencia de los ejemplares de la Cuenca Navarro-Cántabra en que posee un abombamiento muy marcado, un mayor valor de la relación NA en %

de HA (fig. 2) y un valor mucho mayor del ángulo WA (fig. 3).

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Inferior del norte de Alemania, Inglaterra, Rumania?, Checoslovaquia, el Western Interior (EE. UU.) y Venezuela.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en las series GA-I, GA-II y GA-III de Ganuza (Navarra). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha localizado en la serie PU (Puentedey, Burgos). Su distribución estratigráfica se limita al Turoniense Inferior.

Inoceramus (Mytiloides) mytiloides Mantell, 1822

Figs. 4-9, Lám. 1, figs. 3 y 4

- | | | |
|----|---------|---|
| v* | 1822 | <i>Inoceramus mitiloides</i> ; Mantell, 215, lám. 27, fig. 3, lám. 28, fig. 2. |
| | 1822 | <i>Mytiloides labiatus</i> , A. Br.; Brongniart, 81, 84, lám. 3, fig. 4. |
| | 1834-40 | <i>Inoceramus mytiloides</i> Mant.; Goldfuss, 118, lám. 113, figs. 4a y 4b. |
| p | 1843-47 | <i>INOCERAMUS PROBLEMATICUS</i> d'Orbigny; Orbigny, 510-512, lám. 406, sólo figs. 6 y 7 (no figs. 1-5). |
| | 1846 | <i>I. mytiloides</i> MANTELL; Reuss, 26, II, lám. 37, fig. 16. |
| vn | 1852 | <i>INOCERAMUS MYTILOIDES</i> ; Roemer, p. 60, lám. 7, fig. 5. |

LAMINA 1

Figura 1.—*Inoceramus (Mytiloides) labiatus* (SCHLOTHEIM, 1813). Valva izquierda. Nivel 7 de la serie GA-I (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38468.

Figura 2.—*Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay, 1980. Valva derecha. Nivel 4 de la serie GA-II (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38847.

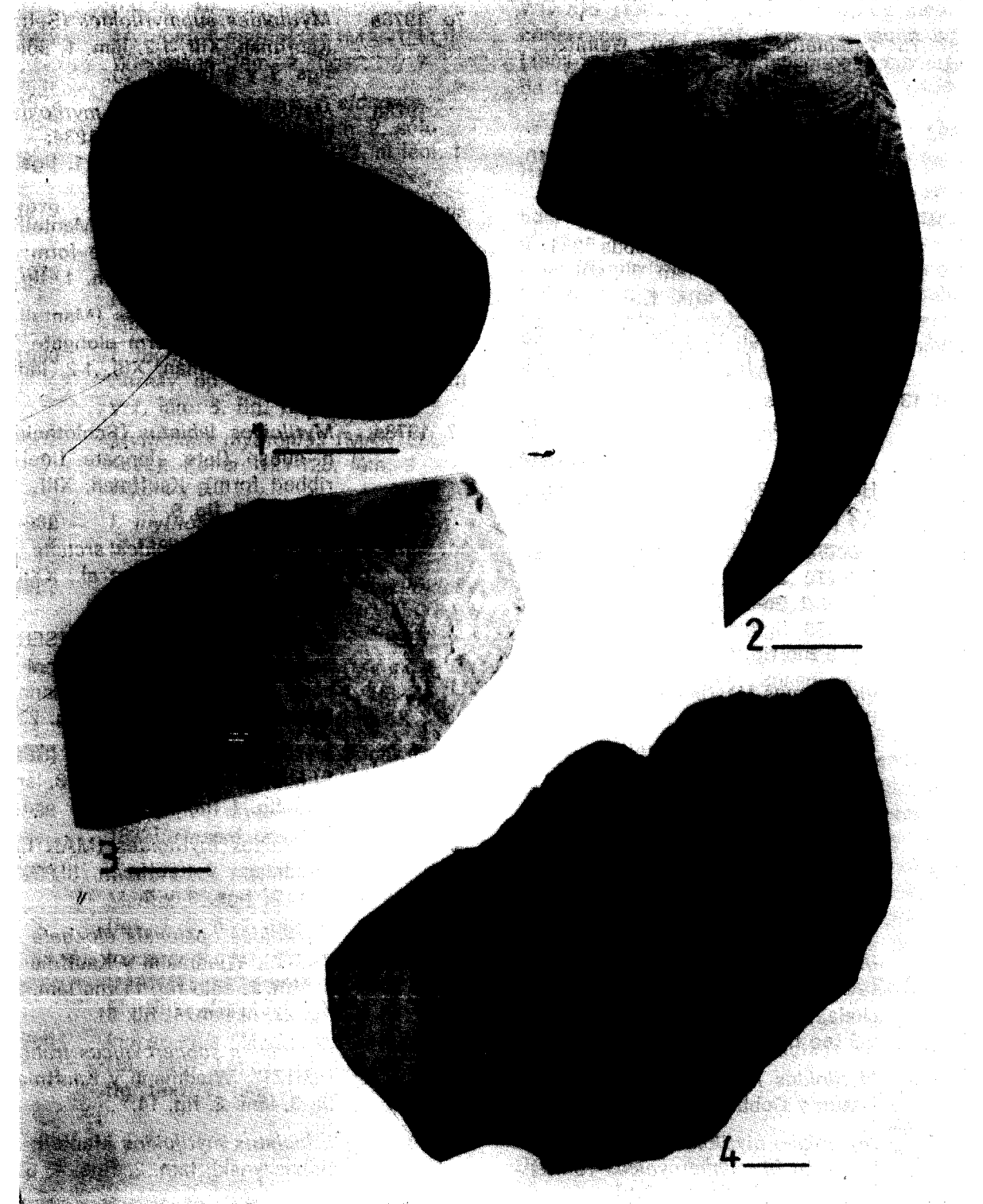
Figura 3.—*Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell, 1822. Valva derecha. Nivel 3 de la serie GA-III (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38778.

Figura 4.—*Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell, 1822. Valva derecha. Nivel 5 de la serie GA-IV (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38222.

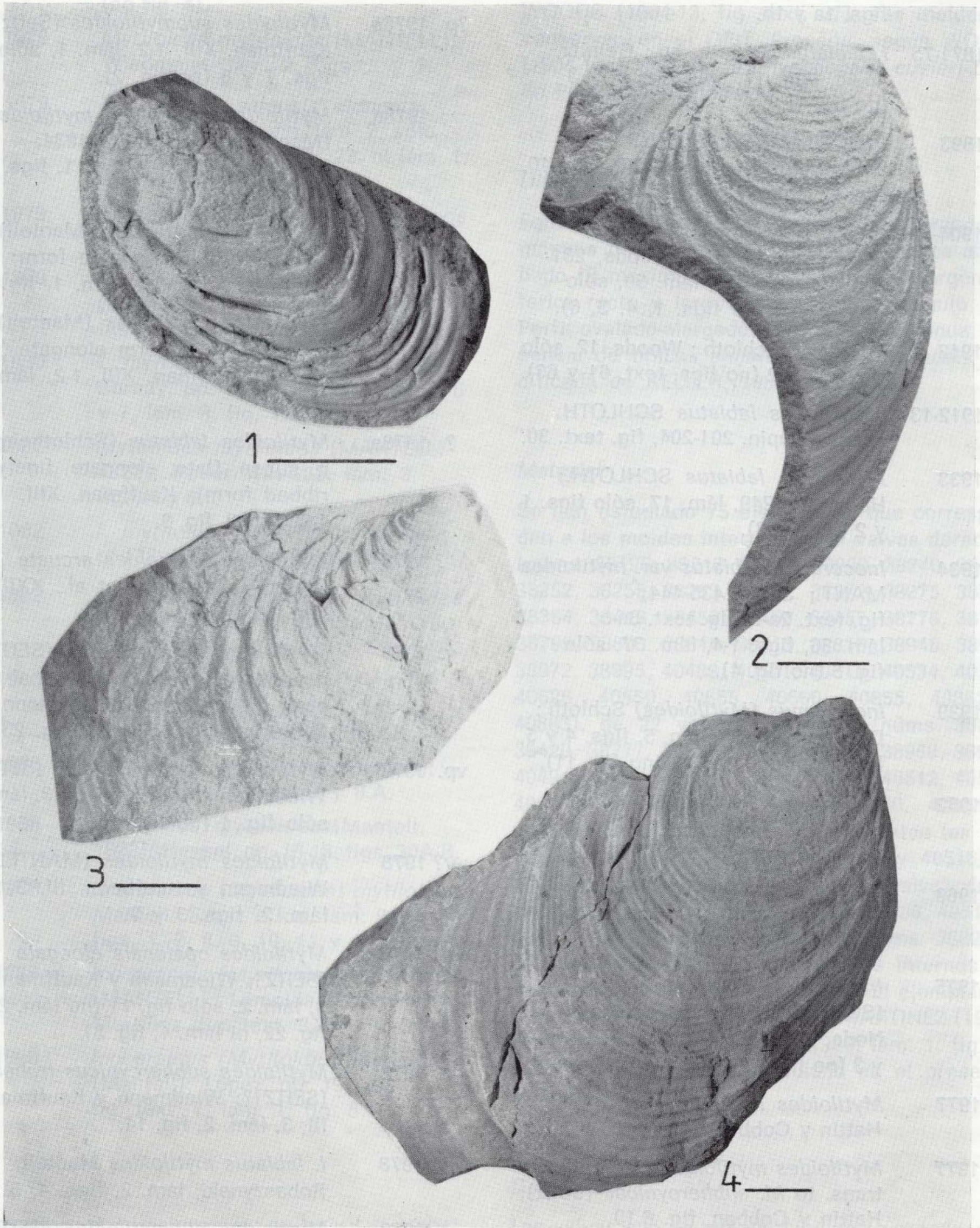
En todas las láminas, la escala gráfica corresponde a 1 cm.

Todos los ejemplares han sido blanqueados mediante NH₄Cl, y se encuentran depositados en las colecciones de la Unitat de Paleontologia del Departament de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

LAMINA 1



LAMINA 1



- 1871 *INOCERAMUS LABIATUS*, Schlotheim; Stoliczka, 408, lám. 29, figs. 1a y 1b.
- p 1871-75 *I. labiatus* Schloth. sp.; Geinitz, 46-48, lám. 12, sólo figs. 2 y 3 (no fig. 1).
- 1893 *INOCERAMUS LABIATUS* Schlotheim; Stanton, 77-78, lám. 10, fig. 4, lám. 14, fig. 2.
- vp 1904-13 *INOCERAMUS LABIATUS* (Schlotheim), 1813; Woods, 281-284, fig. text. 37, lám. 50, sólo figs. 2 y 3 (no figs. 1, 4, 5, 6).
- p 1912 *I. labiatus* Schloth.; Woods, 12, sólo fig. text. 62 (no figs. text. 61 y 63).
- 1912-13 *Inoceramus labiatus* SCHLOTH. spec.; Scupin, 201-204, fig. text. 30.
- p 1933 *Mytiloides labiatus* SCHLOTH.; Heinz, 248-249, lám. 17, sólo figs. 1 y 2 (no fig. 3).
- vp 1934 *Inoceramus labiatus* var. *mytiloides* MANT.; Seitz, 435-444, fig. text. 2a-d; fig. text. 3a-c, lám. 36, figs. 1-4, lám. 37, sólo fig. 5 (no fig. 4).
- p 1939 *Inoceramus (Mytiloides)* Schloth.; Dacque, 104-105, lám. 5, figs. 4 y 5, lám. 6, figs. 12 y 13 (no fig. 11).
- p 1962 *Inoceramus labiatus* Schlotheim; Hattin, 51, lám. 14, sólo fig. G (no figs. B, D y F).
- n 1969 *Inoceramus labiatus* v. *Schloth. v. mytiloides* Mant.; Sornay, p. 32, lám. 1, fig. 8.
- vp. 1975 *Inoceramus labiatus* (SCHLOTHEIM); Matsumoto y Noda, 188-206, lám. 18, sólo figs. 1 y 3 (no figs. 2, 4 y 5, no fig. text. 5).
- ? 1977 *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Hattin y Cobban, fig. 6.3.
- 1977 *Mytiloides mytiloides* (Mantell) trans. to *M. subhercynicus* (Seitz); Hattin y Cobban, fig. 6.10.
- p 1977b *Mytiloides mytiloides* (Mantell);
- Kauffman, 74-78, lám. 6, sólo figs. 11?, 12-15 (no fig. 16).
- ?p 1978a *Mytiloides submytiloides* (Seitz); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, sólo figs. 7 y 8 (no fig. 2).
- . 1978a *Mytiloides mytiloides mytiloides* (Mantell) sensu Seitz 1934; Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, figs. 4 y 12.
- ? 1978a *Mytiloides mytiloides* (Mantell) n. subsp., late elongate form; Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, fig. 11.
- . 1978a *Mytiloides mytiloides* (Mantell) n. subsp. (late form elongate shell); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 3, fig. 2.
- ? 1978a *Mytiloides labiatus* (Schlotheim) n. subsp. (late, elongate, finely ribbed form); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 3, fig. 6.
- . 1978 *Mytiloides mytiloides arcuata* (Seitz)?; Kaufmann et al., XXIII, 9, lám. 10, fig. 9.
- v. 1978 *Mytiloides submytiloides* (SEITZ), new rugate subsp. transitional to early *M. mytiloides*; Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 1, fig. 23.
- vp. 1978 *Mytiloides subhercynicus* (SEITZ); Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 2, sólo fig. 1 (no fig. 4).
- v? 1978 *Mytiloides mytiloides* (MANTELL); Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 2, figs. 3 y 7.
- vp. 1978 *Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ); Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 2, sólo fig. 11 (no lám. 2, fig. 22, ni lám. 1, fig. 5).
- v. 1978 *Mytiloides subhercynicus transiens* (SEITZ)?; Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 2, fig. 14.
- ? 1978 *I. labiatus mytiloides* Mantell; Robaszynski, lám. 2, figs. 4, 5 y 6.
- v. 1979 *Mytiloides submytiloides* (SEITZ) n. ssp.; Wiedmann, lám. 1, fig. 23.

- vp. 1979 *Mytiloides subhercynicus* (SEITZ); Wiedmann, lám. 2, sólo fig. 1 (no fig. 4).
- v? 1979 *Mytiloides mytiloides* (MANTELL); Wiedmann, lám. 2, figs. 3 y 7.
- vp. 1979 *Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ); Wiedmann, lám. 2, sólo fig. 11 (no lám. 2, fig. 22, ni lám. 1, fig. 5).
- v. 1979 *Mytiloides subhercynicus transiens* (SEITZ)?; Wiedmann, lám. 2, fig. 14.
- 1979 *Inoceramus labiatus* (SCHLOTHEIM); Ivannikov, 65-66, lám. 18, fig. 2, lám. 19, fig. 1.
- n 1980 *I. mytiloides* Mant.; Mennessier y Sornay, pp. 10 y 12, lám. 1, figs. 6 y 7, lám. 8, fig. 12.
- v. 1982 *Mytiloides mytiloides* (MANTELL, 1822); Keller, 121-125, lám. 3, figs. 4 y 6.
- . 1982 *I. mytiloides* MANTELL; Sornay, p. 139, lám. 7, fig. 2, lám. 8, fig. 1b.
- ? 1982 *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* MANTELL; Aoki y Tashiro, lám. 6, figs. 1, 2, 3 y 4.
- p. 1983 *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Cobban, pp. 6-7, lám. 1, fig. 1, lám. 8, sólo fig. 9 (no fig. 8).
- . 1986 *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Cobban, fig. text. 4.D y 8.A.
- . 1988 *Mytiloides mytiloides* (Mantell, 1822); Hessel, pp. 16-18, figs. 30A-B.
- ? 1988 *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell; Szasz e Ion, lám. 9, figs. 1, 2, 8, 9, 10, 11 y 12.
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* (MANTELL); Lamolda, López y Martínez, fig. text. 3.7.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* (Mantell); López, pp. 197-198, fig. text. 7, lám. 1, fig. 5.

Tipo

El lectotipo, por designación de WOODS (1904-13, p. 28), es el ejemplar del BM(NH), figurado

como *Inoceramus mytiloides* Mant. por MANTELL (1822, lám. 28, fig. 2) y refigurado por WOODS (1904-13, fig. text. 37), sus moldes se conservan en el GPIT. Procede, según WOODS (1904-13, p. 28), de la *Rhynchonella cuvieri*-Zone, de Plumpton (Inglaterra).

Diagnosis

Equivalvo, inequilateral, tamaño muy grande (H máxima de hasta 150,0 mm.), débilmente abombado (B máximo de unos 10,0 mm.). Margen anterior recto y largo, valor bajo del ángulo WA. Perfil ovalado-alargado, con forma de lengua. Presencia de típicas *annulocirculae* (diagnosis modificada de KELLER, 1982, p. 123).

Material

Se han estudiado 75 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 41 valvas derechas (núms. 38195, 38217, 38221, 38222, 38240, 38246, 38252, 38255, 38263, 38267, 38272, 38275, 38278, 38364, 38419, 38452, 38453, 38457, 38776, 38788, 38799, 38803, 38814, 38815, 38816, 38946, 38949, 38972, 38995, 40489, 40501, 40510, 40534, 40535, 40626, 40650, 40655, 40660, 40855, 40862 y 40863), de 22 valvas izquierdas (núms. 38247, 38420, 38777, 38822, 38827, 38941, 38959, 38987, 40491, 40492, 40496, 40500, 40507, 40512, 40536, 40617, 40649, 40654, 40662, 40850, 40851 y 40856b), de 4 ejemplares que presentan las dos valvas (núms. 38778, 38801, 38984 y 40516), y a los contramoldes internos de 6 valvas derechas (núms. 38215, 38779, 38800, 38936, 40519 y 40853) y de 2 valvas izquierdas (núms. 38829 y 38975). De todos los contramoldes internos se han realizado moldes en escayola. El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text. 3.7) y por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 5) es el ejemplar 38222 estudiado en el presente trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño mediano a grande, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _i	NA _i	S _i	B	A	β
38195*	57,0	55,0	62,5	53,5	—	—	—	—
38215	39,5	48,0	54,5	39,5	—	6,5	—	—
38221	37,5	51,5	53,5	40,0	11,0	7,5	107°	76°
38222	81,0	85,0	91,5	69,0	36,0	7,5	117°	87°
38240	49,0	45,5	52,5	39,5	—	11,4	—	—
38247	20,0	23,5	21,0	19,5	—	4,5	—	—
38252	40,5	26,0	41,4	33,3	—	7,5	—	—
38254	16,5	18,8	20,5	18,2	6,5	5,5	—	—
38255	25,5	26,2	27,8	21,9	10,5	—	125°	81°
38267	32,5	27,0	36,0	28,5	—	6,0	—	—
38272	39,5	31,5	45,5	25,6	11,0	5,0	111°	77°
38275	40,0	42,5	52,3	37,0	22,5	9,5	—	—
38278	55,4	35,4	55,5	41,7	—	10,7	—	—
38364	83,5	65,5	86,5	67,5	18,0	8,5	120°	—
38420	17,6	17,4	20,0	16,5	12,5	3,5	112°	77°
38453	15,5	19,0	15,5	17,0	—	2,9	—	—
38634	83,5	65,5	90,5	59,7	17,5	11,5	—	—
38776	35,5	27,0	41,0	21,9	—	6,8	—	—
38777	25,2	19,2	26,2	17,0	4,0	5,0	115°	—
38778d	31,7	55,0	40,0	29,0	14,5	3,5	115°	81°
38778i	14,3	21,0	19,9	19,5	20,7	4,4	—	—
38790	38,2	36,5	18,7	49,0	33,0	9,5	104°	—
38801d	69,5	65,5	79,8	43,2	23,5	13,5	—	—
38814*	65,0	59,5	73,0	49,0	—	6,5	—	—
38815*	46,5	37,0	55,0	27,5	—	2,5	—	—
38816*	79,5	76,0	95,0	47,5	—	6,5	—	—
38949	44,5	34,5	51,5	28,5	—	7,5	—	—
38972	37,5	34,5	45,0	25,0	—	7,5	—	—
40501	45,4	46,5	51,4	39,3	—	5,3	—	—
40519	43,5	53,0	62,5	36,0	25,0	7,9	119°	94°
40649*	56,2	69,5	63,5	59,5	25,2	8,2	110°	71°
40850*	48,5	47,0	56,2	29,0	10,0	3,1	—	—
40851*	36,2	34,5	42,0	32,6	12,6	3,2	—	—
40853	42,1	80,0	61,5	61,0	—	4,8	—	—
40856b	18,3	23,0	22,5	19,2	15,2	4,0	—	—

Las valvas son muy planas, oscilando desde un abombamiento (B) mínimo de 2,9 mm. hasta uno máximo de 11,5 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, aunque sin llegar a definirse una verdadera ala. Las valvas pueden llegar a ser muy grandes, como se observa en el ejemplar 40489, que, a pesar de corresponder a un fragmento, alcanza los 70,0 mm. en su máxima dimensión. El margen anterior es muy recto, especialmente en el ejemplar 38222. El salto de la concha no es mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es ovalado-alargado posteroventralmente, con una forma algo similar a una lengua. El valor del ángulo A oscila desde un mínimo de 104° hasta un máximo de 125°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 115-120°. El valor del ángulo β oscila desde

un mínimo de 71° hasta un máximo de 94°, aunque, generalmente, se sitúa alrededor de los 76°-81°. El umbo no es muy grande, generalmente es agudo, algo sobresaliente y muy prosogiro.

Las ondulaciones están generalmente bien definidas, aunque en los estadios iniciales de los ejemplares 40850, 40851 y 40853 son prácticamente invisibles. En casi todos los ejemplares se aprecian claras *annulocirculae*, y especialmente en los ejemplares 38222, 38777, 38778, 38779, 40491, 40501 y 40856b. La curvatura de las ondulaciones es subcircular en los estadios iniciales, siendo avalada en sentido postero-ventral en los estadios posteriores. Las ondulaciones, algo más estrechas en los estadios iniciales, y mucho más anchas en los posteriores, son muy redondeadas y no muy numerosas. El crecimiento de las on-

dulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aumentando durante la ontogenia. Oscila desde un mínimo de 2,9 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 5,4 mm. en los intermedios, hasta alcanzar un máximo de 8,3 mm. en los posteriores. Los crecimientos son mayores en el ejemplar 40489, oscilando desde los 4,7 mm. en los estadios intermedios, hasta los 6,5 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía, en las valvas derechas, desde el 140-103% en los estadios iniciales, pasando por el 120-84% en los intermedios, hasta situarse alrededor del 114-90% en los posteriores (fig. 4). Mientras que en las valvas izquierdas varía desde el 160% en los estadios iniciales, pasando por el 120-110% en los intermedios, y disminuyendo hasta el 90-80% en los posteriores (fig. 5).

La relación NA en % de HA varía, en las valvas derechas, desde el 102-62% en los estadios iniciales, pasando por el 96-74% de la mayoría de los ejemplares y el 59% del ejemplar 38799 en los intermedios, hasta alcanzar el 73-60% en los posteriores (fig. 6). Mientras que en las valvas izquierdas varía desde el 130-82% en los estadios iniciales, pasando por el 81-70% en los estadios, hasta alcanzar el 90-80% en los posteriores (fig. 7).

El ángulo WA oscila, en las valvas derechas, alrededor de los 57°-48° de la mayoría de los ejemplares y de los 57°-33° de los ejemplares 38778

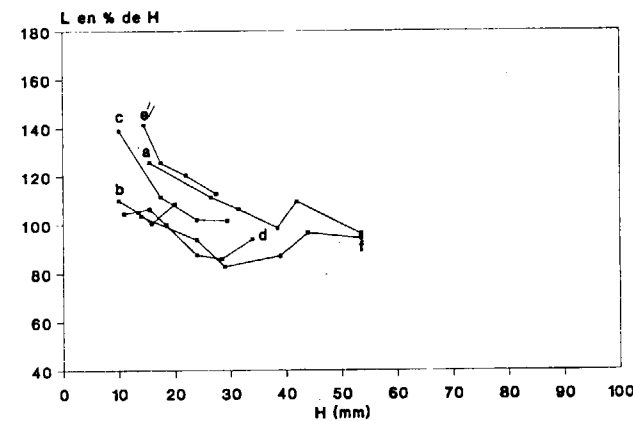


Figura 4.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell. Valvas derechas: a=38222; b=38778; c=38799; d=38949; e=40519; f=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

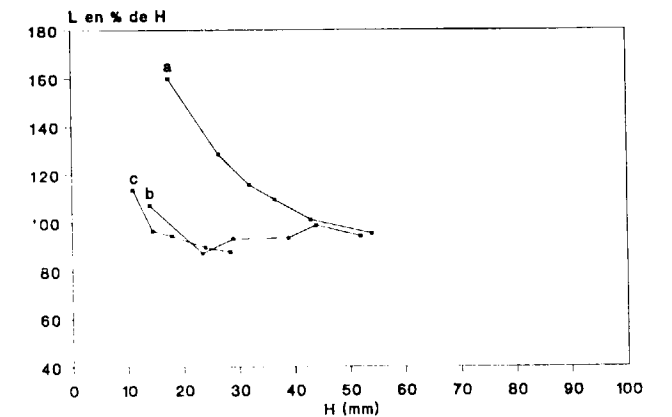


Figura 5.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell. Valvas izquierdas: a=38364; b=GPIT 1456/131 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 23); c=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

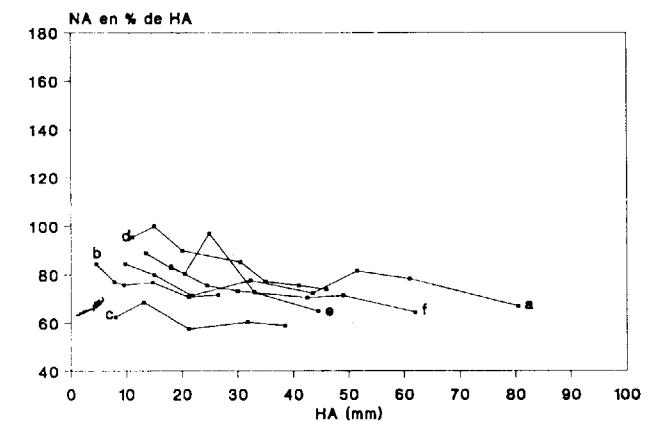


Figura 6.—Variación ontogénica de la relación Na en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell. Valvas derechas: a=38222; b=38778; c=38799; d=38949; e=40519; f=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

y 38799 en los estadios iniciales, pasando por los 55°-45° de la mayoría de los ejemplares y de los 55°-40° de los ejemplares 38778 y 38799 en los intermedios, hasta los 54°-44° en los posteriores (fig. 8). Mientras que en las valvas izquierdas varía alrededor de los 57°-47° en los estadios iniciales, pasando por los 46°-38° en los estadios, hasta situarse alrededor de los 50°-46° en los posteriores (fig. 9).

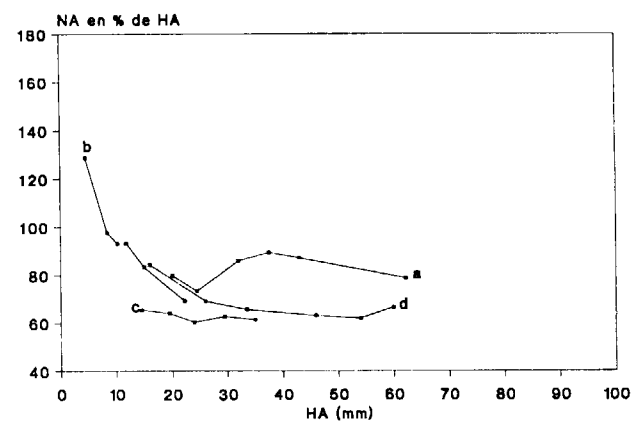


Figura 7.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell. Valvas izquierdas: a=38364; b=38777; c=GPIT 1456/131 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 23); d=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

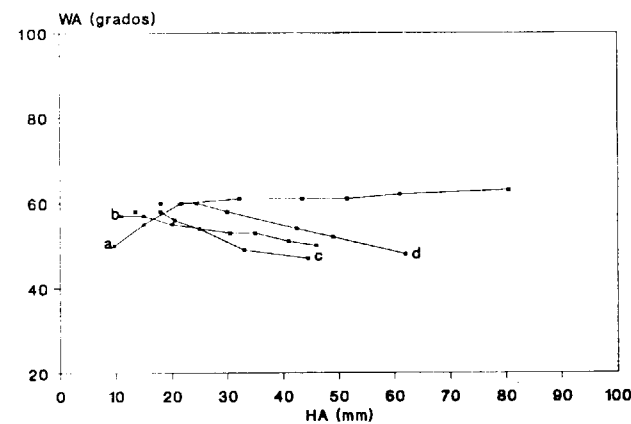


Figura 8.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* Mantell. Valvas derechas: a=38222; b=38949; c=40519; d=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

Discusión

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo muestran el perfil y la ornamentación diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*. Asimismo, ninguno muestra caracteres que no entren dentro de la variabilidad de la especie, por lo que su atribución específica no ofrece duda. Por otra parte, el perfil y la ornamentación de estos ejemplares ha permitido completar la diagnosis realizada por KELLER (1982).

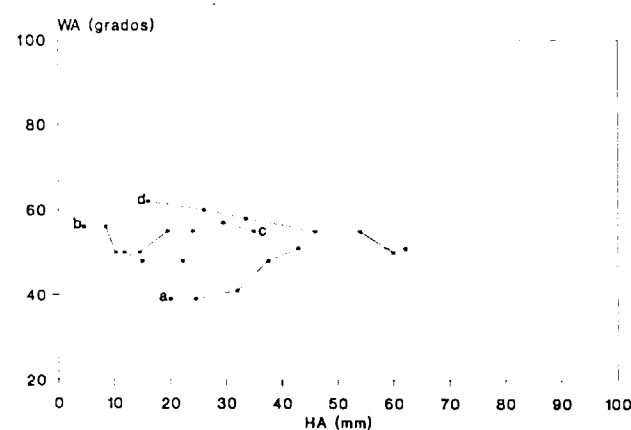


Figura 9.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*. Valvas izquierdas: a=38364; b=38777; c=GPIT 1456/131 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 23); d=NLfB Kr3 (SEITZ, 1934, lám. 36, fig. 3).

Los ejemplares arriba estudiados son muy semejantes al lectotipo, aunque muestran un abombamiento algo menor. El lectotipo de la especie figurado por MANTELL (1822, lám. 28, fig. 2) y refigurado por WOODS (1904-13, fig. text. 37) está algo deformado; y presenta un perfil muy ovalado, con forma típicamente mitiloide, y unas ondulaciones redondeadas y no muy marcadas, así como típicas *annulocirculae*.

Algunos de los ejemplares de *Inoceramus labiatus* (Schlotheim) figurados por WOODS (1904-13, lám. 50, figs. 2 y 3) presentan las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, pese a estar algo abombados en los estadios iniciales, mientras que los restantes (WOODS, 1904-13, lám. 50, figs. 1, 4, 5 y 6) presentan formas más semejantes a las de *I. (My.) labiatus*.

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo muestran valores de la relación NA en % de HA (figs. 6 y 7) y del ángulo WA (figs. 8 y 9) acordes, tanto para la valva izquierda como para la derecha, con los del único ejemplar que se ha conservado de los figurados por SEITZ (1934, lám. 36, fig. 3). Pero el ejemplar de SEITZ presenta valores de la relación L en % de H de la valva izquierda (fig. 5) que son más elevados que los del ejemplar GPIT 1456/131 figurado por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 1, fig. 23) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 1,

fig. 23). Este ejemplar de SEITZ posee las características diagnósticas de la especie, aunque presenta un mayor abombamiento alrededor del eje de crecimiento, un umbo algo más ancho y redondeado, y ondulaciones más circulares en los estadios iniciales.

El ejemplar que SORNAY (1969, lám. 1, fig. 8) figura como «*Inoceramus labiatus* v. Schloth. v. *mytiloides* Mant.» presenta un perfil menos ovalado-alargado, unas ondulaciones menos redondeadas y un mayor valor del ángulo A, de lo que es diagnóstico en *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*. Por ello, se puede descartar su atribución a esta especie.

Las ondulaciones de los ejemplares de la Cuenca Navarro-Cántabra muestran una curvatura ovalada con tramos rectos, que los diferencia del ejemplar figurado como «*I. (Mytiloides) labiatus*» por MATSUMOTO y NODA (1975, lám. 18, figs. 3a y 3b). Este ejemplar procedente de Japón muestra el bajo abombamiento, el umbo agudo y poco prominente y las ondulaciones ovaladas durante toda la ontogenia (típicamente mitiloides), que son características de *I. (My.) mytiloides*, y no de *I. (My.) labiatus*.

HATTIN y COBBAN (1977, fig. 6.3) figuran un ejemplar de *Mytiloides mytiloides* (Mantell) que no corresponde a una forma típica de esta especie, sino que, por el contrario, muestra un perfil y una ornamentación bastante similares a los diagnósticos de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis*.

Algunos de los ejemplares figurados como «*Mytiloides submytiloides* (Seitz)» por KAUFFMAN (1978a, lám. 1, figs. 7 y 8) presentan las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, mostrando un abombamiento mucho menor del que debería presentar de tratarse de *I. (My.) submytiloides*.

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo son algo similares al figurado como «*Mytiloides submytiloides* (SEITZ), new rugate subsp. transitional to early *M. mytiloides*» por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 1, fig. 23) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 1, fig. 23). Los valores de la relación NA en % de HA (fig. 7) y del ángulo WA (fig. 9) son semejantes, pero los valores de la relación L en % de H (fig. 5) del ejemplar de WIEDMANN y KAUFFMAN son

menores que los del ejemplar 38364. Por todo lo anterior, el inoceramido figurado por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978) parece mostrar características muy similares a las diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, pero no se puede asegurar su atribución a esta especie, ya que está algo deformado y es más abombado.

Uno de los ejemplares figurados como «*Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ)» por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 2, fig. 11) y refigurados por WIEDMANN (1979, lám. 2, fig. 11), presenta las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, especialmente el perfil ovalado, annulocirculae y el mínimo abombamiento, que lo diferencian claramente de *I. (My.) goppelnensis goppelnensis*.

El ejemplar figurado como «*Mytiloides subhercynicus transiens* (SEITZ)?» por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 2, fig. 14) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 2, fig. 14) está incompleto, pero aún así se le pueden apreciar las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, especialmente el perfil ovalado, el mínimo abombamiento y la ornamentación.

MENNESSIER y SORNAY (1980, lám. 1, figs. 6 y 7, lám. 8, fig. 12) figuran tres ejemplares de *I. mytiloides* Mant., que se diferencian de los ejemplares típicos de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* por presentar un mayor abombamiento, un mayor valor del ángulo WA y unas ondulaciones más irregularmente marcadas, por lo que no se les puede atribuir a esta especie.

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo muestran un perfil y una ornamentación bastante similares a las de los ejemplares figurados por KELLER (1982, lám. 3, figs. 4 y 6). Estos ejemplares, procedentes de Alemania, son bastante característicos de esta especie, aunque muestran una marcada deformación, con lo que las gráficas de variación ontogénica realizadas por KELLER en base a estos ejemplares no son utilizables.

Inoceramus paramytiloides Sornay es una especie del Turoniense Inferior de Madagascar, que muestra caracteres tanto de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides* como de *I. (My.) labiatus*. No obstante, SORNAY (1965) considera que está relacionada con *Inoceramus flavus* y que su seme-

janza morfológica con *I. (My.) labiatus* es debida a un fenómeno de convergencia. Así, para llegar a esclarecer las relaciones de semejanza, se tendría que proceder a la cuantificación de dichas especies.

La especie aquí estudiada muestra un perfil y unas ondulaciones semejantes a las de *Inoceramus (Mytiloides) ipuanus* Wellman del Cenomaniense Superior o Turoniense Inferior de Nueva Zelanda. No obstante, se diferencia por tener unas ondulaciones menos prominentes y no tan aristadas, y poseer valores mayores de la relación NA en % de HA.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Inferior de España, Francia, Alemania, Inglaterra, Checoslovaquia, Rumania?, URSS (Plataforma Rusa), India, Madagascar, Japón, New México, el Western Interior (EE. UU.) y Brasil.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en las series GA-I, GA-II, GA-III, GA-IV y GA-V de Ganuza (Navarra), en las localidades GAS-I y GAS-IV de Gastiain (Navarra) y en la serie ME (Menoyo, Alava). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha localizado únicamente en la serie PU (Puentedey, Burgos). Su distribución estratigráfica se limita a la parte superior del Turoniense Inferior.

Inoceramus (Mytiloides) submytiloides Seitz, 1934

Figs. 10-12, lám. 2, fig. 3

vp* 1934 *Inoceramus labiatus* n. var. submytiloides; Seitz, pp. 444-448, lám. 37, sólo fig. 1 (no figs. 2 y 3), sólo fig. text. 8a (no figs. text. 6 y 7).

p. 1934 *Inoceramus labiatus* v. SCHLOTH. var. labiata; Seitz, pp. 448-454, lám. 38, sólo fig. 2 (no figs. 1 y 3).

vp. 1975 *Inoceramus labiatus* (SCHLOTHEIM); Matsumoto y Noda, pp. 188-206, lám. 18, sólo figs. 2, 3a, 3b y 5 (no figs. 1 y 4).

- p 1977a *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Kauffman, pp. 74-78, lám. 6, sólo fig. 16 (no figs. 11-15).
- v. 1978 *Mytiloides submytiloides* (SEITZ); Wiedmann y Kauffman, lám. 1, fig. 19.
- v. 1979 *Mytiloides submytiloides* (SEITZ); Wiedmann, lám. 1, fig. 19.
- v. 1982 *Mytiloides submytiloides* (SEITZ, 1934); Keller, pp. 125-128, lám. 3, fig. 2.
- ? 1984 *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz; Berthou, lám. 1, fig. 2.
- ? 1988 *Mytiloides submytiloides?* (Seitz, 1935); Hessel, p. 19, fig. 30D.
- ? 1988 *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz; Szasz e Ion, lám. 9, fig. 7.
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* (SEITZ)?; Lamolda, López y Martínez, fig. text. 4.1.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* (Seitz)?; López, pp. 192-193, lám. 1, fig. 1.

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar GLB 17, figurado como *Inoceramus labiatus* Schlotheim var. *submytiloides* por SEITZ (1934, fig. text. 8a, lám. 34, fig. 1), cuyo molde se conserva en el NLfB. Procede del Turoniense Inferior de Ziegenberg, cerca de Wolsdorf.

Diagnosis

Inequivalvo, inequilateral. Tamaño relativamente grande (H máxima de hasta 60,0 mm.), sólo fuertemente abombado en los estadios iniciales, mientras que en los demás lo es débilmente (B máxima de hasta 15,0 mm.). Margen anterior muy curvado, gran ángulo entre el margen anterior y el eje de crecimiento. Perfil en forma de alubia (diagnosis según KELLER, 1982, p. 126).

Material

Se ha estudiado un único ejemplar, que corresponde al molde interno de una valva izquierda (núm. 38711). El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text 4.1) y por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 1) corresponde al único

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38711	17,0	15,5	19,5	14,2	7,5	5,5	115°	75°

La valva está relativamente abombada, siendo más plana en el área posterodorsal, en donde se delimita una pequeña ala. El margen anterior es curvado. El salto de la concha es bastante mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es ovalado, algo recurvado, semejante a una alubia. El umbo es pequeño, redondeado, recurvado, algo sobresaliente y casi totalmente prosogiro.

Las ondulaciones están poco marcadas. Se aprecian claras *circulae*. La curvatura de las ondulaciones es algo circular en los estadios iniciales y muy ovalada en los estadios intermedios y posteriores. Las indulaciones son relativamente estrechas, redondeadas y bastante numerosas. El crecimiento de las ondulaciones oscila desde un mínimo de 0,3 mm. en los estadios iniciales, hasta un máximo de 1,3 mm. en los posteriores.

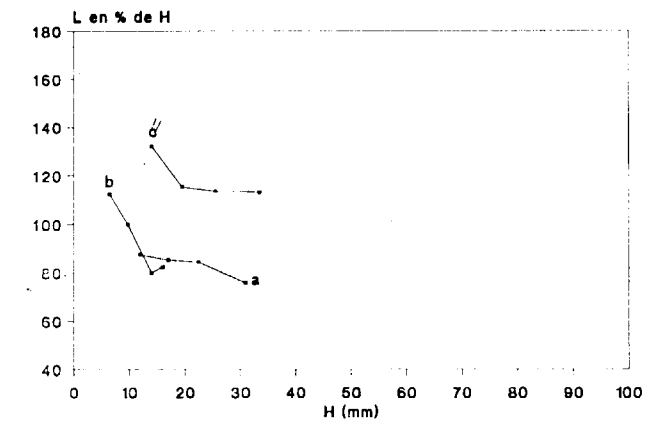


Figura 10.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz. Valva derecha: a=GPIT 1456/23 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 19). Valvas izquierdas: b=38711; c=NLfB Kt7 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 2).

ejemplar de esta especie estudiado en el presente trabajo.

Descripción

La valva es de tamaño pequeño, con las siguientes dimensiones totales:

La relación L en % de H varía desde el 112-80% en los estadios iniciales, hasta el 82% en los posteriores (fig. 10).

Para la relación NA en % de HA la variación es del 92-68% hasta el 79%, respectivamente (figura 11).

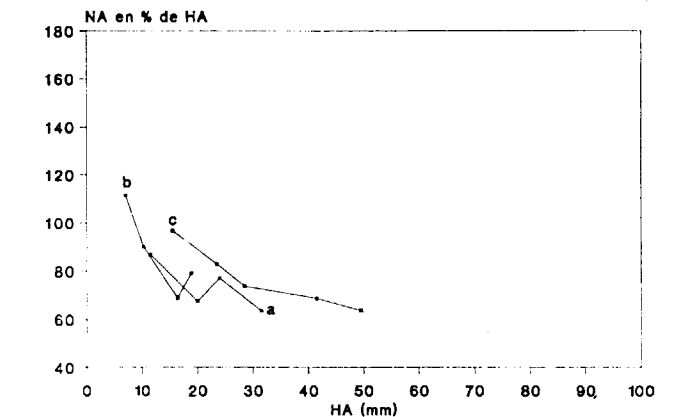


Figura 11.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz. Valva derecha: a=GPIT 1456/23 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 19). Valvas izquierdas: b=38711; c=NLfB Kt7 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 2).

El ángulo WA oscila alrededor de los 71°-65° en los estadios iniciales, hasta los 63°-61° en los posteriores (fig. 12).

Discusión

A pesar de presentar un tamaño muy pequeño, el único ejemplar estudiado en este trabajo presenta las características diagnósticas de *Inoce-*

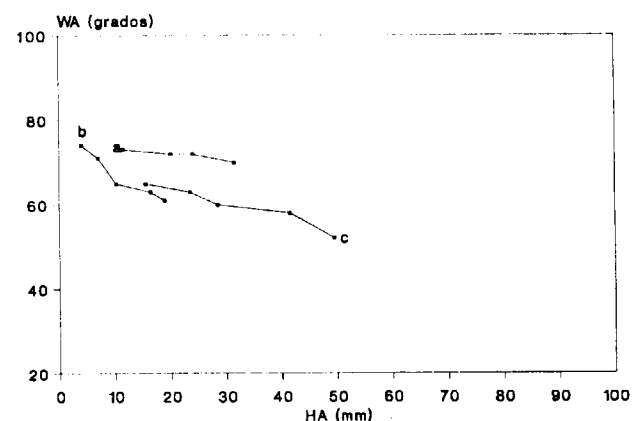


Figura 12.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz. Valva derecha: a=GPIT 1456/23 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 19). Valvas izquierdas: b=38711; c=NLfB Kt7 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 2).

ramus (Mytiloides) submytiloides, tanto por lo que respecta al perfil de la valva como a su ornamentación. De todas formas, este ejemplar se distingue del holotipo (SEITZ, 1934, lám. 37, fig. 1, fig. text. 8a) por poseer un umbo más redondeado.

El ejemplar arriba estudiado es bastante similar al figurado como «*Mytiloides submytiloides* (SEITZ)» por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 1, fig. 19) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 1, fig. 19). Los valores de la relación L en % de H (fig. 10) y de la relación NA en % de HA (fig. 11) son muy semejantes, pero difieren por lo que respecta a los valores del ángulo WA (fig. 12), ya que no son constantes, sino que disminuyen durante la ontogenia del

ejemplar 38711. Asimismo, el ejemplar 38711 se diferencia del figurado por KELLER (1982, lám. 3, fig. 2) por poseer valores más bajos de la relación L en % de H (fig. 10) y valores más elevados del ángulo WA (fig. 11), mientras que los valores de la relación NA en % de HA (fig. 12) son más semejantes.

El ejemplar figurado por HESSEL (1988, fig. 30D), tan sólo presenta los estadios posteriores, mostrando una ornamentación irregular, con ondulaciones que se pueden bifurcar y un perfil ovalado-oblicuo. Por ello no se puede atribuir con seguridad a esta especie.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Inferior de España, Portugal?, Alemania, Rumania?, Brasil?, el Western Interior de los EE. UU. y Japón.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en la parte inferior del Turoniense Inferior de la serie GA-III (Ganuza, Navarra).

Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis Badillet y Sornay, 1980

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar MNB 78 figurado como *Inoceramus labiatus* var. *opalensis* BOSE n. forma *elongata* SEITZ, por SEITZ (1934, figs. text. 14c y 15c, lám. 39, fig. 4). Procede del Turoniense Inferior de Goppeln, cerca de Dresden (R. D. A.). Nombre derivado del yacimiento de Goppeln.

LAMINA 2

Figura 1.—*Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay, 1980. Valva derecha. Nivel 4 de la serie GA-II (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38839.

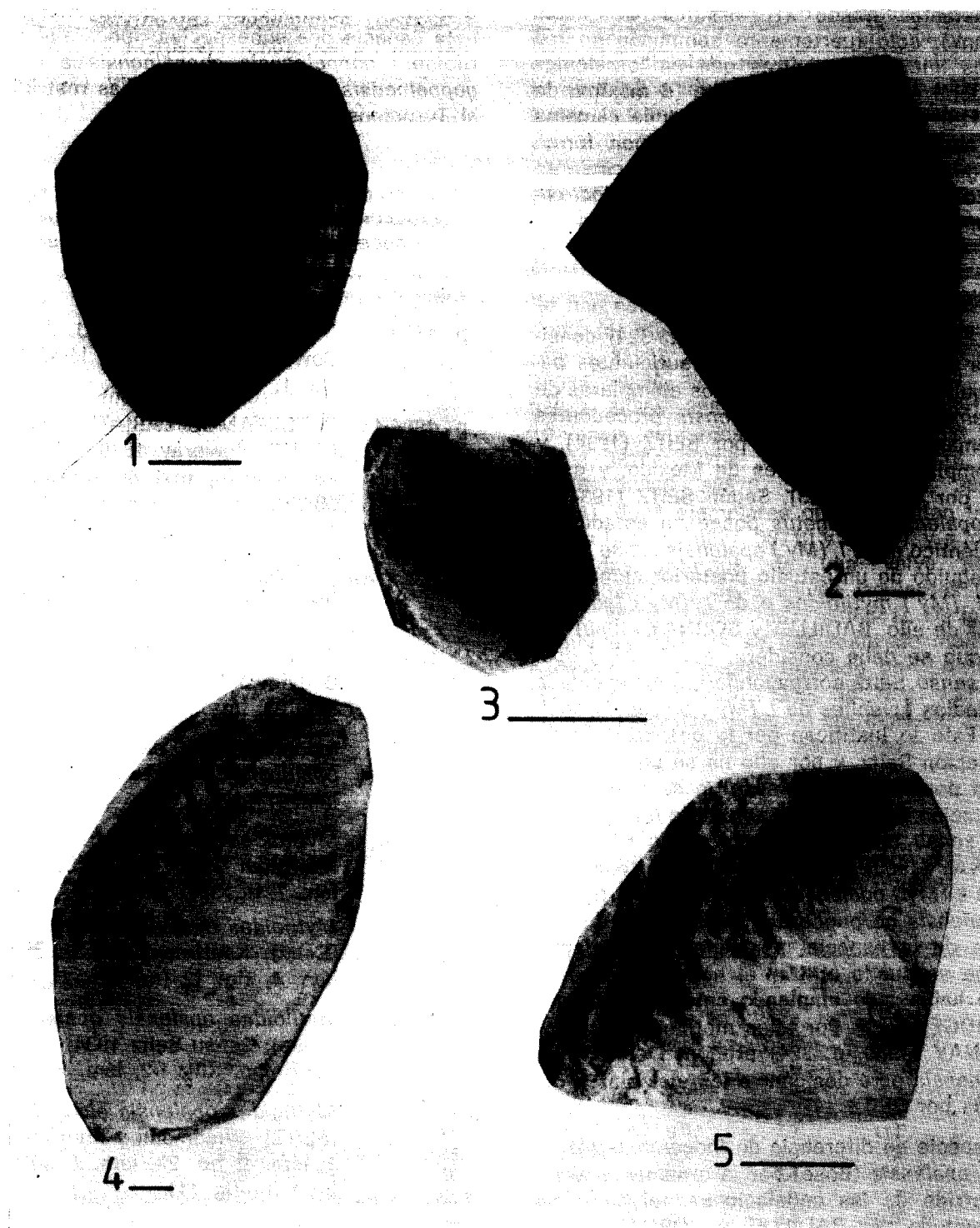
Figura 2.—*Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valva derecha. Nivel 5 de la serie GA-IV (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38218, Holotipo.

Figura 3.—*Inoceramus (Mytiloides) submytiloides* Seitz, 1934. Valva izquierda. Nivel 2 de la serie GA-III (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38711.

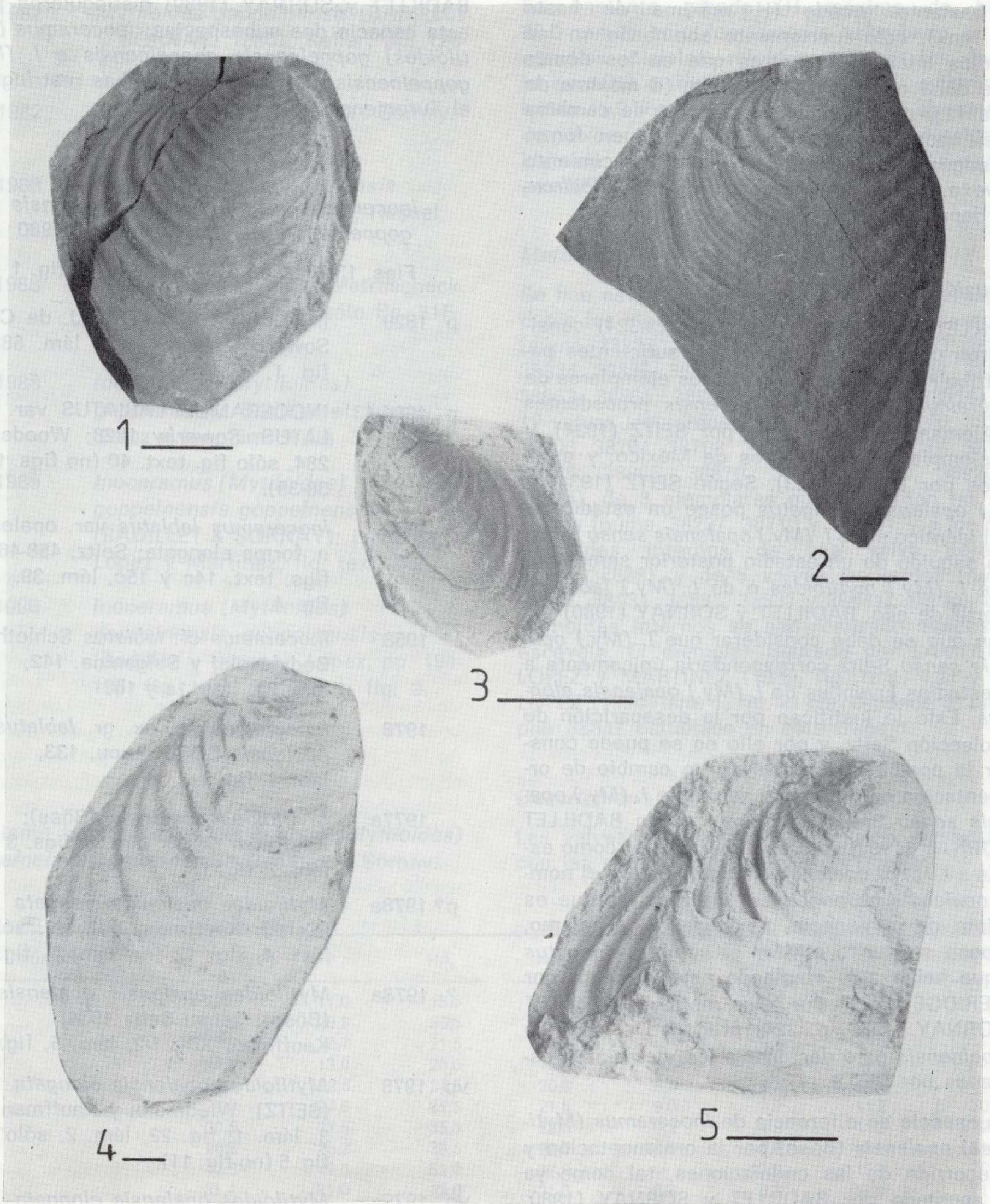
Figura 4.—*Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* aff. *tourtenayensis* Badillet y Sornay, 1980. Molde en escayola de un con-tramolde interno de una valva derecha. Localidad GAS-III (Gastiain, Navarra). Ejemplar 40632.

Figura 5.—*Inoceramus (Mytiloides) transiens* Seitz, 1934. Valva derecha. Nivel 4 de la serie GA-II (Ganuza, Navarra). Ejemplar 38898.

LAMINA 2



LAMINA 2



Diagnosis

Moderadamente inequivalvo, inequilateral, tamaño bastante grande (H máxima de hasta 90,0 mm.), sólo fuertemente abombado en los estadios iniciales, mientras que en los demás lo es débil o insignificadamente (B máxima de hasta 11,0 mm.), posible existencia de cambios en el abombamiento. Perfil ovalado, en forma de lengua (tipo labiatoide), eje de crecimiento convexo, claras *circulae*, *crestae* o *annulocirculae*, dependiendo de la subespecie.

Discusión

BADILLET y SORNAY (1980, pp. 323-324) consideraron que existían diferencias suficientes para atribuir a distintas especies los ejemplares de *Inoceramus (Mytiloides) opalensis* procedentes de Alemania, y estudiados por SEITZ (1934), y los ejemplares procedentes de México, y estudiados por BOSE (1923). Según SEITZ (1934) *I. (My.) opalensis elongatus* posee un estadio juvenil idéntico al de *I. (My.) opalensis sensu* Seitz, pero seguido de un estadio posterior semejante al de *I. (My.) mytiloides* o de *I. (My.) labiatus*. A partir de ello, BADILLET y SORNAY (1980) estiman que se debe considerar que *I. (My.) opalensis sensu* Seitz correspondería únicamente a los estadios juveniles de *I. (My.) opalensis elongatus*. Esto lo justifican por la desaparición de la colección Seitz, y por ello no se puede constatar la posible existencia de un cambio de ornamentación en el estadio adulto de *I. (My.) opalensis sensu* Seitz. Asimismo, según BADILLET y SORNAY (1980) sólo se debe aceptar como especie a *I. (My.) opalensis elongatus*, pero el nombre *opalensis* no puede ser utilizado, ya que es distinto de la especie mexicana. Y, asimismo, tampoco se puede utilizar el nombre *elongatus* ya que había sido empleado anteriormente por ETHERIDGE (1872). Por tales motivos, BADILLET y SORNAY (1980, p. 324) proponen el término *goppelnensis* para designar a los ejemplares estudiados por SEITZ.

Esta especie se diferencia de *Inoceramus (Mytiloides) opalensis* (Böse) por la ornamentación y el recorrido de las ondulaciones, tal como ya fue apuntado por BADILLET y SORNAY (1980, p. 323), y como se puede apreciar al estudiar en detalle el molde (conservado en el NLFB) de

uno de los ejemplares figurados por BOSE (1923).

BADILLET y SORNAY (1980) distinguieron para esta especie dos subespecies: *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* e *I. (My.) goppelnensis tourtenayensis*, ambas restringidas al Turoniense Inferior y Medio.

Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis Badillet y Sornay, 1980

Figs. 13-20, lám. 1, fig. 2, lám. 2, fig. 1

- p 1829 INOCERAMUS LATUS; J. de C. Sowerby, p. 159, sólo lám. 583, fig. 1.
- p 1904-13 INOCERAMUS LABIATUS var. LATUS, Sowerby 1828; Woods, 284, sólo fig. text. 40 (no figs. text. 38-39).
- 1934 *Inoceramus labiatus* var. *opalensis* n. forma elongata; Seitz, 458-465, figs. text. 14c y 15c, lám. 39, fig. 4.
- 1958 *Inoceramus* cf. *labiatus* Schloth.; Bodylevskij y Sulganina, 142, lám. 21, figs. 1a y 1b.
- 1976 *Inoceramus* sp. ex. gr. *labiatus opalensis* BOSE; Lupu, 133, lám. 1, fig. 3.
- 1977a *Mytiloides opalensis* (Böse); Kauffman, 79-81, lám. 6, figs. 3 y 6, lám. 7, fig. 1.
- p? 1978a *Mytiloides opalensis elongata* (Seitz); Kauffman, XIII, 1-2, sólo lám. 4, fig. 12 (no lám. 5, fig. 4).
- ? 1978a *Mytiloides opalensis opalensis* (Böse); sensu Seitz 1934; Kauffman, XIII, 1-2, lám. 5, fig. 12.
- vp. 1978 *Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ); Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 1, fig. 22, lám. 2, sólo fig. 5 (no fig. 11).
- vp. 1979 *Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ); Wiedmann, lám. 1, fig. 22, lám. 2, sólo fig. 5 (no fig. 11).

- * 1980 *Inoceramus goppelnensis* nov. subsp.; Badillet y Sornay, 323-325.
- v. 1982 *Mytiloides goppelnensis* (BADILLET y SORNAY, 1980); Keller, pp. 128-130, lám. 3, fig. 1.
- . 1982 *I. goppelnensis* SORNAY; Sornay, p. 139, lám. 7, fig. 4.
- ? 1988 *Mytiloides* aff. *goppelnensis* (Badillet & Sornay, 1980); Hessel, pp. 20-21, fig. 31C.
- p? 1988 *Mytiloides hercynicus* (Petrascheck, 1904); Hessel, p. 21, sólo fig. 31F (no figs. 31D-E).
- ? 1988 *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* Badillet et Sornay; Szasz e Ion, lám. 9, fig. 3.
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* (BADILLET & SORNAY); Lamolda. López y Martínez, fig. text. 4.2.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* (Badillet y Sornay); López, pp. 194-195, fig. text. 5, lám. 1, fig. 2.

Tipo

El mismo holotipo que *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay.

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38232	12,8	17,0	15,5	17,5	—	5,5	—	—
38234	36,0	20,5	36,5	30,5	12,5	7,5	—	—
38237d	19,0	18,7	21,5	17,2	—	6,0	—	—
38237i	24,5	13,0	26,0	15,0	9,0	4,0	—	—
38700	24,9	22,5	24,5	20,8	8,0	5,7	124°	—
38702	27,5	24,0	21,5	21,8	9,0	3,9	113°	70°
38703	30,5	27,5	35,5	22,0	9,2	4,3	112°	72°
38704	28,8	28,2	30,5	29,0	29,0	6,4	126°	81°
38708	42,5	42,5	51,0	37,8	—	13,0	122°	76°
38709	31,4	31,0	43,0	31,0	8,8	8,9	125°	71°
38710d	37,0	21,0	37,5	27,0	—	3,2	—	—
38710i	45,5	27,0	51,0	29,5	—	4,5	—	—
38713	31,0	29,2	30,4	27,0	15,5	5,5	123°	83°

Diagnosis

Moderadamente inequivalvo, inequilateral, tamaño bastante grande (H máxima de hasta 80,0 mm.); sólo fuertemente abombado en los estadios iniciales, mientras que en los demás lo es débil o insignificadamente (B máxima de hasta 11,0 mm.). Eje de crecimiento claramente convexo, perfil en forma de lengua, de tipo labiatoide; claras *circulae* y *crestae* (diagnossi según KELLER, 1982, p. 129).

Material

Se han estudiado 45 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 19 valvas derechas (núms. 38232, 38724, 38741, 38745, 38753, 38833, 38834, 38836, 38839, 38842, 38846, 38847, 38856, 38863, 38865, 38890, 38902, 38917 y 38918), de 17 valvas izquierdas (núms. 38234, 38700, 38702, 38703, 38704, 38708, 38709, 38713, 38716, 38723, 38746, 38866, 38870, 38889, 38910, 38920 y 38924), de 3 ejemplares que presentan las dos valvas (núms. 38237, 38710 y 38769), y a los contramoldes internos de una valva derecha (núm. 38888), y de 5 valvas izquierdas (núms. 38747, 38831, 38835, 38837 y 38841). De los contramoldes internos se han realizado moldes en escayola. El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text. 4.2) y por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 2) corresponde al ejemplar 38847 estudiado en este trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _i	NA _i	S _i	B	A	β
38723*	23,5	21,5	26,0	23,5	—	4,0	—	—
38741	12,0	15,3	15,0	15,0	7,0	2,5	126°	—
38745	29,0	28,5	24,0	28,5	—	4,0	—	—
38746	43,2	37,0	45,5	37,5	14,2	6,0	117°	69°
38753	11,0	17,5	14,5	16,9	7,9	3,2	128°	—
38831	39,0	34,0	44,5	30,5	10,0	4,2	—	—
38833	26,5	32,5	33,5	26,0	10,0	3,5	126°	94°
38834	42,0	30,5	44,0	27,5	17,0	3,2	—	—
38839	29,0	26,0	32,5	25,6	10,0	5,2	119°	78°
38846	9,5	15,0	11,2	12,0	25,0	6,5	—	—
38847	29,0	28,0	31,0	30,5	12,9	6,7	121°	87°
38853	24,0	25,0	28,5	22,0	15,2	3,5	110°	82°
38863*	26,0	27,0	31,0	25,0	12,0	9,0	96°	69°
38865	24,5	25,0	24,5	26,5	13,2	6,5	128°	99°
38866	22,0	23,5	26,0	22,5	17,0	3,9	120°	76°
38870	25,0	28,0	35,7	26,0	16,0	3,7	—	—
38888	24,5	14,0	23,5	17,5	—	4,2	—	—
38889	47,5	37,5	49,0	38,5	12,0	5,9	117°	81°
38902	31,0	27,5	30,2	31,0	—	5,0	—	—
38910	42,0	36,5	43,0	30,0	9,5	5,7	117°	81°
38920	20,0	18,0	26,5	13,0	—	2,5	—	—
38924	24,0	20,0	25,0	21,0	8,0	3,7	126°	79°

Las valvas son muy planas y tan sólo están medianamente abombadas en los estadios iniciales; presentando valores que oscilan desde un abombamiento (B) mínimo de 2,5 mm. hasta un máximo de 13,0 mm., aunque, generalmente, se sitúa entre los 3,9-6,7 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, en donde se diferencia una pequeña ala. El margen anterior es largo y está ligeramente curvado en los estadios posteriores. El salto de la concha no está muy marcado en el margen anterior. El perfil de la concha es ovalado, alargado en sentido ventral, de forma algo lingual. El valor del ángulo A oscila desde un mínimo de 110° hasta un máximo de 128°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 117°-128°, con la salvedad del ejemplar 38863, que tan sólo presenta un valor de 96° debido a la deformación que presenta. El valor del ángulo β oscila desde un mínimo de 69° hasta un máximo de 99°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 76°-87°. El umbo es relativamente amplio, redondeado, sobresaliente y muy prosogiro.

Las ondulaciones son relativamente prominentes. Se aprecian claras *crestocirculae*, especialmente en los ejemplares 38710, 38839, 38847 y 38865. La curvatura de las ondulaciones es circular en los estadios iniciales y en parte de los interme-

dios, siendo progresivamente ovalada en los estadios posteriores. Las ondulaciones suelen ser estrechas y aristadas en la valva derecha, mientras que en la valva izquierda no suelen ser muy estrechas y redondeadas (especialmente bien visible en los ejemplares 38710 y 38769), siendo en ambas valvas relativamente numerosas. El crecimiento de las ondulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aunque aumentando durante la ontogenia, con valores que oscilan desde un mínimo de 0,9 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 1,7 mm. en los intermedios, hasta un máximo de 3,2 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía, en las valvas derechas, desde el 160-110% de la mayoría de los ejemplares y el 91% del ejemplar 38863 en los estadios iniciales, hasta situarse alrededor del 132-97% en los posteriores (fig. 13). Mientras que en las valvas izquierdas varía desde el 143-104% en los estadios iniciales, pasando por el 120-90% en los intermedios, hasta situarse alrededor del 85-83% en los posteriores (fig. 14).

La relación NA en % de HA varía, en las valvas derechas, desde el 122-100% de la mayoría de los ejemplares y el 83% del ejemplar 38863 en los estadios iniciales, hasta situarse alrededor

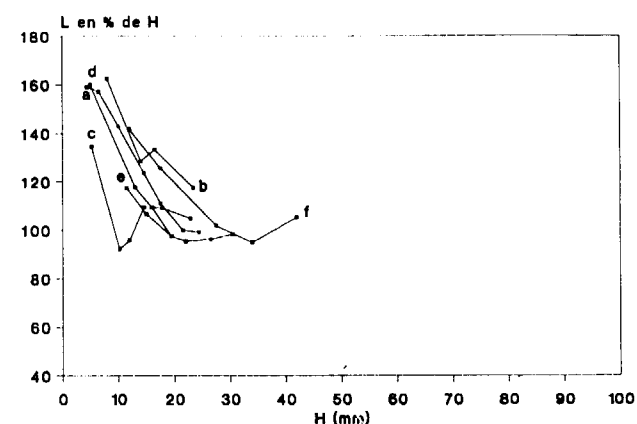


Figura 13.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas derechas: a=38839; b=38847; c=38863; d=38924; e=GPIT 1456/7 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 22); f=NLfB Kt6 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 1).

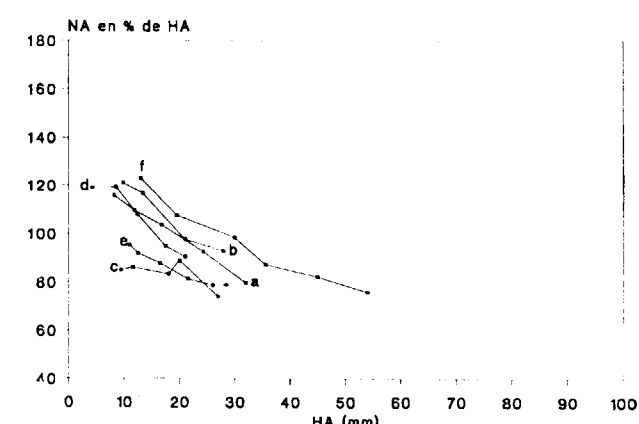


Figura 15.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas derechas: a=38839; b=38847; c=38863; d=38924; e=GPIT 1456/7 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 22); f=NLfB Kt6 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 1).

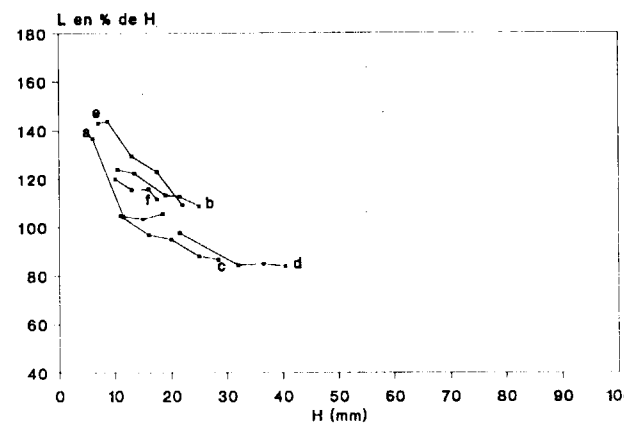


Figura 14.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas izquierdas: a=38703; b=38704; c=38709; d=38746; e=38866; f=GPIT 1456/8 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 5).

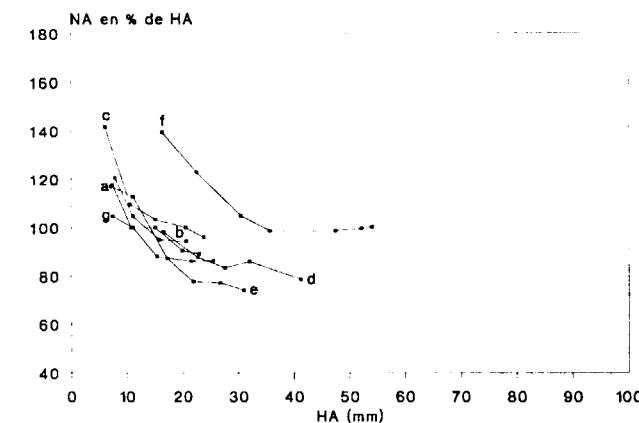


Figura 16.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas izquierdas: a=38700; b=38703; c=38704; d=38708; e=38709; f=38746; g=38866.

del 102-80% de la mayoría de los ejemplares y del 75% del ejemplar 38863 en los posteriores (fig. 15). Mientras que en las valvas izquierdas varía desde el 142-91% en los estadios iniciales, pasando por el 102-98% en los intermedios, hasta situarse alrededor del 80% en los posteriores (fig. 16).

La relación S en % de HA varía, en las valvas derechas 38839 y 38847, desde el 63-47% en

los estadios iniciales, pasando por el 50-44% en los intermedios, y disminuyendo hasta el 41% en los posteriores (fig. 17). Mientras que en la valva izquierda 38866 varía desde el 51% en los iniciales, hasta situarse alrededor del 44-40% en los posteriores (fig. 18).

El ángulo WA oscila, en las valvas derechas, alrededor de los 62°-53° en los estadios iniciales, pasando por los 63°-54° en los intermedios, hasta

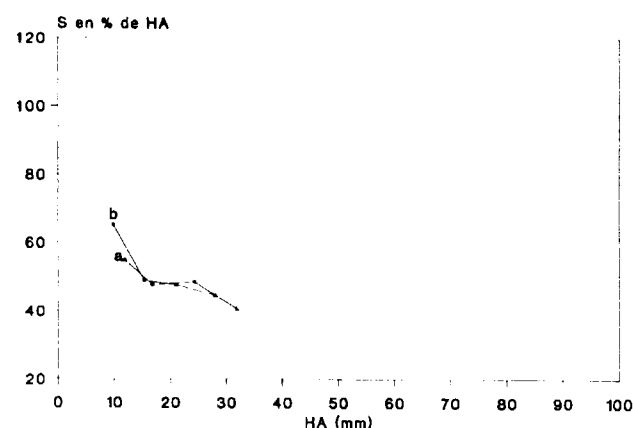


Figura 17.—Variación ontogénica de la relación S en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas derechas: a=38839; b=38847.

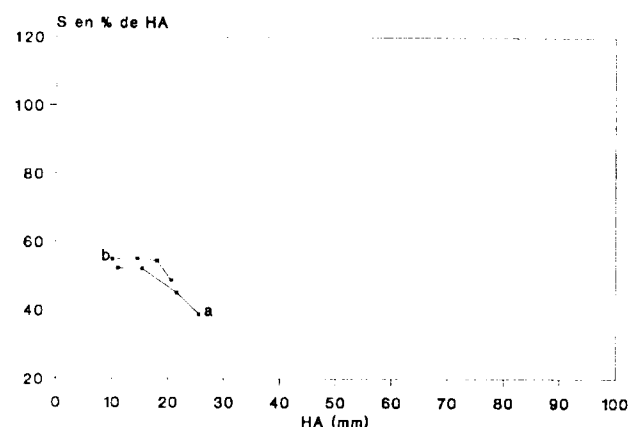


Figura 18.—Variación ontogénica de la relación S en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas izquierdas: a=38866; b=GPIT 1456/8 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 5).

los 59° en los posteriores (fig. 19). Mientras que en las valvas izquierdas oscila alrededor de los 81°-60° en los estadios iniciales, pasando por los 70°-60° en los intermedios, hasta los 66°-56° en los posteriores (fig. 20).

Discusión

Los ejemplares arriba estudiados presentan las características diagnósticas de la subespecie,

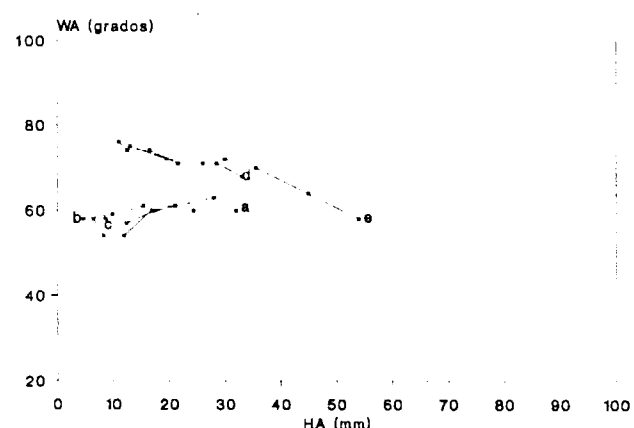


Figura 19.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas derechas: a=38839; b=38847; c=38924; d=GPIT 1456/7 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 1, fig. 22); e=NLFb Kt6 (KELLER, 1982, lám. 3, fig. 1).

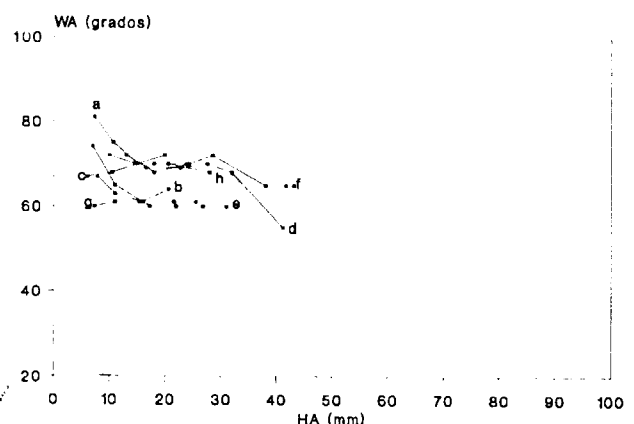


Figura 20.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay. Valvas izquierdas: a=38700; b=38703; c=38704; d=38708; e=38709; f=38746; g=38866; h=GPIT 1456/8 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 5).

sin mostrar ningún carácter que no esté incluido en su variabilidad. Estos ejemplares se diferencian del figurado por SOWERBY (1829, lám. 583, fig. 1), como uno de los tipos de *Inoceramus laetus* Sowerby, y refigurado por WOODS (1904-13, fig. text. 40) por presentar un umbo más estrecho y menos redondeado, junto con unas ondulaciones bastante menos subcuadradas y sin tramos de curvatura más recta.

Los ejemplares estudiados en el presente traba-

jo son muy semejantes a los figurados como *Mytiloides opalensis elongata* (SEITZ) por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 1, fig. 22 y lám. 2, fig. 5) y refigurados por WIEDMANN (1979, lám. 1, fig. 22 y lám. 2, fig. 5). Los valores de la relación L en % de H (figs. 13 y 14) y de la relación NA en % de HA (figs. 15 y 16) son muy semejantes. Pero uno de los ejemplares figurado por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 1, fig. 22; y refigurado por WIEDMANN, 1979, lám. 1, fig. 22) presenta valores de WA (fig. 19) más elevados, y que son más semejantes a los del ejemplar figurado por KELLER (1982, lám. 3, fig. 1).

Las ondulaciones mucho menos redondeadas y más estrechas, el umbo menos robusto, valores de la relación NA en % de HA (fig. 15) algo menores, y valores del ángulo WA más bajos (fig. 19) diferencian los ejemplares estudiados en el presente trabajo del figurado por KELLER (1982, lám. 3, fig. 1), mientras que los valores de la relación L en % de H son más semejantes (fig. 13).

La diferencia de ornamentación y abombamiento entre los estadios iniciales y los posteriores está mejor definida en el ejemplar figurado por SORNAY (1982, lám. 7, fig. 4) que en los estudiados en el presente trabajo.

El perfil ovalado-alargado, las ondulaciones subcirculares en los estadios iniciales y ovalada-oblicuas en los posteriores permiten atribuir a esta subespecie al ejemplar figurado como *Mytiloides* aff. *goppelnensis* por HESSEL (1988, fig. 31C). Asimismo, el ejemplar figurado como *Mytiloides hercynicus* por HESSEL (1988, fig. 31C) posee ondulaciones circulares en los estadios iniciales y claramente ovaladas en los estadios posteriores, así como crestae, lo que es característico de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis*, por lo que también se le puede atribuir a la citada subespecie.

Inoceramus (Mytiloides) modeliaensis Sornay es una especie del Turoniense Inferior de Colombia, que según SORNAY (1981, p. 139) muestra gran afinidad con *I. (My.) hercynicus*. Pero sus ondulaciones subcuadradas algo romboidales y la presencia de crestocirculae son bastante propios de

I. (My.) goppelnensis goppelnensis, en lugar de serlo de *I. (My.) hercynicus*.

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Turoniense Inferior de España, Alemania, Inglaterra, Rumania?, URSS? y Checoslovaquia.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en la inferior del Turoniense Inferior de las series GA-I, GA-II y GA-III de Ganuza (Navarra).

Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis tourtenayensis Badillet y Sornay, 1980

Tipo

El holotipo, por monotipia, es el ejemplar figurado por SORNAY (1982, lám. 7, fig. 3). Procede, según SORNAY (1982), de la Zona de *Kamerunceras turoniense*, parte media del Turoniense, de la cantera de Tourtenay (Deux-Sèvres, Francia).

Diagnosis

Estadios iniciales muy planos, con ornamentación fina y regular, y con *annuloriae* y *crestae*. Margen anterior arqueado hacia adelante. Más alto que largo en los estadios posteriores. Umbo más anterior que en *Inoceramus (Mytiloides) transiens*. Resalte entre el estadio juvenil y el adulto.

Discusión

Hasta el momento no se había realizado la diagnosis de la especie, y la única descripción algo completa la había llevado a cabo SORNAY (1982, pp. 139-140). Por ello, y a efectos de este trabajo, se ha efectuado una diagnosis en base a la ilustración del ejemplar y a la descripción llevada a cabo por SORNAY (1982).

Distribución

Esta subespecie ha sido reconocida en el Turoniense Inferior y en la parte basal del Turoniense Medio en Francia.

Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis aff. *tourtenayensis* Badillet y Sornay, 1980

Figs. 21-23, lám. 2, fig. 4

Comparar

1980 *Inoceramus goppelnensis* *tourtenayensis* nov. subsp.; Badillet y Sornay, p. 325, fig. 1.

1982 *Inoceramus goppelnensis* *tourtenayensis* SORNAY; Sornay, pp. 139-140, lám. 7, fig. 3.

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40632), que corresponde al contramolde interno de una valva derecha, del que se ha realizado un molde en escayola.

Descripción

La valva es de tamaño muy grande, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40632	105,0	73,0	114,2	58,5	—	8,2	—	—

La valva es bastante plana, tan sólo está medianamente abombada en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento. Es especialmente plana en el área posterodorsal, en donde se delimita un ala pequeña, que no está bien diferenciada del resto de la valva. El margen anterior no se ha conservado. El salto de la concha parece algo mayor en el margen anterior. El perfil de la concha es ovalado, muy alargado en sentido ventral, de forma algo lingual. El umbo se ha conservado parcialmente, siendo claramente prosogiro.

Las ondulaciones están bien marcadas y se aprecian claras *crestocirculae* en los estadios iniciales e intermedios. Se observa un fuerte cambio de ornamentación entre los estadios iniciales y los posteriores. Las ondulaciones son estrechas y redondeadas inicialmente, más aristadas posteriormente, y poseen crecimientos muy amplios (3,0-8,8 mm.). En los estadios intermedios (a partir de H=26,0 y H=30,0 mm.) las ondulaciones son algo transicionales entre un tipo y otro, conservando las *crestocirculae* y siendo ya de curvatura algo ovaladas. Mientras que en los estadios posteriores (a partir de H=50,9 y HA=52,0 mm.) las ondulaciones son muy redondeadas, marcadas más suavemente, con débiles *circulae* y de perfil muy ovalado y alargado en sentido ventral. Las ondulaciones son circulares en los estadios iniciales y en parte de los intermedios, y progresivamente ovaladas en los estadios posteriores. El crecimiento de las ondulaciones es elevado durante toda la ontogenia, con valo-

res que oscilan desde un mínimo de 3,0 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 8,8 mm. en los intermedios, hasta alcanzar un máximo de 12,5 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 142% en los estadios iniciales, pasando por el 124-98% en los intermedios, y disminuyendo hasta el 91-73% en los posteriores (fig. 21).

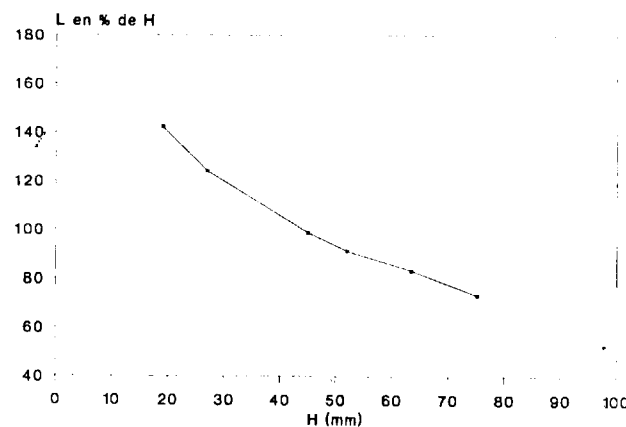


Figura 21.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* aff. *tourtenayensis* Badillet y Sornay. Valva derecha núm. 40632.

Para la relación NA en % de HA la variación es del 135%, pasando por el 103-101%, y disminuyendo hasta alcanzar el 90-70%, respectivamente (fig. 22).

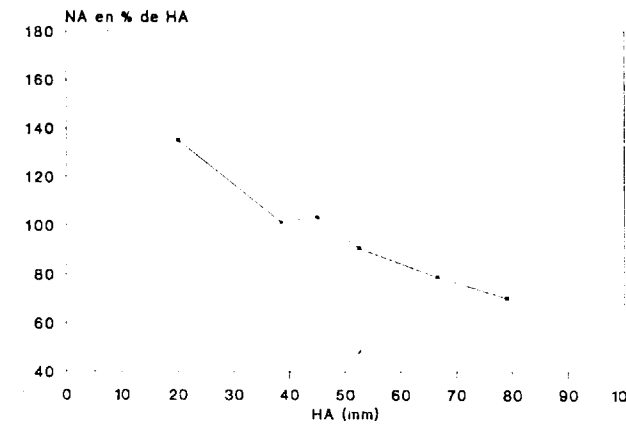


Figura 22.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* aff. *tourtenayensis* Badillet y Sornay. Valva derecha núm. 40632.

El ángulo WA oscila desde los 72° en los estadios iniciales, pasando por los 68° en los intermedios, disminuyendo hasta los 66° en los posteriores (fig. 23).

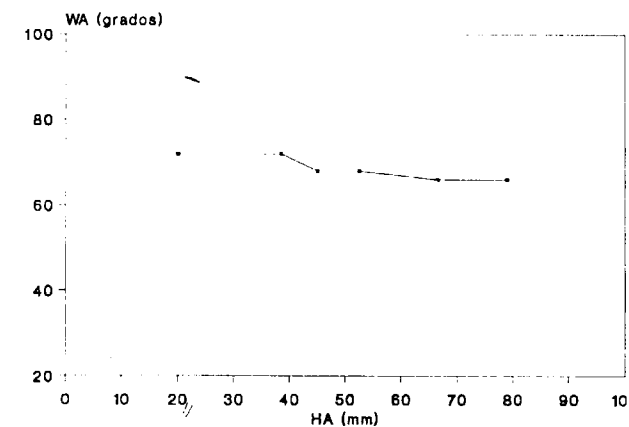


Figura 23.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* aff. *tourtenayensis* Badillet y Sornay. Valva derecha núm. 40632.

Discusión

El ejemplar aquí estudiado se diferencia del holotipo de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* *tourtenayensis* por poseer ondulaciones estrechas, de muy amplios crecimientos, y que cambian de redondeadas a aristadas en los estadios iniciales. Mientras que ambos ejemplares son

muy similares por lo que respecta a la gran diferencia entre los estadios iniciales y los posteriores, y a su ornamentación en los estadios posteriores.

Por las diferencias arriba expuestas y puesto que no se tiene información acerca de la variabilidad de la subespecie se debe considerar a este ejemplar como afín a la subespecie establecida por BADILLET y SORNAY (1980).

Distribución

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en la parte superior del Turoniense Inferior de la localidad GAS-III (Gastiain, Navarra).

Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis subsp. n.

Figs. 24-30, lám. 2, fig. 2

- . 1977b *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Kauffman, lám. 6, figs. 8 y 12.
- . 1978 *Mytiloides mytiloides* (Mantell); Kauffman et al., XXIII, 9, lám. 10, figs. 8 y 12.
- . p 1978 *I. Hercynicus* Petrascheck; Robaszynski, lám. 2, sólo fig. 3 (no fig. 2).
- p? 1982 *I. hercynicus* PETRASCHECK; Sornay, p. 140, sólo lám. 8, figs. 1a y 1c (no fig. 2).
- ? 1987 *M. opalensis* of authors non Böse; Kennedy, Wright y Hancock, fig. text. 12.B.
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* (BADILLET & SORNAY) n. subsp. ?; Lamolda, López y Martínez, fig. text. 4.3.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis* n. subsp. ?; López, pp. 196-197, fig. text. 6, lám. 1, fig. 6.

Holotipo

Ejemplar 38219, correspondiente a una valva derecha, anteriormente ya fue figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, text. fig. 4.3) y LOPEZ (1990a, lám. 1, fig. 6).

Localidad tipo

Ganuja (Navarra).

Estrato tipo

Nivel 5 de la serie GA-IV (Ganuja, Navarra), correspondiente a la parte superior del Turoniense Inferior.

Derivatio Nominis

Nombre procedente de la localidad tipo, Ganuja (Navarra).

Diagnosís

Perfil ovalado, alargado en sentido ventral, ángulo A con un valor medio de 105°-116°, ángulo β con un valor medio de 78°-85°. Ondulaciones circulares en los estadios iniciales y ovaladas en los posteriores, annulocirculae. Valores de la relación L en % de H del 124% en los estadios

iniciales y del 75% en los posteriores. Valores de la relación NA en % de HA del 100% en los estadios iniciales y del 72% en los posteriores. El ángulo WA oscila desde los 70° en los estadios iniciales hasta los 42° en los posteriores.

Material

Se han estudiado 36 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 15 valvas derechas (núms. 38196, 38198, 38218, 38219, 38225, 38230, 38269, 38425, 38929, 38933, 38939, 36982, 38989, 38991 y 38992), de 16 valvas izquierdas (núms. 38199, 38202, 38212, 38213, 38214, 38781, 38930, 38935, 38938, 38943, 38945, 38957, 38965, 38969, 38974 y 40228), de 3 ejemplares que presentan las dos valvas (núm. 38931, 38983 y 40778), y a los contramoldes internos de una valva derecha (núm. 40844), y de una valva izquierda (núm. 40843). De los contramoldes internos se han realizado moldes en escayola. El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text. 4.3) y por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 6) corresponde al ejemplar 38218 estudiado en el presente trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38196	59,5	44,5	60,5	40,5	15,0	11,5	108°	82°
38198	47,5	32,5	50,5	36,4	—	6,5	—	—
38199	49,5	42,5	52,0	40,0	15,0	10,0	101°	67°
38202	54,5	33,5	49,5	35,0	11,5	7,5	115°	62°
38212	32,5	27,0	28,4	31,6	13,0	4,5	105°	83°
38213	43,5	26,5	45,5	37,0	—	11,7	—	—
38214	59,5	51,0	60,5	39,5	27,0	8,9	106°	71°
38218	39,5	31,5	38,5	28,5	10,5	6,2	115°	84°
38225*	33,5	28,0	39,0	31,0	—	6,5	—	—
38230	30,5	20,0	32,5	22,0	4,5	5,5	105°	82°
38269	46,5	36,5	40,0	39,0	—	3,9	—	—
38425	38,4	20,0	29,9	25,4	10,2	7,4	112°	85°
38781	49,0	26,5	48,0	19,5	9,8	9,0	—	—
38930	25,5	19,0	19,0	24,5	—	8,2	—	—
38933	23,5	29,5	22,0	29,5	14,5	5,9	106°	80°
38935	36,5	37,2	40,0	32,0	—	5,5	—	—
38943	37,0	36,0	40,5	31,5	7,5	7,5	124°	78°
38945*	36,5	33,0	45,5	28,0	—	7,5	—	—
38957*	25,0	16,0	25,0	14,2	7,5	5,7	—	—
38965	24,0	14,2	21,5	19,7	7,0	7,2	—	—
38969	34,0	25,5	33,5	26,5	—	8,3	109°	88°

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38974	31,5	25,0	32,5	18,0	—	7,5	—	—
38982	20,5	19,8	22,2	20,3	12,0	4,5	111°	84°
38989*	53,8	37,2	58,0	42,0	17,0	6,4	—	—
38991	15,5	17,8	16,4	18,8	11,0	5,3	116°	76°
38992*	55,9	42,5	59,0	43,0	—	7,0	—	—
40778d	56,8	47,0	59,9	33,0	12,5	9,9	—	—
40778i	41,3	42,5	53,2	29,0	10,1	5,7	—	—

Las valvas están medianamente abombadas durante toda la ontogenia, con valores que oscilan desde un abombamiento (B) mínimo de 3,9 mm., hasta un máximo de 11,7 mm., oscilando generalmente entre los 5,5-8,9 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, aunque sin llegar a definirse un ala verdadera. El margen anterior es relativamente recto. El salto de la concha está mucho más marcado en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es ovalado, alargado en el sentido ventral, con una forma semejante a una lengua. El valor del ángulo A oscila desde un mínimo de 101° hasta un máximo de 124°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 105°-116°. El valor del ángulo β oscila desde un mínimo de 62° hasta un máximo de 88°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 76°-85°. El umbo es relativamente ancho, no muy agudo, sobresaliente y muy prosogiro.

Las ondulaciones son relativamente prominentes. Se aprecian claras *annulocirculae*, especialmente en los ejemplares 38218 y 40778. La curvatura de las ondulaciones es circular en los estadios iniciales, mientras en los estadios posteriores es progresivamente ovalada y alargada en sentido ventral. Las ondulaciones son generalmente redondeadas y no muy numerosas, algo estrechas en los estadios iniciales, y más anchas en los posteriores. El crecimiento de las ondulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aumentando durante la ontogenia, con valores que oscilan desde un mínimo de 0,8 mm. en los estadios iniciales, pasan por los 4,6 mm. en los intermedios, hasta un máximo de 7,3 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía, en las valvas derechas, desde el 123-100% en los estadios iniciales, pasando por el 100-85% en los intermedios, y disminuyendo hasta el 92-75% en los pos-

teriores (fig. 24). Mientras que en las valvas izquierdas, varía desde el 112-100% en los estadios iniciales, pasando por el 121-98% en los intermedios, y disminuyendo hasta el 93-84% en los posteriores (fig. 25).

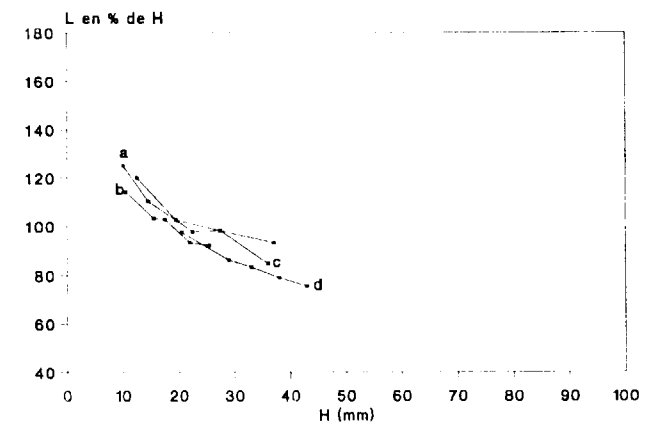


Figura 24.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganujaensis* subsp. n. Valvas derechas: a=38196; b=38218; c=38219; d=38938.

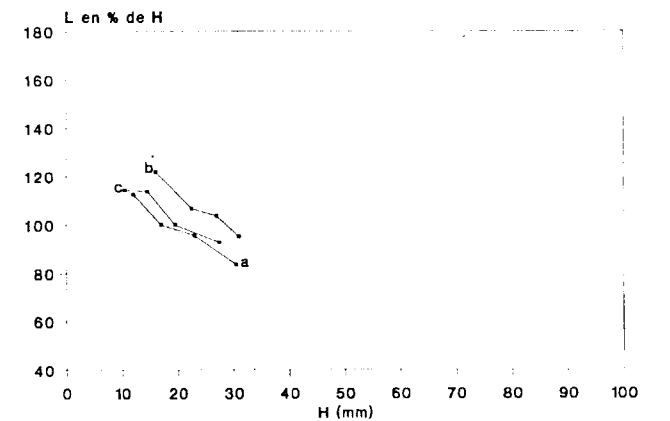


Figura 25.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganujaensis* subsp. n. Valvas izquierdas: a=38202; b=38214; c=38943.

La relación NA en % de HA varía, en las valvas derechas, desde el 100-70% en los estadios iniciales, pasando por el 91-66% en los intermedios, hasta situarse alrededor del 81-72% en los posteriores (fig. 26). Mientras que en las valvas izquierdas, varía desde el 100-86% en los estadios iniciales, pasando por el 100-76% en los intermedios, hasta situarse alrededor del 85-75% en los posteriores (fig. 27).

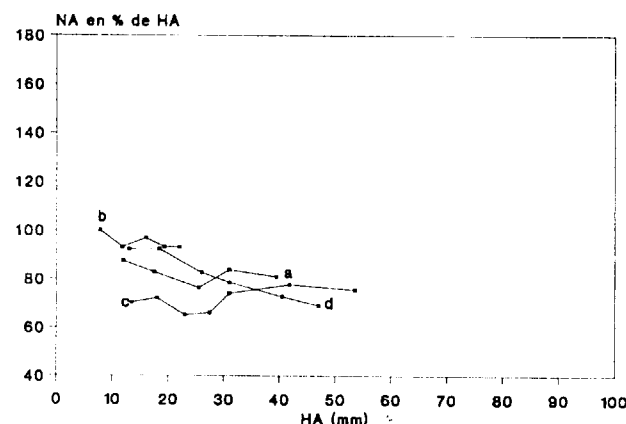


Figura 26.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valvas derechas: a=38196; b=38218; c=38219; d=38938.

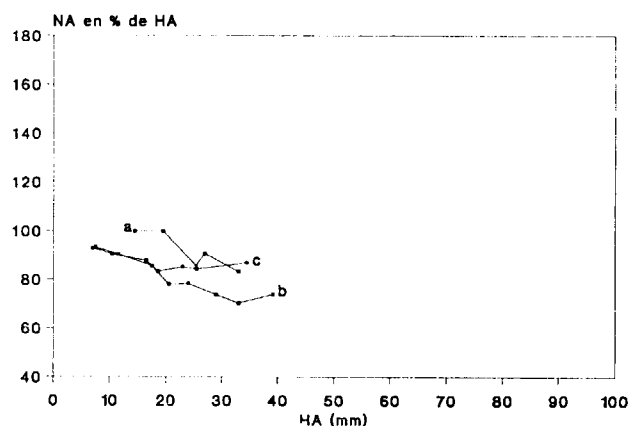


Figura 27.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valvas izquierdas: a=38202; b=38214; c=38943.

La relación S en % de HA tan sólo se ha podido cuantificar en el ejemplar 38196, en el que se observa que varía desde el 53% en los estadios

iniciales, pasando por el 41-37% en los intermedios, y situándose alrededor del 37% en los posteriores (fig. 28).

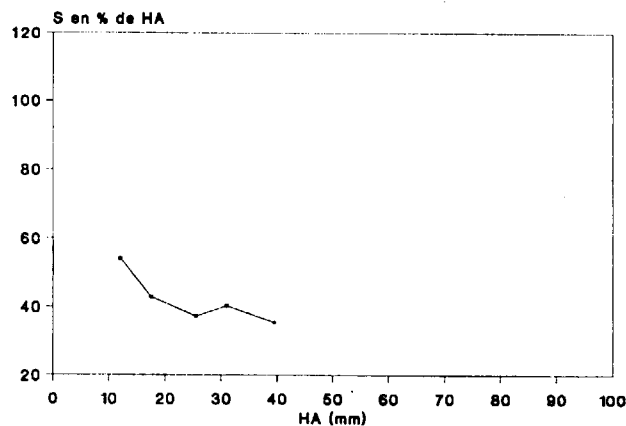


Figura 28.—Variación ontogénica de la relación S en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valva derecha núm. 38196.

El ángulo WA oscila, en las valvas derechas, alrededor de los 70°-60° en los estadios iniciales, pasando por los 66°-62° en los intermedios, hasta los 66°-60° de los posteriores (fig. 29), aunque el ejemplar 38219 presenta valores más bajos. En las valvas izquierdas, oscila alrededor de los 74°-60° en los estadios iniciales, pasando por los 74°-56° en los intermedios, hasta los 68°-54° de los posteriores, mientras que el ejemplar 38202 presenta valores más elevados (fig. 30).

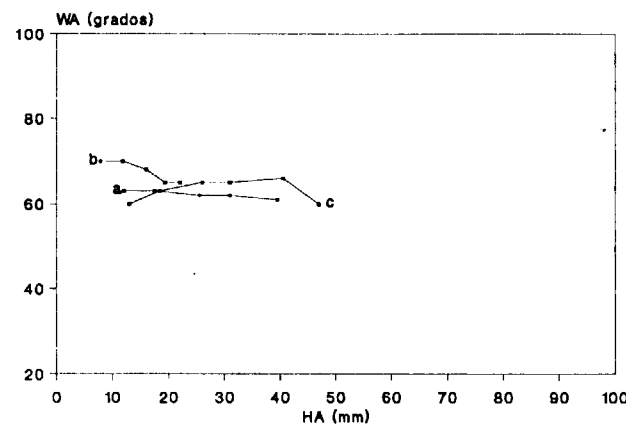


Figura 29.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valvas derechas: a=38196; b=38218; c=38938.

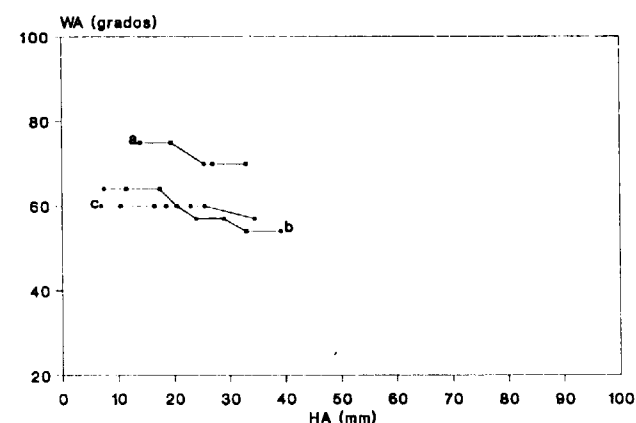


Figura 30.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Valvas izquierdas: a=38202; b=38214; c=38943.

Discusión

Esta subespecie se diferencia de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis* Badillet y Sornay por su ornamentación (más similar a la de *I. (My.) mytiloides*) y por sus valores menores de la relación NA en % de HA.

Los ejemplares figurados como «*Mytiloides mytiloides* (Mantell)» por KAUFFMAN (1977b, lám. 6, figs. 8 y 12) y refigurados por KAUFFMAN et al. (1978, lám. 10, figs. 8 y 12) parecen presentar las características propias de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n., especialmente por su umbo agudo, por sus ondulaciones muy redondeadas y más subcirculares en los estadios iniciales, y la presencia de anulocirculae.

ROBASZYŃSKI (1978, lám. 2, fig. 3) figura un ejemplar bajo la denominación de «*I. Hercynicus*», el cual presenta el perfil y la ornamentación de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n.

Dos de los ejemplares figurados como «*I. hercynicus*» por SORNAY (1982, lám. 8, figs. 1a y 1c) podrían ser atribuidos a *I. (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* n. subsp., ya que presentan una ornamentación y un perfil similares; aunque su estado de conservación no permite asegurar su atribución a esta nueva subespecie.

El ejemplar figurado como «*M. opalensis* of authors non Böse por KENNEDY, WRIGHT y HAN-

COCK (1987, fig. text. 12.B) muestra *annulocirculae* y un perfil bastante similar al de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n., pero no se puede asegurar su pertenencia a esta última subespecie, ya que presenta los estadios iniciales algo erosionados. Por otra parte, el ejemplar figurado como *Mytiloides columbianus* (HEINZ, 1935) por KENNEDY, WRIGHT y HANCOCK (1987, fig. text. 12.A) muestra un perfil similar a *I. (My.) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n., pero se diferencia de ésta por poseer unas ondulaciones oblicuas a las líneas de crecimiento, y con tramos de curvatura recta, así como un menor valor del ángulo WA.

Distribución

Esta nueva subespecie se ha reconocido, aunque bajo otras denominaciones, en España, Portugal, Francia y el Western Interior (EE. UU.).

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en las series GA-I, GA-III y GA-IV de Ganuza (Navarra). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha reconocido en la serie PU (Puentedey, Burgos) y en la serie SON-I (Soncillo, Burgos). Su distribución estratigráfica se restringe a la parte superior del Turoniense Inferior.

Inoceramus (Mytiloides) transiens Seitz, 1934

Figs. 31-33, lám. 2, fig. 5

- p 1923 *Inoceramus Hercynicus* Petrascheck; Böse, 181-183, lám. 12, sólo figs. 3 (no figs. 1-2, 4-5).
- 1934 *Inoceramus labiatus* n. var. subhercynica; Seitz, 465-469, fig. text. 18a-f, lám. 40, figs. 1, 2 y 5?
- v* 1934 *Inoceramus labiatus* var. subhercynica n. forma transiens; Seitz, 465-469, lám. 40, figs. 3 y 4?
- p 1962 *Inoceramus labiatus* Schlotheim; Hattin, 51, lám. 14, sólo figs. D y F (no figs. B y G).
- 1977 *Mytiloides subhercynicus* (Seitz); Hattin y Cobban, fig. 8.6.

- ? 1977b *Mytiloides subhercynicus subhercynicus* (Seitz); Kauffman, lám. 7, figs. 7 y 8.
- ? 1977b *Mytiloides subhercynicus transiens* (Seitz); Kauffman, lám. 7, figs. 9 y 13.
- . 1978a *Mytiloides subhercynicus subhercynicus* (Seitz); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, fig. 5, lám. 3, fig. 3.
- . 1978a *Mytiloides subhercynicus transiens* (Seitz); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, fig. 6, lám. 2, figs. 2 y 7.
- ? 1978 *Mytiloides subhercynicus subhercynicus* (Seitz); Kauffman, et al., XXIII, 8-10, lám. 6, figs. 7 y 8.
- ? 1978 *Mytiloides subhercynicus transiens* (Seitz); Kauffman et al., XXIII, 8-10, lám. 6, figs. 9 y 13.
- vp. 1978 *Mytiloides subhercynicus* (SEITZ); Wiedmann y Kauffman, III, 3, lám. 2, sólo fig. 4 (no fig. 2).
- vp. 1979 *Mytiloides subhercynicus* (SEITZ); Wiedmann, lám. 2, sólo fig. 4 (no fig. 2).
- v. 1982 *Mytiloides transiens* (SEITZ, 1934); Keller, 133-135, lám. 3, fig. 5.
- ? 1982 *I. goppelnensis transiens* SEITZ; Sornay, p. 139, lám. 7, fig. 1, lám. 7, fig. 5.
- ? 1982 *Inoceramus (Mytiloides) subhercynicus* SEITZ; Aoki y Tashiro, lám. 7, figs. 1, 2, 3, 4 y 5.
- ? 1984 *Inoceramus (Mytiloides) subhercynicus* Seitz; Berthou, lám. 1, fig. 4.

- p 1988 *Mytiloides transiens* (Seitz, 1935); Hessel, pp. 21-22, sólo fig. 31A (no fig. 31B).
- ? 1988 *Inoceramus (Mytiloides) transiens* Seitz; Szasz e Ion, lám. 9, figs 4, 5 y 6.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) transiens* (Seitz); López, pp. 198-200, fig. text. 8, lám. 1, fig. 4.

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar GLB 112, figurado como *I. labiatus* var. *subhercynica* por SEITZ (1934, lám. 40, fig. 1). Procede del Turoniense Inferior de Lengerich en Westfalen (R. F. A.).

Diagnosis

Inequivalvo, inequilateral, tamaño medianamente grande (H máxima de hasta 55,0 mm.), plano, sólo ligeramente abombado en los estadios iniciales (B máxima de hasta 8,0 mm.). Perfil oval-alargado, parecido a la forma de alubia de *Inoceramus (Mytiloides) submytiloides*. En los estadios iniciales se refuerzan los incrementos de la concha (diagnosis según KELLER, 1982, p. 133).

Material

Se han estudiado 4 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 4 valvas derechas (núms. 38242, 38694, 38707 y 38898). El ejemplar figurado por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 4) corresponde al ejemplar 38898 estudiado en este trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _i	NA _i	S _i	B	A	β
38242*	15,4	19,5	15,0	19,4	12,8	2,3	—	—
38694	12,5	18,0	14,2	18,0	—	3,8	—	—
38707	13,5	24,0	25,0	17,5	7,0	5,0	125°	—
38898	35,0	29,0	38,5	28,5	11,5	6,8	124°	104°

Las valvas están algo abombadas en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento, con valores que oscilan desde un abombamiento (B) mínimo de 2,3 mm. hasta uno máximo de 6,8 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, en donde se delimita un ala pequeña. El margen anterior es relativamente largo y está curvado. El salto de la concha está mucho más marcado en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es ovalado-ancho, alargado en sentido posterior. El valor del ángulo A se sitúa alrededor de los 125°-124°. El valor del ángulo β tan sólo se ha podido apreciar en el ejemplar 38898, alcanzando los 104°. El umbo es algo ancho, redondeado, prominente, sobresaliente y muy prosogiro.

Las ondulaciones son estrechas, aristadas y no muy numerosas. Se aprecian *circulae* (especialmente en el ejemplar 38898) y *annulocirculae* (especialmente en el ejemplar 38242), ambos tipos tan sólo se aprecian en los estadios posteriores, debido al estado de conservación de los ejemplares. La curvatura de las ondulaciones es ovalada, aunque algo más circular en los estadios iniciales, siendo más ancha en los estadios posteriores. El crecimiento de las ondulaciones suele aumentar durante la ontogenia; con valores que oscilan desde un mínimo de 0,9 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 3,2 mm. en los intermedios, hasta un máximo de 5,7 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 165-129% en los estadios iniciales, hasta el 105% en los posteriores (fig. 31).

La relación NA en % de HA varía desde el 121-88% en los estadios iniciales, hasta alcanzar el 94% en los posteriores (fig. 32).

El ángulo WA oscila desde los 44°-49° en los estadios iniciales, hasta los 54° en los posteriores (fig. 33).

Discusión

SEITZ (1934) diferenció *I. subhercynicus* de *I. subhercynicus transiens* por su estadio adulto mitiloide. Pero en la actualidad, de todos los ejemplares que estudió SEITZ (1934) no se conserva ninguno de *I. subhercynicus*, y tan sólo uno de *I. subhercynicus transiens*. Aceptando la propuesta de BADILLET y SORNAY (1980, p. 324-

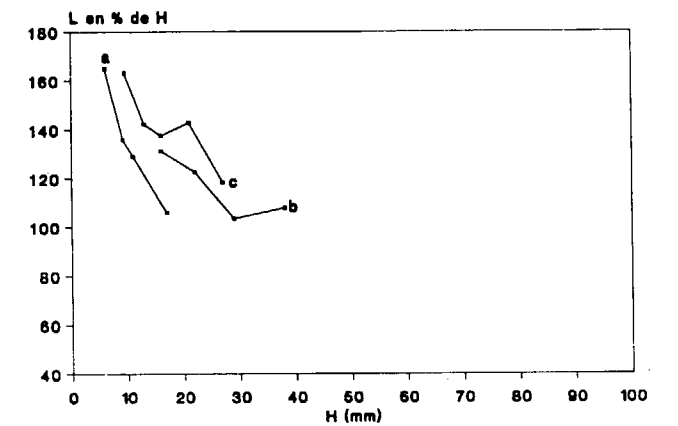


Figura 31.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) transiens* Seitz. Valvas derechas: a=38898; b=Kr2 (SEITZ, 1934, lám. 40, figs. 3a-c). Valva izquierda: c=GPIT 1456/18 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 4).

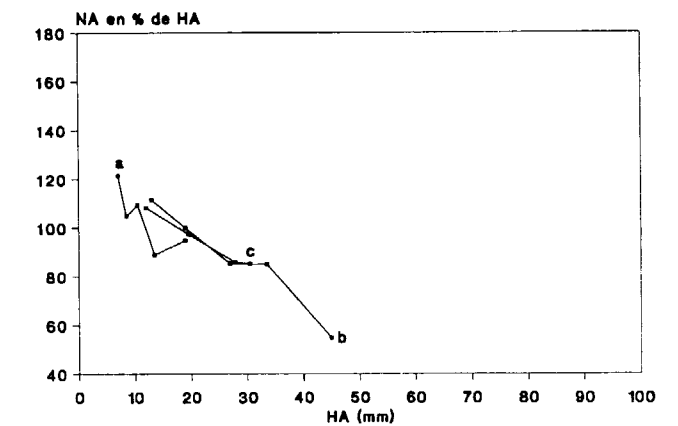


Figura 32.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) transiens* Seitz. Valvas derechas: a=38898; b=Kr2 (SEITZ, 1934, lám. 40, figs. 3a-c). Valva izquierda: c=GPIT 1456/18 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 4).

325), los ejemplares de *I. subhercynicus* corresponderían a individuos incompletos de *I. subhercynicus transiens*, que tan sólo presentarían el estadio juvenil. Así mismo, BADILLET y SORNAY (1980, p. 325) mantienen el nombre de *transiens* para las dos subespecies de SEITZ, puesto que el nombre *subhercynicus* ya había sido utilizado por EGOJAN (1955), asignándola como subespecie de *I. goppelnensis*. KELLER (1982, p. 133) la eleva al rango de especie, asignándola al género *Mytiloides*.

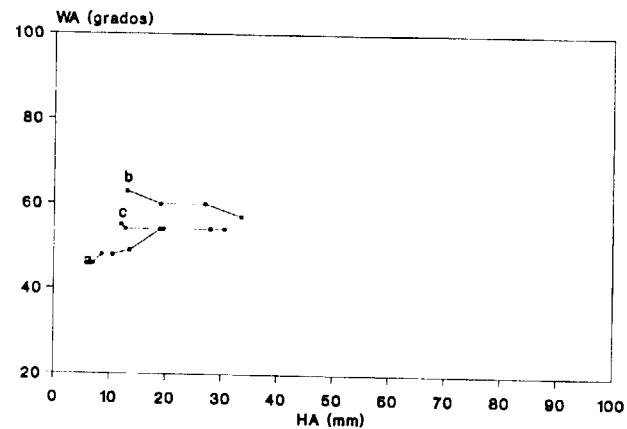


Figura 33.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) transiens* Seitz. Valvas derechas: a=38898; b=Kr2 (SEITZ, 1934, lám. 40, figs. 3a-c). Valva izquierda: c=GPIT 1456/18 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 4).

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo presentan las características diagnósticas de esta especie, sin mostrar ningún carácter que no esté incluido dentro de la variabilidad de la especie, por lo que no existe nueva información que añadir a la diagnosis realizada por KELLER (1982). Estos ejemplares se diferencian del único que se ha conservado de los figurados por SEITZ (1934, lám. 40, fig. 3a-c) por tener unas ondulaciones mucho menos numerosas y por presentar una marcada diferencia entre el abombamiento del ala y la del resto de la concha. No obstante, los valores de la relación L en % de H (fig. 31) y de la relación NA en % de HA (fig. 32) son muy semejantes.

Uno de los ejemplares de *Mytiloides subhercynicus* (SEITZ) figurados por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 2, fig. 4) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 2, fig. 4) presenta las características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides) transiens*, especialmente el umbo y la curvatura de las ondulaciones. Los valores de la relación NA en % de HA (fig. 32) son acordes con los de los ejemplares estudiados en este trabajo, aunque son algo más similares a los del ejemplar figurado por SEITZ.

KELLER (1982, lám. 3, fig. 5) figura un ejemplar que presenta las características típicas de esta especie, pero está muy deformado, con lo que las gráficas de variación ontogénica no son fiables.

Los ejemplares de *I. goppelnensis transiens* figurados por SORNAY (1982, lám. 7, figs. 1 y 5) no muestran todas las características típicas de la especie, presentando un estadio posterior con una forma más mytiloide. Por ello no se puede asegurar que se trate de esta especie.

Uno de los ejemplares figurados por HESSEL (1988, fig. 31A), presenta las características diagnósticas de esta especie, mientras que el otro (HESSEL, 1988, fig. 31B) presenta los caracteres diagnósticos de *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus*, especialmente unas ondulaciones claramente subcuadradas.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Inferior del norte de Alemania, Humania?, Checoslovaquia, México y el Western Interior de los EE. UU.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en el Turoniense Inferior de las series GA-I, GA-II y GA-III de Ganuza (Navarra).

Inoceramus (Mytiloides) hercynicus Petrascheck, 1903

Figs. 34-38, lám. 3, fig. 1

- p* 1903 *Inoceramus hercynicus* n. sp.; Petrascheck, 156-158, fig. text. 1, lám. 8, sólo figs. 2 y 3 (no 1).
- p. 1923 *Inoceramus Hercynicus* Petrascheck; Böse, 181-183, lám. 12, sólo fig. 4 (no 1, 2, 3 y 5).
- . 1928c *Inoceramus plicatus* D'ORB., var. hercynica PETR.; Heinz, 65-68, lám. 4, fig. 5.
- 1932 *Inoceramus (Orpheceramus) hercynicus* Petr.; Wolansky, p. 27, lám. 3, fig. 28.
- 1934 *Inoceramus hercynicus* PETRASCHECK; Andert, pp. 136-137.
- 1934 *Inoceramus labiatus* var. hercynica PETR.; Seitz, 454-457.

- 1968 *Inoceramus hercynicus* Petrascheck; Kociubinski, p. 121, lám. 17, figs. 2 y 3.
- p 1977b *Mytiloides subhercynicus* (Seitz) n. subsp. transitional to *M. mytiloides* (Mantell); Kauffman, 9, lám. 7, sólo fig. 12 (no fig. 10).
- ? 1978a *Mytiloides? hercynicus* (Petrascheck); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 1, fig. 10.
- . 1978a *Mytiloides hercynicus* (Petrascheck); Kauffman, XIII, 1-2, lám. 3, fig. 7.
- p 1978 *Mytiloides subhercynicus* (Seitz) n. subsp. transitional to *M. mytiloides* (Mantell); Kauffman et al., XXIII, 9, lám. 6, sólo fig. 12 (no fig. 10).
- v. 1978 *Mytiloides hercynicus* (PETRASCHECK); Wiedmann y Kauffman, lám. 2, fig. 2.
- n 1978 *I. hercynicus* Petrascheck; Robaszynski, lám. 2, figs. 2 y 3.
- v. 1979 *Mytiloides hercynicus* (PETRASCHECK); Wiedmann, lám. 2, fig. 2.
- ? 1981 *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck, 1903; Tzankov, p. 98, lám. 42, fig. 1.
- v. 1982 *Mytiloides hercynicus* (PETRASCHECK, 1903); Keller, 131-132, lám. 4, fig. 1.
- n 1982 *I. hercynicus* PETRASCHECK; Sornay, p. 140, lám. 8, figs. 1a y 1c, lám. 8, fig. 2.
- n 1982 *Inoceramus (Mytiloides?) hercynicus* PETRASCHECK; Aoki y Tashiro, lám. 7, figs. 8 y 9.
- 1984 *Inoceramus hercynicus* Petrascheck; Ciésłinski y Błaszkiwicz, p. 362, lám. 155, fig. 3.
- . 1984 *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck; Berthou, lám. 1, fig. 3.
- . 1984 *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck; Berthou, lám. 1, fig. 3.
- . 1986 *Mytiloides hercynicus* (Petrascheck); Cobban, fig. text. 8D.
- ? 1988 *Inoceramus hercynicus* Petrascheck, 1903; Ali-zade et al., p. 251, lám. 5, fig. 3.
- n 1988 *Mytiloides hercynicus* (Petrascheck, 1904); Hessel, p. 21, figs. 31 D-F.
- p 1988 *Mytiloides transiens* (Seitz, 1935); Hessel, pp. 21-22, sólo fig. 31B (no fig. 31A).
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* (PETRASCHECK); Lamolda, López y Martínez, fig. text. 4.7.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* (Petrascheck); López, pp. 201-202, fig. text. 10, lám. 1, fig. 8.

Tipo

El lectotipo, por designación de SEITZ (1934, pp. 454-455), es el ejemplar de *I. hercynicus* PETR. figurado por PETRASCHECK (1903, lám. 8, fig. 3). Procede del *labiatus*-Schichten (Turoniense Inferior) de Weissenberg cerca de Prag. Nombre derivado de *Hercynica silva*, que corresponde a la denominación latina de la región de la selva alemana.

Diagnosis

Equivalvo, ligeramente inequilateral, tamaño muy grande (H máxima de hasta 160,0 mm.), plano (B máxima de cerca de 6,0 mm.). Perfil cuadrado a rectangular (diagnosis según KELLER, 1982, p. 131).

Material

Se han estudiado 16 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 5 valvas derechas (núms. 38428, 38458, 38486, 40518 y 40864), de

4 valvas izquierdas (núms. 38462, 38490, 40763 y 40764), de 3 ejemplares de los que se desconoce a qué valva corresponden (núms. 38459, 38460, y 38461), y a los contramoldes internos de una valva derecha (núm. 38465), y de 3 valvas izquierdas (núms. 38433, 38463 y 38985). El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text. 4.7) y por LOPEZ (1990,

lám. 1, fig. 8) corresponde al ejemplar 38490 estudiado en este trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a grande, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38428	19,5	17,5	21,3	14,5	—	2,7	—	—
38433	30,6	46,5	39,6	41,5	—	3,7	—	—
38486	25,0	20,5	22,9	24,5	—	2,2	—	—
38490	21,5	36,0	21,5	32,0	17,0	4,7	131°	100°
40518	42,4	51,5	38,9	49,8	17,0	4,3	147°	121°
40864	37,5	36,0	32,1	41,1	18,2	5,3	—	—

Las valvas son muy planas, con valores que oscilan desde un abombamiento (B) mínimo de 2,2 mm., hasta uno máximo de 4,7 mm. Las valvas son algo más planas en el área posterodorsal, aunque sin llegar a definirse una verdadera ala. Pueden alcanzar un gran tamaño, como se puede observar en el ejemplar 40763, que a pesar de corresponder a un fragmento, alcanza los 47,0 mm. de dimensión máxima. El margen anterior es bastante recto, especialmente en el ejemplar 38490. El salto de la concha es algo mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es claramente subcuadrado en todos los ejemplares. El valor del ángulo A oscila desde un mínimo de 131°, hasta un máximo de 147°. El valor del ángulo β oscila desde un mínimo de 100°, hasta un máximo de 121°. El umbo es algo redondeado, poco o nada sobresaliente, bastante prosogiro y no muy grande.

Las ondulaciones son relativamente anchas, muy redondeadas y no muy numerosas; se aprecian *annulocirculae* bien visibles en los ejemplares 38490, 40764, 40518 y 40864. La curvatura de las ondulaciones es claramente subcuadrada durante toda la ontogenia. El crecimiento de las ondulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aumentando en los estadios posteriores, oscilando desde un mínimo de 1,7 mm. en los estadios iniciales, pasando por los 2,8 mm. en los estadios intermedios, hasta un máximo de 3,2 mm. en los estadios posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 164-157% en los estadios iniciales, hasta el 150% en los posteriores (fig. 34).

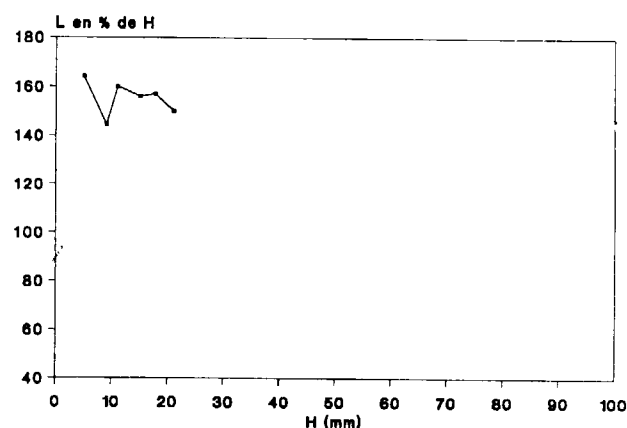


Figura 34.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck. Valva izquierda núm. 38490.

La relación NA en % de HA varía desde el 144-126% en los estadios iniciales, hasta el 126-119% en los posteriores (fig. 35).

El ángulo WA oscila desde alrededor de los 38°-39° en los estadios iniciales, hasta los 40° en los posteriores (fig. 36).

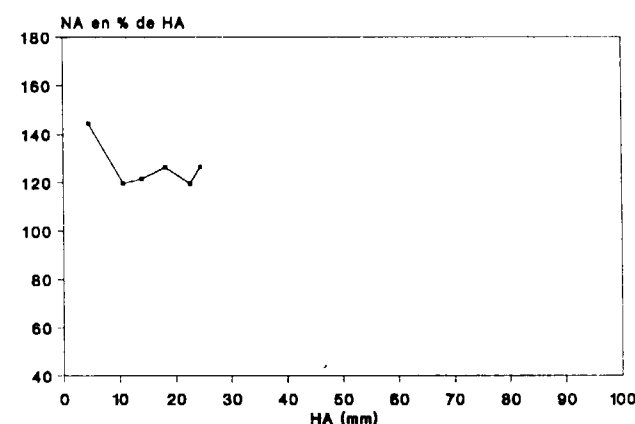


Figura 35.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck. Valva izquierda núm. 38490.

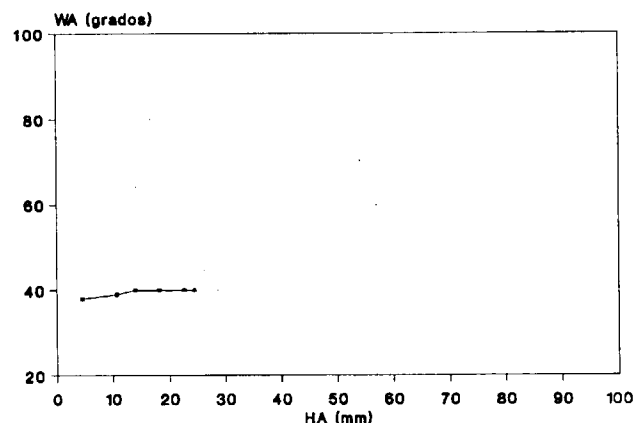


Figura 36.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck. Valva izquierda núm. 38490.

Discusión

Los ejemplares estudiados en el presente trabajo muestran las características diagnósticas de la especie, sin presentar ningún carácter que no se incluya dentro de la variabilidad de la especie. De todas formas, estos ejemplares presentan unas ondulaciones más marcadas y más subcuadradas que las del ejemplar figurado por KELLER (1982, lám. 4, fig. 1).

Tan sólo uno de los ejemplares figurados como «*Inoceramus Hercynicus* Petrascheck» por BÖSE (1923, lám. 12, fig. 4) presenta un perfil y una ornamentación característicos de esta espe-

cie, ya que varios de los ejemplares (BÖSE, 1923, lám. 12, figs. 1, 2 y 5) corresponden a fragmentos, que por su estado no se puede asegurar a qué especie pertenecen. Otro de los ejemplares figurados por BÖSE (1923, lám. 12, fig. 3) presenta un perfil más ovalado, semejante al de *Inoceramus (Mytiloides) mytiloides*, lo que descarta su atribución a la especie *I. (My.) hercynicus*.

Los ejemplares figurados por ROBASYNSKI (1978, lám. 2, figs. 2 y 3) no pueden ser atribuidos a *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus*, puesto que poseen unos estadios intermedios y posteriores claramente ovalados, en lugar de ser subcuadrados, que son los diagnósticos de la especie.

SORNAY (1982, lám. 8, figs. 1a y 1c y lám. 8, fig. 2) figura varios ejemplares que no pueden ser atribuidos a esta especie. Puesto que dos de ellos (Sornay, 1982, lám. 7, figs. 1a y 1b) presentan unos estadios iniciales circulares, y unos estadios posteriores más ovalados, con unas restantes características similares a las típicas de *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis ganuzaensis* subsp. n. Mientras que el otro ejemplar (SORNAY, 1982, lám. 8, fig. 2) presenta las características típicas de *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n.

Los ejemplares figurados como «*Mytiloides hercynicus*» por HESSEL (1988, figs. 31 D-F) no pueden ser atribuidos, en realidad, a esta especie. Ya que mientras uno de ellos (HESSEL, 1988, fig. 31F) es claramente atribuible a *Inoceramus (Mytiloides) goppelnensis goppelnensis*, los restantes (HESSEL, 1988, figs. 31D-E) parecen ser semejantes a *Inoceramus (Mytiloides) transiens*, ya que su ornamentación y el hecho de que sus ondulaciones sean subcirculares en los estadios iniciales y más ovaladas en los posteriores, así parecen indicarlo.

Uno de los ejemplares figurados como «*Mytiloides transiens*» por HESSEL (1988, fig. 31B) presenta los caracteres comunes de *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus*, como son el tipo de ornamentación y la curvatura claramente subcuadrada de las ondulaciones.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Inferior y en la parte inferior del Turoniense Me-

dio, de España, Portugal, Alemania, Checoslovaquia, México y del Western Interior de los EE. UU.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en las series GA-I, GA-II, GA-IV y GA-V de Ganuza (Navarra) y en la serie ECH (Echávarri, Navarra). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha reconocido en la localidad PU-II (Puentedeuy, Burgos). Su distribución estratigráfica corresponde a la parte inferior del Turoniense Medio, y posiblemente a la parte terminal del Turoniense Inferior.

Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni sp. n.

Figs. 37-40, lám. 3, figs. 3 y 4

- v. 1978 *Mytiloides jacobi* (HEINZ), s.l. (= *M. «latus»* of many authors); Wiedmann y Kauffman, lám. 2, figs. 6 y 15.
- v. 1979 *Mytiloides jacobi* (HEINZ) s.l. Wiedmann, lám. 2, figs. 6 y 15.
- p. 1982 *I. hercynicus* PETRASCHECK; Sornay, lám. 8, sólo fig. 2 (no figs. 1a y 1c).
- v. 1989 *Inoceramus (Mytiloides) aff. hercynicus* (PETRASCHECK); Lamolda, López y Martínez, fig. text. 4.5.
- v. 1990 *Inoceramus (Mytiloides) aff. hercynicus* (Petrascheck); López, pp. 202-204, fig. text. 11, lám. 1, fig. 3.

Holotipo

Es el ejemplar 38764, correspondiente a una valva izquierda, que anteriormente había sido figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, text. fig. 4.5) y LOPEZ (1990a, lám. 1, fig. 3). Y el paratipo es el ejemplar 38755, correspondiente a una valva derecha.

Localidad tipo

Ganuza, Navarra.

Estrato tipo

El nivel 1 de la serie GA-III (Ganuza, Navarra). Correspondiente a la parte inferior del Turoniense Inferior.

Derivatio Nominis

En honor del Prof. Dr. Jost Wiedmann (Tübingen, R. F. A.), que fue el primero en recolectar un ejemplar de esta especie en el norte de España, área que estudia desde hace muchos años.

Diagnosis

Perfil subcuadrado, medianamente abombado (B=6,5-9,4), ángulo A con un valor medio de 125°-123°, ángulo β con un valor medio de 75°-69°. Ondulaciones estrechas, circulares. Valores de la relación L en % de H del 100% en los estadios iniciales y del 100-90% en los posteriores. Valores de la relación NA en % de HA del 97% en los estadios iniciales y del 104-99% en los posteriores. El ángulo WA oscila desde los 65° en los estadios iniciales hasta 54° en los posteriores.

Material

Se han estudiado 6 ejemplares, que corresponden a los moldes internos de 4 valvas derechas (núms. 38755, 38944, 38955 y 38981), de una valva izquierda (núm. 38764), y al contramolde interno de una valva izquierda (núm. 38767). El ejemplar figurado por LAMOLDA, LOPEZ y MARTINEZ (1989, fig. text. 4.5) y por LOPEZ (1990, lám. 1, fig. 3) corresponde al ejemplar 38764 estudiado en el presente trabajo.

Descripción

Las valvas son de tamaño pequeño a mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
38755	60,2	60,0	67,5	51,2	—	9,4	125°	—
38764	34,4	31,0	29,5	32,0	14,5	6,5	110°	75°
38944	16,5	18,5	17,0	19,0	6,0	9,1	126°	85°
38955	30,0	30,0	30,2	29,4	13,5	7,8	130°	69°
38981	31,5	26,0	30,8	26,5	11,5	6,5	123°	74°

Las valvas están medianamente abombadas durante toda la ontogenia; con valores que oscilan desde un abombamiento mínimo de 6,5 mm., hasta uno máximo de 9,4 mm. Las valvas son especialmente planas en el área posterodorsal, aunque sin llegar a definirse una verdadera ala. El margen anterior es bastante recto, especialmente en el ejemplar 38764. El salto de la concha es mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es claramente subcuadrado en todos los ejemplares. El valor del ángulo A oscila desde un mínimo de 110° hasta un máximo de 130°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 125°-123°. El valor del ángulo β oscila desde un mínimo de 69° hasta un máximo de 85°, aunque generalmente se sitúa alrededor de los 69°-75°. El umbo es redondeado, poco sobresaliente, muy prosogiro y no muy pequeño.

Las ondulaciones son relativamente estrechas (especialmente en el ejemplar 38755), algo redondeadas y no muy numerosas; se aprecian claras *circulares*, especialmente en el ejemplar 38764. La curvatura de las ondulaciones es subcircular, con algunos tramos más rectos. Las ondulaciones son oblicuas con respecto a las líneas de crecimiento, lo que debe reflejarse en la comisura. Así, la comisura debe estar ligeramente ondulada, aunque ello no se ha llegado a observar debido al estado de conservación de los ejemplares. De todas formas, este tipo de comisura es claramente predecible, ya que al ser las ondulaciones un pliegue de la concha, si son cortadas por la comisura, debe verse un pliegue; mientras que si las ondulaciones fuesen paralelas a las líneas de crecimiento, y por tanto al borde de comisura, al ser cortadas por la comisura se apreciaría una línea recta. El crecimiento de las ondulaciones suele ser bajo en la mayoría de los ejemplares, aumentando durante la ontogenia; sus valores oscilan desde un mínimo de 1,5 mm. en los estadios iniciales, hasta un máximo de 6,5 mm. en los posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 110-80%

de la mayoría de los ejemplares y el 122% del ejemplar 38755 en los estadios iniciales, pasando por el 100-90% de la mayoría de los ejemplares y el 122-115% del ejemplar 38755 en los intermedios, y disminuyendo hasta el 110% en los posteriores del ejemplar 38755 (fig. 37).

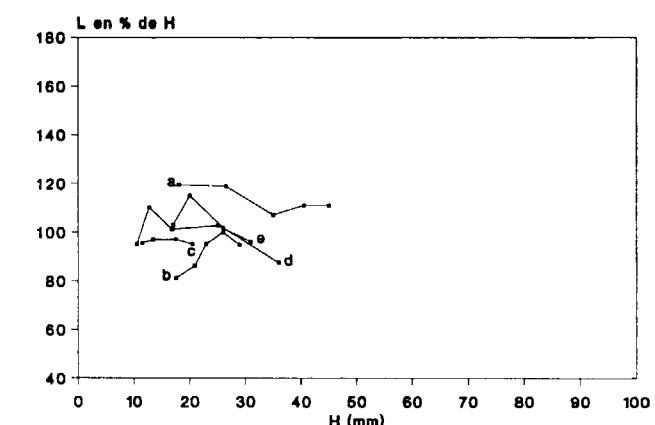


Figura 37.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n. Valvas derechas: a=38755; b=38955; c=38981; d=GPIT 1456/26 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 6). Valva izquierda: e=38763.

La relación NA en % de HA varía desde el 97-70% de la mayoría de los ejemplares y el 110% del ejemplar 38755 en los estadios iniciales, pasando por el 104-77% en los intermedios, hasta alcanzar el 104-99% en los posteriores (fig. 38).

La relación S en % de HA sólo se ha podido cuantificar en los ejemplares 38763, 38955 y 38981, observándose que varía desde el 62-50% en los estadios iniciales, pasando por el 50% en los intermedios, y situándose alrededor del 50-40% en los posteriores (fig. 39).

El ángulo WA oscila desde alrededor de los 65°-45° en los estadios iniciales, pasando por los 65°-45° en los intermedios, hasta los 62°-54° en los posteriores (fig. 40).

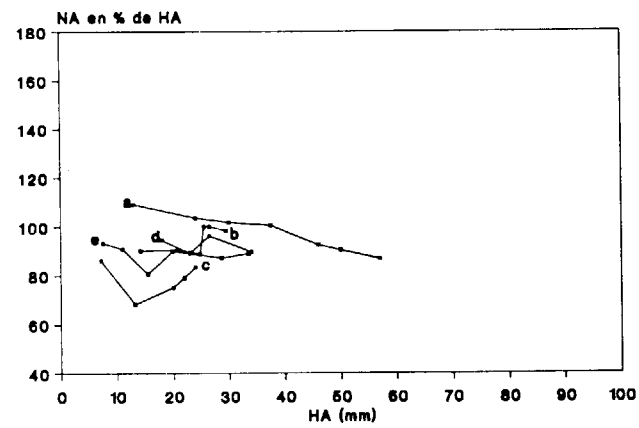


Figura 38.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n. Valvas derechas: a=38755; b=38955; c=38981; d=GPIT 1456/26 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 6). Valva izquierda: e=38763.

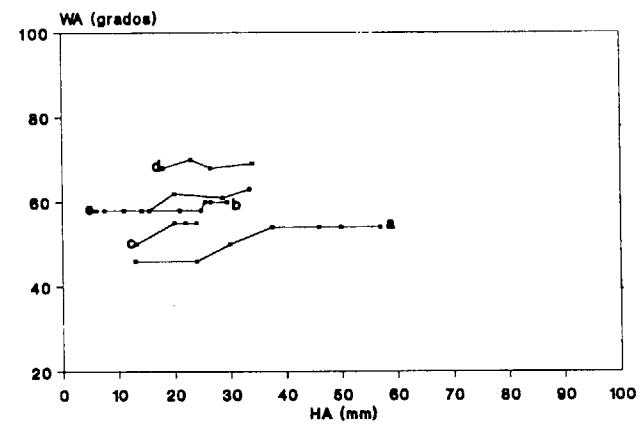


Figura 40.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* n. sp. Valvas derechas: a=38755; b=38955; c=38981; d=GPIT 1456/26 (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 6). Valva izquierda: e=38763.

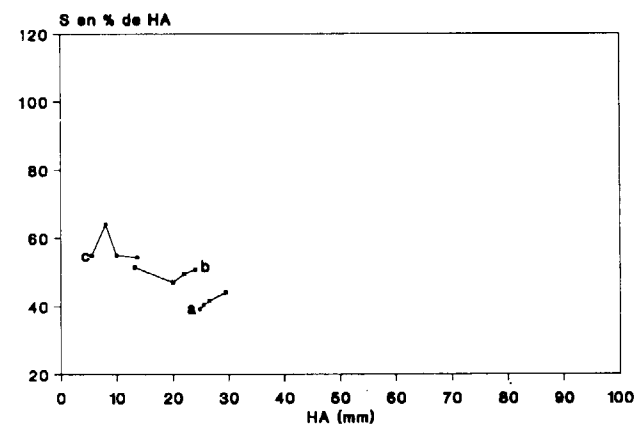


Figura 39.—Variación ontogénica de la relación S en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n. Valvas derechas: a=38955; b=38981. Valva izquierda: c=38763.

Discusión

Estos ejemplares se diferencian de *Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* tanto por su ornamentación como por su menor valor de la relación NA en % de HA.

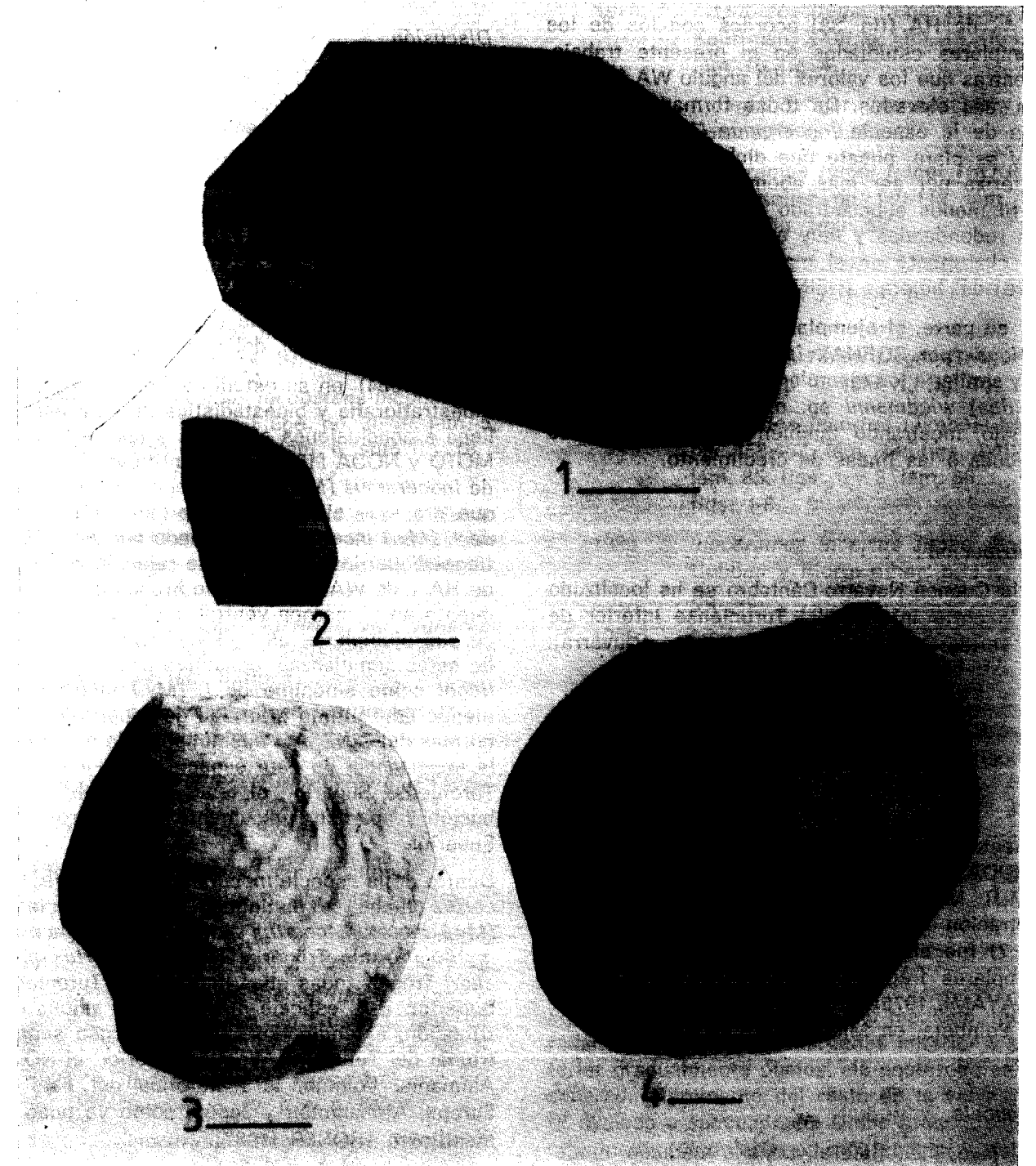
Varios autores han figurado, bajo otras denominaciones, ejemplares que presentan las características distintivas de esta especie.

Los ejemplares figurados como «*Mytiloides jacobii* (HEINZ), s.l. (= *M. «latus»* of many authors)» por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 2, figs. 6 y 15) y refigurados por WIEDMANN (1979, lám. 2, figs. 6 y 15) presentan las ondulaciones estrechas y algo aristadas, y que no son paralelas a las líneas de crecimiento, lo que es típico de *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp.

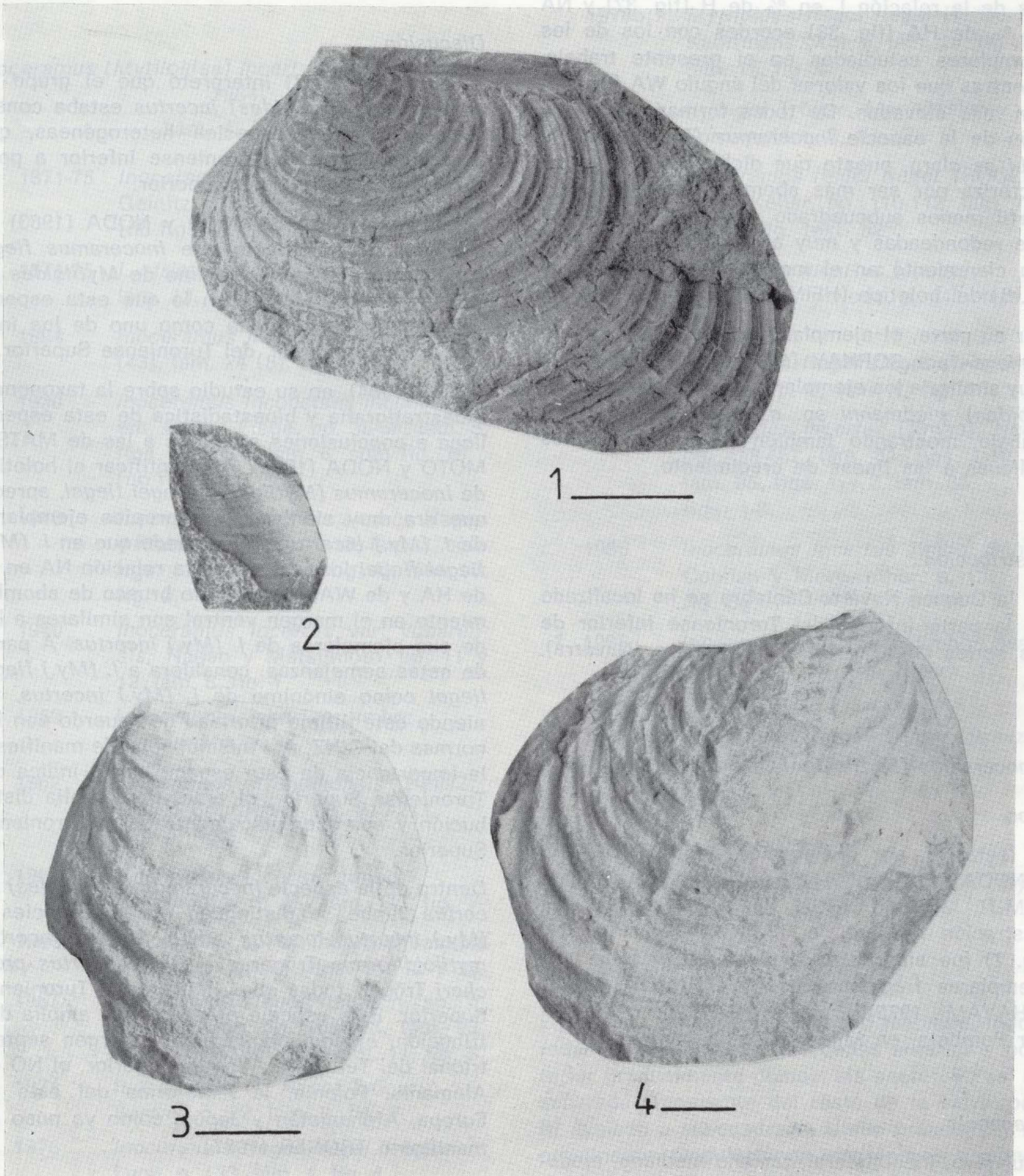
LAMINA 3

- Figura 1.—*Inoceramus (Mytiloides) hercynicus* Petrascheck, 1903. Valva izquierda. Nivel 9 de la serie GA-I (Ganuzá, Navarra). Ejemplar 38490.
 Figura 2.—*Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus striatoconcentricus* Gümbel, 1868. Valva izquierda. Nivel 11 de la serie CU (Cueva, Burgos). Ejemplar 40705.
 Figura 3.—*Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n., 1903. Valva izquierda. Nivel 1 de la serie GA-III (Ganuzá, Navarra). Ejemplar 38764. Holotipo.
 Figura 4.—*Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n., 1903. Valva derecha. Nivel 1 de la serie GA-III (Ganuzá, Navarra). Ejemplar 38755.

LAMINA 3



LAMINA 3



n. Uno de estos ejemplares (WIEDMANN y KAUFFMAN, 1978, lám. 2, fig. 6, refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 2, fig. 6) presenta valores de la relación L en % de H (fig. 37) y NA en % de HA (fig. 38) acordes con los de los ejemplares estudiados en el presente trabajo, mientras que los valores del ángulo WA (fig. 40) son más elevados. De todas formas, su exclusión de la especie *Inoceramus (Mytiloides) jacobii* es clara, puesto que dicha especie se caracteriza por ser más abombada, presentar un perfil menos subcuadrado y mostrar ondulaciones redondeadas y muy anchas; como se aprecia claramente en el molde (conservado en el NLFb) del holotipo (HEINZ, 1933, lám. 17, fig. 4).

Por su parte, el ejemplar figurado como «*I. hercynicus*» por SORNAY (1982, lám. 8, fig. 2) es muy similar a los ejemplares de *Inoceramus (Mytiloides) wiedmanni* sp. n. estudiados en este trabajo, mostrando también unas ondulaciones oblicuas a las líneas de crecimiento.

Distribución

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en la parte inferior del Turoniense Inferior de las series GA-III y GA-IV de Ganuza (Navarra).

Inoceramus (Mytiloides) incertus Jimbo, 1894

Tipo

El lectotipo, por designación de MATSUMOTO y NODA (1983, p. 111), es uno de los sintipos (UMUT MM7535=I-152) de JIMBO (1894). La ilustración original de JIMBO (1894, lám. 24, fig. 7) fue sintetizada a partir de más de tres ejemplares fragmentarios (MATSUMOTO, 1963, y HAYAMI, 1975). Procede del Pebble of the River Pombets, en Mikasa City (Japón).

Diagnosis

Equivalvo, inequilateral, tamaño mediano, moderadamente abombado, márgenes anterior y posterior gradualmente planos, ala posterodorsal no diferenciada claramente del resto de la valva.

Perfil ovalado a pentagonal. Umbo nada o poco prominente. Ondulaciones poco prominentes o inapreciables.

Discusión

KAUFFMAN (1977) interpretó que el grupo de *Inoceramus (Mytiloides) incertus* estaba constituido por varias especies heterogéneas, que abarcaban desde el Turoniense Inferior a posiblemente el Turoniense Superior.

Por su parte, MATSUMOTO y NODA (1983) ya pusieron de manifiesto que *Inoceramus fiegei* sería probablemente sinónimo de *Mytiloides incertus* (JIMBO, 1894); con lo que esta especie debería ser considerada como uno de los índices, a nivel mundial, del Turoniense Superior.

NODA (1984), en su estudio sobre la taxonomía, bioestratigrafía y bioestadística de esta especie llega a conclusiones similares a las de MATSUMOTO y NODA (1983). Al cuantificar el holotipo de *Inoceramus (Mytiloides) fiegei fiegei*, apreció que era muy similar a sus propios ejemplares de *I. (My.) incertus*. Observando que en *I. (My.) fiegei fiegei* los valores de la relación NA en % de HA y de WA, y el cambio brusco de abombamiento en el margen ventral son similares a los de sus ejemplares de *I. (My.) incertus*. A partir de estas semejanzas, considera a *I. (My.) fiegei fiegei* como sinónimo de *I. (My.) incertus*, teniendo este último prioridad de acuerdo con las normas del CINZ. Así mismo, pone de manifiesto la importancia de esta especie como índice del Turoniense Superior, al tener una amplia distribución y aparecer únicamente en el Turoniense Superior.

Dentro de la especie *Inoceramus (Mytiloides) incertus* Jimbo se distinguen las subespecies *I. (My.) incertus incertus* Jimbo, *I. (My.) incertus mytiloidiformis* Tröger e *I. (My.) incertus prescheri* Tröger, todas ellas limitadas al Turoniense Superior. Esta especie presenta una amplia distribución, extendiéndose por el margen septentrional del Tethys, el Western Interior, el NO de Alemania, Polonia, la Plataforma del este de Europa, Afganistán y Japón, como ya puso de manifiesto TRÖGER (1987).

Hasta el momento no existía una diagnosis que englobara las características de las tres subespecies de *I. (My.) incertus*, por lo que a efectos

de este trabajo se ha realizado una que las incluye, tomando como base las características diagnósticas de las tres subespecies.

Inoceramus (Mytiloides) incertus incertus Jimbo, 1894

Lám. 4, fig. 1

vp. 1871-75 *Inoceramus cuvieri* Sowerby; Geinitz, p. 48, lám. 13, sólo fig. 6 (no figs. 7 y 8).

p 1871-75 *I. striatus* Mant.; Geinitz, p. 41, lám. 13, sólo fig. 9 (no fig. 10).

* 1894 *Inoceramus incertus*; Jimbo, p. 189 (43), lám. 24 (8), fig. 7.

p 1930 *Inoceramus inconstans inconstans* em. Fiege; Fiege, pp. 38-39, lám. 5, figs. 16 y 17, lám. 6, sólo fig. 18 (no fig. 19).

vp. 1940 *Inoceramus incertus* Jimbo; Nagao y Matsumoto, pp. 10-13, lám. 3, sólo figs. 1, 2, 3 y 5 (no fig. 4), lám. 10, fig. 2.

n 1940 *Inoceramus incertus* var. *yubarensis*; Nagao y Matsumoto, pp. 11 y 12, lám. 6, fig. 1.

1959 *Inoceramus incertus* Jimbo; Matsumoto, p. 85.

1962 *Inoceramus strehlenensis* (HEINZ, 1932); Bräutigam, pp. 210-211, lám. 4, figs. 5 y 6.

1963 *Inoceramus incertus* Jimbo; Matsumoto, p. 45, lám. 67, fig. 7.

n 1966 *Inoceramus* sp. cf. *incertus*; Tamura y Tashiro, lám. 1, figs. 11, 12 y 13.

1967 *Inoceramus fiegei fiegei* n. sp. n. ssp.; Tröger, pp. 105-108, lám. 13, figs. 14, 15, 17 y 20, lám. 11, fig. 3.

1974 *Inoceramus* cf. *fiegei* Tröger; Sornay, p. 32, lám. 2, fig. 7.

1976 *Inoceramus fiegei fiegei* Tröger; Lupu, p. 133, lám. 1, fig. 4.

1976 *Inoceramus incertus* Jimbo; Noda y Matsumoto, fig. 7.

1977 *Mytiloides (= «Inoceramus») incertus* (Jimbo); Kauffman, pp. 179-180.

1978b *Mytiloides fiegei fiegei* (Tröger); Kauffman, XXIII, 9, lám. 15, fig. 1, lám. 16, fig. 4.

? 1980 *I. fiegei* Tröger; Mennessier y Sornay, lám. 3, fig. 2.

v? 1982 *Inoceramus fiegei fiegei* TRÖGER, 1967; Keller, pp. 110-112, lám. 7, fig. 5, fig. text. 52.

. 1983 *Mytiloides incertus* (Jimbo); Matsumoto y Noda, p. 111, figs. 2, 3 y 4.

. 1984 *Mytiloides fiegei fiegei* (Tröger); Cobban, p. 9, lám. 1, fig. 10.

. 1984 *Mytiloides incertus* (Jimbo); Noda, pp. 458-467, lám. 84, figs. 1-10, lám. 85, figs. 1 y 2, lám. 86, figs. 1-8.

1986 *Inoceramus incertus* Jimbo; Scott, Cobban y Merewether, p. 13, fig. 6g.

? 1988 *Inoceramus incertus* Jimbo; Szasz e Ion, lám. 13, fig. 2, lám. 17, fig. 8.

n 1988 *Inoceramus fiegei* Tröger; Szasz e Ion, lám. 18, figs. 2a, b.

Tipo

El mismo lectotipo que para *Inoceramus (Mytiloides) incertus* Jimbo.

Diagnosis

Equivalvo, inequilateral, tamaño mediano, moderadamente abombado. Márgenes anterior y posterior gradualmente planos, ala posterodorsal no separada claramente del resto de la valva, perfil ovalado a subcuadrado. Umbo prosogiro y no prominente. Ondulaciones más anchas y menos marcadas en los estadios posteriores, típicas *annulocirculae* (diagnosis modificada de NODA, 1983, p. 459).

Material

Se han estudiado tres ejemplares, que corresponden a los moldes internos de tres valvas izquierdas (núms. 40481, 40483 y 40681).

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40481	17,3	21,2	22,5	20,0	13,2	2,9	—	—
40483*	13,0	14,0	13,5	13,0	—	2,4	—	—
40681	27,4	28,0	25,2	28,4	—	3,4	—	—

Las valvas son muy planas y están algo más abombadas en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento. Son especialmente planas en el área posterodorsal, en donde se delimita un ala relativamente amplia, que está mucho más marcada en los estadios posteriores del ejemplar 40481. El margen anterior está parcialmente conservado y es bastante recto. El salto de la concha no es mucho mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha es subcircular y algo ovalado. No se han podido apreciar los valores de A y β en ninguno de los ejemplares, debido a su estado de conservación. El umbo no está conservado en ninguno de los ejemplares.

Las ondulaciones son relativamente prominentes y se aprecian claras *annulocirclae*. La curvatura de las ondulaciones es subcircular y algo ovalada durante toda la ontogenia. Las ondulaciones son redondeadas y ni muy estrechas, ni muy numerosas. El crecimiento de las ondulaciones es algo bajo en los estadios iniciales, situándose alrededor de los 0,7 mm., mientras que en los estadios posteriores llega a alcanzar los 3,3 mm. La relación L en % de H alcanza el 117% en los estadios posteriores de crecimiento. La relación NA en % de HA alcanza el 89% en los estadios posteriores. El ángulo WA alcanza los 60° en los estadios posteriores.

Discusión

El ejemplar 40481 muestra algunas diferencias con respecto a las características típicas de esta subespecie, ya que está más aplanado, y presenta unas ondulaciones más circulares, más estrechas, numerosas y con *annulocirclae* arista-

Descripción

Las valvas son de tamaño relativamente pequeño, con las siguientes dimensiones totales:

das; mientras que los demás ejemplares sí que presentan todas las características diagnósticas de la subespecie.

La diagnosis de la especie dada por NODA (1984) ha sido modificada tomando en consideración las descripciones de TRÖGER (1967) y KELLER (1982), así como las características de los ejemplares de la Cuenca Navarro-Cántabra.

Hasta el momento, y a pesar de la gran variabilidad morfológica de esta subespecie, no se ha podido encontrar ningún ejemplar similar al figurado por JIMBO (que en realidad corresponde a una reconstrucción a partir de tres ejemplares fragmentarios). Esta gran variabilidad, especialmente por lo que respecta al perfil, ya fue puesta de manifiesto por TRÖGER (1967) y NODA (1984).

Una de las ilustraciones de *Inoceramus cuvieri* Sowerby del trabajo de GEINITZ (1871-75, lám. 13, fig. 6), corresponde a una valva derecha y a otra izquierda; ambas presentan un perfil algo más subcuadrado y con un mayor valor del ángulo WA que lo que es propio para *Inoceramus (Mytiloides) incertus incertus*, pero sus restantes características sí son las diagnósticas de esta subespecie. Por ello estas dos valvas se pueden atribuir a *I. (My.) incertus incertus*.

NAGAO y MATSUMOTO (1940) describieron y figuraron varios ejemplares de *Inoceramus incertus* Jimbo, estudiando a su vez los figurados por JIMBO. Uno de sus ejemplares (NAGAO y MATSUMOTO, 1940, lám. 3, fig. 4) no presenta las características propias de esta subespecie, sino que es más similar a *I. (Mytiloides) incertus mytiloidiformis*, especialmente por lo que respecta a sus valores menores de la relación NA en %

de HA y WA. Mientras que los restantes ejemplares sí que presentan las características diagnósticas de la subespecie; como se ha podido comprobar a partir de las ilustraciones y del molde de uno de ellos (NAGAO y MATSUMOTO, 1940, lám. 10, fig. 2), que se encuentra conservado en el NLFb. Estos ejemplares son muy similares a los figurados por NODA (1984). NAGAO y MATSUMOTO (1940) relacionaron sus ejemplares con *I. (My.) labiatus* y a *I. (My.) hercynicus*; mientras que posteriormente, MATSUMOTO (1959) relacionó la especie *Inoceramus incertus* con *I. labiatus* e *I. latus*.

El ejemplar figurado como *Inoceramus fiegei fiegei* TROGER por KELLER (1982, lám. 7, fig. 5) muestra un mayor valor de WA y un área posterodorsal más grande y plana que lo que es propio de *I. (My.) incertus incertus* Jimbo. De todas formas, la deformación que presenta el ejemplar podría justificar estas diferencias, por lo que no se puede descartar su atribución a esta subespecie.

Asimismo, el ejemplar figurado como *Mytiloides fiegei fiegei* (Tröger) por COBBAN (1984, lám. 1, fig. 10) presenta las características típicas de la subespecie, aunque su perfil y la curvatura de las ondulaciones son subcuadrados algo romboidales.

Inoceramus (Mytiloides) incertus incertus Jimbo se diferencia de *I. (My.) incertus prescheri* Tröger por sus valores de la relación NA en % de HA algo menores, por sus valores del ángulo WA algo mayores y más estables, y por sus ondulaciones más débiles, como ya puso de manifiesto TRÖGER (1985?).

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Turoniense Superior de Alemania, Rumania, Afganistán, el Western Interior (EE. UU) y Japón.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado en la serie OLLO-top/OLLO-III (Ollogoyen, Navarra). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha reconocido en la serie CU (Cuevas, Burgos). Su distribución estratigráfica se restringe al Turoniense Superior.

Inoceramus (Mytiloides) labiatoidiformis
Tröger, 1967

Figs. 41-43, lám. 4, fig. 2

- 1962 *Inoceramus* n. sp. aff. *alatus* GOLDFUSS 1836; Bräutigam, pp. 213-214, lám. 4, fig. 12.
- 1962 *Inoceramus woodsi* FIEGE 1930; Bräutigam, pp. 227-229, lám. 6, figs. 1 y 2.
- 1963 *Inoceramus glatziae* FLEGEL; Radwanska, pp. 167-168, lám. 6, figs. 1, 2 y 3.
- * 1967 *Inoceramus dresdensis? labiatoidiformis* n. sp.; Tröger, pp. 125-128, lám. 10, figs. 5 y 6.
- p 1978b *Mytiloides* n. sp. aff. *M. lusatiae* (Andert) and *M. kleini* (Müller); Kauffman, XXIII, 9, lám. 14, sólo fig. 9 (no fig. 15).
- 1978b *Mytiloides(?)* sp. aff. *M. kleini* (Müller); Kauffman, XXIII, 9, lám. 14, fig. 12.
- 1980 *Inoceramus labiatoidiformis* Tröger; Mennessier y Sornay, p. 11, lám. 6, fig. 5.
- v. 1982 *Inoceramus labiatoidiformis* TRÖGER, 1967; Keller, pp. 100-103, lám. 5, figs. 5 y 7, figs. text. 47 y 48.

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar GIBF 1010 figurado como *Inoceramus dresdensis? labiatoidiformis* por TRÖGER (1967, lám. 10, fig. 5) y refigurado por MENNESSIER y SORNAY (1980, lám. 6, fig. 5). Procede del Strehliner Kalkstein (base del Turoniense Superior, alte Gliederung), de Ehemalige Steinbrüche (Dresden-Strehlen, R. D. A.).

Diagnosis

Inequivalvo, inequilateral, tamaño mediano (H de hasta 65.0 mm.). Débilmente abombado, con el máximo abombamiento localizado en el umbo. Perfil ovalado, semejante al mitiloide. Posible

existencia de dos estadios de crecimiento con ornamentación diferente (diagnosis modificada de KELLER, 1982, p. 101).

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40683),

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40683	37,2	35,0	44,0	30,5	22,0	4,0	95°	68°

La valva es muy plana y tan sólo está algo abombada alrededor del eje de crecimiento. Es especialmente plana en el área posterodorsal, en donde delimita un ala muy plana y amplia. El margen anterior es bastante recto. Se observan fuertes saltos de la concha en el margen anterior y entre el umbo y el ala posterodorsal. El perfil de la concha es ovalado, alargado en sentido posteroventral. El umbo es pequeño, ligeramente agudo, apenas sobresaliente y muy prosgiro.

Las ondulaciones son numerosas, anchas y redondeadas. Se aprecian *annulocirculae* muy marcadas y constantes durante toda la ontogenia. La curvatura de las ondulaciones es ovalada, algo ancha, alargada en sentido posterodorsal, y con tramos más rectos. El crecimiento de las

que corresponden al molde interno de una valva derecha.

Descripción

Esta valva es de tamaño mediano y presenta las siguientes dimensiones totales:

ondulaciones suele ser bajo, aunque llega a alcanzar los 3,0 mm. en los estadios posteriores.

La relación L en % de H varía desde el 158-108% en los estadios iniciales, hasta el 100% en los intermedios (fig. 41).

La relación NA en % de HA varía desde el 118-82% en los estadios iniciales, hasta el 82-78% en los intermedios (fig. 42).

El ángulo WA oscila desde alrededor de los 69°-67° en los estadios iniciales, hasta los 63° en los intermedios (fig. 43).

Discusión

El ejemplar aquí estudiado presenta las caracte-

LAMINA 4

Figura 1.—*Inoceramus (Mytiloides) incertus incertus* Jimbo, 1894. Valva izquierda. Nivel A de la localidad OLLO-II (Ollogoyen, Navarra). Ejemplar 40681.

Figura 2.—*Inoceramus (Mytiloides) labiatoidiformis* Tröger, 1967. Valva derecha. Nivel A de la localidad OLLO-II (Ollogoyen, Navarra). Ejemplar 40683.

Figura 3.—*Inoceramus (Magadiceramus) cf. austinensis* Heinz, 1928. Valva izquierda. Nivel A de la serie TOR (Torre, Burgos). Ejemplar 40725.

Figura 4.—*Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus* Schlüter, 1887). Valva izquierda. Nivel B6 de la serie VMW (Villamartín, Burgos). Ejemplar 40255.

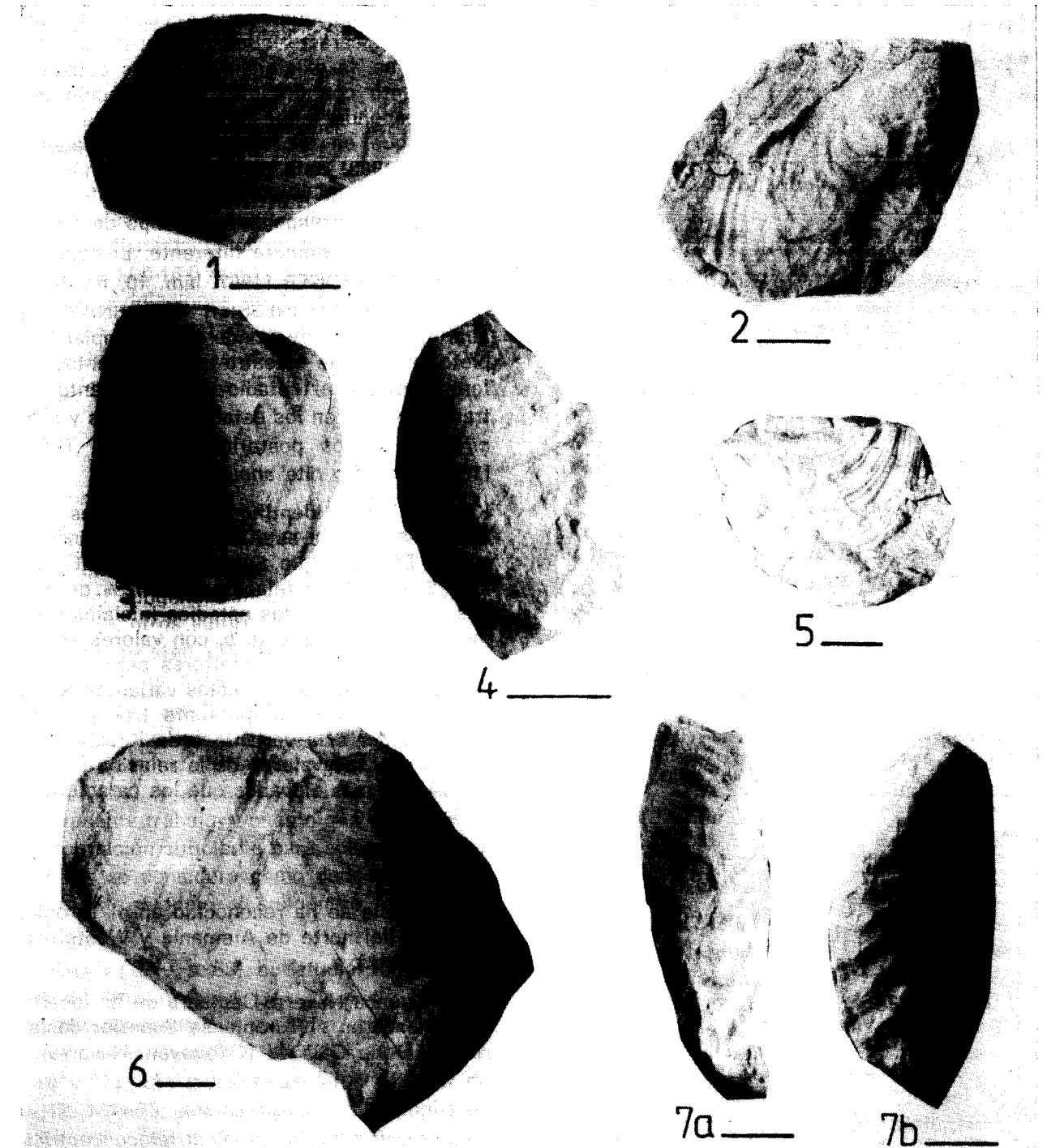
Figura 5.—*Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus cf. carphaticus* Simionescu, 1899. Fragmento de una valva izquierda. Nivel A de la localidad OLLO-II (Ollogoyen, Navarra). Ejemplar 40686.

Figura 6.—*Inoceramus (Magadiceramus) aff. subquadratus* Schlüter, 1887. Valva derecha. Nivel A de la serie VM (Villamartín, Burgos). Ejemplar 40731.

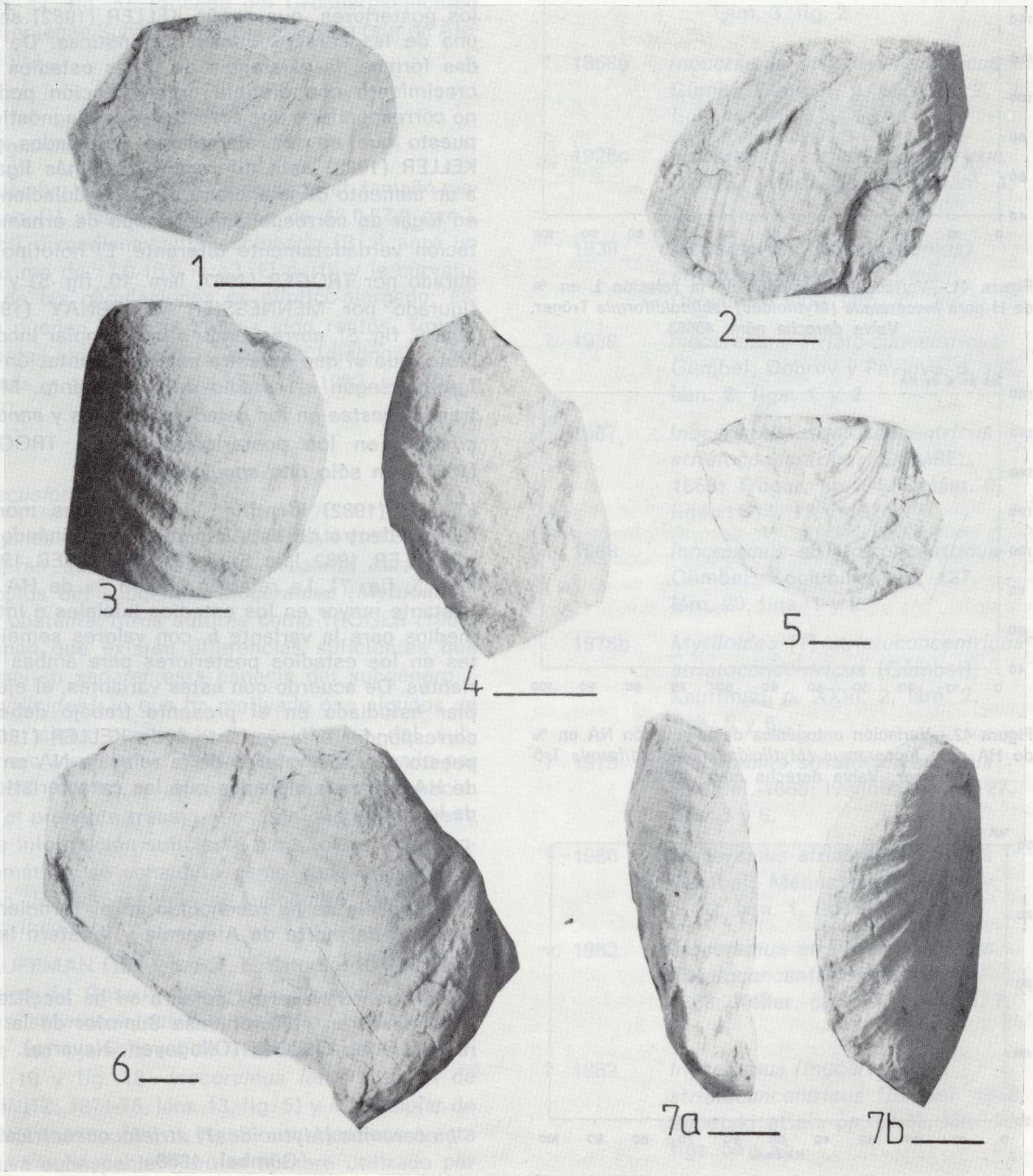
Figura 7a.—*Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus cf. complicatus* Heine, 1929. Valva derecha. Nivel 1a de la serie FR (Fresneda, Burgos). Ejemplar 40050.

Figura 7b.—*Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus cf. complicatus* Heine, 1929. Perfil de la valva derecha. Nivel 1a de la serie FR (Fresneda, Burgos). Ejemplar 40050.

LAMINA 4



LAMINA 4



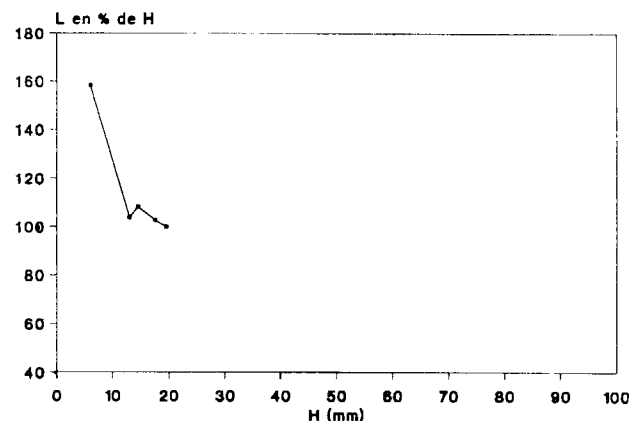


Figura 41.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *Inoceramus (Mytiloides) labiatoidiformis* Tröger. Valva derecha núm. 40683.

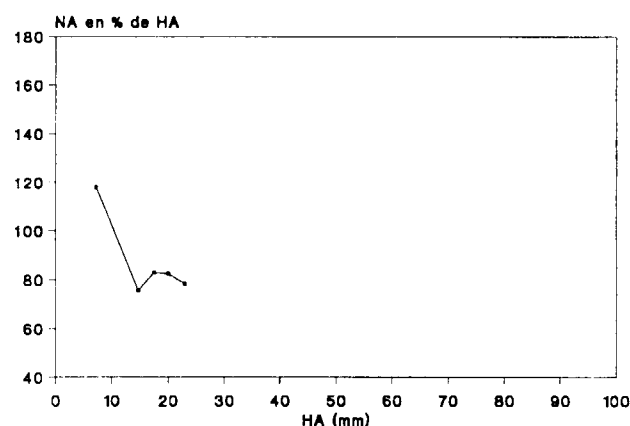


Figura 42.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *Inoceramus (Mytiloides) labiatoidiformis* Tröger. Valva derecha núm. 40683.

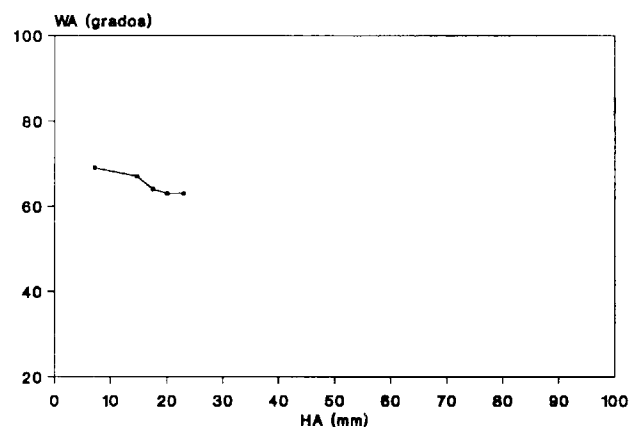


Figura 43.—Variación ontogénica del ángulo WA para *Inoceramus (Mytiloides) labiatoidiformis* Tröger. Valva derecha núm. 40683.

terísticas diagnósticas de la especie. Aunque es destacable el que no se aprecie una diferencia de ornamentación entre los estadios iniciales y los posteriores, que según KELLER (1982) sería una de las características diagnósticas. De todas formas, la existencia de estos estadios de crecimiento con distinta ornamentación podría no corresponder a una característica diagnóstica; puesto que en los ejemplares estudiados por KELLER (1982) esta diferencia está más ligada a un aumento de la anchura de las ondulaciones, en lugar de corresponder a un tipo de ornamentación verdaderamente diferente. El holotipo figurado por TRÖGER (1967, lám. 10, fig. 5) y refigurado por MENNESSIER y SORNAY (1980, lám. 6, fig. 5), corresponde a un ejemplar incompleto, que sí que muestra una ornamentación diferente según el estadio de crecimiento. Mostrando *crestae* en los estadios iniciales y *annulocirculae* en los posteriores, aunque TRÖGER (1967) tan sólo cita *annulocirculae*.

KELLER (1982) identificó dos variantes morfológicas dentro de esta especie, denominándolas *a* (KELLER, 1982, lám. 5, fig. 7) y *b* (KELLER, 1982, lám. 5, fig. 7). La relación NA en % de HA es bastante mayor en los estadios iniciales e intermedios para la variante *b*, con valores semejantes en los estadios posteriores para ambas variantes. De acuerdo con estas variantes, el ejemplar estudiado en el presente trabajo debería corresponder a la variante *b* de KELLER (1982), puesto que sus valores de la relación NA en % de HA son más elevados que los característicos de la variante *a*.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Turoniense Superior del norte de Alemania y Western Interior (EE. UU.).

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en el Turoniense Superior de la serie OLLO-top/OLLO-III (Ollogoyen, Navarra).

Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus
Gümbel, 1868

Tipo

El neotipo, por designación de DACQUE (1939,

p. 209), es el ejemplar de *Inoceramus striatoconcentricus* GÜMBEL, figurado por DACQUE (1939, lám. 17, fig. 5). Procede del Großbergschichten (Turoniense Superior) de Thalmässing (sur de Alemania).

Diagnosis

Equivalvo o inequivalvo, inequilateral, tamaño mediano (H alcanza un máximo de 46,0-77,0 mm.), débil o medianamente abombado (B alcanza un máximo de 11,0-16,0 mm.). El perfil y la curvatura de las ondulaciones es elíptico-alargado; éstas pueden mostrar tramos algo rectos. Típicas *crestae* simétricas o asimétricas (diagnosis compilada y modificada de KELLER, 1982, pp. 106 y 107).

Discusión

Algunos autores, como KAUFFMAN (1978a), consideran que esta especie presenta caracteres propios del subgénero *Inoceramus (Mytiloides)*. No obstante, otros autores como TRÖGER (1989) opinan que existen diferencias suficientes que permiten separar esta especie del subgénero *I. (Mytiloides)*, lo que ha motivado que algunos de ellos sigan aceptando la existencia del subgénero *Inoceramus (Striatoceramus)*, creado por HEINZ (1932c), y al cual asignan esta especie. En el presente trabajo, y puesto que no se posee una información suficiente para aclarar esta problemática, se considera como dudosa la atribución de esta especie al subgénero *Inoceramus (Mytiloides)*.

KAUFFMAN (1979, p. 65), al estudiar los inoceramidos de Gosau, crean la subespecie *Inoceramus striatoconcentricus troegeri*, considerando que los ejemplares de TRÖGER (1967, lám. 9, fig. 10 y fig. 18=*Inoceramus latus* Mantell de GEINITZ, 1871-75, lám. 13, fig. 5) y el ejemplar de HEINZ (1928c, lám. 1, fig. 3) son idénticos a esta nueva subespecie. Pero el nombre utilizado por KAUFFMAN (1979) es inválido, puesto que LUPU (1976) ya lo utilizó para designar una subespecie de *Inoceramus waltersdorfensis*.

Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus
striatoconcentricus Gümbel, 1868

Lám. 3, fig. 2

- * 1868a *Inoceramus striato-concentricus* Gümb.; Gümbel, p. 69, lám. 2, figs. 4a y 4b.
- . 1928c *Inoceramus striato-concentricus* GÜMB.; Heinz, pp. 68-70, lám. 4, fig. 3.
- 1939 *Inoceramus (Striatoceramus) striatoconcentricus* Gümb.; Dacque, p. 209, lám. 17, fig. 5.
- ? 1959 *Inoceramus striato-concentricus* Gümbel; Dobrov y Pavlova, p. 135, lám. 2, figs. 1 y 2.
- 1967 *Inoceramus striatoconcentricus striatoconcentricus* GÜMBEL, 1869; Tröger, pp. 84-86, lám. 9, figs. 11-14, 17 y 15?
- 1968 *Inoceramus striato-concentricus* Gümbel; Kociubinski, p. 127, lám. 20, figs. 1 y 2.
- 1978b *Mytiloides (?) striatoconcentricus striatoconcentricus* (Gümbel); Kauffman, p. XXIII, 2, lám. 2, figs. 5 y 6.
- ? 1979 *Inoceramus striatoconcentricus* Gümbel, 1868; Ivannikov, lám. 27, figs. 5 y 6.
- ? 1980 *Inoceramus striatoconcentricus* Gümbel; Mennessier y Sornay, p. 12, lám. 1, fig. 9.
- v. 1982 *Inoceramus striatoconcentricus striatoconcentricus* GÜMBEL, 1868; Keller, pp. 105-107, lám. 7, fig. 4.
- ? 1982 *Inoceramus (Inoceramus) striatoconcentricus* Gümbel, 1868; Sobetski et al., pp. 84-85, lám. 7, figs. 5a y 5b.
- ? 1988 *Inoceramus striato-concentricus* Gümbel, 1868; Alizade et al., pp. 253-254, lám. 8, figs. 2 y 3.

? 1988 *Inoceramus striatoconcentricus striatoconcentricus* Gümbel; Szasz e Ion, lám. 12, figs. 13 y 14.

Tipo

El mismo neotipo que para *Inoceramus striatoconcentricus* GÜMBEL.

Diagnosis

Inequivalvo, inequilateral, tamaño mediano (H alcanza un máximo de 46,0 mm.), débilmente abombado (hasta alcanzar los 11,0 mm.). Perfil ovala-

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40705	14,8	9,6	15,9	10,0	—	3,1	—	—

La valva es bastante plana, aunque está algo abombada alrededor del eje de crecimiento; este abombamiento debería ser mayor, pero está enmascarado por el aplastamiento que muestra el ejemplar. No se aprecia el margen dorsal. Margen anterior recto y largo. El salto de la concha es algo mayor en el margen anterior. El perfil de la concha es ovalado, alargado en sentido posterior. No se ha podido cuantificar el valor de los ángulos A y β, debido al estado de conservación del ejemplar. El umbo, que está deformado, es algo redondeado, no muy grande y prosogiro.

Las ondulaciones apenas son visibles y se aprecian claras *crestae* simétricas. La curvatura de las ondulaciones es ovalada, constante durante toda la ontogenia, y alargada en sentido posterior. No se puede observar el crecimiento de las ondulaciones debido a lo poco marcadas que están. El ángulo WA debería ser muy cercano a los 90°, pero la deformación del ejemplar impide que pueda ser medido con fiabilidad.

Discusión

DACQUE (1939, p. 209) consideró que el tipo de la subespecie había desaparecido, por lo que designó un neotipo. Este neotipo está incompleto, y presenta un umbo más recurvado que el del

do-elíptico, de curvatura algo recta. Típicas *crestae* simétricas (diagnosis según KELLER, 1982, p. 106).

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40705), que corresponde al molde interno de una valva izquierda.

Descripción

Esta valva es de pequeño tamaño y presenta las siguientes dimensiones totales:

ejemplar de GÜMBEL (1968, lám. 2, figs. 4a y 4b).

El ejemplar estudiado en el presente trabajo presenta las características diagnósticas de esta subespecie, sin mostrar ningún carácter que no entre dentro de la variabilidad de la subespecie, por lo que su atribución a ésta no ofrece duda.

KELLER (1982, lám. 7, fig. 4) figuró un ejemplar que presenta algunas diferencias con el estudiado en el presente trabajo; especialmente por lo que respecta a su mayor abombamiento en los estadios iniciales y alrededor del eje de crecimiento.

Los dos ejemplares figurados como *Inoceramus striatoconcentricus* Gümbel por DOBROV y PAVLOVA (1959, lám. 2, figs. 1 y 2), no parecen mostrar las características diagnósticas de esta especie, ya que presentan claras *annulocirculae*. De todas formas, su estado de conservación no es lo suficientemente bueno como para poder descartar su adscripción a esta especie.

Asimismo, el ejemplar figurado como *Inoceramus striatoconcentricus* Gümbel, 1868, por IVANNIKOV (1979, lám. 27, figs. 5 y 6), es más abombado y posee unas ondulaciones más marcadas y redondeadas que lo que es propio para *I. (My.) striatoconcentricus striatoconcentricus*. Por ello

no se puede asegurar qsu atribución a esta subespecie.

Esta subespecie se diferencia de *Inoceramus (Inoceramus) inaequivalvis* por ser mucho más agudo y por su mayor valor del ángulo WA, que oscila alrededor de los 80°-90°, mientras que para *I. (I.) inaequivalvis* se sitúa alrededor de los 55°-65°.

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Turoniense Superior del norte de la Cuenca de París (Francia)?, norte de Alemania, Rumania?, Plataforma Rusa (URSS), Cáucaso y Crimea?, Azeirbadjan (URSS), Sudáfrica, Ecuador, Perú y Venezuela.

En la Plataforma Norcastellana se ha localizado en el Turoniense Superior de la serie CU (Cuevas, Burgos).

Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus carphaticus Simionescu, 1899

Tipo

El holotipo, por monotipia, es el ejemplar figurado por SIMIONESCU (1899, lám. 2, figs. 1a y 1b). Procede de Urmös (Transilvania, Rumania).

Diagnosis

Equivalvo, inequilateral, tamaño mediano (H de hasta 77,0 mm.); medianamente abombado (B de hasta 16,0 mm.), con el máximo abombamiento situado alrededor del eje de crecimiento. Ala posterodorsal bastante bien diferenciada del resto de la valva. Perfil ovalado-elíptico. Ondulaciones no muy prominentes; *crestae* asimétricas o *crestocirculae* bastante anchas.

Discusión

HEINZ (1928b, p. 34) consideró, por la ornamentación, que esta subespecie era una variedad de *Inoceramus striatoconcentricus*, no estando de acuerdo con el que SIMIONESCU (1899, p. 281) la considerase como una variedad de *I. labiatus*. De todas formas, el ejemplar que figura HEINZ

(1928b, lám. 1, fig. 3) no presenta las características propias de la forma de SIMIONESCU, como ya demuestran TRÖGER (1967) y PAULIUC (1968). Por su parte, BRAUTIGAM (1962) elevó esta variedad al rango de especie.

TRÖGER (1967) consideró que el ejemplar que HEINZ (1928d) atribuye a *I. carphaticus* Simionescu es en realidad distinto, como lo demuestra su menor altura (H), su umbo menos sobresaliente, sus ondulaciones menos prominentes y su menor ángulo WA (siendo de 60°-65° en el ejemplar de HEINZ y de 80° en la especie de SIMIONESCU). Siendo ésta una posición semejante a la adoptada por PAULIUC (1968).

Hasta el momento no se había realizado una verdadera diagnosis de esta subespecie; por lo que, a efectos de este trabajo, se ha realizado una en base a los datos de diversos autores, como KELLER (1982), PAULIUC (1968) y TRÖGER (1967). La subespecie *Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus carphaticus* se diferencia de *I. (My?) striatoconcentricus striatoconcentricus* por tener *crestae* asimétricas y anchas, así como un umbo más pequeño.

Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus cf. carphaticus Simionescu, 1899

Lám. 4, fig. 5

Comparar

? 1974 *Inoceramus striatoconcentricus* Gümb. subsp. nov.; Sornay, lám. 2, figs. 5 y 6.

v 1982 *Inoceramus striatoconcentricus* aff. *carphaticus* SIMIONESCU, 1899; Keller, pp. 107-109, lám. 5, fig. 2.

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40686), que corresponde a un fragmento de los estadios posteriores de una valva izquierda.

Descripción

Este fragmento presenta una dimensión máxima de 25,5 mm., por lo que debería corresponder a

una valva izquierda de tamaño mediano a grande. La valva debería ser muy plana, ya que el abombamiento máximo que se puede observar sobre el ejemplar es de tan sólo 4,5 mm. El salto de la concha no parece ser mucho mayor en el margen anterior que en los restantes márgenes. El perfil de la concha debería ser claramente ovalado, alargado en sentido posteroventral. El umbo no está conservado.

Las ondulaciones no son muy numerosas. Se aprecian *crestae* asimétricas muy marcadas, que son algo escalonadas en los estadios posteriores. La curvatura de las ondulaciones es claramente ovalada. Las ondulaciones son estrechas, aunque algo más anchas en los estadios intermedios, siendo muy aristadas en los estadios más posteriores y en el margen anterior. El crecimiento de las ondulaciones es relativamente grande, alcanzando los 6,2 mm. en los estadios posteriores.

Discusión

El fragmento estudiado presenta características diagnósticas de *Inoceramus (Mytiloides?) striatoconcentricus carphaticus*, pero su estado de conservación no permite observar un número suficiente de caracteres. Por ello, se le debe considerar como meramente comparable a esta subespecie, y especialmente a los ejemplares figurados por SORNAY (1974, lám. 2, figs. 5 y 6) y KELLER (1982, lám. 5, fig. 2), que son los ejemplares más similares al estudiado.

Los ejemplares figurados como *Inoceramus striatoconcentricus* Gumb. subsp. nov. por SORNAY (1974, lám. 2, figs. 5 y 6) y procedentes de Afganistán, son algo similares al estudiado, aunque se diferencian por su altura (H) mayor y sus *crestocirculae* más prominentes y aristadas.

KELLER (1982, lám. 5, fig. 2) figuró un ejemplar que muestra notables semejanzas con el fragmento estudiado, especialmente por lo que respecta a su bajo abombamiento, a lo poco prominente de las ondulaciones y a la presencia de claras *crestocirculae*.

Distribución

La subespecie se ha reconocido en el Turoniense Superior e inciertamente en el Coniaciense

Inferior del norte de Alemania, Austria, Rumanía y Sudáfrica.

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en el Turoniense Superior de la serie OLLO-top/OLLO-III (Ollogoyen, Navarra).

Subgénero *Magadiceramus* Seitz, 1970

Especie tipo

Inoceramus subquadratus Schlüter, 1887, por designación original.

Diagnosis

Valva moderadamente abombada en algunos estadios intermedios de crecimiento, mientras que en los posteriores lo está fuertemente. Brusca caída del margen anterior sobre el plano sagital. Depresión radial plana y ancha, situada en el margen posterior, y localizada entre el eje de crecimiento (equivalente a K2) y K3. Desde K3 se define una pequeña ala posterodorsal. Umbo prosogiro. Perfil y curvatura de las ondulaciones subcuadradas. Entre las ondulaciones se sitúan pequeñas zonas anchas y planas, en las que se distinguen débiles *crestae* o *annuloriae*. Fuerte flexuración de la curvatura de las ondulaciones alrededor de K3 (diagnosis modificada de SEITZ, 1970, p. 16).

Discusión

HEINZ (1932, p. 16) creó el género *Magadiceramus*, designando su especie tipo, pero no dio la diagnosis del género, por lo que de acuerdo con las normas del CINZ era *nomen nudum*. Posteriormente, SEITZ (1970) dio la diagnosis del subgénero *Inoceramus (Magadiceramus)*. Así, de acuerdo con las normas del CINZ, debe considerarse a SEITZ (1970) como al verdadero autor de este subgénero.

Erróneamente, VOKES (1980, p. 42) consideró como inválido el término *Magadiceramus*, sin tomar en cuenta que SEITZ (1970) ya había descrito formalmente a este subgénero.

HEINZ (1932, p. 16) designó a *Inoceramus petraschecki* Heinz como especie tipo de este subgénero, pero posteriormente, SEITZ (1970, pp. 11

y 12) consideró que la especie *I. petraschecki* Heinz era sinónima de *I. subquadratus* Schlüter. Así, y puesto que, de acuerdo con las normas del CINZ, la especie de SCHLÜTER tiene prioridad al haber sido descrita con anterioridad a la de HEINZ, el nombre de *I. petraschecki* quedó invalidado. Por ello, SEITZ (1970, p. 12) adoptó a *I. subquadratus* como la especie tipo.

Distribución

Este subgénero ha sido reconocido en el Coniaciense de la región Surpirenaica central (España), norte de Alemania, Checoslovaquia, Texas y Nuevo México (EE. UU.) y el Golfo de México.

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus
Schlüter, 1887

Tipo

El lectotipo, por designación de SEITZ (1970, p. 17), es el ejemplar PIB ADKINS1, figurado por ADKINS (1928, lám. 34, fig. 6), y refigurado por SEITZ (1970, lám. 1, fig. 1), cuyo molde se conserva en el NLFB. Procede del Grupo Austin (Coniaciense), de Austin (Texas, USA).

Diagnosis

Perfil y curvatura de las ondulaciones subcuadradas (diagnosis según SEITZ, 1970).

Discusión

SEITZ (1970) estudió detalladamente las diferentes subespecies de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus*, diferenciando las siguientes cuatro subespecies: *I. (Ma.) subquadratus subquadratus* Schlüter, *I. (Ma.) subquadratus complicatus* Heine, *I. (Ma.) subquadratus crenelatus* Seitz e *I. (Ma.) subquadratus crenistriatus* Heinz.

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus
subquadratus Schlüter, 1887

Lám. 4, fig. 4

* 1887 *Inoceramus subquadratus*
SCHLÜT.; Schlüter, p. 43.

- | | |
|---------|---|
| v. 1909 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER; Schroeder, p. 63,
lám. 15, fig. 1, lám. 16, fig. 2. |
| 1928c | <i>Inoceramus subquadratus</i> var.
<i>petraschecki</i> n. var.; Heinz, p. 125. |
| v. 1928 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER; Adkins, p. 95, lám. 34,
fig. 6. |
| p. 1929 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER; Heine, p. 34, lám. 1,
sólo fig. 1 (no fig. 2). |
| . 1929 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER var. <i>curvata</i> n. v.; Heine,
p. 36, lám. 1, figs. 3 y 4. |
| ? 1929 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER var. <i>arrondata</i> n. v.;
Heinz, p. 37, lám. 1, fig. 5,
lám. 1, fig. 6. |
| 1932 | <i>Inoceramus petraschecki</i> HEINZ;
Heinz, p. 16. |
| 1952 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER; Young y Marks,
p. 479, lám. 1, fig. 10. |
| ? 1955 | <i>Inoceramus</i> cf. <i>subquadratus</i>
SCHLÜTER; Bürgl, p. 51, lám. 6,
fig. 10. |
| 1963 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
SCHLÜTER; Macak y Müller,
p. 193, lám. 1, fig. 1, lám. 2,
figs. 1 y 2. |
| 1963 | <i>Inoceramus pachtii</i> ARKHANGELSY;
Macak y Müller, p. 193, lám. 2,
fig. 1. |
| v. 1967 | <i>Inoceramus subquadratus</i>
(SCHLÜT.) H. SCHROED.; Seitz,
p. 84, lám. 10, fig. 3. |
| v. 1970 | <i>I. (Ma.) subquadratus</i>
<i>subquadratus</i> SCHLÜTER; Seitz,
pp. 17-25, figs. text. 2 y 4, lám. 1,
fig. 1, lám. 2, figs. 1 y 3, lám. 4,
fig. 1, lám. 8, figs. 2, 3 y 7, lám. 9,
fig. 2, lám. 10, figs. 1 y 4. |

- v. 1986a *Inoceramus (Ma.) subquadratus subquadratus* SCHLÜTER; López, pp. 19-21, lám. 1, figs. 1a, 1b y 2.
- v. 1986b *I. (M.) subquadratus subquadratus*; López, lám. 1, fig. 1.
- . 1986 *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus* Schlüter; Scott, Cobban y Merewether, figs. 9a y 9b.

Diagnosis

Sin elementos de ornamentación radial (diagnosis según SEITZ, 1970, p. 18).

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40255), que corresponde al molde interno de una valva izquierda.

Tipo

El mismo lectotipo que *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus*.

Descripción

Esta valva izquierda es de pequeño tamaño, y presenta las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40255	30,5	24,0	31,5	20,0	—	8,0	—	—

La valva es bastante plana y presenta el mayor salto de la concha en el margen anterior. Este margen es relativamente recto. El perfil de la valva es subcuadrado. La zona de charnela no está conservada. El umbo está muy mal preservado, es pequeño, no prominente y prosogiro.

Las ondulaciones son muy estrechas y muy poco aristadas. No se observan líneas de crecimiento. La curvatura de las ondulaciones es subcuadrada. Se aprecia K1, pero no K2, debido al estado de conservación del ejemplar. No se observa la presencia de elementos de ornamentación radial. El crecimiento de las ondulaciones es relativamente grande, llegando a alcanzar 5,5 mm. en los estadios posteriores.

Discusión

El lectotipo muestra todas las características diagnósticas de esta subespecie, identificándose claramente su perfil subcuadrado y sus ondulaciones de amplios crecimientos, estrechas y aristadas, así como las denominadas «ondulaciones de 2.º grado».

El ejemplar estudiado muestra el perfil y la ornamentación típicos de la subespecie *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus*, siendo especialmente significativo la diag-

nóstica inexistencia de elementos de ornamentación radial. Por lo que a pesar de su estado de conservación, se puede asegurar su atribución a esta subespecie.

Uno de los ejemplares figurados como *Inoceramus subquadratus* SCHLÜTER por HEINE (1929, lám. 1, fig. 1) presenta los caracteres diagnósticos de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus*, mientras que el otro (HEINE, 1929, lám. 1, fig. 2) corresponde a un ejemplar típico de *I. (Ma.) subquadratus crenelatus*.

Ninguno de los ejemplares atribuidos por HEINE (1929, lám. 1, figs. 3 y 4) a su nueva variedad *Inoceramus subquadratus* SCHLÜTER var. *curvata* n. v., muestra caracteres que no caigan dentro de la variabilidad de la subespecie *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus*. Por ello, no se puede considerar como válida a esta variedad creada por HEINE, sino que se le debe asignar a la subespecie *I. (Ma.) subquadratus subquadratus*.

El mal estado de conservación de los ejemplares figurados como «*Inoceramus subquadratus* Schlüter var. *arrondata* n. v.» por HEINE (1929, lám. 1, fig. 5, fig. 6) no permite asegurar su atribución subespecífica. Pero es de destacar que su perfil y su ornamentación son muy similares a los ca-

racterísticos de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus*.

Esta subespecie se diferencia de las restantes subespecies de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus* y de *I. (Ma.) austinensis* Heinz por no presentar elementos de ornamentación radial. Asimismo, se diferencia de *I. (Ma.) soukupi* Macák e *I. (Ma.) obesus* Seitz por ser mucho más plana.

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Coniaciense de la región Surplrenalca central (España), norte de Alemania, Checoslovaquia, Texas y Nuevo México (EE. UU.), Golfo de México y Colombia.

En la Plataforma Norcastellana se ha localizado únicamente en el Coniaciense Superior de la serie VMW (Villamarín, Burgos).

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus Seitz, 1970

Lám. 5, fig. 2

- p. 1929 *Inoceramus subquadratus* SCHLÜTER; Heine, p. 34, lám. 1, sólo fig. 2 (no fig. 1).
- 1963 *Inoceramus subquadratus* SCHLÜT.; Macák y Müller, p. 193, lám. 1, fig. 2.
- v* 1970 *I. (Ma.) subquadratus crenelatus* n. subsp.; Seitz, pp. 31-32,

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40461*	24,5	28,0	26,0	26,5	17,5	7,5	—	—

La valva es bastante plana, mostrando el mayor abombamiento alrededor del eje de crecimiento. El área posterodorsal es muy plana y en ella se observa una pequeña ala. El margen anterior no

fig. text. 7, lám. 2, fig. 2, lám. 3, figs. 2 y 3, lám. 4, fig. 2.

- v. 1978 *Magadiceramus subquadratus* (SCHLÜTER); Wiedmann y Kauffman, lám. 2, fig. 16.
- v. 1979 *Magadiceramus subquadratus* (SCHLÜTER); Wiedmann, lám. 2, fig. 16.
- . 1986 *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus* Seitz; Scott, Cobban y Merewether, figs. 9c y 9f.

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar NLfB S528WB figurado por SEITZ (1970, lám. 4, fig. 2). Procede del Coniaciense Superior del pozo V (a 47 m. de profundidad), de la mina Minister Stein (Lünen, Alemania).

Diagnosis

Ondulaciones denticuladas (diagnosis según SEITZ, 1970, p. 31).

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40461), que corresponde al contramolde interno de una valva izquierda, de la que se ha realizado un molde en escayola.

Descripción

Esta valva izquierda es de tamaño pequeño, y presenta las siguientes dimensiones totales:

está conservado. El perfil de la concha es claramente subcuadrado. El umbo no está conservado, pero muestra una marcada tendencia a ser prosogiro.

Las ondulaciones están algo aristadas, y son más marcadas y escalonadas en los estadios iniciales. No se observan líneas de crecimiento debido al estado de conservación del ejemplar. Las ondulaciones muestran el denticulado, diagnóstico de esta subespecie, que está más marcado en los estadios posteriores. La curvatura de las ondulaciones es subcuadrada, con tramos de curvatura no totalmente recta. Se observa claramente K3 y ligeramente K2, pero no K1. El tramo de la curvatura de las ondulaciones entre K1 y K3 es relativamente circular, con lo que no se aprecian tramos rectos entre las aristas. El crecimiento de las ondulaciones es relativamente constante, oscilando alrededor de los 3,0-4,0 mm. El valor del ángulo WA parece situarse alrededor de los 65° en los estadios posteriores.

Discusión

El ejemplar estudiado presenta las ondulaciones denticuladas diagnósticas de la subespecie, y son claramente similares a las que se observan en los ejemplares estudiados por SEITZ (1970, lám. 2, fig. 2, lám. 3, figs. 2 y 3, lám. 4, fig. 2).

Uno de los ejemplares figurado como *Inoceramus subquadratus* Schlüter por HEINE (1929, lám. 1, fig. 2) presenta las ondulaciones denticuladas características de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus*. Por ello debe ser atribuido a dicha subespecie.

El ejemplar figurado como *Magadiceramus subquadratus* (SCHLÜTER) por WIEDMANN y KAUFFMAN (1978, lám. 2, fig. 16) y refigurado por WIEDMANN (1979, lám. 2, fig. 16) también presenta las ondulaciones denticuladas diagnósticas de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus*. Por ello, debe ser adscrito a esta subespecie.

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus se diferencia de *I. (Ma.) subquadratus creniestriatus* Heinz por no poseer las estrías radiales características de ésta. Por otra parte, se diferencia de las restantes subespecies del subgénero *Inoceramus (Magadiceramus)* en que ninguna de ellas presenta sus típicas ondulaciones denticuladas.

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Conia-

ciense Superior del norte de Alemania (R. F. A.), Checoslovaquia y Nuevo México (EE. UU.).

En la Plataforma Norcastellana se ha localizado únicamente en la serie NI (Nidaguila, Burgos).

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus complicatus Heine, 1929

Tipo

El holotipo, por designación original, es el ejemplar GPIM 666 figurado por HEINE (1929, lám. 2, fig. 7). Procede del Coniaciense del pozo de aireación 3 (a 140 m. de profundidad) de la mina Grimberg (Bergkamen-Weddinghofen, R. F. A.).

Diagnosis

Costillas radiales de prominencia variable, y que se van engrosando en los estadios posteriores. Se observa ocasionalmente la existencia de «ondulaciones de 2.º orden» (diagnosis modificada de SEITZ, 1970, p. 34).

Discusión

Esta subespecie se diferencia de las restantes subespecies de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus* por sus costillas radiales y estar más abombado.

Distribución

Esta subespecie se ha reconocido en el Coniaciense (posiblemente sólo en el Coniaciense Superior) del norte de Alemania, Checoslovaquia y el Western Interior (EE. UU.).

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus cf. complicatus Heine, 1929

Lám. 4, figs. 7a y 7b

Comparar

1929 *Inoceramus subquadratus* SCHLÜTER var. *complicata* n. v.; Heine, p. 38, lám. 2, fig. 7.

v 1970 *I. (Ma.) subquadratus complicatus* HEINE; Seitz, pp. 33-38, lám. 5, figs. 1, 2 y 3, lám. 11, figs. 1 y 3, lám. 13, fig. 3.

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40050), que corresponde al molde interno de una valva derecha.

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40050*	47,0	25,0	46,0	32,0	8,0	19,0	—	—

Valva bastante abombada. El margen anterior está algo curvado. El perfil de la concha es claramente subcuadrado. El umbo es pequeño, redondeado y prosogiro.

Las ondulaciones son muy numerosas, estrechas y aristadas. Se identifican marcadas *crestocirculae*, que algunos autores consideran «ondulaciones de 2.º orden». Las verdaderas ondulaciones están mucho más marcadas que estas ondulaciones de 2.º orden. Las ondulaciones poseen una curvatura ovalada, pero es debido a la fuerte deformación que presenta el ejemplar; por este mismo motivo no se puede apreciar la existencia de aristas. Los elementos de ornamentación radial se observan claramente, aunque no están muy marcados y se sitúan principalmente en la zona cercana al eje de crecimiento. El crecimiento de las ondulaciones va aumentando durante la ontogenia, alcanzando los 7,0 mm. en los estadios posteriores.

Discusión

El único ejemplar estudiado en el presente trabajo está bastante deformado, y su ornamentación radial está muy poco marcada. Al no observarse claramente esta característica, que es diagnóstica de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus complicatus*, no se puede asegurar con certeza su atribución a esta subespecie. De todas formas, sus restantes características, así como su posible ornamentación radial, son comunes en los ejemplares de esta subespecie figurados por HEINE (1929, lám. 2, fig. 7) y por SEITZ (1970, lám. 5, figs. 1, 2 y 3, lám. 11, figs. 1 y 3, lám. 13, fig. 3).

Descripción

Esta valva derecha es de tamaño mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Distribución

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en el Coniaciense Superior de la serie FR (Fresneda, Alava).

Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subsp. inc.

Lám. 5, fig. 1

Comparar

1887 *Inoceramus subquadratus* SCHLÜT.; Schlüter, p. 43.

Material

Se ha estudiado un solo ejemplar (núm. 38638), conservado en molde interno, y correspondiente a un fragmento de los estadios posteriores de una valva izquierda.

Descripción

Fragmento de tamaño relativamente grande y que alcanza los 67,0 mm. en su dimensión máxima. Este ejemplar es muy plano, presentando un abombamiento (B) máximo de 10,0 mm. El margen anterior y el umbo no están conservados.

Las ondulaciones son algo estrechas y apenas redondeadas. No se aprecian líneas de crecimiento, debido al estado de conservación del ejemplar. La curvatura de las ondulaciones es claramente subcuadrada, apreciándose únicamente K2. No se observan elementos de ornamentación radial. El crecimiento de las ondulaciones es re-

lativamente grande, llegando a alcanzar los 9,5 mm.

Discusión

El único ejemplar estudiado corresponde a un fragmento que muestra el perfil y la ornamentación diagnóstica de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus*. Pero su mal estado de conservación no permite apreciar las características suficientes, por lo que no puede ser asignado a ninguna de las subespecies.

Distribución

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en el Coniacense Superior de la serie VI (Villaventín, Burgos).

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40731	63,0	72,5	57,0	70,0	34,0	17,0	—	—

La valva está algo abombada, y muestra una gran diferencia entre el área plana cercana a la zona de charnela y la restante parte abombada de la concha, identificándose un ala posterodorsal plana. El umbo y la parte del margen anterior más cercano al umbo no están preservados. El resto del margen anterior tiene un aspecto relativamente curvado. El perfil de la valva es subcuadrado. El umbo es algo redondeado, sobresaliente y prosogiro.

Las ondulaciones son estrechas y redondeadas, y no se observan líneas de crecimiento debido

Inoceramus (Magadiceramus) aff. subquadratus
Schlüter, 1887

Lám. 4, fig. 6

Comparar

1887 *Inoceramus subquadratus*
SCHLÜT.; Schlüter, p. 43.

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40731), que corresponde al molde interno de una valva derecha.

Descripción

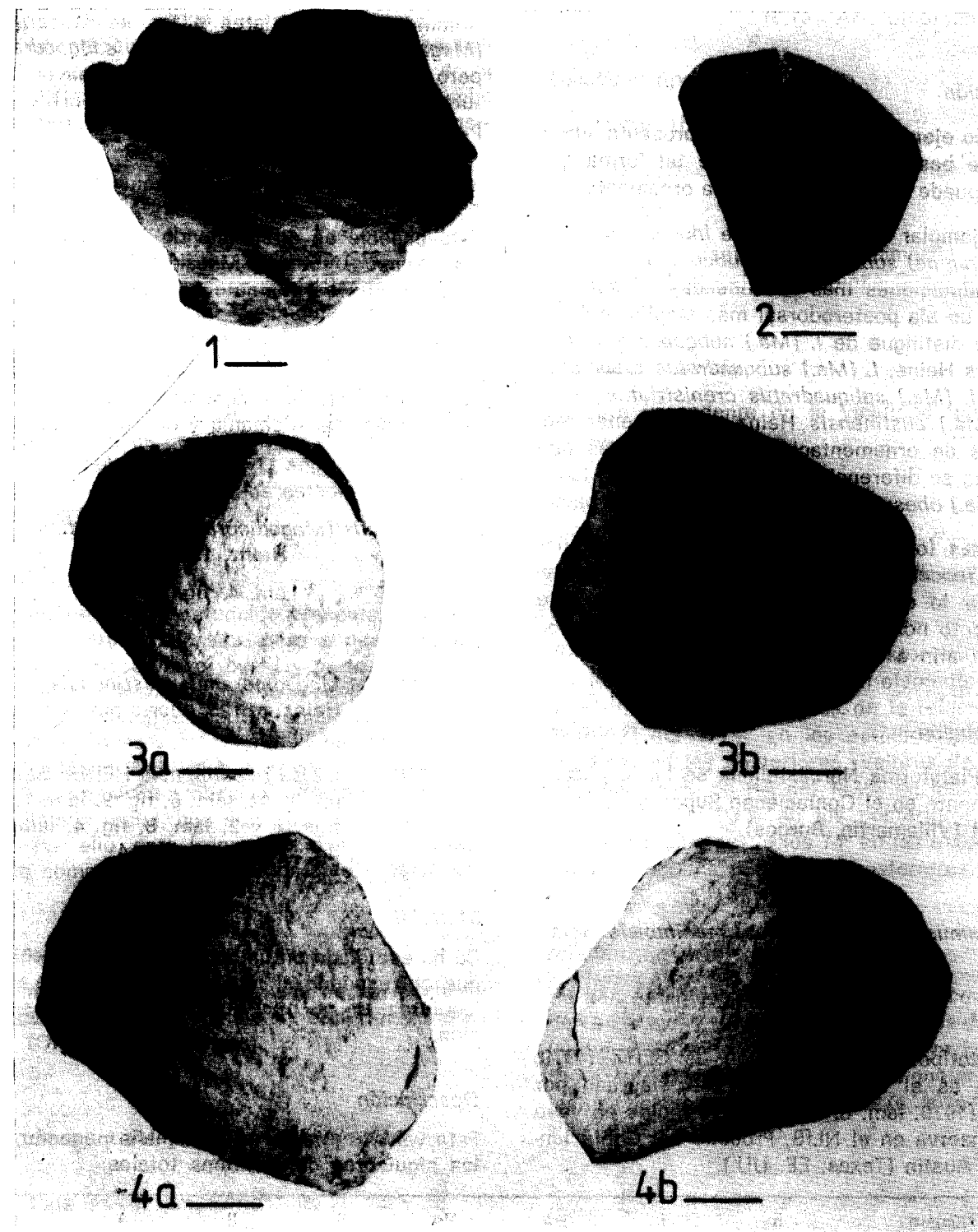
Esta valva derecha es de tamaño mediano, con las siguientes dimensiones totales:

al estado de conservación. El surco entre cada ondulación es muy estrecho, con lo que el espacio crecimiento de las ondulaciones (alrededor de los 3,0-4,0 mm.) está prácticamente ocupado en su totalidad por las mismas. La curvatura de las ondulaciones es subcuadrada, aunque es algo más circular en los estadios iniciales. Se aprecian ligeramente K2 y K3, pero no K1. No se observan elementos de ornamentación radial. La relación L en % de H es del 102,5% para los últimos estadios de crecimiento (H=39,5 mm.). La relación NA en % de HA es del 97,6% para

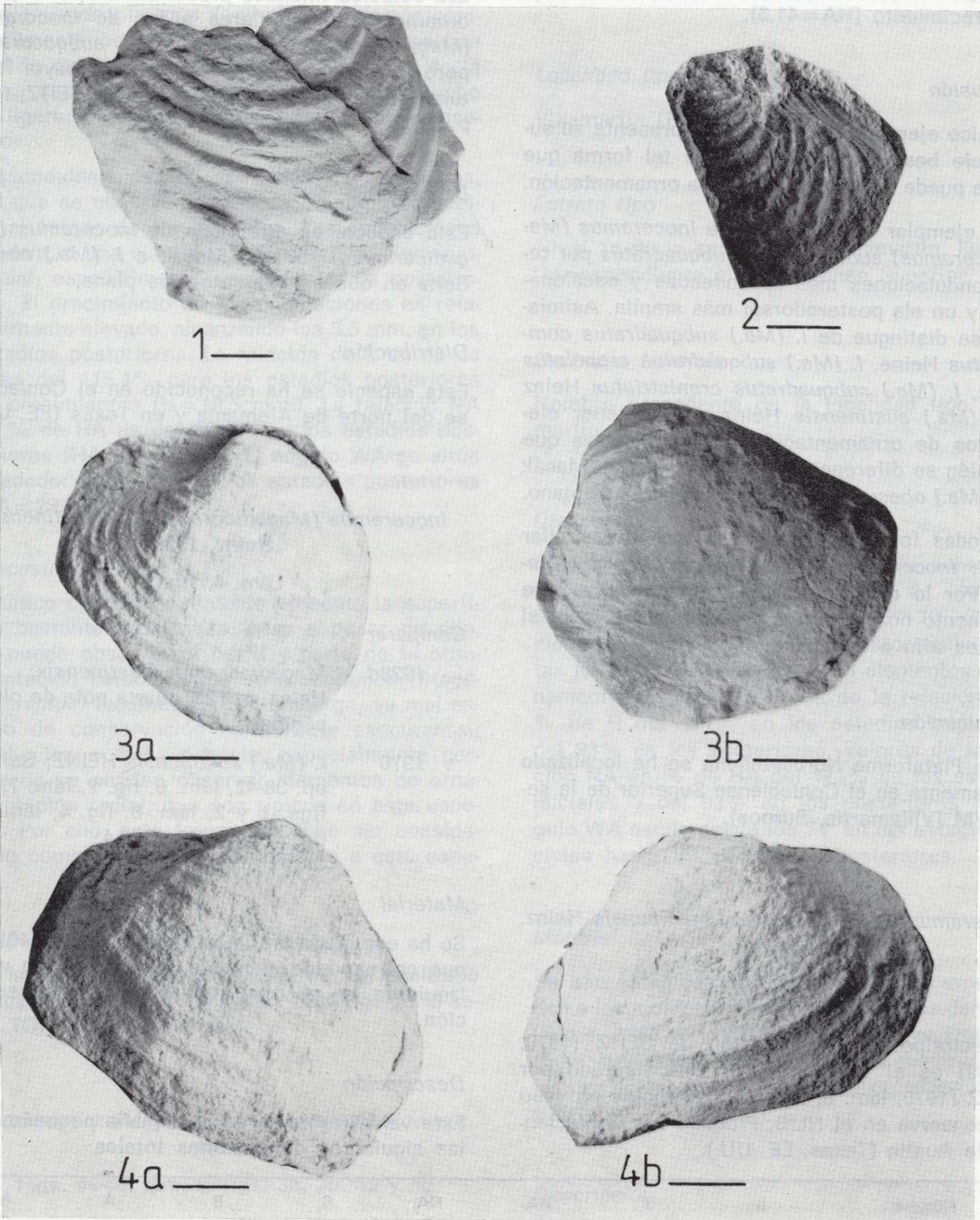
LAMINA 5

- Figura 1.—*Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus* subsp. inc. Fragmento de una valva izquierda. Nivel 105 de la serie VI (Villacián, Burgos). Ejemplar 38638.
- Figura 2.—*Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus crenelatus* Seitz, 1970. Molde en escayola del contramolde interno de una valva izquierda. Nivel 1 sup. 1 de la serie NI (Nidaguila, Burgos). Ejemplar 40461.
- Figura 3a.—*Inoceramus (Magadiceramus) villamartinensis* sp. n. Valva derecha. Nivel 1a de la serie VMW (Villamartín, Burgos). Ejemplar 40276. Holotipo.
- Figura 3b.—*Inoceramus (Magadiceramus) villamartinensis* sp. n. Valva izquierda. Nivel 1a de la serie VMW (Villamartín, Burgos). Ejemplar 40276. Holotipo.
- Figura 4a.—*Inoceramus (Magadiceramus) villamartinensis* sp. n. Valva derecha. Nivel 23 inf. de la serie TU (Turzo, Burgos). Ejemplar 40747.
- Figura 4b.—*Inoceramus (Magadiceramus) villamartinensis* sp. n. Valva izquierda. Nivel 23 inf. de la serie TU (Turzo, Burgos). Ejemplar 40747.

LAMINA 5



LAMINA 5



los últimos estadios de crecimiento (HA=41,5). El ángulo WA es de 70° para los últimos estadios de crecimiento (HA=41,5).

Discusión

El único ejemplar aquí estudiado presenta su superficie bastante erosionada, de tal forma que no se puede observar parte de la ornamentación.

Este ejemplar se diferencia de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus* por tener ondulaciones más redondeadas y escalonadas, y un ala posterodorsal más amplia. Asimismo, se distingue de *I. (Ma.) subquadratus complicatus* Heine, *I. (Ma.) subquadratus crenelatus* Seitz, *I. (Ma.) subquadratus crenistriatus* Heinz e *I. (Ma.) austinensis* Heinz por no tener elementos de ornamentación radial. Mientras que también se diferencia de *I. (Ma.) soukupi* Macák e *I. (Ma.) obesus* Seitz por ser mucho más plano.

De todas formas, su perfil es bastante similar al de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus*. Por lo que, se puede considerar que este fragmento no pertenece a esta especie, pero sí que es afín a la misma.

Distribución

En la Plataforma Norcastellana se ha localizado únicamente en el Coniaciense Superior de la serie VM (Villamartín, Burgos).

Inoceramus (Magadiceramus) austinensis Heinz, 1928

Tipo

El lectotipo, por designación de SEITZ (1970, p. 39) es el ejemplar GSH 240, figurado por SEITZ (1970, lám. 6, fig. 2), cuyo molde en yeso se conserva en el NLFb. Procede del Coniaciense de Austin (Texas, EE. UU.).

Número	h	l	HA _t	NA _t	S _t	B	A	β
40725	28,0	23,5	29,0	27,5	—	9,0	—	—

Diagnosis

Los estadios iniciales presentan un perfil y una ornamentación similares a los de *Inoceramus (Magadiceramus) subquadratus subquadratus*, pero en los estadios posteriores es mayor la altura que la longitud (diagnosis según SEITZ, 1970, p. 39).

Discusión

Esta especie se diferencia de *Inoceramus (Magadiceramus) soukupi* Macák e *I. (Ma.) obesus* Seitz en que es bastante más plana.

Distribución

Esta especie se ha reconocido en el Coniaciense del norte de Alemania y en Texas (EE. UU.).

Inoceramus (Magadiceramus) cf. austinensis Heinz, 1928

Lám. 4, fig. 3

Comparar

1928d *Magadiceramus austinensis*; Heinz, p. 125, cuarta nota de pie de página.

v 1970 *I. (Ma.) austinensis* HEINZ; Seitz, pp. 38-42, lám. 6, fig. 2, lám. 7, figs. 1 y 2, lám. 8, fig. 4, lám. 11, fig. 2, lám. 13, fig. 4.

Material

Se ha estudiado un único ejemplar (núm. 40725), que corresponde al molde interno de una valva izquierda, en no muy buen estado de conservación.

Descripción

Esta valva izquierda es de tamaño pequeño, con las siguientes dimensiones totales:

La valva es relativamente abombada, especialmente alrededor del eje de crecimiento. El margen anterior y la zona de charnela no están completamente conservados, por lo que no se han podido medir los ángulos A y β. El perfil de la valva es subcuadrado, algo romboidal. El umbo es ligeramente prominente, algo agudo y prosogiro.

Las ondulaciones son estrechas y no aristadas, sin que se observen líneas de crecimiento debido al estado de conservación. Las ondulaciones presentan una curvatura subcuadrada, algo romboidal, especialmente en los estadios posteriores. El crecimiento de las ondulaciones es relativamente elevado, alcanzando los 5,5 mm. en los estadios posteriores. La relación de L en % de H es del 115,4% para los estadios posteriores de crecimientos (H=19,5 mm.). La relación NA en % de HA es del 89,1% en los estadios posteriores (HA=23,0 mm.). El ángulo WA se sitúa alrededor de los 72° en los estadios posteriores (HA=23,0 mm.).

Discusión

El único ejemplar estudiado presenta la superficie bastante erosionada, pero a pesar de ello, se puede observar el perfil y parte de la ornamentación característica de *Inoceramus (Magadiceramus) austinensis*. Sin embargo, su mal estado de conservación no permite asegurar su atribución a dicha especie, especialmente porque no se pueden observar elementos de ornamentación radial, que son típicos en esta especie. Por ello, este fragmento debe ser considerado como meramente comparable a esta especie.

Distribución

En la Plataforma Norcastellana se ha localizado únicamente en el Coniaciense Superior de la serie TOR (Tormes, Burgos).

Inoceramus (Magadiceramus) villamartinensis sp. n.

Figs. 44-46, lám. 5, figs. 3a, 3b, 4a y 4b

Holotipo

El ejemplar 40276, que presenta ambas valvas.

El paratipo es el ejemplar 40747, que también presenta ambas valvas (23 inf TU).

Localidad tipo

Villamartín (Burgos).

Estrato tipo

Nivel 1a de la serie VMW (Villamartín, Burgos). Correspondiente al Coniaciense Superior.

Derivatio Nominis

Nombre procedente de la localidad tipo (Villamartín, Burgos).

Diagnosis

Muy abombado (B=21,0-11,0), perfil subcuadrado, ángulo A con un valor medio de 140°-110° ángulo β con un valor medio de 87°-70°. Ondulaciones estrechas y aristadas, crestocirculares, aristas K1 y K2 bien definidas, sin elementos de ornamentación radial. Valores de la relación L en % de H del 171% en los estadios iniciales y del 93% en los posteriores. Valores de la relación NA en % de HA del 173% en los estadios iniciales y del 93% en los posteriores. El ángulo WA oscila desde los 74° en los estadios iniciales hasta los 85° en los posteriores.

Material

Se han estudiado 10 ejemplares que corresponden a los moldes internos de dos valvas derechas (núms. 38622 y 40737), de una valva izquierda (núm. 40549) y de siete ejemplares que presentan las dos valvas (núms. 40156, 40276, 40747, 40812, 40813, 40821 y 40824).

Descripción

Las valvas son de tamaño mediano, con las siguientes dimensiones totales:

Número	h	l	HA _i	NA _i	S _i	B	A	β
38622	41,5	46,8	39,2	41,5	23,4	18,9	110°	76°
40156d*	22,5	44,4	21,5	47,0	—	12,0	—	—
40156i*	37,0	45,0	31,5	48,0	18,5	14,0	125°	79°
40276d	43,5	45,0	42,0	48,5	18,0	12,5	—	—
40276i	48,0	50,0	48,5	44,5	—	20,5	110°	74°
40549*	34,5	28,5	32,5	29,5	5,5	19,5	119°	70°
40737	51,5	48,5	50,5	47,5	—	10,5	126°	80°
40747d	46,0	50,5	44,5	49,5	16,5	18,5	128°	82°
40747i	42,0	50,0	42,0	50,0	21,0	17,5	125°	85°
40812d	28,5	52,5	39,0	44,5	17,5	17,5	130°	83°
40812i	33,5	52,0	43,0	45,5	—	17,5	—	—
40813d	48,0	45,0	46,5	44,5	13,0	13,0	—	—
40813i	48,5	45,0	50,5	44,0	11,5	12,0	140°	73°
40821d	29,5	35,5	30,5	33,5	11,5	13,5	127°	87°
40821i	31,5	34,5	33,0	34,5	9,5	13,0	140°	87°
40824d*	37,0	38,5	38,0	37,5	—	12,0	—	—

Las valvas están bastante abombadas, pero generalmente las izquierdas lo están más que las derechas, como se observa en los ejemplares 40156 y 40276. En otros ejemplares la valva izquierda debería estar más abombada que la derecha, pero no es así al estar deformados, tal y como es el caso del ejemplar 40813. El abombamiento de la concha es constante durante toda la ontogenia, con la salvedad del ejemplar 40276, en el que se observan algunos cambios algo bruscos en la convexidad de la concha, ya que a partir de H=20,0 mm. presenta un menor abombamiento. Los ejemplares 40,276, 40737 y 40747 muestran la existencia de un ala postero-dorsal, que está poco diferenciada. El margen anterior es cóncavo con respecto al exterior, especialmente en el ejemplar 40156. El valor del ángulo A oscila entre un máximo de 140° y un mínimo de 110°. El valor del ángulo β oscila entre un máximo de 87° y un mínimo de 70°. El perfil de la concha es claramente subcuadrado. El umbo es ancho, algo prominente, recurvado en sentido posterior y prosogiro.

Las ondulaciones son estrechas y aristadas, siendo muy poco prominentes en el ejemplar 40737. Se aprecian *crestocirculae*. Las ondulaciones poseen una curvatura subcuadrada, con tramos algo circulares, especialmente en los estadios posteriores. Las aristas K1 y K3 están muy bien definidas, pero no K2, ello es debido a que entre K1 y K3 se sitúa un tramo bastante recto. No se observan elementos de ornamentación radial. El crecimiento de las ondulaciones va

aumentando en los estadios posteriores, pero no de forma constante, sino oscilando desde un mínimo de 2,3 mm. en el ejemplar 40737 hasta un máximo de 5,0 mm. en el ejemplar 40276.

La relación L en % de H varía desde el 171-148% del ejemplar 40276 y el 163-125% del ejemplar 40821 en los estadios iniciales, pasando por el 146-134% del ejemplar 40747, el 137-120% del ejemplar 40276 y el 113-107% del ejemplar 40821 en los estadios intermedios; hasta alcanzar el 124-118% del ejemplar 40747 y el 97-93% del ejemplar 40737 (fig. 44).

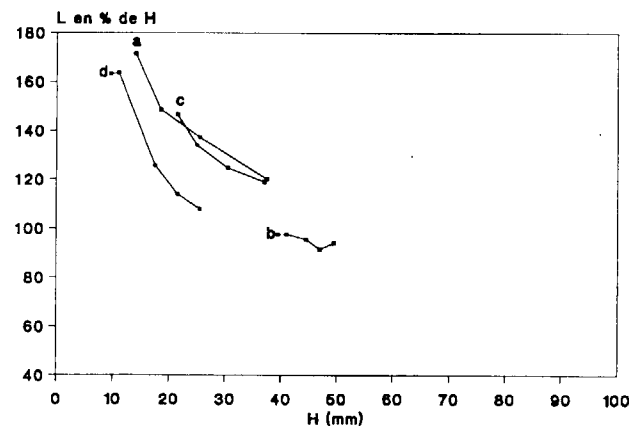


Figura 44.—Variación ontogénica de la relación L en % de H para *I. (Ma.) villamartinensis* sp. n. Valvas derechas: a=40276; b=40373; c=40747. Valva izquierda: d=40821.

La relación NA en % de HA varía desde el 173-158% del ejemplar 40281 y el 162-158% del ejemplar 40276 en los estadios iniciales, pasando por el 140-118% del ejemplar 40276, el 134-131% del ejemplar 40747 y el 131-116% del ejemplar 40821 en los estadios intermedios; hasta alcanzar el 119-118% del ejemplar 40747 y el 97-93% del ejemplar 40737 (fig. 45).

El ángulo WA se mantiene constante durante toda la ontogenia, con valores que oscilan entre los 74° y 85°, dependiendo del ejemplar (fig. 46).

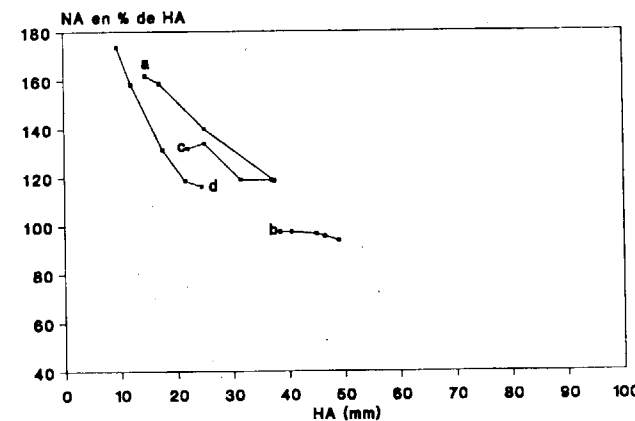


Figura 45.—Variación ontogénica de la relación NA en % de HA para *I. (Ma.) villamartinensis* sp. n. Valvas derechas: a=40276; b=40737; c=40747. Valva izquierda: d=40821.

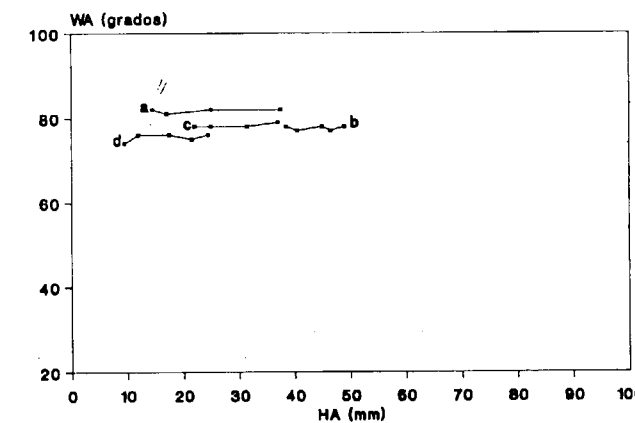


Figura 46.—Variación ontogénica del ángulo WA para *I. (Ma.) villamartinensis* sp. n. Valvas derechas: a=40276; b=40737; c=40747. Valva izquierda: d=40821.

Discusión

Las características que muestran los ejemplares estudiados no habían sido reconocidas, hasta el momento, en ninguna otra especie de *Inoceramus (Magadiceramus)*. Las únicas semejanzas las presentan con *I. (Ma.) obesus* Seitz y con *I. (Ma.) soukupi* Macák, especialmente por lo que respecta a su fuerte abombamiento. Pero se diferencian de *I. (Ma.) obesus* por su perfil mucho más subcuadrado y por no presentar elementos de ornamentación radial. Mientras que se diferencian de *I. (Ma.) soukupi* por su umbo menos agudo y prominente y por su menor valor del ángulo WA.

Por todo ello, se puede considerar que estos ejemplares corresponden a una nueva especie de *Inoceramus (Magadiceramus)*, que es bastante abundante en el Coniaciense Superior de la Cuenca Navarro-Cántabra.

Distribución

En la Cuenca Navarro-Cántabra se ha localizado únicamente en la serie VI (Villaventín, Burgos). Mientras que en la Plataforma Norcastellana se ha localizado en la serie TOR (Torme, Burgos), en la serie TU (Turzo, Burgos), en la serie VM (Villamartín, Burgos) y en la serie VMW (Villamartín, Burgos). Su distribución estratigráfica se restringe al Coniaciense Superior.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Dr. Ricardo Martínez sus consejos y apoyo en la realización de este trabajo, que es parte de la Tesis del autor, que él dirigió. Al Dr. Robert Santamaría por su colaboración y ayuda en muchas salidas de campo. Así mismo, debo agradecer a todas aquellas personas que han revisado total o parcialmente la información de este trabajo, especialmente al Prof. Jaime Truyols, Jaime de Porta, Marcos A. Lamolda, José María Pons y Ekbert Seibertz, por haber sido los miembros del tribunal que juzgó la Tesis Doctoral del autor.

Al Director y personal del Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hannover, RFA), del British Museum (Natural History) y del Segwick Museum (Cambridge), así como al Prof. Dr. Jost Wiedmann (Tübingen) y al Dr. W. J. Kennedy por haberme permitido estudiar las colecciones que se encuentran bajo su cargo.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la DGICYT dentro del Proyecto PB87-0748-C02, y es una contribución al proyecto 262 del IGCP de la UNESCO.

REFERENCIAS

- ADKINS, W. S. (1928): *Handbook of Texas Cretaceous Fossils*. Bull. Univ. Texas, 2838, 303 pp., 37 láms.
- ALI-ZADE, Ak. A.; ALIEV, G. A.; ALIEV, M. M.; ALIOLLA, X., y XALILOV, A. G. (1988): *Melobaia fauna Azerbajdchana*. Izdatelstuo «SIm», 1988. Akademia Nauk Aberbaidjarskoi SSR. Institut Geologii im. I.M. Guikkina, 1-648.
- ANDERT, H. (1934): *Die Kreideablagerungen zwischen Elbe und Jeschken*. Teil III: *Die Faune der obersten Kreide in Sachsen, Bohmen und Schlesien*. Abh. preuss. geol. Landesamt., N. F., 159, 447 pp., 19 láms.
- AOKI, T., y TASHIRO, M. (1982): *A stratigraphic study of the Cretaceous Shimanto Belt (the «Doganaro» und Uwagumi Formations) at Nwagumi, Kagami-machi, Kagami-gun, Kochi Prefecture, Shikoku*. Res. Rep. of the Kochi Univ. (Nat. Sci.), 31, 1-24, 7 láms.
- BADILLET, G., y SORNAY, J. (1979): *Sur quelques formes du groupe d'Inoceramus labiatus decrites par O. SEITZ. Impossibilité d'utiliser ce groupe pour un datation stratigraphique du Turonien inf. du Saumourois (France)*. C. R. Acad. Science, SerieD, 290, 323-325.
- BERTHOUE, P. Y. (1984): *Albian-Turonian stage boundaries and subdivisions in the western Portuguese Basin with special emphasis on the Cenomanian-Turonian boundary in the ammonite facies and rudist facies*. Bull. Geol. Soc. Denmark, 33, 41-55.
- BODYLEVSKI, V. J., y SULGANINA, N. J. (1958): *Jura-und Kreidefaunen am Unterlauf des Jenissei* (en ruso). Trudy Nauchno-Issledovatel'skogo Inst. Geol. Artiki Ministerstva Geol. i ochrany Nedr SSSR, 93, 195 pp., 45 láms.
- BÖSE, E. (1918): *On a new Ammonite fauna of the Lower Turonian of Mexico*. University of Texas Bull., 1856, 178-257, 20 láms.
- BÖSE, E. (1923): *Algunas faunas cretácicas de Zacutecas, Durango y Guerrero*. Bol. Inst. Geol. de México, 42, 181-189, láms. 12 y 13.
- BÄUTIGAM, F. (1962): *Zur Stratigraphie und Paläontologie des Cenomans und Turons um nord-westlichen Harzvorland*. Diss. TH Braunschweig, 261 pp., 21 láms., Braunschweig.
- BRONGNIART, A. (1822): *Description géologique des environs de Paris*, 428 pp., láms. 1-11, Paris.
- BÜRGL, H. (1955): *El Guadalupe entre Tabio y Chia*. Bol. geol. Colomb., 3, 23-55, 4 láms.
- CIESLINSKI, S., y BLASZKIEWICZ, J. (1984): *Gromada Bivalvia (BOUNANNI, 1681) Linné, 1758*. In: MALINOWSKIEJ, L. (Red.): *Budowa geologiczna Polski*, tom III, *Atlas Skamieniałości Przewodnych i charakterystycznych*, 2. Mesozoik, Kreda, 360-367.
- CLEVELLY, R. J., y MORRIS, N. J. (1987): *Introduction to mollusca and bivalves*. In: *Fossils of the Chalk* (Owen E. Comp. y Smith, A. B., ed.), 73-127.
- COBBAN, W. A. (1983): *Molluscan Fossil Record from the Northeastern Part of the Upper Cretaceous Seaway, Western Interior*. Geol. Surv. Prof. Pap., 1253-A, 1-22, 15 láms.
- COBBAN, W. A. (1984): *Molluscan Record From a Mid-Cretaceous Borehole in Western Country, Wyoming*. Geol. Surv., Prof. Pap., 1271.
- COBBAN, W. A. (1986): *Upper Cretaceous molluscan record from Lincoln Country, New Mexico*. Southwest section of AAPG Transactions and Guidebook of 1986 Convention, 77-89, figs. 1-10.
- COX, L. R. (1969): *Family Inoceramidae Giebel 1852*. In: MOORE, R. C. (Ed.): *Treatise on Invertebrate Palaeontology*, Part N, vol. 1, *Mollusca, Bivalvia*, Geol. Soc. America & Univ. Kansas Press, 314-321.
- DACQUE, E. (1939): *Die Fauna der Regensburg-Kelheimer Oberkreide (mit Ausschluß der Spongien und Bryozoen)*. Bayer. Akad. Wiss., math-naturwiss. Abt., Abh., N. F., 45, 281 pp., 17 láms., München.
- DOBROV, S. A., y PAVLOVA, M. M. (1959): *Inoceramus*. In: MOSKVIN, M. M. (Ed.): *Atlas verjnelovoy fauni severnogo kaukaza i kríma*. Gostoptexizdat, Gosuda. Nauchno-tejnyi izdat. Neft. i Gorno-top. lite, 130-165, 23 láms.
- ETHERIDGE, R. (1872): *Description of the Paleozoic and Mesozoic fossils of Queensland*. Quart. Jour. Geol. Soc. London, 28, 317-350, láms. 14-25.
- FIEGE, K. (1930): *Über die Inoceramen der Oberturon mit besonderer Berücksichtigung der im Rheinland und Westfalend vorkommenden Formen*. Paläontographica, 73, 31-48, láms. 5-8.
- GEINITZ, H. B. (1871-75): *Geologie des Elbthals in Sachsen*. Paläontographica, 20 (1-2), 210 pp., 46 láms.
- GOLDFUSS, A. (1834-40): *Petrefacta Germaniae*. Arnz & Co., 312 pp., 90 láms., Düsseldorf.
- GÜMBEL, C. W. (1868): *Verzeichnis des in der Sammlung des Geol.-Mineral. Vereins in Regensburg vorfindlichen Versteinerungen aus den Schichten der Procaen-oder Kreideformation aus der Umgebung von Regensburg*. Corresp. Bl. geol. mineral. Ver. Regensburg, 22, 69.
- HATTIN, D. E. (1962): *Stratigraphy of the Carlile Shale (Upper Cretaceous) in Kansas*. Bull. Kansas Geol. Surv., 156, 155 pp., 27 láms.
- HATTIN, D. E., y COBBAN, W. A. (1977): *Upper Cretaceous stratigraphy, paleontology and paleoecology of Western Kansas*. In: Kauffman, E. G. (ed.): *Cretaceous faunas and paleoenvironments across the Western Interior Basin*. Field-Guide: North American Paleontologica Convention II. The Mountain Geologist, 14 (3-4), 175-217.
- HAYAMI, I. (1975): *A systematic survey of the Mesozoic bivalvia from Japan*. The Univ. Mus. of the Univ. of Tokyo, 10, 228 pp., 10 láms.
- HEINE, F. (1929): *Die Inoceramen der mittelwestfälischen Enschers und untoren Untersenons*. Abh. Preuss. Geol. Land. N. F. H., 120.
- HEINZ, R. (1928a): *Das Inoceramen Profil der oberen Kreide Lüneburg mit Anführung der neuen Formen und deren Kennzeichnung (Inoceramen I)*. Jb. Nieder. geol. Ver., 21, 64-81.
- HEINZ, R. (1928b): *Über die bisher wenig beachtete Skulptur der Inoceramen-Schale und ihre stratigraphische Bedeutung*. Mitt. Min.-Geol. Staatinst., 10, 1-39, 5 figs.
- HEINZ, R. (1928c): *Über die oberkreide-Inoceramen Süd-Amerikas (Inoceramen V)*. Mitt. Min.-Geol. Staatinst., 10, 41-97, 3 láms.
- HEINZ, R. (1928d): *Über die Oberkreide-Inoceramen Neu-Seelands und Neu-Kaledoniens und ihre Beziehungen zu denen Europas und anderer Gebiete (Inoceramen VII)*. Mitt. Min.-Geol. Staatinst., 10, 111-130.
- HEINZ, R. (1932): *Aus der neuen Systematik der Inoceramen (Inoceramen XIX)*. Mitt. Min.-Geol. Staatsinst., 13, 26 pp.
- HEINZ, R. (1933): *Inoceramen von Madagascar und ihre Bedeutung für die Kreide Stratigraphie (Inoceramen XIII)*. Zeitsch. Deutsch. geol. Gesell., 85 (4), 241-259.
- HESEL, M. H. R. (1988): *Lower Turonian inoceramids from Sergipe, Brazil: systematics, stratigraphy and palaeoecology*. Fossils and Strata, 22, 1-49.
- IVANNIKOV, A. V. (1979): *Inotserami Verjnelovi otlozheniy yugozapada Vostochno-Europeyskoy platformi*. Akad. Nauk. Ukrainskoy SSR Inst. Geol. Nauk., 103 pp., 32 láms. (en ucraniano).
- JIMBO, K. (1894): *Beiträge zur Kenntnis der Fauna die Kreideformation von Hokkaido*. Palaeont. Abhand., N. F., 2 (3), 140-194, láms. 17-25.
- JONES, D. L., y GRYC, C. (1960): *Upper Cretaceous pelecypods of the genus Inoceramus from northern Alaska*. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap., 334-E, 149-165, láms. 15-23.
- KAUFFMAN, E. G. (1977a): *Systematic, biostratigraphic and biogeographic relationships between middle Cretaceous Euramerican and North Pacific Inoceramidae*. Pal. Soc. Jap., Spec. Pap. (Hokkaido Symposium 1976), 21, 29-97.
- KAUFFMAN, E. G. (1977b): *Illustrated guide to biostratigraphically important Cretaceous macrofossils, Western Interior Basin, USA*. In: KAUFFMAN, E. G. (Ed.): *Field Guide: North American Paleontological Convention II*. Mount. Geologist, 14 (3-4), 225-274.
- KAUFFMAN, E. G. (1978a): *An outline of middle Cretaceous marine history and inoceramid biostratigraphy in the Bohemian Basin, Czechoslovakia*. Ann. Mus. Hist. Nat. Nice, 4, XIII.1-XIII.12, 5 láms.
- KAUFFMAN, E. G. (1978b): *South African middle Cretaceous Inoceramidae*. Ann. Mus. Hist. Nat. Nice, 4, XVII.1-XVII.6, 2 láms.
- KAUFFMAN, E. G. (1979): *Bivalves*. In: HERM, D.; KAUFFMAN, E. G., y WIEDMANN, J.: *The age and depositional environment of the «Gosau»-Group (Coniacian-Santonian). Brandenburg/Tirol, Austria*. Mitt. Bayern. Staat. Pal. und Hist. Geol., 19, 27-92, láms. 5-11.
- KAUFFMAN, E. G.; COBBAN, W. A., y EICHER, D. L. (1978): *Albian through Lower Coniacian Strata, biostratigraphy, and principal events, Western Interior United States*. Ann. Mus. Hist. Nat. Nice, 4, XXIII.1-XXIII.52, 17 láms.
- KAUFFMAN, E. G., y POWELL, J. D. (1977): *Paleontology. In: KAUFFMAN, E. G.; HATTIN, D. E., y POWELL, J. D.: Stratigraphic, Paleontologic and Paleoenvironmental analysis of the Upper Cretaceous rocks of Cimarron Country, north-western Oklahoma*. Mem. geol. Soc. Am., 49-77.
- KELLER, S. (1982): *Die Oberkreide der Sack-Mulde bei Alfeld (Cenoman-Unter-Contact)*. Lithologie, Biostratigraphie und Inoceramen. Geol. Jb., A. 64, 154 pp., 8 láms.
- KENNEDY, W. J.; WRIGHT, C. W., y HANCOCK, J. M. (1987): *Basal Turonian ammonites from West Texas*. Palaeontology, 30 (1), 27, 74.
- KOCIUBINSKI, S. P. (1958): *Inotserami Kreidovij vidkladiv volino-Podiliskoii nlti*. Izd-Vo AN USSR, 30, 31 pp., 9 láms.
- KOCIUBINSKI, S. P. (1968): *Inotserami*. In: Pasternak, S. I.; Gaurilitsin, V. I., y Ginda, V. A.: *Stratigrafii i fauna krreydovij Vidkladiv Sajidnoi, Nauk, Dumka*.
- KOCIUBINSKI, S. P. (1974): *Inotserami*. In: Nedra, M.: *Atlas Verjnelovoi fauni Donasca*.
- LAMOLDA, M. A.; LOPEZ, G., y MARTINEZ, R. (1989): *Turonian integrated Biostratigraphy in the Estella Basin (Navarra, Spain)*. In: WIEDMANN, J. (Ed.): *Cretaceous of the Western Tethys*. Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen, 1987, pp. 145-159, 4 figs. text. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- LOPEZ, G. (1990a): *Los inocerámidos (Bivalvia) del Turoniano de Ganuza (Navarra, España)*. In: J. CIVIS LLOBER y J. A. FLORES (Eds.): *Actas de Paleontología. (Actas de las IV Jornadas de Paleontología)*. Acta Salmanticensia. Biblioteca de las Ciencias, 68, 189-209, 1 lám.
- LOPEZ, G. (1990b): *Inocerámidos (Bivalvia) del Cretácico Superior de la Cuenca Navarro-Cántabra y de la Plataforma Norcastellana*. Paleontología y Bioestratigrafía. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona (Inédita), 551 pp., 124 gráfs., 17 láms.
- LUPU, D. (1976): *Inocerami du Turonianul si Coniacianul de la Bretelin (Stralele de Deva)*. St. Cerc. Geol. Geofiz., Geogr., Geologie, 21, 131-141, 5 láms.
- MACÁK, F., y MÜLLER, V. (1963): *Surchni coniak az v*

Kride Ceského středohor. Vestník Ystredniho Ystavo Géologického, 38, 193-195, 2 láms.

MANTELL, G. (1822): *The Fossils of the South Down; or Illustrations of the Geology of Sussex*, 320 pp., 42 láms., London.

MATSUMOTO, T. (1959): *Zonation of the Upper Cretaceous in Japan*. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., D., 9 (2), 55-93.

MATSUMOTO, T. (1963): In: MATSUMOTO, T. (Ed.): *A survey of the fossils from Japan illustrated in Classical monographs. Palaeont. Soc. Japan. Part VII*, pp. 27-32, láms. 44-51, Part X, pp. 41-48, láms. 60-68.

MATSUMOTO, T., y NODA, M. (1975): *Notes on Inoceramus labiatus (Cretaceous Bivalvia) from Hokkaido*. Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N. S., 100, 188-208, 28 láms.

MATSUMOTO, T., y NODA, M. (1983): *Restudy of Inoceramus incertus JIMBO with special reference to its biostratigraphic implications*. Proc. Japan Acad., ser. B, 59, 109-112, 5 figs., en texto.

MAZUREK, A. (1923): *Przyczynek dane o cenomanie i turonie niecki nizdianskiej*. Spraw. Panstw. Inst. Geol., 2 (1-2).

MENNESSIER, G., y SORNAY, J. (1980): *Atlas des macro-fossiles des crales de Picardie (Cénomanien supérieur Campanien)*. I. Inocérames, Ammonites et Nautilus. Ed. C.N.D.P., 41 pp., 10 láms.

NAGAO, T., y MATSUMOTO, T. (1940): *A monograph of the Cretaceous Inoceramus of Japan. Part II*. Journal Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., 6 (1), 64 pp. 22 láms.

NODA, M. (1984): *Notes on Mytiloides incertus (Cretaceous Bivalvia) from the Upper Turonian of the Pombets Area, Central Hokkaido*. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., 136, 455-473, láms. 84-86.

NODA, M., y MATSUMOTO, T. (1976): *Atlas of Japanese fossils, núm. 45, Mesozoic fossils of Japan 4 (Cretaceous Inoceramus 1-6)*. Tsukijishokan, Tokyo, 24 pp. (en japonés).

OEKENTORP, K., y SIEGFRIED, P. (1974): *Lamellibranch*. In: KAEVER, M.; OEKENTORP, K., y SIEGFRIED, P.: *Fossilien Westfalens*. Münster Forsch. Geol. Paläont., 33/34, 123-204, 18 láms.

ORBIGNY, A. d' (1843-47): *Paléontologie Française. Terrains Crétacés 3. Les Lamellibranches*, 501-522, láms. 403-413.

PAULIUC, S. (1968): *Studiuł geologic al Persanilor centrali en priviere speciala la Cretacicul superior*. Institutul geologic. Studii tehnice si economica, ser. I, Stratigrafie, 4, 1-131, 42 láms.

PETRASCHECK, W. (1903): *Ueber Inoceramen aus der Kreide Böhmens und Sachsen*. Jahrb. R. R. geol. R. A. Wien, 53, 153-165.

RADWANSKA, Z. (1962): *Fauna spagowych strefy Inoceramus schloenbachi Wilkanova (Dolni slasak)*. Inst. geolog. Biuletyn, 173 (10).

REUSS, A. E. (1845-46): *Die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation*, 1/2, 148 pp., 51 láms., Stuttgart.

ROBASZYNSKI, F. (1978): *Approche stratigraphique du Cénomaniano-Turonien dans le Hainaut Franco-belge et le Nord de la France*. Ann. du Mus. d'Hist. Nat. de Nice, 8, 1-23, 5 láms.

ROEMER, F. (1852): *Die Kreidebildungen von Texas und ihre organischen Einschlüsse*. Bonn., 100 pp., 11 láms.

RUTSCH, R. F., y SALVADOR, A. (1954): *Mollusks from the Cogollo and La Luna formations (Cretaceous) of the Chejendé area, Western Venezuela*. J. Paleont., 28 (4), 417-426, lám. 40.

SCHLOTHEIM, E. T. (1813): *Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischer Hinsicht*. Leonhard's Taschenbuch für Mineralogie, 5-7, 93 pp., Frankfurt/Main.

SCHLÜTER, C. I. (1887): *Einige Inoceramen und Cephalopoden der texanischen Kreide*. S.-Bernlederrhern. Ges. Natur-u. Heilkunde Bonn. In: Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinl. Westf. usw., 44, 42-45.

SCHROEDER, H. (1909): *Unterer Emscher am Harzrand zwischen Blankenburg und Thale*. Abh. Kgl. Preuss. geol. Landesanst., N. F., 56, 59-64, 2 láms.

SCOTT, G. R.; COBBAN, W. A., y MEREWETHER, E. A. (1986): *Stratigraphy of the Upper Cretaceous Niobrara Formation in the Raton Basin, New Mexico*. New Mexico Bureau of Mines y Mineral Resources, Bulletin, 155, 5-34.

SEIBERTZ, E., y BUITRON, B. E. (1988): *La localidad tipo de la formación Xilitla, San Luis de Potosí (Cretácico Superior basal)*. Univ. Nat. Autón. México, Inst. Geología, Revista, 7 (1), 116-118.

SEITZ, O. (1934): *Die Variabilität des Inoceramus labiatus v. SCHLOTH*. Pal. Zentralbl., 4, 429-434.

SEITZ, O. (1970): *Über einige Inoceramen aus der Oberen Kreide*. Beih. Geol. Jb., 86, 1-171, 12 figs., 28 láms.

SIMIONESCU, J. (1899): *Fauna cretacica superiore de la Urmös (transsilvanica)*. Acad. Romana, 4, 239-275, 3 láms.

SOBETSKI, V. A.; NEJRIKOVA, N. I.; BALAN, T. M.; PLAMADILA, G. S.; MASLENNIKOVA, L. N.; SAVCHINSKAYA, O. V.; KYAZMICHEVA, E. I.; BENYAMOVSKIY, V. N., y VOLCHEGURSKIY, L. F. (1982): *Inoceramidae*. In: *Atlas de Invertebrados marinos del Cretácico Superior de la cavidad del Caspio*. Academia de Ciencias de la USSR. Trabajos del Inst. de Paleontología (Ed. Ciencia), 82-96, láms. 7-10 (en ruso).

SORNAY, J. (1965): *Lafaune d'Inocérames du Cenomanien et du Turonien inférieur du sud-ouest de Madagascar*. Ann. Pal. (Inv.), 51, 3-18, 12 figs., láms. A-C.

SORNAY, J. (1969): *Espèces et sous-espèces sénoniennes nouvelles de la faune d'Inocérames de Madagascar*. Ann. Paleont. (Invert.), 55 (2), 195-222, láms. A-H.

SORNAY, J. (1974): *Inocérames turoniens d'Afganistan*. Ann. Pal. (Inv.), 60 (1), 27-34, 2 láms.

SORNAY, J. (1982): *Inoceramus du Saumurois*. In: Robaszynski, F.; Alcay dé, G.; Amédro, F.; Badillet, G.; Damotte, R.; Foucher, J. C.; Jardiné, S.; Legoux, O.; Manivit, H.; Monciardini, C., y Sornay, J.: *Le Turonien de la région-type: Saumurois et Touraine. Stratigraphie, Biozonations, Sédimentologie*. Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, 6 (1), 138-140, láms. 7 y 8.

SOWERBY, J. (1823): *The Mineral conchology of Great Britain*, 5, 59-62, láms. 440-442.

SOWERBY, J. (1829): *The Mineral Conchology of Great Britain*, 6, 159-162; 215, láms. 582-584; 604.

STANTON, T. W. (1893): *The Colorado Formation and its invertebrate Fauna*. Bull. U. S. Geol. Surv., 106.

STOLICZKA, F. (1871): *The pelecypoda with a review of all known Genera of this class fossil and recent. Cretaceous fauna of Southern India*. Palaeontologia Indica. Calcutta, vol. III, 405-409, láms. 17-19.

SZASZ, L., y ION, J. (1988): *Crétacé supérieur du Bassin de Babadag (Roumanie). Biostratigraphie intégrée (ammonites, inocérames, foraminifères planctoniques)*. Centrale-Département de la Géologie. Institut de Géologie et de Géophysique. Memoires, 33, 91-174, láms. 6-30.

TAMURA, M., y TASHIRO, M. (1966): *Upper Cretaceous system of Kumamoto*. Mem. Fac. Educ., Kumamoto Univ., 14, sec. 1, 24-34, 1 lám. (en japonés con resumen en inglés).

TRÖGER, K. A. (1967): *Zur Paläontologie, Biostratigraphie und faziellen Ausbildung der unteren Oberkreide (Cenoman bis Turon, I)*. Abhandl. staatl. Mus. Miner. Geol. Dresden, 12, 13-207, láms. 45-54.

TRÖGER, K. A. (1987): *Der Strahlener Kalkstein- ein Beitrag zur Paläontologie und Biostratigraphie des höheren Ober-turons*. Z. geol. Wiss. Berlin, 15 (2), 205-212.

TRÖGER, K. A. (1985?): *Inoceramus (Mytiloides) incertus prescheri n. ssp., eine neue Unterart der Inoceramus-incertus-Gruppe aus dem Oberturon von Dresden-Strehlen*. Freib. Forsch. Hc., 41-44.

TZANKOV, V. (1981): *Inoceramidae*. In: TZANKOV, V.; PAMOUKTCHIEV, A.; TCHECHMEDJIEVA, V.; MOTKOVA, N.: *Les fossiles de Bulgarie (in Bulgarian)*, vol. V: *Crétacé supérieur*. Academie Bulgare des Sciences, 81-91, láms. 22-44.

VOKES, H. E. (1980): *Inoceramus*. In: *Genera of the Bivalvia: A systematic and bibliographic Catalogue (Revised and Updated)*. Paleontological Research Inst., 40-55, 226-227.

WALCH, J. E. I. (1768): *Die Naturgeschichte der Versteinerungen zur Erläuterung der Knorr'schen Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur*, 2, 84 pp., láms. B IIb, Nürenberg.

WIEDMANN, J. (1979): *Mid Cretaceous Events. Iberian Field Conference 77. Guide II Partie. Itineraire géologique a travers le cretace moyen des Chaines Vascogothiques et Celtiberiques (Espagne du Nord)*. Cuad. Geol. Ibérica, 5, 127-214.

WIEDMANN, J., y KAUFFMAN, E. G. (1978): *Mid-Cretaceous biostratigraphy of northern Spain*. Ann. Mus. d'Hist. at. de Nice. IV. Mid-Cretaceous events reports on the biostratigraphy of key areas, 4, III.1-III.34, 12 láms.

WOLANSKY, D. (1932): *Die Cephalopoden und Lamellibranchiaten der Oberkreide Pommerns*. Abh. geol. palaeont. Inst. Univers. Greifswald., 1-72.

WOODS, H. (1904-13): *A monograph of the Cretaceous lamellibranchia of England*. Palaeont. Soc., 2, 262-340, láms. 45-54.

WOODS, H. (1912): *The evolution of Inoceramus in the Cretaceous Period*. Quart. J. Geol. Soc. London, 68, 1-20, 93 figs. text.

YOUNG, K., y MARKS, E. (1952): *Zonation of Upper Cretaceous Austin Chalk and Bundit Marl, Williamson County, Texas*. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist, 36 (3), 477-488, 1 lám.

Original recibido: Noviembre de 1991.

Original aceptado: Diciembre de 1991.

MINERIA

Mineralizaciones sedex de Manganeso en tramos basales de la serie carbonífera del Priorato-Sierra de Miramar (Cataluña).

Por J.-C. MELGAREJO y C. AYORA (*)

RESUMEN

Los materiales carboníferos del Priorato contienen en su base cherts ricos en materia orgánica con carbonatos de Mn y pequeñas cantidades de sulfuros, arseniuros, antimonuros y telururos. Estos depósitos se han formado por exhalación de soluciones hidrotermales en fondos submarinos reductores de profundidad variable en el marco de una cuenca distensiva subsidente, activa desde el Tournaisiense. El metamorfismo térmico producido por la intrusión de granitoides tardihercínicos ha desarrollado una paragénesis metamórfica con rodonita predominante.

Palabras clave: Rodocrosita, Rodonita, Chert, Sedex, Tournaisiense.

ABSTRACT

The lower Carboniferous from the Priorat contains organic-materia-rich chert horizons with Mn-carbonates and a few metal sulfides, arsenides, tellurides and antimonides. These deposits have been formed from a exhalative source on an reduced oceanic bottom of variable depth. This environment correspond to a distensive subsident basin active since the Tournaisian. The thermal metamorphism caused by tardi-hercynian granites has developed a rodonite-rich metamorphic facies.

Key words: Rhodocrocite, Rhodonite, Chert, Sedex, Tournaisian.

1. INTRODUCCION

El distrito del Priorato es conocido por sus mineralizaciones filonianas de Pb-Zn. No obstante, el desarrollo minero de comienzos de siglo en la zona propició la explotación de otros tipos de indicios. Así, en la mina Manganés de El Molar se intentó beneficiar los óxidos presentes. La escasez de los mismos, en realidad producto de alteración de silicatos de manganeso, y las reducidas dimensiones del cuerpo mineralizado (reservas inferiores a las 5.000 T.) no permitieron el progreso de las labores. Hoy, sin embargo, es interesante valorar el posible interés de sus facies metamorizadas como roca ornamental. Este trabajo pretende realizar una sistematización de los depósitos de Mn en el área, así como establecer su modelo genético y criterios de exploración.

2. GEOLOGIA

Los afloramientos de materiales paleozoicos situados a lo largo de la Sierra de Miramar y en el Bloque Priorato-Prades son los más meridionales de las Cordilleras Costeras Catalanas (fig. 1), y están constituidos esencialmente por potentes series carboníferas, que descansan de forma discordante sobre materiales cuya edad oscila entre Ordovícico Inferior y Devónico Superior.

El Carbonífero en el sector del Priorato (fig. 2) es predominantemente detrítico, comprendiendo casi siempre una base con chert (paquetes de potencia decamétrica, localmente con nódulos fosfatados, atribuidos regionalmente al Tournaisiense), a la que siguen tramos de potencia hectométrica predominantemente arenosos y conglomeráticos, que contienen esporádicas intercalaciones de carbonatos que han suministrado microfauna de edad viseense, niveles carbonó-

(*) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Diposits minerals. Universitat de Barcelona. 08028 Barcelona.

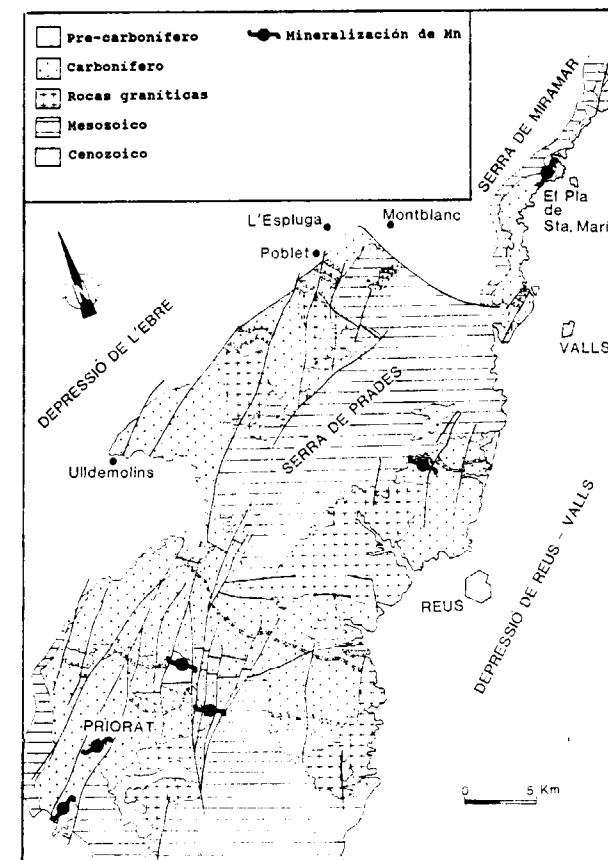
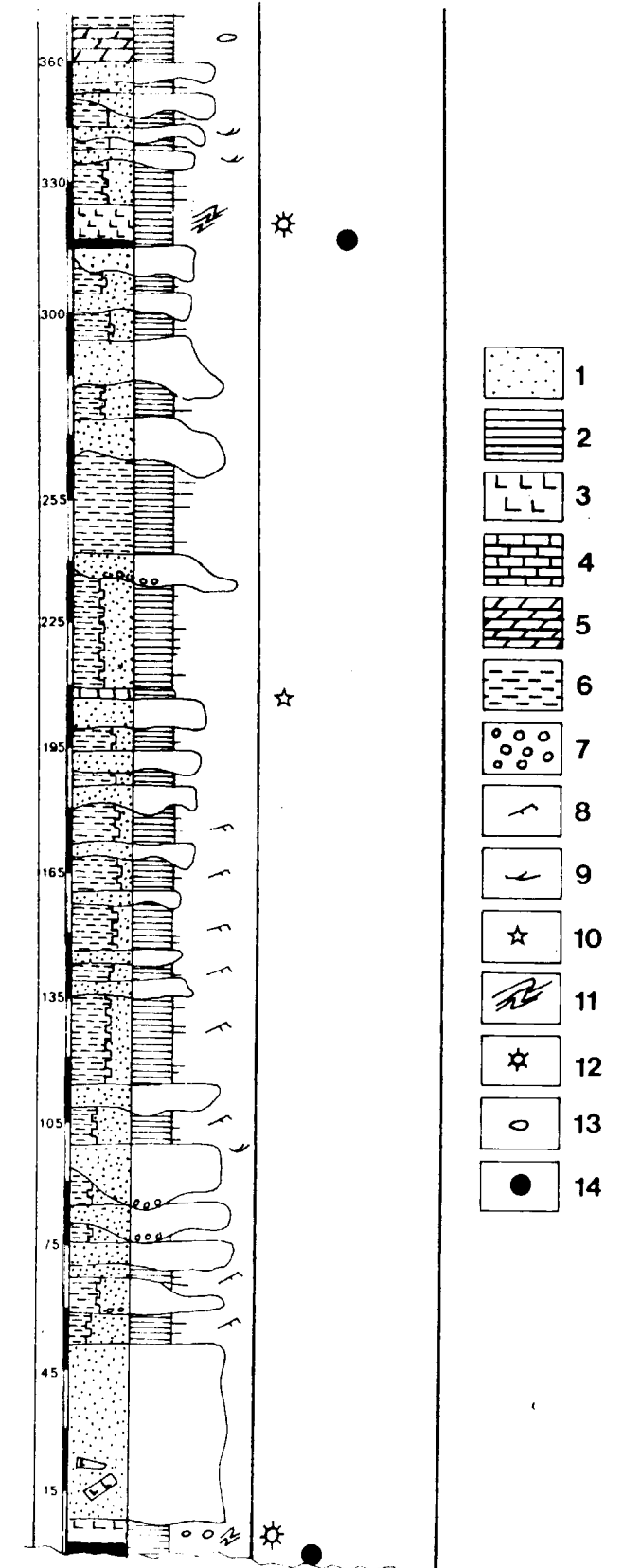


Figura 1.—Distribución de las mineralizaciones de Mn.

...os, lavas espilíticas y tobas. Destacan en estos tramos las intercalaciones de cuerpos olistostrómicos de chert procedentes de la base. Superpuesto a estos tramos con predominio de clásticos de grano grueso, sigue generalmente otro más rico en pelitas, en el que también aparecen intercalaciones carbonatadas con fauna namuriense y localmente niveles de sulfuros masivos (MELGAREJO, 1987). Esta sedimentación fina abre paso a una potente serie de orden kilomé-

Figura 2.—Columna estratigráfica sintética de los materiales del Carbonífero Inferior del Priorato.

Legenda: 1) Areniscas. 2) Laminación planar. 3) Liditas. 4) Calizas. 5) Dolomías. 6) Pizarras. 7) Conglomerados. 8) Ripples. 9) Laminación cruzada. 10) Crinoideos. 11) «Slupms». 12) Radiolarios. 13) Nódulos fosfatados. 14) Mineralización de manganeso.



trico esencialmente turbidítica (Culm) atribuida al westfaliense, en la que ocasionalmente aparecen niveles de lavas de composición intermedia y cuerpos olistostrómicos de tramos inferiores.

Los afloramientos de la Sierra de Miramar muestran series muy diferentes. En el sector septentrional la base es detrítica y sujeta a fuertes cambios laterales y verticales de potencia y facies, presentando en ocasiones brechas poligénicas cuyos fragmentos (de tamaño incluso métrico) son mayoritariamente carbonatos y liditas de edad silúrica, niveles arenosos o pelitas con nódulos fosfatados y pequeñas acumulaciones de fuchcita. Localmente aparecen intercaladas coladas de espilitas de potencia decamétrica, cuyo estudio de elementos traza revela su afinidad con los basaltos alcalinos de intraplaca (MELGAREJO, 1987). Estas espilitas son muy densamente vacuolares, presentan facies hialoclastíticas y localmente se encuentran colonizadas por corales, lo que atestigua un emplazamiento submarino a escasa profundidad. A techo pueden presentar niveles de potencia métrica de liditas, por lo que la edad de la serie se ha considerado Tournaisiense. Discordantemente al grupo anterior se dispone un conjunto fuertemente detrítico con cuerpos olistostrómicos (con bloques análogos a los citados en la base de la unidad anterior) atribuido al viseense que abre paso a una sedimentación turbidítica. En cambio, la serie en el sector meridional de la Sierra es exclusivamente carbonatada, condensándose en sus 80 m. de potencia toda la sedimentación carbonífera entre el Tournaisiense Superior y el Westfaliense Inferior.

La figura 3, a modo de resumen, atestigua la complejidad de la cuenca carbonífera, notándose importantes cambios laterales de potencia y de facies. Así pues, se perfila como explicación la actividad de fracturas sinsedimentarias que modelan una cuenca subsidente, y cuya actividad se extendería al menos desde el Tournaisiense hasta el Westfaliense. Otros apoyos a esta interpretación residen en:

- 1) La existencia de contactos discordantes reconocidos en la base del Carbonífero, así como entre la unidad vulcanosedimentaria y la unidad detrítica superior de Miramar.

- 2) La amplia presencia de bloques y cuerpos olistostrómicos (muy especialmente en la base de la serie).
- 3) La propia existencia de un vulcanismo básico de afinidad alcalina.
- 4) La presencia en toda la serie, pero especialmente en el Namuriense, de niveles exhalativos (clorititas, chert e importantes depósitos de sulfuros masivos).

Puede concluirse, por tanto, que durante el episodio tournaisiense-viseense se individualiza en el área una cuenca en relación a la actividad de fracturas sinsedimentarias, en conexión a un vulcanismo en régimen distensivo de intraplaca.

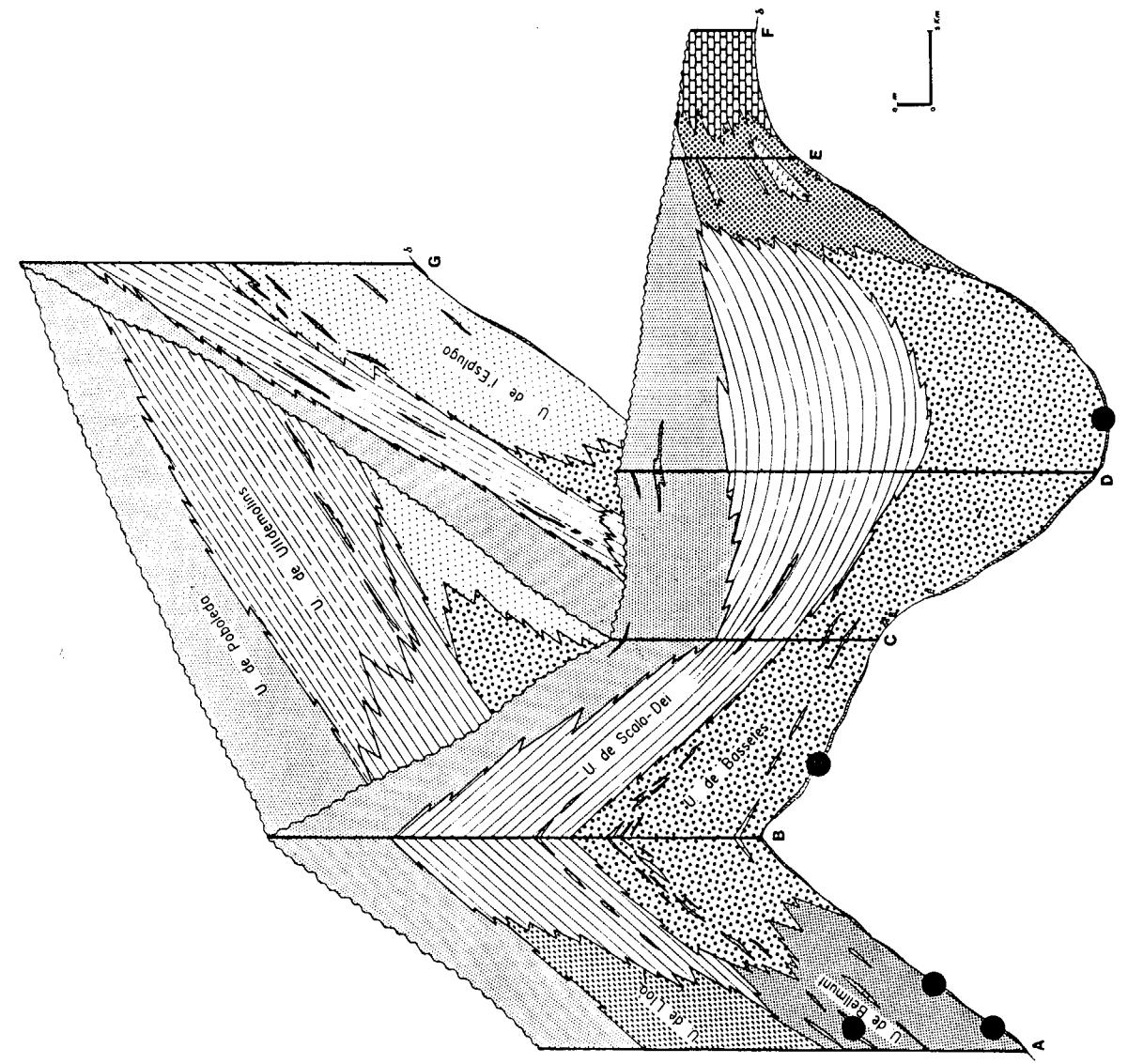
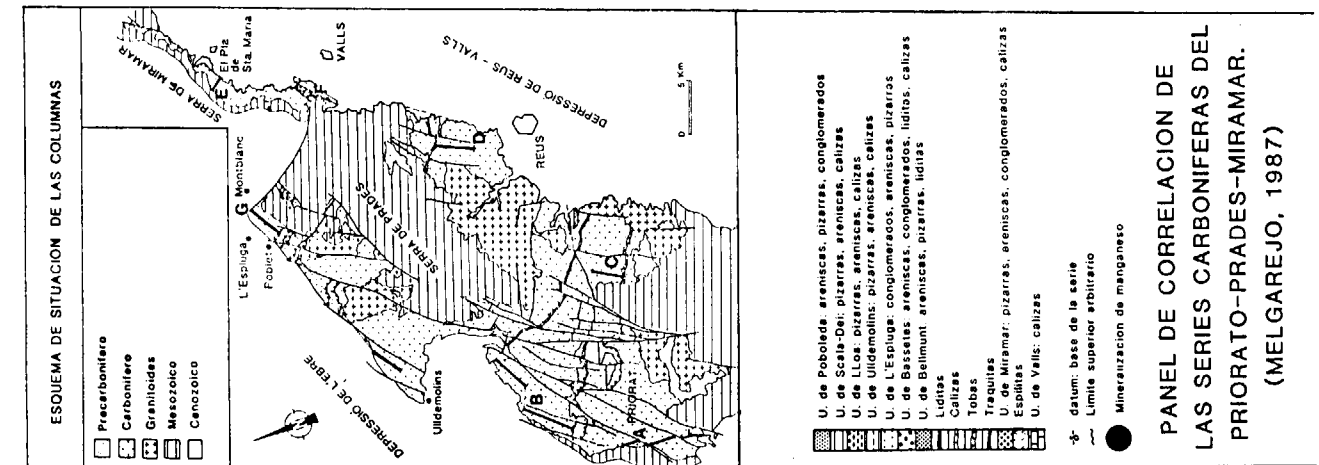
La deformación hercínica se traduce en el desarrollo local de cabalgamientos y de pliegues con dirección NO-SE y vergencia S, a la que sigue otro episodio de dirección análoga y vergencia opuesta. El conjunto ha sido afectado por un metamorfismo regional en grado muy bajo o inexistente, correspondiente a niveles muy superficiales. Cuerpos de granitoides han intruido ocasionando aureolas metamórficas de varios centenares de metros de espesor (MELGAREJO, 1987).

Discordantemente al conjunto hercínico anterior se disponen materiales continentales en facies Buntsandstein, que dan pie a la serie mesozoica.

3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS MINERALIZACIONES

Desde un punto de vista textural y mineralógico, pueden definirse dos tipos de mineralizaciones de manganeso en el área: mineralizaciones de manganeso en liditas (carbonatos y silicatos) y en espilitas (óxidos). Estas últimas se localizan exclusivamente en asociación al tramo superior de las lavas de la Sierra de Miramar. Sobre una potencia de unos 10 m., las espilitas presentan sus vacuolas parcial o totalmente rellenas por pirolusita, que desarrolla agregados radiales a partir de la pared de la cavidad. Estos óxidos están íntimamente asociados a minerales secundarios conexos a los procesos de espilitización (clorita, albita, calcita).

Las mineralizaciones de manganeso en liditas comprenden los indicios más importantes. La mi-



PANEL DE CORRELACION DE LAS SERIES CARBONIFERAS DEL PRIORATO-PRADES-MIRAMAR. (MELGAREJO, 1987)

Figura 3.—Distribución espacial de las mineralizaciones de Mn en la cuenca carbonífera del Priorato-Sierra de Miramar.

neralización se dispone en forma de cuerpos lenticulares cuyas dimensiones planares no sobrepasan 1 Km. En el caso de la mina de El Molar, el tramo mineralizado se localiza precisamente en la base de las liditas, esto es, directamente sobre la discordancia pre-carbonífera; en otros casos, los indicios se encuentran entre liditas incorporadas como bloques olistostrómicos a tramos superiores de la serie (fig. 2).

En detalle, las principales morfologías presentes en la mineralización son cuerpos nodulares, aislados entre matriz silíceo o interconectados, con pocos milímetros de diámetro, pero también niveles continuos, de potencia centimétrica a decimétrica y continuidad lateral decamétrica. Vetitas de dimensiones más reducidas, poco continuas e inscritas exclusivamente en el seno de los niveles lidíticos mineralizados son una expresión tardía de procesos de removilización.

La paragénesis mineral es muy variada. El estudio textural de los minerales de manganeso permite diferenciar como fase primaria la rodocrosita, que se presenta como nódulos, granos irregulares de pocas micras de diámetro o vetitas milimétricas en liditas en zonas no metamórfi-

cas. El metamorfismo de contacto ha determinado la neoformación de fases por la reacción de los carbonatos primarios con el cuarzo del chert encajante (fig. 4): rodonita, spessartina. A estas fases debe añadirse óxidos de meteorización, generalmente en posición intersticial entre granos o como relleno de porosidad de microfracturas.

En las liditas es frecuente la aparición de sulfuros como cristales diseminados de dimensiones generalmente inframilimétricas. Esfalerita, calcopirita y pirita han sido encontradas también en liditas sin manganeso, mientras que la galena parece estar exclusivamente relacionada a las zonas más ricas en Mn. En asociación a los anteriores aparecen cristales y agregados de pocas decenas de micras de diámetro de arseniuros, sulfoarseniuros, sulfoantimoniuros y telururos: tioespinelas (predominantes), niquelina (con trazas de Sb y S), ullmanita (NiSbS), cobaltina (cristales idiomórficos), gersdorffita (en halos alrededor de niquelina y ullmanita) y altaíta (PbTe), esta última en asociación con galena. Es relativamente abundante la pirofanita como cristales aciculares agrupados en agregados radiales. En un caso se ha detectado la presencia de scheelita.

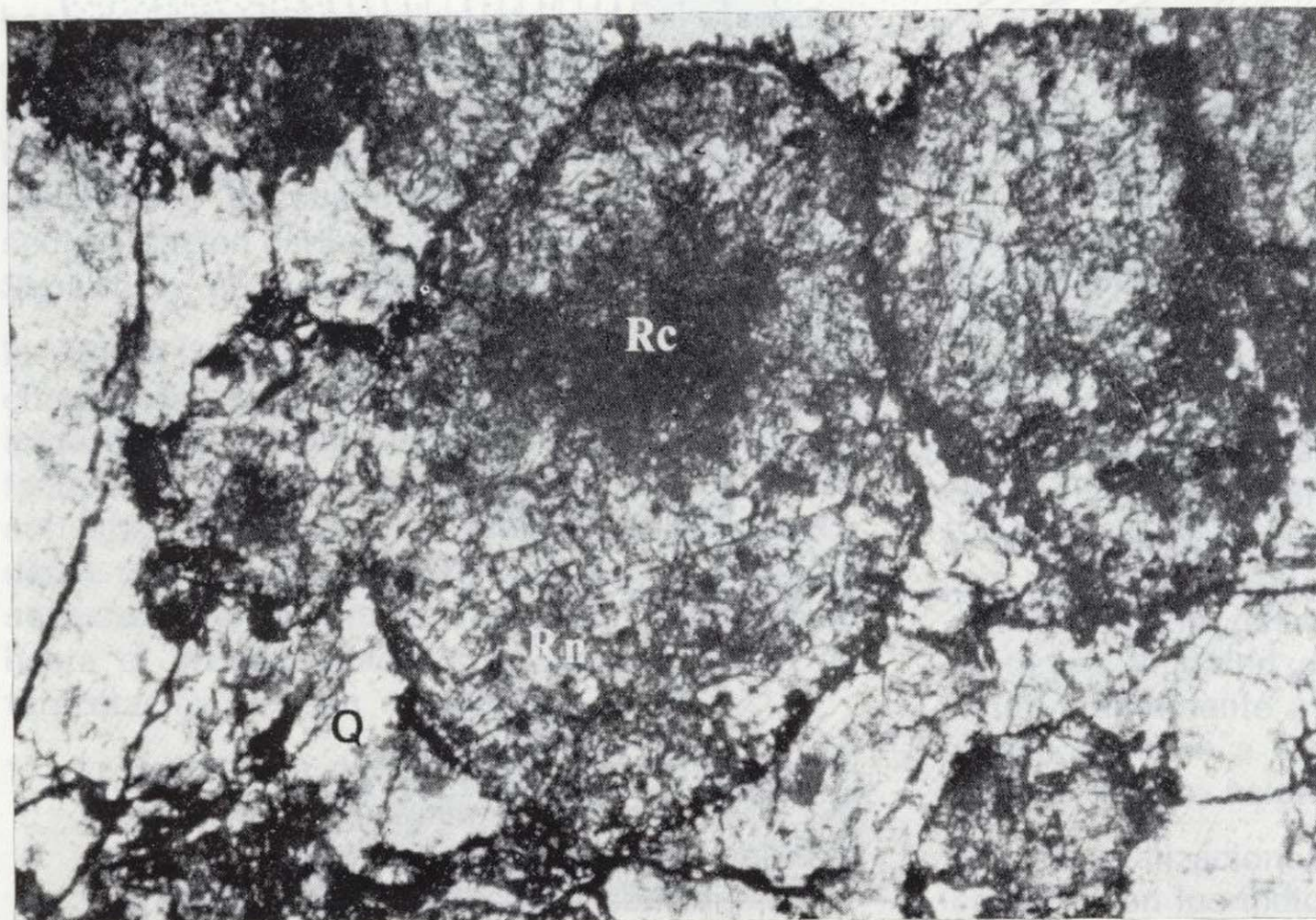


Figura 4.—Nódulos de rodocrosita (relicto más oscuro en el núcleo) transformados en rodonita por reacción metamórfica con cuarzo del chert encajante (más claro). Luz transmitida, sin analizador. Mina Manganès de El Molar.

neralización se dispone en forma de cuerpos lenticulares cuyas dimensiones planares no sobrepasan 1 Km. En el caso de la mina de El Molar, el tramo mineralizado se localiza precisamente en la base de las liditas, esto es, directamente sobre la discordancia pre-carbonífera; en otros casos, los indicios se encuentran entre liditas incorporadas como bloques olistostrómicos a tramos superiores de la serie (fig. 2).

En detalle, las principales morfologías presentes en la mineralización son cuerpos nodulares, aislados entre matriz silíceo o interconectados, con pocos milímetros de diámetro, pero también niveles continuos, de potencia centimétrica a decimétrica y continuidad lateral decamétrica. Vetas de dimensiones más reducidas, poco continuas e inscritas exclusivamente en el seno de los niveles lidíticos mineralizados son una expresión tardía de procesos de removilización.

La paragénesis mineral es muy variada. El estudio textural de los minerales de manganeso permite diferenciar como fase primaria la rodrosita, que se presenta como nódulos, granos irregulares de pocas micras de diámetro o vetas milimétricas en liditas en zonas no metamórficas.

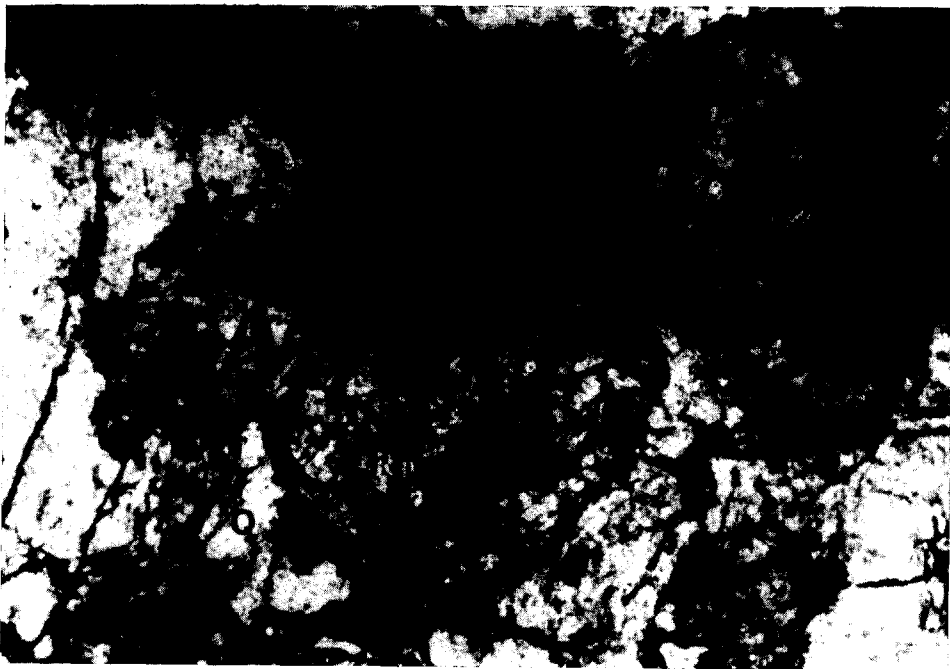


Figura 4.—Nódulos de rodrosita (relicto más oscuro en el núcleo) transformados en rodonita por reacción metamórfica con cuarzo del chert encajante (más claro). Luz transmitida, sin analizador. Mina Manganès de El Molar.

cas. El metamorfismo de contacto ha determinado la neofonnación de fases por la reacción de los carbonatos primarios con el cuarzo del chert encajante (fig. 4): rodonita, spessartina. A estas fases debe añadirse óxidos de meteorización, generalmente en posición intersticial entre granos o como relleno de porosidad de microfracturas.

En las liditas es frecuente la aparición de sulfuros como cristales diseminados de dimensiones generalmente inframilimétricas. Esfalerita, calcopirita y pirita han sido encontradas también en liditas sin manganeso, mientras que la galena parece estar exclusivamente relacionada a las zonas más ricas en Mn. En asociación a los anteriores aparecen cristales y agregados de pocas decenas de micras de diámetro de arseniuros, sulfoarseniuros, sulfoantimoniuros y telururos: tioespinelas (predominantes), niquelina (con trazas de Sb y S), ullmanita (NiSbS), cobaltina (cristales idiomórficos), gersdorffita (en halos alrededor de niquelina y ullmanita) y altaíta (PbTe), esta última en asociación con galena. Es relativamente abundante la pirofanita como cristales aciculares agrupados en agregados radiales. En un caso se ha detectado la presencia de scheelita.

4. GENESIS

4.1. Contexto metalogenético

Desde el punto de vista volumétrico, las mineralizaciones más importantes son las del Priorato. Depósitos de características muy similares a las descritas han sido referidos en la base del Dinantiense del ámbito del Mediterráneo occidental. Así, los de Badajoz (RUIZ DE ALMODOVAR y GALAN, 1984), Río Tinto (STRAUSS, 1970), Murcia (LEYVA et al., 1986), y la Montagne Noire (CRILAT, 1981; CRILAT, 1983). También han sido citados en ambientes geotectónicos similares en otras áreas y períodos; así, WATANABE et al. (1980) describen diversos yacimientos japoneses desde el Paleozoico al Mioceno, KIM (1980) en Corea, VARENTSOV y RAKHMANOV (1980) para la URSS en diversos yacimientos desde el Precámbrico.

Los depósitos próximos con más analogías son los de la Montagne Noire. ROUTHIER (1963) las relacionó con la sedimentación de series transgresivas discordantes, y acorde a esta explicación CRESPO y MICHEL (1980) atribuyeron idéntica génesis a las mineralizaciones del Priorato. CRILAT (1983), no obstante, demuestra que las liditas de la Montagne Noire se depositan en un máximo regresivo en el límite Devono-Carbonífero y descarta la posibilidad anterior. Este mismo autor destaca allí la disminución del contenido en Mn a medida que aumenta el de fosfato, hecho también observado en el Priorato, y trata de establecer la paleogeografía correspondiente, acorde a un marco de biostasia, sedimentación tranquila y actividad volcánica discreta. La presencia de fosfato en las liditas y la abundancia de materia orgánica indican una profundidad escasa.

Por otra parte, pese a que tradicionalmente la fuente del Mn en depósitos submarinos ha sido relacionada con actividad volcánica, se ha demostrado que pueden intervenir otros factores que hagan innecesario el papel del vulcanismo. Más aún, en depósitos actuales de nódulos submarinos (Mar Báltico, Mar de Barents, plataforma escocesa...) no hay evidencia de contribución volcánica de Fe o Mn para dar enriquecimientos (CALVERT y PRICE, 1970; SUESS, 1979; ROY, 1980).

4.2. Modelo genético

Las características de la mineralización en chert (niveles estratiformes vinculados temporalmente pero no espacialmente a una actividad volcánica, generados en un ambiente geotectónico distensivo conexo a la actividad de fracturas sedimentarias, desconectados de mineralizaciones secantes) apuntan a su pertenencia al grupo de depósitos sedimentario-exhalativos (POUIT, 1984). En este marco sedimentario distensivo y de adelgazamiento de la corteza continental un gradiente geotérmico alto provoca movilizaciones importantes de metales en células convectivas emplazadas en el zócalo según el modelo de RUSSELL (1978, 1983); las soluciones hidrotermales resultantes precipitan en los primeros estadios mineralizaciones de manganeso, más soluble y móvil, evolucionando posteriormente a depósitos de Pb-Zn y finalmente Cu, como acontece en el Priorato durante el Namuriense (MELGAREJO, 1987). El estudio de los depósitos recientes de fondos submarinos con Mn han aportado datos para una revisión en términos actualísticos de este tipo de depósitos.

Por otra parte, es posible que la mineralogía premetamórfica haya estado condicionada por las condiciones batimétricas y la aireación del medio deposicional. En este sentido, la cuenca del Priorato habría funcionado como una cuenca muy poco ventilada, rica en materia orgánica (recordemos la abundancia de ésta en las liditas, clave de su coloración oscura) y, por tanto, en ambiente reductor, favoreciendo la formación de $MnCO_3$ en un medio pobre en CO_2 (KRAUSKOPF, 1967). En el dominio del bajo Priorato éstas pueden ser las condiciones indicadas, dada la pobreza en carbonatos a excepción de la rodrosita en este tramo basal; a la inversa, en el sector de Miramar, el ambiente sedimentario más somero (corales, hialoclastitas, fosfatos...) y oxidante optimizaría la formación de pirolusita.

Por lo que respecta a la presencia de Ni, Co, Sb, Te, As en los depósitos del Priorato, WATANABE et al. (1980) postulan que los elementos pesados son liberados como resultado de exhalaciones ligadas a una actividad volcánica básica y más tarde concentrados con las mineralizaciones de Mn, expresándose como pentlandita, gersdorffita, cobaltina, etc., cuando el depósito es metamorfozido.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a cargo de un convenio de colaboración entre el ITGE y la Universitat de Barcelona.

REFERENCIAS

- CALVERT, S. E., y PRICE, N. B. (1970): *Composition of manganese nodules and manganese carbonates from Loch Fine, Scotland*. Contr. Mineral. and Petrology, v. 29, pp. 215-233.
- CRESPO, J. L., y MICHEL, B. (1980): *Estudio geológico de los yacimientos minerales del Macizo Catalán entre Bellmunt de Ciurana y Mola, Priorato (Tarragona)*. Studia Geologica Salmanticensia, XVI, pp. 123-149.
- CRILAT, S. (1981): *Recherches sur les gisements de P et de Mn liés aux jaspes du Carbonifère inférieur des Pyrénées et de la Montagne Noire*. Univ. P. et M. Curie, Paris, VI, 475 pp. Tesis de doctorado. Inédito.
- CRILAT, S. (1983): *Le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur des Pyrénées et de la Montagne Noire (Frasnien, Famennien, Tournaisien)*. SASSI & SZEDERKENYI, IGCP, núm. 5, Newsletter, vol. 5.
- KIM, S. J. (1980): *Genesis of manganese carbonate and oxide deposits at the Janggun Mine, South Korea*. In: VARENTSOV, I. M. & GRASSELLY, G. (Eds.): *Geology and Geochemistry of Manganese*, vol. 2: *Manganese deposits on continents*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller). Stuttgart.
- KRAUSKOPF, K. B. (1976): *Introduction to geochemistry*, 721 pp. International Series on the Earth and Planetary Sciences. McGraw-Hill, New York.
- LEYVA, F.; MATAS, J., y RUIZ MONTES, M. (1986): *El manganeso de La Fuensanta (Lorca, Murcia): ejemplo de mineralización valconogénica-sedimentaria en el Paleozoico del Complejo Maláguide (Cordilleras Béticas)*. Boletín Geológico y Minero, t. X (VII-II, Año 1986), pp. 165-193.
- MELGAREJO, J. C. (1987): *Estudi Geològic i metal·logènica del Paleozoic del Sud de les Serralades Costaneres Catalanes*. Memoria de tesis doctoral. Universidad de Barcelona, 646 pp. Inédito.
- POUIT, G. (1984): *Les gisements à sulfures massifs exhalatifs-sédimentaires: une mise au point sur leur classification et la méthodologie de leur recherche*. Chorn. Rech. Min., núm. 476, pp. 31-34.
- ROUTHIER, P. (1963): *Les gisements metallifères*, 2 tomos, 1282 pp. Masson et Cie, Paris.
- ROY, S. (1980): *Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits*. Econ. Geol., 63, pp. 760-786.
- RUIZ DE ALMODOVAR, G., y GALAN, E. (1984): *Mineralizaciones de manganeso-hierro del suroeste de Badajoz (zona de Ossa-Morena)*. I Congreso Español de Geología, t. II, pp. 643-657.
- RUSSELL, M. J. (1978): *Downward-excavating hydrothermal cells and Irish-type ore deposits: importance of an underlying Thich Caledonian prism*. Trans. Inst. Min. Metall., 87, pp. 168-171.
- RUSSELL, M. J. (1983): *Major sediment-hosted exhalative zinc-lead deposits: formation from hydrothermal convection cells that deepen during crustal extensions*. In: SANGSTER, D. F. (Ed.): *Short Course in sediment-hosted stratiform lead-zinc deposits*. Victoria. Mineralogical Association of Canada.
- STRAUSS, G. (1970): *Sobre la geología de la provincia pirítica del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal)*. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 266 pp.
- SUESS, E. (1979): *Mineral phases formed in anoxic sediments by microbial decomposition of organic matter*. Geochim. Cosmochim. Acta, V, 43, pp. 339-352.
- VARENTSOV, I. M., y RAKHMANOV, V. P. (1980): *Manganese deposits of the USSR (a review)*. In: VARENTSOV, I. M. & GRASSELLY, G. Y. (Eds.): *Geology and Geochemistry of manganese*. Vol. 2: *Manganese deposits on continents*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller). Stuttgart.
- WATANABE, J. A.; YUI, S., y KATO, A. (1970): *Bedded manganese deposits in Japan. A review*. In: TATSUO TATSUMI (Ed.): *Volcanism and ore genesis*, 446 pp. University of Tokio Press.

Original recibido: Marzo de 1992.

Original aceptado: Mayo de 1992.

Acuíferos, residuos y planes hidrológicos; algunas sugerencias.

Por P. NIETO

RESUMEN

A partir de la clasificación habitual de los residuos, se hace un análisis abreviado de sus diferentes tipos, mediante la aplicación de unos parámetros conceptuales elementales; se deduce una sistemática de posible utilidad en la recogida de datos para la gestión de residuos. Este proceso se realiza desde la perspectiva de la protección de los acuíferos, pilar esencial y primario de la planificación hidrológica.

Palabras clave: Acuíferos, Protección de aguas subterráneas, Planes hidrológicos, Gestión de residuos.

RESUME

A partir de la classification habituelle des résidus, il est fait une analyse abrégée de leur différents types, au moyen de l'application de certains paramètres conceptuels élémentaires; une systématique s'en déduit, d'une utilité probable pour l'acquisition des données dans la gestion des-dits résidus. Ce processus est réalisé dans l'optique relative à la protection des aquifères, appui essentiel et primaire de la planification hydrologique.

Mots clé: Aquifères, Nappes, Protection des eaux souterraines, Planification hydrologique, Gestion des résidus.

Se pretende con este artículo resumir de forma concisa un conjunto de criterios y conceptos prácticos, desde la perspectiva de la protección de las aguas subterráneas, en relación con la incidencia de los residuos generados por la actividad humana en sus principales aspectos, a efectos de facilitar su consideración en los trabajos para la estructuración de la planificación hidrológica en curso.

Siguiendo la clasificación habitual, existen en este contexto dos tipos de residuos destacables: líquidos y sólidos; la incidencia de los gaseosos es indirecta y de inferior magnitud, si bien existe. Su procedencia reside en la actividad urbana, industrial y agraria. Cruzando estos dos vectores resultan seis tipos de residuo: las características de cada uno de ellos orientará sobre la mejor manera de gestionarlo, en sentido lato; todo ello constituye el grueso de este artículo, que finaliza con unas conclusiones más

amplias que se consideran consecuentes y congruentes.

Se entiende por *mejor* en este artículo la manera más efectiva de conseguir que estos residuos provoquen una incidencia despreciable sobre los acuíferos: la calidad de las aguas subterráneas debe mantenerse y, cuando sea posible, mejorarse; y ello en términos absolutos, a causa de su naturaleza, la cual, entre otras cosas, está en la base de la gran inercia (décadas) que presentan los acuíferos para su recuperación una vez contaminados, asemejándose ello a un deterioro irreversible en la práctica. Obviamente, en la efectividad mencionada no se ha olvidado el coste económico en abstracto, es decir, sin indagar cuál ha de ser la procedencia del dinero necesario.

LOS RESIDUOS SOLIDOS

Se entiende aquí por residuo sólido (R.S.) aque-

La sustancia sólida o semi-sólida, de cualquier tipo o naturaleza, que resulta de una actividad humana cualquiera, y de la cual su propietario o responsable quiere deshacerse. También se considera que los R.S. de distintas procedencias se mantienen separados: no se mezclan entre sí residuos domésticos (urbanos) con residuos industriales, ni éstos con agrarios, salvo si su gestión así lo exige; conseguir y garantizar esta premisa equivale a evitar un grado de complejización superior que lleva a una apreciablemente mayor complicación en la gestión posterior, y el consiguiente coste.

Una vez vertidos al terreno, su amenaza para los acuíferos reside en los lixiviados que se generan al ser atravesados los R.S. por el agua meteórica o por su propio rezume, y que al filtrarse en el terreno degradan las aguas subterráneas. Este poder contaminador es lógicamente función de la cantidad de R.S. vertida y de la naturaleza de sus constituyentes químicos o biológicos: lo habitual es que la determinación sistemática de estos constituyentes resulte excesivamente penosa debido a la complejidad de la composición del residuo (máxime si se han mezclado varios R.S. entre sí).

Se recurre aquí a conceptos menos definidos que las moléculas o los microorganismos involucrados —que no obstante pueden determinarse en un momento concreto para un cierto residuo— utilizando parámetros globalizadores, macroquímicos, y razonando sobre tipos de residuos; en particular se denomina «densidad contaminadora» de una sustancia a su poder contaminador por unidad de volumen, concepto intuitivo y útil en primeras aproximaciones, aunque no mensurable.

A continuación se proponen como factores destacables en la descripción —dónde, cuánto, cómo o cuándo, qué— del R.S., para su posterior gestión, los siguientes:

- La *distribución geográfica* sobre un plano a la escala conveniente, de la generación del R.S., o de su vertido según el caso: vertido puntual, ya sea disperso o concentrado; residuo difuso, sobre una superficie de extensión variada según el caso.
- La *cantidad* de residuo (toneladas) y el *régimen* de su generación: diario, mensual, por temporadas, en continuo, ...

- La *composición* del R.S.: cuantitativa, cualitativa, conceptual, macroquímica, según los casos, así como su grado de *homogeneidad*, diferenciando entre el valor instantáneo proporcionado por una muestra particular, y el valor medio asignado al tipo de residuo en cuestión. Como simplificación globalizadora se tiene la densidad contaminadora del R.S., útil generalmente en sentido comparativo.

Residuos sólidos urbanos (RSU)

- La distribución geográfica de su producción es muy dispersa (viviendas) en zonas muy localizadas, de densidad mayor (núcleos de población) o menor (zonas residenciales), pero la universalización de su recogida por los servicios municipales conduce a su vertido puntual en un único lugar, o en varios.
- La cantidad de RSU es prácticamente constante, e importante, con periodicidad diaria.
- La composición de los RSU detallada a nivel de molécula o de microorganismo es muy compleja, pero su composición cualitativa es simple y se resume en seis fracciones, o asimilables: papel, metales, vidrio, plásticos, materia orgánica y otros.
- La homogeneidad de los RSU en su conjunto es grande, puesto que para cada origen (núcleo) su composición mantiene a grandes rasgos proporciones estables, permitiendo incluso asemejar los RSU de cualquier procedencia entre sí, en primera aproximación.
- La densidad contaminadora de los RSU es de valor medio a nivel global (excluidos los RSI según se ha convenido).

Residuos sólidos industriales (RSI)

- La distribución geográfica de su producción es puntual dispersa, con casos concentrados (polígonos, áreas o zonas industriales). De manera análoga, su vertido es con frecuencia puntual disperso (en el mismo recinto fabril, o depositado por un camión aisladamente), aunque de forma momentánea, pues la capacidad limitada obliga a transportes definitivos a puntos concentrados: vertederos especiales o controlados, o (frecuentemente) no.

- La cantidad de RSI es variable según cada industria, aunque de un orden de magnitud inferior al de los RSU, si bien puede alcanzar zonalmente valores muy altos (minería). Presentan prácticamente siempre una gran continuidad en su régimen de producción, que con frecuencia es permanente (régimen continuo).
- La composición y la homogeneidad de los RSI varían análogamente según las industrias. Sin embargo, en el interior de cada recinto fabril con gran frecuencia existen diversas fuentes primarias de residuos (de una operación o proceso determinado) que individualmente sí presentan una homogeneidad muy alta y una composición que puede ser sencilla —relativamente— de analizar, incluso a escala molecular o de microorganismos. Habitualmente, por criterios operacionales, todos los RSI se mezclan para su evacuación conjunta.
- La densidad contaminadora de los RSI es igualmente muy variable según las industrias, si bien los residuos más nocivos suelen presentarse en menores cantidades, y viceversa.

Residuos sólidos agrarios (RSA)

Equidistantes de los RSU y de los RSI en diversos aspectos, los RSA comprenden los derivados directos e indirectos de la actividad agraria (se dejan aparte los forestales):

- Residuos **agrícolas**.
- Residuos **ganaderos**, principalmente de establos.
- Residuos de las **industrias** de transformación y envasado de los productos agropecuarios, mayoritariamente alimentarias.

Estos RSA ofrecen una característica común consistente en que están constituidos por materia orgánica, vegetal o animal, con eventuales microcontaminantes: compuestos químicos de síntesis, microorganismos. Presentan además una homogeneidad de alto grado, en cada época y lugar concretos, así como una densidad contaminadora media-baja, con la excepción importantísima del contenido en microorganismos procedente de la estabulación ganadera y de sus industrias derivadas.

- La distribución geográfica de los RSA es múltiple, según el tipo:

Agrícola: tienen un origen difuso, en superficies de cultivo de magnitud diversa, siendo generalmente quemados *in situ* o recogidos para su posterior aprovechamiento, por lo cual su almacenamiento suele estar protegido (ausencia de lixiviados).

Estabulación: tienen un origen puntual disperso, eventualmente concentrado si numerosas granjas están próximas. El vertido suele ser difuso, sobre superficies de terreno generalmente demasiado pequeñas —que busca la depuración natural con el simultáneo aprovechamiento de la materia orgánica para el beneficio agrícola— e incluso puntual en un lugar apartado.

Industria mencionada: también tienen su origen puntual disperso y a veces concentrado en zonas. Su vertido, cuando no se derivan para la obtención de pienso ni se incineran (con técnicas más o menos depuradas), suele ser puntual (vertedero).

- La cantidad de los RSA también es diversa, dependiendo lógicamente y respectivamente de la superficie y cultivo cosechados, del número de cabezas y clase de ganado, y de los productos fabricados (tipo y cantidad), existiendo índices para su cálculo en la bibliografía. Su orden de magnitud es *grosso-modo* intermedio entre el correspondiente a los RSU y a los RSI.
- El régimen de la generación de los RSA es también diverso:

Agrícola: derivados de las cosechas, presentan su misma periodicidad anual (o pluri-anual), más o menos breve.

Estabulación: la producción es continua y el vertido periódico, cada cierto tiempo (días) de almacenamiento.

Industrias: de uno u otro tipo según la materia prima que procesen; las almazaras, alcohólicas, azucareras..., con actividad de temporada, generan los residuos sólidos (y su consiguiente vertido) en un período del año, mientras que los mataderos, conserveras, curtidurías..., suelen trabajar en continuo.

* * *

Residuos sólidos: Características destacables o parámetros para su gestión

Parámetro \ Origen	A G R A R I O				
	URBANO	INDUSTRIAL	Agrícola	Estabulación	Industrial
Distribución Geográfica	Muy disperso	Muy disperso	Difuso	Puntual disperso	Puntual disperso/ concentrado
	Puntual	Puntual disperso/ concentrado	—	Difuso/Puntual	Puntual/Difuso
Cantidad vertida	Importante	Varia	Media/Varia	Pequeña/Varia	Media/Varia
Régimen de generación	Estable	Estable/continuo	De temporada	Estable	Continuo/De temporada
Composición	6 fracciones	Varia	M.O. vegetal	M.O. animal	M.O. vegetal o animal
Homogeneidad	Alta	Alta/Varia	Alta/De tempo- rada	Alta	Alta/De temporada
Densidad Contaminadora	Media	Muy variada	(Muy) baja	Media (Microorganismos)	Baja, eventuales microorganismos

La caracterización anterior de los R.S. (recogida en el cuadro sinóptico adjunto) requiere de su cuantificación para conseguir una aproximación a la planificación de su gestión, ya en una región determinada.

A partir del inventario completo y actual de las actividades existentes —con un grado de detalle congruente con el grado de precisión de la planificación pretendida (según la proximidad mayor o menor al proyecto técnico para la ejecución de la obra)— pueden utilizarse diversas técnicas para conseguir las cifras de producción de cada residuo.

Sin embargo, y por diversas consideraciones, interesa disminuir, minimizar, la cantidad existente de residuos en su propio origen, en el lugar mismo de su generación, poniendo cuidado en evitar la mezcla de los distintos residuos para permitir o facilitar su mejor (re) utilización: ésta es la primera fase de la gestión activa, para la que existe una serie de criterios de reciente o

presente implantación, junto a otros ya clásicos aunque mejorables (recogida selectiva de RSU, en particular). También interesa considerar, posteriormente, el aprovechamiento en el exterior, fuera del lugar de generación, de estos residuos con o sin acondicionamiento. Este último criterio, de aplicación extendida y creciente (bolsas de residuos industriales, fracciones diferenciadas de RSU...) puede ser objeto de innovación continua; en particular, la restitución, al terreno de un cultivo concreto, del RSA derivado del procesado industrial de su cosecha (aceituna, uva, remolacha, girasol...), con el eventual acondicionamiento necesario ayudaría, presumiblemente, a mantener el equilibrio necesario de los principales constituyentes químicos involucrados en la dinámica vegetal en el suelo.

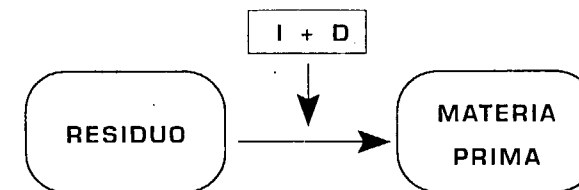
Seguidamente, como segunda fase consecutiva, viene la modificación del residuo en el sentido que interese; es decir, su tratamiento. Este se realizará dentro del lugar de generación o fuera

de él, en un centro de acondicionamiento, según los casos y las características de los residuos, además de las ventajas de la economía de escala óptima: compost; briquetas combustibles; tratamientos específicos para papel, vidrio, plásticos...

Por último, la tercera fase consiste en el vertido correcto de los residuos restantes, en un lugar adecuado en especial desde la perspectiva hidrogeológica, quedando garantizada la nula incidencia sobre los eventuales acuíferos subyacentes, mediante los ensayos de campo oportunos y los estudios de gabinete necesarios.

Interesa respetar este orden de fases —aprovechamiento interno y externo, acondicionamiento, vertido o depósito—, así como reconocer la importancia real de cada una de ellas, y asignar, a cada una de ellas, la suficiente atención, o sea, medios: los R.S. requieren una gestión suficientemente cuidada, a efectos de corregir o evitar las dificultades o problemas que se han venido presentando de manera creciente, o que si no se prevén inexorables. Por ejemplo: la saturación de vertederos existentes o la degradación de las aguas subterráneas y la consiguiente clausura de abastecimientos urbanos en lugares sensibles.

Un último complemento. Con frecuencia se plantea el caso de un residuo de composición y homogeneidad suficientemente definidas, constantes y simples, con un apreciable volumen de generación, cuya evacuación y depósito conllevan costes y dificultades considerables, sin utilidad alguna que lo valore. La gestión activa debe reservar un espacio para la investigación científico-técnica de estos casos —en colaboración con la relativa a las nuevas tecnologías limpias



correspondientes—, de manera a encontrar soluciones prácticas (en definitiva, económicas), con prioridad hacia las situaciones más críticas. La filosofía subyacente es la correspondiente a

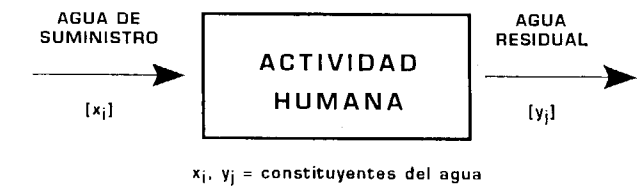
la llamada «producción en cascada» (el residuo de un proceso se convierte en la materia prima de otro) antecesor del actual «producción sostenida», más evolucionado y complejo.

LOS RESIDUOS LIQUIDOS

En este marco, se entiende por residuo líquido (R.L.) aquella sustancia total o prácticamente líquida, de cualquier tipo o naturaleza, que resulta de una actividad humana cualquiera, y de la cual su propietario o responsable quiere deshacerse. También se considera que los R.L. de distintas procedencias se mantienen separados, con las mismas consideraciones que en el caso de los residuos sólidos.

En la práctica estos residuos están constituidos por las aguas residuales (A.R.) y así se considera en todo lo que sigue.

Las A.R. son las que resultan de una actividad humana a partir del uso del agua de suministro —como se representa gráficamente en la figura adjunta—, uso que aporta siempre (salvo contadas excepciones) un aumento en el conjunto de los constituyentes disueltos o en suspensión.



La amenaza para los acuíferos es más inmediata en el caso de un vertido incorrecto de A.R. que de residuos sólidos, al actuar este agua como vehículo de los contaminantes. Simultáneamente, las A.R. presentan una propiedad positiva: constituyen en sí una fuente de agua, si bien en general de mala calidad, que puede ser de magnitud importante.

Los conceptos expresados en páginas anteriores para los R.S. son igualmente válidos, *mutatis mutandis*, para las aguas residuales —con un mayor grado de exactitud debido al desarrollo alcanzado por el estudio o conocimiento multidisciplinar del agua—, conceptos que se precisarán brevemente más adelante, para cada tipo de A.R.

Se proponen los mismos factores destacables para la descripción del A.R., con miras a su futura gestión:

- La *distribución geográfica* sobre un plano a la escala conveniente, de la generación del A.R. o de su vertido: puntual (de una tubería o colector, de mayor o menor tamaño), ya sea disperso o concentrado; difuso en una superficie de extensión diversa según el caso.
- La *cantidad o el caudal* del A.R., y el *régimen* de su generación o vertido: diario, mensual, por temporadas, en continuo...
- La *composición* del A.R.: cuantitativa, cualitativa, conceptual, macroquímica, según los casos, así como su grado de *homogeneidad* o estabilidad de la composición y de las concentraciones. Como simplificación globalizadora se sigue disponiendo de la *densidad contaminadora* del A.R.

Aplicando estos criterios a las A.R. típicas, procedentes de las actividades humanas, se obtienen las características destacables a cuantificar o precisar, con mayor o menor exactitud, para considerar su gestión.

Aguas residuales urbanas (ARU)

- La distribución geográfica de su producción es muy dispersa (viviendas) en zonas muy localizadas de densidad mayor (núcleos de población apreciable) o menor (zonas residenciales, pequeños núcleos), pero la casi universalización de las redes de saneamiento conduce a su vertido puntual, la salida del colector de aguas negras, en un único punto (o en varios). De importancia muy secundaria es el caso de los sistemas individuales (pozos negros, fosas sépticas...), que no obstante pueden eventualmente afectar al pozo de agua del propio abastecimiento individual.
- El caudal de ARU está estadísticamente establecido según la magnitud de la aglomeración urbana, a partir de la dotación en agua de abastecimiento, con tendencia creciente en el tiempo; su evolución incluso horaria es conocida en sus grandes rasgos, y de fácil medición directa incluso.
- La composición del ARU viene igualmente establecida en estadísticas, sobre la base de

la composición del agua de abastecimiento, pudiéndose precisar mediante análisis hasta el detalle que sea preciso.

- La estabilidad de esta composición es grande en su conjunto, con periodicidad diaria en general. Esta homogeneidad es mayor en el efluente de una eventual balsa de homogeneización, de construcción obligada en cualquier planta de tratamiento, incluso elemental.
- La densidad contaminadora de las ARU es de valor medio (excluidas las ARI, según convenido) a nivel global, con un riesgo de gravedad que puede ser extrema: la contaminación microbiológica, causa de epidemias en el pasado.

Aguas residuales industriales (ARI)

- La distribución geográfica de su producción (fábricas) es dispersa, y en algunos casos concentrada (polígonos industriales...); a su vez, en el interior del recinto fabril suelen existir diversas fuentes de ARI diferentes. El vertido se realiza generalmente en el lugar de producción, con o sin tratamiento depurador; a veces se utiliza el vertido difuso sobre el terreno como depuración supuesta, e incluso la inyección en sondeos profundos cuando se llega a la conclusión de que no existe ninguna otra solución, como mal menor.
- La cantidad de ARI generada (y vertida) suele ser en términos absolutos de pequeña magnitud, continua o discontinua, y el régimen de producción, continuo o periódico frecuente: horario, diario, semanal como mucho.
- La composición del ARI, dada la diversidad de esta actividad, puede ser de cualquier tipo tanto por los constituyentes como por las concentraciones, cuyo límite superior viene marcado por la rentabilidad económica de su recuperación. Consecuentemente, dentro de cada fábrica y para cada origen específico de agua residual, mientras se mantiene la misma operación o proceso con el mismo producto, la composición de su A.R. presenta una gran estabilidad; si se consideran las ARI con menor detalle, juntándolas o englobándolas, la heterogeneidad y complejidad del A.R. re-

sultante aumentan rápidamente, siendo mayores cuantas más mezclas se realicen con A.R. de diversas procedencias.

- Lógicamente, la densidad contaminadora de las ARI puede ser cualquiera, encontrándose valores generalmente altos y a veces altísimos (residuos tóxicos y peligrosos).

Aguas residuales agrarias (ARA)

La división en tres apartados es nuevamente necesaria:

- *Aguas residuales agrícolas*, que resultan del uso del agua para riego (con o sin aditivos), por lo que su generación se identifica con su vertido, excepto en los casos en que el retorno del regadío se drene mediante una red ex profeso. Un caso particular reside en los cultivos de secano que reciben abonos y/o pesticidas: los remanentes de estas sustancias que permanecen en el terreno de labor son disueltos y arrastrados por el agua meteórica que se infiltra, contribuyendo a la contaminación de las aguas subterráneas.
- *Aguas residuales de estabulación* (purines).
- *Aguas residuales de las industrias* de transformación de los productos agropecuarios, principalmente alimentarias.

La consideración de los criterios destacables indica lo siguiente:

- La distribución geográfica de las ARA es múltiple, según el tipo:
 - *Agrícola*: como se ha indicado, su origen-vertido es difuso, sobre superficies de extensión diversa.
 - *Estabulación*: su origen es puntual disperso (granjas), eventualmente concentrado si hay numerosas granjas próximas entre sí. El vertido suele ser difuso al esparcirse sobre terrenos, de superficie generalmente insuficiente, y también puntual en pozos.
 - *Industrias mencionadas*: su origen también es puntual disperso, a veces concentrado en zonas de monocultivo; su vertido suele ser a cursos de agua próximos (incluso secos: barrancos, torrenteras...) o

directamente al terreno en balsas más o menos rudimentarias para su evaporación —y, con frecuencia en la práctica no reconocida, para su infiltración— con una recogida posterior de los restos sólidos para su evacuación o incineración. En ocasiones, el vertido se hace incluso en pozos, directamente.

- La cantidad de ARA es distinta, según el tipo:
 - *Agrícola*: el riego en agricultura es con diferencia el mayor consumidor de agua; el retorno subterráneo de este riego es variable según la técnica utilizada, pero una cifra global puede ser 1/3 del volumen aportado. Sin embargo y puesto que se realizan sobre amplias superficies, los valores unitarios disminuyen de escala, y tendría que hablarse, por analogía, de «cantidades difusas».
 - *Estabulación*: depende principalmente del número de cabezas y del sistema de limpieza utilizado, siendo de magnitud pequeña.
 - *Industrias*: es variable según los casos, pero del lado de las magnitudes menores, si bien con frecuencia estos volúmenes se generan de manera concentrada en el tiempo (temporada).
- El régimen de generación es de dos tipos, continuo o por momentos más o menos espaciados, igual que el vertido:
 - *Agrícola*: el retorno del regadío obviamente sigue al riego, si bien su llegada al nivel piezométrico tarda un tiempo que depende de diversos factores, entre ellos la dotación de agua y el tipo de cultivo (invernaderos); además y de manera idéntica ocurre la infiltración de las precipitaciones atmosféricas y el consiguiente arrastre de compuestos fitoquímicos que eventualmente hayan permanecido en la tierra. Todo ello se concentra en las épocas de riego o de lluvia (o nieve), relacionadas entre sí y dependientes de la climatología anual.
 - *Estabulación*: la generación y el vertido coinciden en un régimen prácticamente continuo, con el caso frecuente del almacenamiento de los purines y aguas de la-

vado para su esparcimiento en el terreno, horas o días después.

— *Industrias*: según que sean de temporada (alcoholeras, almazaras, azucareras...) o no (mataderos, conserveras, curtiderías...) su actividad está limitada a una época del año o es continua, y en consecuencia es la generación y el vertido de sus aguas residuales.

• La composición del ARA es diversa en su tipología según el caso:

— *Agrícola*: destacan totalmente tres parámetros: salinidad, nitratos y biocidas. La planta asimila una parte muy pequeña de las sales disueltas en el agua de riego; sin embargo, este volumen de agua se reduce por evapotranspiración grosso-modo a 1/3, que percola: en consecuencia, la actividad genera un agua residual con un contenido salino tres veces el del agua de suministro. El aporte incorrecto de nutrientes nitrogenados (con o sin P-K) es la causa de las altas concentraciones de NO₃- en el retorno del regadío (o en la infiltración del agua meteórica): la actividad genera así un A.R. que provoca un aumento —enorme en algunos lugares— del contenido en nitratos de las aguas subterráneas. El esquema es idéntico para los biocidas (pesticidas en particular) con dos diferencias: las concentraciones son mucho menores y, químicamente, estas sustancias presentan una mayor complejidad estructural y consecuentemente cinética y analítica.

— *Estabulación*: su menor volumen está contrarrestado por sus altas concentraciones en sustancias orgánicas de tipo fecal animal (microorganismos), complementadas por sustancias químicas de síntesis en concentraciones mucho menores pero de mayor persistencia, que se añaden a la dieta del ganado o que le son inyectadas, y cuya importancia o incidencia no es conocida.

— *Industrias*: predomina totalmente la fracción orgánica, que a veces se llega a medir en porcentaje, pudiendo también ser importante el contenido salino.

• La densidad contaminadora de las ARA va asociada con el tipo de su generación: para el tipo puntual es grande (altas cargas orgánicas) o muy grandes (purines), y para el tipo difuso es baja o media (nitratos, sales disueltas), con la excepción de los pesticidas, residuo tóxico y peligroso.

* * *

Siguiendo el mismo desarrollo que para los R.S., interesa aquí acotar lo más posible la cuantificación de las A.R., para lo cual se presentan a continuación unas observaciones. El inventario completo y actual de las actividades conducirá a las cifras de las A.R. producidas, que interesa disminuir lo más posible, y ello en sus dos aspectos: *volumen* y *concentración* de sus componentes.

[Pero esta disminución conllevará unos costes frente a los beneficios perseguidos o los daños a evitar, que con frecuencia además afectarán —en una primera aproximación— a colectivos de personas diferentes; como la diversidad de los casos es enorme, expresarse en términos generales es arriesgado. Por ello se insiste en la perspectiva propia de este artículo, prioritariamente orientado hacia la protección de los acuíferos, los cuales se ven amenazados —incluso en lugares, ya degradados— con una intensidad muy diversa y de una manera muy distinta según las diferentes actividades en cada caso y lugar concretos. Reconociendo la relatividad de las generalizaciones ante tanta diversidad en la realidad, el marco y objetivo de este artículo obligan sin embargo a utilizar un enfoque globalizador, sinóptico.]

Se dice que el parámetro más importante de un A.R. es su **caudal**: disminuirlo es siempre conveniente, máxime cuando el agua de suficiente calidad deviene progresivamente más escasa por el aumento continuo en su demanda. El primer corolario, por su importancia, es: *disminuir el consumo de agua utilizada* (reencuentro con el problema de la sobreexplotación de los recursos), lo cual aplicado a los grandes consumidores —regadío en primer lugar— conlleva además en las zonas litorales el alivio de la mayor causa de degradación en los acuíferos (costeros) españoles: su progresiva salinización por intrusión marina.

Residuos líquidos: Características destacables o parámetros para su gestión

Parámetro \ Origen	URBANO	INDUSTRIAL	A G R A R I O		
			Agrícola	Estabulación	Industrial
Distribución } ORIGEN	Muy disperso	Muy disperso	Difuso	Puntual disperso	Puntual Disperso Concentrado
Geográfica } VERTIDO	Puntual Disperso Difuso	Vario		Difuso/Puntual	Puntual/Difuso
Cantidad vertida	Importante	Pequeña	Importante	Pequeña	Pequeña/Varia
Régimen de generación	Continuo	Continuo	Por épocas	Continuo	Continuo/De temporada
Composición	Fracción orgánica	Varia	Simple	M. O. animal	M. O. vegetal o animal
Homogeneidad	Alta	Alta/Varia	Alta, por épocas	Alta	Alta, de temporada
Densidad Contaminadora	Media (Microorganismos)	Varia	Baja	Alta Microorganismos	Varia

* En la *actividad industrial*, esta consigna (disminuir el consumo de agua) apunta hacia la que se denomina «demanda nula» y simultáneamente «vertido cero», consistente en un funcionamiento en circuito cerrado para el agua dentro del recinto fabril, principal objetivo —asintótico— de la gestión integral del agua en la industria, árbol en pleno desarrollo que consta de numerosas y variadas ramas, objeto lógico y congruentemente de la responsabilidad de las propias industrias. Una consideración clave en este tema, que se matizará más adelante, es la recirculación en cada punto de generación primaria intra-fabril (antes de cualquier mezcla o dilución, y con un tratamiento indispensable pero no oneroso, en términos generales); también el posible vertido a la red urbana de aquellas ARI que presenten unas características semejantes a las ARU —principalmente, ausencia de sustancias tóxicas para el funcionamiento biológico de sus estaciones depura-

doras posteriores— con una laminación adecuada en el caudal de vertido. El reúso (interior o) exterior al recinto fabril, en condiciones adecuadas, alcanzables mediante el tratamiento indispensable, es una eventual alternativa que se contempla más adelante.

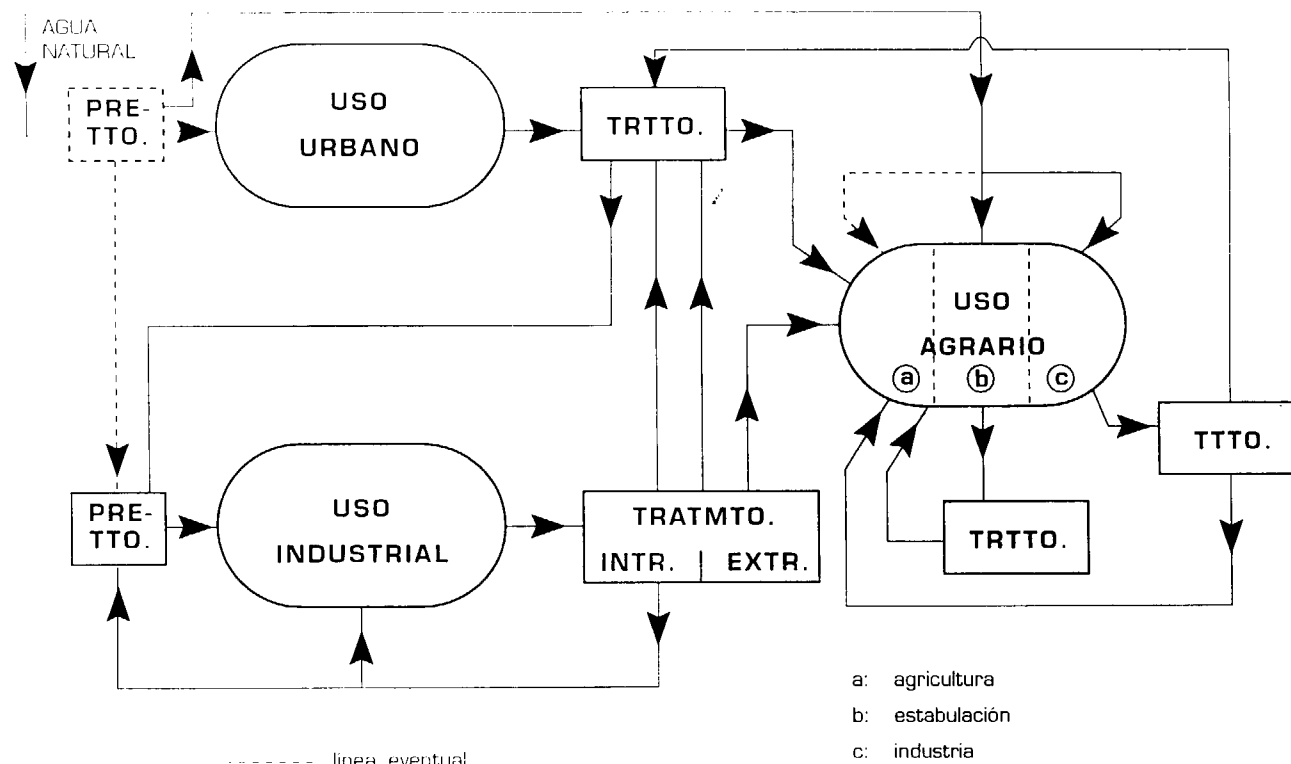
* El complejo problema que plantea la *agricultura* requiere una intervención inmediata para aquellos casos que se encuentran en situación crítica: (sobreexplotación y) aumento progresivo de las concentraciones de compuestos químicos, o sea nitratos y salinidad, principalmente. Un estudio técnico de la evolución de esta(s) problemática(s) en los últimos veinte años, focalizado en cada zona crítica, caracterizará la situación presente y proporcionará nítidamente las tendencias creadas, conceptual y numéricamente, definiéndose así el marco para la congruente intervención necesaria que conlleve la inaplazable protección de la calidad de las aguas subterráneas —que en lugares deberá ya ser co-

rección—, a efectos de que una evidente mayoría de personas, presentes y futuras, no sean perjudicadas. Reflexionar sobre la aplicabilidad de las medidas actualmente disponibles (para las aguas residuales industriales y urbanas) al caso de las aguas residuales agrícolas, quizá pueda orientar sobre posibles soluciones a problema tan complejo como apremiante en zonas críticas, entre otras actuaciones de diversa índole.

Una contribución positiva en este tema —ya contemplada en la Ley de Aguas, y de aplicación creciente (por necesidad)— consiste en el uso de aguas residuales suficientemente tratadas para el regadío, como caso particular y de mayor importancia de la reutilización de las A. R. en términos generales; esta aplicación contiene la ventaja añadida de disponer del potencial depurador del terreno —potencial con límites, que requiere un es-

tudio y un seguimiento individuales y ajustados— capaz de proporcionar un tratamiento terciario sin necesidad de reactivos ni energía eléctrica, pero con implicación de superficies más o menos extensas. Aceptando que el abastecimiento urbano exige un agua de procedencia natural, y considerando las principales características que por un lado presenta el A. R., y que por otro lado requiere el agua de suministro en las diferentes actividades humanas, desde una óptica simplificada se ha establecido la figura adjunta que reúne diversas posibilidades interesantes. Un caso particularmente propicio lo constituye el riego con A. R. de los cultivos industriales clásicos (algodón, lino...) y de aquellos cuyo producto requiera posteriormente determinados procesos industriales actuales (azucareras...) o posibles (bioetanol para combustible...).

Líneas generales para la reutilización del agua



El segundo aspecto que es determinante en la gestión de las A. R. concierne a su **composición**, y ya ha sido abordado marginalmente en los comentarios del otro aspecto (volumen). El principio universal expuesto entonces sigue siendo válido: reducir, minimizar las concentraciones, y cuanto más cerca del punto de la generación, mejor (2.º principio de la Termodinámica).

- * En el caso de las ARU, una llamada —adecuada, luego meditada— a la colaboración ciudadana en algunos casos, lugares o circunstancias, puede ser un arma muy potente; por ejemplo, en una ciudad de un millón de habitantes, un transvase promedio de un gramo de materia orgánica por parte de cada persona en su vertido diario, de las ARU a los RSU, equivale a una reducción de una tonelada diaria de materia orgánica en el vertido total final de estas ARU (y de su consiguiente tratamiento) y un incremento absolutamente despreciable en sus RSU; este hecho toma mayor brillo aún si se consideran sustancias tales como aceites, grasas, productos químicos para el hogar... En este sentido la componente industrial —constituida por las aguas residuales de las fábricas o actividades industriales (como los cambios de aceite de talleres, ya considerado en la normativa actual) con posibilidad de vertido a la red urbana— evidentemente aporta una complicación en todos aquellos casos (la mayoría) cuyo vertido difiere en sus constituyentes o concentraciones de los correspondientes a las aguas domésticas estándar: no sólo supone un aporte extra (generalmente importante) al trabajo de las depuradoras municipales, sino que puede interferir además en su funcionamiento frenándolo e incluso anulándolo temporalmente en los casos extremos de sustancias tóxicas y peligrosas, sustancias que además son susceptibles o bien de pasar a los fangos derivados complicando su recomendable uso posterior como acondicionador de suelos, o bien de permanecer en la fase líquida dificultando su vertido o eventual reutilización.

- * Con las ARI resulta más rentable aún remontarse al máximo hacia el punto de su generación. En el caso ideal, considérese una ope-

ración o proceso concreto donde su A. R. efluente se diferencia de la influente en unas sustancias en suspensión y/o disolución, aportadas por el propio proceso, en unas condiciones generalmente estabilizadas en el tiempo: un tratamiento específico para estas sustancias que reduzca su concentración a unos valores suficientes para permitir el reuso de esta agua tratada para este mismo proceso, reúne una serie de ventajas importantes, como son:

- Operación o proceso conocido perfectamente —en principio— por los técnicos de la fábrica: reactivos involucrados, temperaturas, cinéticas, rendimientos, umbrales tolerables...
- Continuidad o estabilidad del proceso, luego de la generación de los subproductos (futuras sustancias contaminadoras), y de sus concentraciones, dentro de unos márgenes generalmente ajustados.
- Valor máximo conocido para el límite de la concentración de cada subproducto a alcanzar en el tratamiento específico, que será el valor límite (con los márgenes suficientes de garantías y seguridades) aceptable en el agua de entrada al proceso.

Estas tres características posibilitan un diseño ajustado a cada caso concreto, o sea la solución óptima técnicamente, luego económicamente; además el mantenimiento (factor esencial) del tratamiento consistirá en un añadido o prolongación del previsto para el proceso en sí, en cuanto a equipos, reactivos... y operario especializado. Lo que ha venido siendo origen de A. R. puede pasar a ser considerado fuente de abastecimiento en agua para el proceso: el coste no tiene obligatoriamente que ser oneroso, relativamente; lo que sí aparece indispensable es la realización de un estudio «a la medida» en cada caso, con la colaboración insustituible de los técnicos involucrados.

- * Las ARA, dada su disparidad, requieren una consideración diferenciada. En el caso del regadío, es presumible que el reconocimiento de sus aguas residuales y la consiguiente aplicación de medidas administrativas —oportunas en cuanto al lugar, al tipo y a la intensidad— conllevarán una disminución

en su volumen y composición, lo cual de hecho supone disminuir el consumo de agua para el riego y el aporte de nitratos (en menor medida, de pesticidas) a los acuíferos, ambas cosas de extrema importancia en las zonas críticas; la necesaria recuperación de las zonas ya degradadas que presentan problemas —de abastecimiento urbano, por ejemplo— derivará de su estudio particular, eventualmente. En cualquier caso, un control efectivo de la Administración competente que garantice un uso del recurso agua —en especial subterránea— que sea adecuado (respetuoso del futuro, entre otras cosas) parece indispensable y, al menos en las zonas críticas, urgente.

Los diversos establos o granjas presentan en sus A. R. las siguientes características comunes:

- Una composición homogénea y continua, en sus grandes rasgos, con una alta componente orgánica animal, principalmente.
- Una tecnología para su tratamiento conocida (digestión anaerobia), con un excedente energético apreciable —a partir de una cierta escala— si el diseño, construcción y mantenimiento posterior son correctos.
- La posibilidad de una aplicación de los efluentes de este tratamiento (agua y fangos digeridos) en agricultura, permitiendo unos límites de emisión fáciles de alcanzar, relativamente, para el tratamiento mencionado.

Se puede contemplar una fase de pulido del agua efluente para reducir su posible contenido final en microorganismos hasta prácticamente anularlo, mediante el complemento de un lagunado poco profundo, si se dan las condiciones climáticas suficientes. Quizá la publicación, por parte de la Administración competente, con alcance zonal (o mayor) y dirigida, de unas normas concretas con base en las mencionadas características comunes y con un grado de precisión o desarrollo lo más detallado posible, quizá facilitara la adopción operativa de las medidas necesarias en este campo; lógicamente, un apoyo financiero (local, autonómico, estatal, comunitario) simultáneo, diferenciado, proporcional al grado de compromiso de los granjeros, debiera dar fluidez y efectividad a la solución de esta problemática definida.

Las industrias de transformación de productos agropecuarios generan unas aguas residuales cuyas características (según se vio) se asemejan estrechamente a las de estabulación. Consecuentemente, la estrategia que interesará seguir es paralela, complementándose con las observaciones expuestas para el caso de las ARI (de las cuales, por cierto, éstas técnicamente forman un subgrupo): mantener la separación de los efluentes parciales, tratamientos en origen específicos simples y ajustados, reuso y reutilización al máximo, digestión (an) aerobia, lagunado culminador si es posible, aplicación de efluentes líquidos y sólidos suficientemente tratados a la agricultura, etc.

CONCLUSIONES

Sólo recordar un ramillete de observaciones conocidas y reconocidas. La característica geográficamente zonal de los Planes Hidrológicos de Cuenca facilita y refuerza una actuación adecuada a esta escala, con una asunción más próxima, detallada, singularizada, matizada, de los múltiples e interrelacionados componentes que integran la gestión del agua —también subterránea— dando acceso en definitiva a una mejor satisfacción de las demandas de agua con calidad apropiada, en el futuro inmediato y por venir. Cabe considerar, sin embargo, la conveniencia de abordar con la escala estatal parte de esta compleja problemática, cuando sus características lo permitan, la economía de escala lo aconseje y no vaya en detrimento de la agilidad y efectividad de los resultados perseguidos: el Plan Hidrológico Nacional contempla tales posibilidades.

Este artículo sugiere alguna de estas actividades. La investigación necesaria que conllevan y su pronta aplicación pueden beneficiarse igualmente de los avances individuales que se consigan en cada uno de los centros involucrados: reservar una parcela a este propósito en el Plan Nacional en construcción, a través de los Planes de Cuenca, para la interconexión o coordinación de estos trabajos separados, parece recomendable. Un ejemplo de síntesis podría ser la sinergia que resultaría para el caso de la investigación en la aplicación de la teledetección a la localización de vertidos en zonas de alta vulnerabilidad, particularmente en proximidad de abastecimientos.

La protección de la calidad en los acuíferos exige una perspectiva peculiar en algunos aspectos, distinta de la idónea para las aguas superficiales, y ello por su naturaleza: cauce superficial versus medio poroso o fisurado subterráneo. Junto a la inercia de las aguas subterráneas indicada en la introducción, procede evocar el potencial de su almacenamiento: comparable —y complementario— al de las aguas de superficie para los recursos renovables hiperanualmente, y muy superior para las (estratégicas) reservas totales calculadas, se verán ambos mutuamente reforzados con futuros estudios de uso (y almacenamiento o recarga) conjunto subterráneo-superficial, cuya posibilidad contempla y estimula la planificación hidrológica, dentro de una po-

lítica económica general que persigue mantener el nivel de vida de los ciudadanos actuales, y mejorar el de los futuros.

Ello necesita de unos acuíferos «limpios», contenedores de unas aguas subterráneas no «contaminadas». En caso contrario, si la contaminación llega a afianzarse en el subsuelo acuífero, el recurso permanecerá inutilizable durante décadas después de que se inicien las medidas correctoras oportunas, tanto más largas y costosas cuanto más tardías o tímidas sean.

Se dispone de realidades tangibles, en especial para los habitantes de los núcleos cuyo abastecimiento ya está afectado: el problema de los nitratos es un ejemplo y un aviso.

Original recibido: Enero de 1992.

Original aceptado: Febrero de 1992.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

El metamorfismo del Paleozoico de la isla de Menorca (Islas Baleares).

Por R. GARCIA (*), J. M. BRELL (***) y A. APARICIO (*)

RESUMEN

Los materiales paleozoicos del área Hercínica de Menorca han experimentado un metamorfismo de bajo y muy bajo grado (Carbonífero en tránsito a diagénesis (Devónico), cuyas características son establecidas. Se define una inversión metamórfica entre ambas series y su relación con otras áreas metamórficas hercínicas.

Palabras clave: Metamorfismo, Bajo grado, Hercínico, Menorca.

ABSTRACT

The paleozoic rocks in the Hercynian area of Menorca island, underwent a very low to low grade metamorphism (Carboniferous) in transition to diagenesis (Devonian). The metamorphic features are established. A reversal metamorphism is defined in relation with other hercynian metamorphic areas in Iberian Massif.

Key words: Metamorphism, Low grade, Hercynic, Menorca.

INTRODUCCION

La mitad septentrional de la isla de Menorca está constituida por materiales paleozoicos. En estos materiales se encuentra representado el Devónico, Carbonífero y Pérmico (ROSELL et al., 1969; BOURROUILH, 1973; OBRADOR, 1983; ROSELL y ELIZAGA, 1989; ROSELL y ARRIBAS, 1989; ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 a, b, c) (fig. 1). Tanto el Devónico como el Carbonífero están constituidos por secuencias turbidíticas con escasa representación de calizas y pelitas. El Pérmico aparece discordante, constituido por pelitas y areniscas.

El Devónico aflora según una franja Norte-Sur en la parte central de la isla contactando con el Carbonífero mediante una superficie de cabalgamiento. La edad de esta serie corresponde al Gedinense (ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 c) con una laguna estratigráfica que corresponde

al resto del Devónico y Carbonífero más inferior. El Carbonífero presenta dos zonas de afloramientos según bandas igualmente de dirección Norte-Sur, una oriental, constituida por turbiditas de facies Culm escasamente plegadas (ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 a) de posible edad Viseense Superior (aunque puede alcanzar al Namuriense) y otra occidental, con turbiditas, intensamente deformadas y de edad Tournasiense-Viseense (ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 c). Tanto el Carbonífero como el Devónico presentan caracteres de resedimentación y olistostrómicos, por lo que es difícil precisar más las dataciones. El grado de deformación que el Devónico y Carbonífero Occidental presentan hacen estimativos los espesores de 1.000 metros para el Devónico y 4.000 metros para el Carbonífero Oriental, y de 2.000 metros para el Carbonífero Oriental (ROSELL y ARRIBAS, 1989; ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 a y c).

Todo el Paleozoico se encuentra afectado por tres fases de deformación tectónica (ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 a, b, c), la 1.ª fase, de edad Viseense, causa el cabalgamiento Devónico-Car-

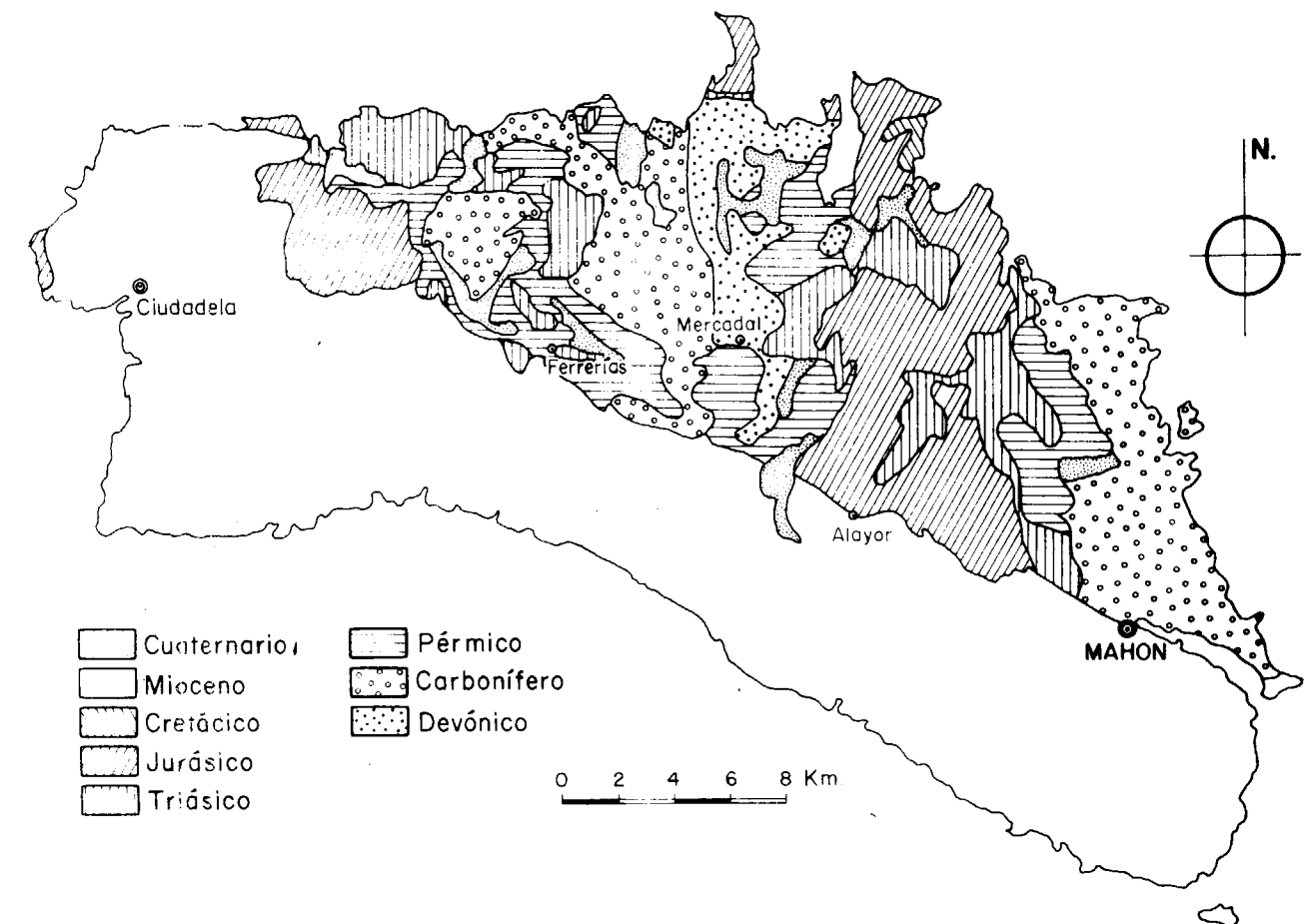


Figura 1.—Esquema geológico de la isla de Menorca a partir de la cartografía publicada (Mapa Geológico Escala 1/200.000). Hoja núm. 49-65 (Menorca, 1972), y Mapa Geológico 1/25.000, Hojas núm. 647 (Mahón, 1989), núm. 618 (Cap Menorca y Ciudadela, 1989) y núm. 646 (Cala en Brut y Alaior, 1989).

bonífero; la 2.ª, de edad intranamuriense, es poco intensa, y queda reflejada en el Carbonífero del sector oriental; la 3.ª fase es de carácter distensivo, y de edad finicarbonífera-Pérmica.

Sin embargo, el conocimiento estratigráfico y estructural del Paleozoico menorquín no ha incidido hasta ahora en la determinación de las características del metamorfismo que le afectó.

Los estudios realizados en otras áreas del Hercínico Ibérico sobre el metamorfismo de bajo grado que presentan los materiales Paleozoicos (GALAN et al., 1978; APARICIO y GALAN, 1980; APARICIO et al., 1991 a; APARICIO et al., 1991 b) hace especialmente interesante el estudio del metamorfismo en esta zona.

Para realizar este estudio se tomaron muestras del Devónico y Carbonífero; sin embargo, la escasez de pizarras (pelitas) en las respectivas sucesiones, dificultó el muestreo, empleándose para las determinaciones rocas de textura pizarrosa y con bajo contenido en cuarzo que cubrirían extensionalmente ambas series. Se seleccionaron 17 muestras (9 pertenecientes al Carbonífero y 8 al Devónico), que fueron analizadas por métodos ópticos y mediante difracción de rayos X en orden a obtener las paragénesis significativas y los principales parámetros metamórficos. El método y equipos utilizados se encuentran descritos en APARICIO et al. (1988).

(*) Dpto. de Geología. MNCN - CSIC. C/. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

(***) Dpto. de Estratigrafía. Ftad. de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

CARACTERISTICAS DEL METAMORFISMO Y PARAGENESIS

Los resultados obtenidos permiten definir el metamorfismo que afectó al Paleozoico como de tipo anquizonal en transición a diagénesis para Carbonífero y características primordialmente diagenéticas para el Devónico. En la tabla 1 se representan las paragénesis representativas de las muestras en relación con su posición estratigráfica, así como los parámetros determinativos de la intensidad del metamorfismo (Índices de cristalinidad, 060, etc.).

La proyección sobre el diagrama de ESQUEVIN (1969) de los índices de cristalinidad de la ilita (KUBLER, 1964, 1968) (fig. 2) agrupa las muestras del Carbonífero en ambientes anquizontales y epizontales. El Devónico se sitúa en ambientes diagenéticos a excepción de las muestras 12 y 14. Por otro lado, los valores de la reflexión (060) de la mica (ilita) entre 1,491 y 1,507 en ambas series, indican ambientes anquizontales, no llegándose a alcanzar la zona de la biotita (WEAVER y BROEKSTRA, 1984).

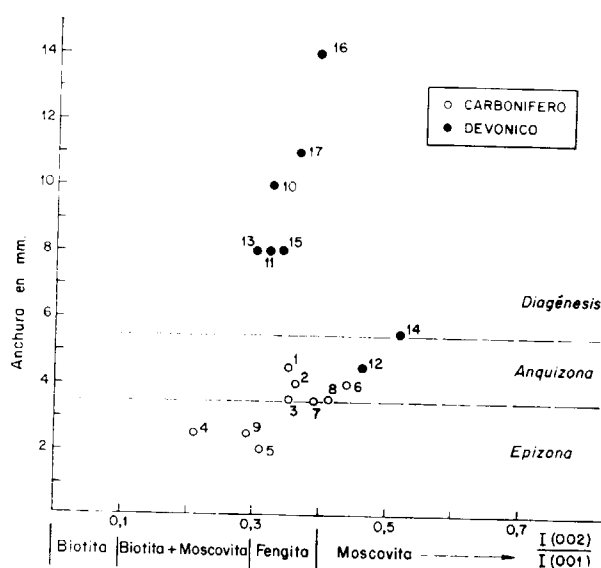


Figura 2.—Representación gráfica de los índices de cristalinidad de la ilita según ESQUEVIN (1969). ● Muestras pertenecientes a la serie Devónica. ○ Muestras pertenecientes a la serie Carbonífera.

Las determinaciones difractométricas muestran para el Carbonífero una paragénesis de cuar-

zo+albita+ilita+caolinita+clorita. La albita está presente en pequeñas cantidades, al igual que la clorita, pero ambas están representadas en todas las muestras analizadas. Esta asociación mineral resulta igualmente coincidente con las presentadas por ROSELL y ARRIBAS (1989) en facies no pelíticas para el sector oriental.

En el Devónico la paragénesis es más reducida con cuarzo+ilita+caolinita±albita. La albita disminuye su proporción, pudiendo no aparecer en algunas muestras, por el contrario la clorita desaparece. En una muestra se observan pequeñas cantidades de feldespato potásico.

CONDICIONES DEL METAMORFISMO

La paragénesis del Carbonífero permite asignar unas condiciones de temperatura de 225-230° C, presión de 1-2 Kb. y profundidades de enterramiento de 5 a 7 Km. (MAXWELL y HOWER, 1967; DUNOYER DE SEGONÇAZ, 1979; VELDE, 1972; ESLINGER y SAVIN, 1973; NOACH et al., 1987). Estas condiciones permiten la transformación total del politipo de la mica Md a 2M1 (YODER y EUGSTER, 1955; ESLINGER y SAVIN, 1973; FREY, 1987).

Para el Devónico la ausencia de clorita, en ambientes metamórficos de tipo regional, requiere unas condiciones mínimas de 160-190° C (McDOWELL y ELDERS, 1980; WEAVER et al., 1984 a). La ausencia de interestratificados I/S (ilita-smectita) con su conversión total a ilita favorece unas condiciones térmicas situadas entre 160 y 210° C y presión de 1-2 Kb (ESLINGER y SAVIN, 1973; HOWER et al., 1976; McDOWELL y ELDERS, 1980; KISCH, 1983; WEAVER et al., 1984 b; REYES y CARDILE, 1989). El politipo 2M1 de la mica requiere unas condiciones mínimas de ≈200° C para su formación, pero autores como VELDE (1965) explican que la conversión Md→2M1 puede comenzar a 125° C, aumentando la presión a 4,5 Kb, aunque el proceso se ralentiza a presiones de 1-2 Kb. La presencia de cristales de feldespato potásico en una sola muestra y su límite de desaparición que ocurre entre 95 a 175° (HOWER et al., 1976) o bien a 127-140° (BRUCE, 1984) fijaría más estrictamente las condiciones físicas que afectaron al Devónico.

TABLA 1
Paragénesis y parámetros metamórficos de las muestras estudiadas

MUESTRA	Cuarzo	Filosil.	FELDESPATOS		Otros	Mica	Caolinit.	Clorit.	Esmect.	Interest.
			K	Ca-Na						
1	20	75	—	5	—	57	15	28	—	—
2	17	77	—	6	—	69	17	14	—	—
3	26	68	—	6	—	53	22	25	—	—
4	20	72	—	8	—	72	14	14	—	—
5	37	56	—	7	—	62	18	20	—	—
6	21	71	—	8	—	50	35	15	—	—
7	28	64	—	8	—	46	32	22	—	—
8	24	66	—	10	—	57	30	13	—	—
9	28	63	—	9	—	48	36	16	—	—
10	27	73	—	—	—	54	46	ind.	—	—
11	32	68	—	—	—	77	33	—	—	—
12	22	72	—	6	—	70	14	16	—	—
13	11	67	—	4	Dolo.	92	8	—	—	—
14	22	73	—	5	—	75	25	—	—	—
15	28	68	4	—	—	88	12	—	—	—
16	38	57	—	5	—	85	15	—	—	—
17	23	61	—	4	Calc.	90	10	—	—	—

MUESTRA	Otros	I. KUBLER	I. WEAVER	060	0010	004		3.74	2.58	Politipo Moscovita	Índice Paragonit. Na	Na+K	Crono-estrat.
						004	002						
1	—	4.5	2.8	1.506	1.993	0.35	0.33	100%	2M1	—	—	H	
2	—	4	3	1.505	1.995	0.36	0.34	100%	2M1	—	—	H	
3	—	3.5	4	1.507	1.995	0.35	0.45	100%	2M1	—	—	H	
4	—	2.5	6.3	1.507	1.996	0.21	0.33	100%	2M1	—	—	H	
5	—	2	3.7	1.507	1.993	0.31	0.42	100%	2M1	—	—	H	
6	—	4	4.1	1.507	1.995	0.44	0.36	100%	2M1	—	—	H	
7	—	3.5	4.2	1.505	1.994	0.39	0.46	100%	2M1	—	—	H	
8	—	3.5	5	1.506	1.996	0.41	0.30	80%	2M1	—	—	H	
9	—	2.5	4.8	1.507	1.992	0.29	0.42	100%	2M1	0.11	—	H	
10	—	10	1.4	1.491	—	0.32	—	—	—	—	—	D	
11	—	8	1.6	1.507	1.989	0.32	0.38	100%	2M1	0.32	—	D	
12	—	4.5	2.8	1.505	1.995	0.46	0.36	100%	2M1	—	—	D	
13	—	8	1.5	1.506	1.989	0.30	0.40	100%	2M1	0.32	—	D	
14	—	5.5	2	1.054	1.994	0.52	0.40	100%	2M1	—	—	D	
15	—	8	1.4	1.506	1.993	0.34	0.38	100%	2M1	—	—	D	
16	—	14	—	1.501	1.987	0.39	0.38	100%	2M1	0.45	—	D	
17	—	11	—	1.503	1.989	0.36	0.48	100%	2M1	0.32	—	D	

D: Devónico
H: Carbonífero

Dolo.: Dolomita
Calc.: Calcita

En síntesis es posible que las condiciones para los materiales del Devónico se puedan concretar entre 160-190° C y presiones de 1 a 2 Kb.

DISCUSION

Las características metamórficas del Devónico-Carbonífero de la isla de Menorca nos permiten deducir una fuerte inversión del proceso metamórfico entre ambas series, determinada tanto por su variación en los índices de cristalinidad de illita como por sus paragénesis. En cuanto a las condiciones físicas que los afectaron no parece detectarse ningún gap metamórfico, aunque puede concretarse quizás un pequeño salto en su intensidad producido probablemente por el cabalgamiento del Devónico sobre el Carbonífero.

Sin embargo, la existencia de esta inversión metamórfica en el paleozoico menorquín no es única en el área Hercínica, así APARICIO et al. (1991 b) para los tramos Devónico y Carbonífero de un sector de la Cordillera Ibérica (área de Montalbán, Teruel), citan igualmente una inversión metamórfica en relación con los índices de cristalinidad determinados, aunque los niveles carboníferos representan una edad ligeramente superior Namuriense-Westfaliense.

Otras áreas donde igualmente se ha estudiado el metamorfismo Hercínico en el Paleozoico Superior, corresponde a la Sierra de la Demanda, en donde APARICIO et al. (1991 a), en niveles de edad Westfaliense han determinado unas condiciones físicas de P-T similares a las aquí encontradas, con unos índices de cristalinidad muy similares a los del Paleozoico en Menorca. Sin embargo, la no existencia del Devónico no permite establecer otras consideraciones.

Por el contrario, en el sector oriental del Sistema Central, APARICIO Y GALAN (1978) sí determinan las condiciones del Devónico y Carbonífero. Los niveles Devónicos corresponden al Gedinense-Emsiense (edad similar al Devónico menorquín) y los carboníferos al Estefaniense. En este caso el Devónico manifiesta unas condiciones próximas al Devónico de Menorca, mientras que el Carbonífero presenta unas condiciones metamórficas algo inferiores al Carbonífero de Menorca, si bien se trata de diferentes niveles

estratigráficos dentro del Carbonífero. En ningún caso, APARICIO y GALAN (1978) indican la existencia de un proceso de inversión metamórfica para este área.

Una primera aproximación al problema sería considerar que la serie Devónica se encontraba ya cabalgada cuando el proceso metamórfico se inició o bien que la situación estratigráfica de estas series, dado el carácter resedimentado de las mismas (ROSELL y GOMEZ GRAS, 1989 c) estuviera modificada. Es por eso explicable que algunas muestras que según la cartografía más reciente pertenecen al Devónico, por sus características metamórficas, se ajustan mejor al Carbonífero, tal parece ser el caso de la banda Devónica que desde los alrededores de Mercadal se extiende hacia el norte de la isla.

AGRADECIMIENTOS

A A. Vitoria y M. Castillejo, por la preparación de las muestras, y M. C. Sendra por la realización del trabajo.

REFERENCIAS

- APARICIO, A., y GALAN, E. (1980): *Las características del metamorfismo hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central (provincia de Guadalajara)*. Est. Geol., 36, 75-84.
- APARICIO, A.; BRELL, J. M., y DOVAL, M. (1988): *El metamorfismo de los afloramientos paleozoicos de las Sierras de Ratas, Mojón Alto, Albarracín, Menera y Ventosa en la Cordillera Ibérica (provincias de Guadalajara y Teruel)*. Bol. Geol. Min., 99, 847-854.
- APARICIO, A.; BRELL, J. M., y GUARAS, B. (1991a): *El metamorfismo hercínico de la Sierra de La Demanda (provincias de Logroño y Burgos)*. Bol. Geol. Min., 102, 240-246.
- APARICIO, A.; BRELL, M.; GARCIA, R.; TENA, J., y GOMEZ, J. (1991b): *El metamorfismo de bajo grado en el Paleozoico del sector central de la Cordillera Ibérica*. Bol. Geol. Min., 102, 735-747.
- BOURROUILH, R. (1983): *Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la isla de Menorca y del noreste de Mallorca (Baleares). La terminación nororiental de las Cordilleras Béticas en el Mediterráneo occidental*. Mem. Inst. Geol. Min., 99, 2 vols., 672 pp.

BRUCE, C. H. (1984): *Smectite dehydration its relation to structure development and hydrocarbon accumulation in Northern Gulf of Mexico Basin*. Amer. Assoc. Pet. Geol. Bull., 68, 673-683.

DUNOYER DE SEGONÇAZ, G. (1970): *The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism. A review*. Sedimentology, 15, 281-346.

ESLINGER, E. V., y SAVIN, S. M. (1973): *Mineralogy and oxygen isotope geochemistry of the hydrothermally altered rocks of the Ohaki-broad lands, New Zealand, geothermal area*. Am. J. Sci., 273, 240-267.

ESQUEVIN, J. (1969): *Influences de la composition chimique des Illites sur leur cristallinité*. Bull. Centre Rech. Pau SNPA, 3, 147-153.

FREY, M. (1987): *Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks 9-57*. En: *Low temperature metamorphism*. Ed. M. Frey, Chapman and Hall, N. York, 357 pp.

GALAN, E.; APARICIO, A., y VILLEGAS, F. (1978): *El metamorfismo de muy bajo grado (anquimetamorfismo) de la cuenca carbonífera Ciñera-Matallana (provincia de León)*. Est. Geol., 34, 505-510.

KISCH, H. J. (1983): *Mineralogy and petrology of burial Diagenesis (Burial metamorphism) and incipient metamorphism in clastic rocks, 289-493*. En: *Diagenesis in Sediments and Sedimentary rocks, 2, Developments in Sedimentology*, núm. 25B. Elsevier NY., 572 pp.

KUBLER, B. (1964): *Les argiles, indicateurs de metamorphism*. Rev. Inst. Franc. Petrole, 19, 1093-1112.

KUBLER, B. (1968): *Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinité de l'illite. Et at des progres réalisés ces dernières années*. Bull. Centre Rech. Pau SNPA, 2, 385-397.

Mapa Geológico de España (1972). 1/200.000. Menorca-Ibiza-Formentera, núm. 49-65. IGME, Madrid.

Mapa Geológico de España (1989). 1/25.000. Cap Menorca y Ciudadela, núm. 618. IGME, Madrid.

Mapa Geológico de España (1989). 1/25.000. Cala en Brut y Alaior, núm. 646. IGME, Madrid.

Mapa Geológico de España (1989). 1/25.000, núm. 647. Mahón. IGME, Madrid.

MAXWELL, D. T., y HOWER, J. (1967): *High grade diagenesis and low-grade metamorphism of illite in the Precambrian belt series*. Amer. Min., 52, 843-857.

McDOWELL, S. D., y ELDERS, W. A. (1980): *Authigenic layer silicate minerals in borehole Elmore 1, Salton Sea geothermal field, California, USA*. Contr. Min. Petr., 74, 293-310.

NOACH, Y.; GIROIR, G., y GIRAND, G. P. (1987): *Chlorites as indicators of Paleoenvironments*. En: *Geochemistry and mineral formation in the Earth surface*. Proceedings of the International Meeting «Geochemistry of the Earth Surface and processes of Mineral formation». Granada. Ed.: R. Rodríguez y Y. Tandy. CSIC - CNRS, 639-652.

OBRADOR, A. (1983): *El Carbonífero de Menorca*. En: *Carbonífero y Pérmico de España*. Coordinador: C. Martínez Díaz. E. Instituto Geológico y Minero, 337-342.

REYES, A. G., y CARDILE, C. M. (1989): *Characterization of clay scales forming in Philippine geothermal wells*. Geothermics, 18, 429-446.

ROSELL, J.; OBRADOR, A., y MERCADAL, B. (1969): *Sobre la presencia de flysch en los sedimentos paleozoicos de la isla de Menorca*. Acta Geol. Hisp., 4, 1-4.

ROSELL, J., y ARRIBAS, J. (1989): *Características petrológicas de las areniscas del Carbonífero de facies Culm de la Isla de Menorca*. Bol. Geol. Min., 100, 853-864.

ROSELL, J., y ELIZAGA, E. (1989): *Evolución tectosedimentaria del Paleozoico de la isla de Menorca*. Bol. Geol. y Min., 100, 193-204.

ROSELL, J., y GOMEZ GRAS, (1989a): *Memoria del Mapa Geológico de España. 1/25.000, núm. 647. Mao (Mahón)*, 48 pp.

ROSELL, J., y GOMEZ GRAS, D. (1989b): *Memoria del Mapa Geológico de España. 1/25.000, núm. 618. Ciudadela (Ciudadela)*, 51 pp.

ROSELL, J., y GOMEZ GRAS, D. (1989c): *Memoria del Mapa Geológico de España. 1/25.000, núm. 646. Alaior*, 38 pp.

VELDE, B. (1965): *Experimental determination of muscovite polymorph stabilities*. Amer. Min., 50, 436-449.

VELDE, B. (1972): *Phase equilibria for dioctahedral expandable phases in sediments and sedimentary rocks*. Proc. int. Clay. Conf. Madrid, CSIC, 235-248.

WEAVER, Ch. E., y BROEKSTRA, B. R. (1984): *Illite-mica*. En: *Shale-slate metamorphism in southern Appalachians*, 67-97. Ed. E. Weaver. Elsevier, N. York, 239 pp.

WEAVER, Ch. E.; HIGHSMITH, P. B., y WAMPLER, J. M. (1984a): *Chlorite, 99-139*. En: *Shale-slate metamorphism in southern Appalachians*. Ed. E. Weaver. Elsevier, N. York, 239 pp.

WEAVER, Ch. E.; ESLINGER, E. V., y YEH, H. W. (1984b): *Oxygen isotopes, 141-152*. En: *Shale-slate metamorphism in southern Appalachians*. Ed. E. Weaver. Elsevier, N. York, 239 pp.

YODER, H. S., y EUGSTER, H. P. (1955): *Synthetic and natural muscovites*. Geoch. Cosmoch. Acta, 8, 225-280.

Original recibido: Diciembre 1991.

Original aceptado: Enero 1992.

INFORMACION

Contribución del BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO al V Centenario

Ensayos sobre los métodos de beneficio de amalgamación y de fundición realizados por Juan José de Elhuyar y José Celestino Mutis en Nueva Granada.

Por F. PELAYO (*)

I. INTRODUCCION

A mediados del siglo VIII una secular fuente de riqueza para la economía del imperio español, como era la minería, se encontraba en precario estado. Sin ir más lejos, la producción de las minas de Huancavélica, que proporcionaba el azogue para el beneficio de minerales en Potosí, empezó a decaer a partir de 1752. Esto obligó a recurrir al mercurio de Almadén, que hasta entonces se encauzaba únicamente hacia las minas de México. De todas formas, al casi cuadruplicarse los envíos desde Almadén y al sufrir estas minas un incendio en 1755, fue necesario que la Corona contratara la compra de mercurio con la Cámara Imperial Alemana (1).

El programa ilustrado español de renovación de la minería se apoyó en la contratación de técnicos extranjeros y en la dotación de pensiones para el aprendizaje de las modernas técnicas mineras centroeuropeas y escandinavas. De esta forma, ya a mediados del XVIII fueron enviados a centros mineros europeos diversos comisionados en misiones de espionaje industrial (2), para que tomaran

notas, entre otras cosas, de los nuevos procedimientos metalúrgicos. Así, por ejemplo, Antonio de Ulloa (1716-1795), enviado por el Marqués de la Ensenada en una de estas misiones, mandó información sobre minas alemanas y húngaras.

Suecia fue un país visitado por éstos y posteriores comisionados. El motivo principal de esta elección fue que en dicho país, donde existía una gran tradición minera, durante el segundo tercio del XVIII, se desarrollaron disciplinas como la química, la mineralogía y la tecnología minero-metalúrgica.

Mineralogistas y químicos suecos como Johann Gottschalk Wallerius (1709-1785), Axel F. Cronstedt (1722-1765) y Daniel Tilas (1712-1772) estaban a la cabeza de Europa en sus materias y sus obras fueron traducidas a otros idiomas y utilizadas como textos básicos. Asimismo, el *Bergskollegium*. Colegio de Minas de Estocolmo, creado en el XVII, se convirtió en un importante centro de enseñanza de las modernas técnicas mineras.

A Suecia, además de Ulloa en 1751, fueron Dámaso Latre y Joaquín Hurtado en 1753-1754, y Francisco de Estacherría y José Manes en 1756-1757. Estos últimos recorrieron establecimientos mineros en Viena, Freiberg, montes del Harz y Clausthal. Con toda probabilidad, fueron Estacherría y Manes quienes sugirieron en 1756 al conde de Broglie, embajador de Francia en Sajonia, la

visita a las minas de Sajonia, Bohemia y Misnia que éste programó para Antoine Gabriel Jars (1732-1769) y Jean Pierre Guillot Duhamel (1730-1816) (3).

La política de enviar pensionados en viajes de aprendizajes mineros continuó durante los años setenta y ochenta. En estas fechas partieron hacia Europa para instruirse en las técnicas mineras Ramón María de Munibe (1751-1774), hijo del conde de Peñaflores, fundador de la Sociedad Bascongada de Amigos del País; Clemente Ruiz, que pasaría desde Nueva Granada enviado por Mutis; Francisco Angulo, que luego sería director general de Minas del Reino, y los hermanos Juan José (1754-1796) y Fausto Fermín de Elhuyar (1757-1833).

Fausto y Juan José de Elhuyar llegaron a Freiberg en 1778. En esta localidad estudiaron en la Bergakademie, la Escuela de Minas fundada en 1765, con el ya mencionado Gellert, Hans Friedrich Wilhem Charpentier (1738-1805), y Abraham Gottlob Werner (1749-1817). Más adelante, pasaron a Hungría, parando algunos días en Schmnitz, en

donde se había creado, en 1763, una Escuela de Minas, reorganizada en 1770 como Real Academia Húngara de Minería. En esta institución enseñaban el citado Dellus, Antol Ruprecht (1750-1810) y Nikolas Poda von Neuhaus (1723-1792). Tras salir de Schemnitz los Elhuyar recorrieron otros establecimientos mineros de Hungría y Austria. Mientras Fausto regresaba a España, Juan José partió hacia Suecia, donde estudió Química con Torbern Bergman en Upsala, visitando también las minas de Falun. A su vuelta a España, Juan José, comisionado por el Secretario de Indias, José de Gálvez (1729-1878), pasó a Nueva Granada, junto con su cuñado Angel Díaz, para desarrollar allí el beneficio de minerales por el método de fundición. Por su parte, Fausto, también comisionado por Gálvez, se trasladó a Hungría y Sajonia, para informar del nuevo procedimiento de amalgamación de Born. Posteriormente, contrató en Viena a la expedición de mineros alemanes que, encabezada por el sueco Thaddeus von Nordenflicht (1748-1815), partió hacia el Perú, México y Nueva Granada.

II. JOSE CELESTINO MUTIS Y LA MINERIA EN NUEVA GRANADA

Aunque la minería en Nueva Granada no llegó a tener la importancia que alcanzó en el Perú o México, sí contribuyó en gran medida al desarrollo económico de la zona. A la llegada de José Celestino Mutis (1732-1808), en 1760, la actividad minera de la región estaba en un estado de casi completo abandono. La producción había caído tanto por la falta de mano de obra, a raíz de la prohibición de la mita, como por la falta de recursos técnicos para su explotación (4).

A los pocos años de llegar, en 1766, Mutis fundó una sociedad, junto con el virrey Pedro Mesía de la Zepeda, con el que había ido a Nueva Granada como médico, y con los comerciantes Ugarte y Espejo, para explotar las minas de plata de La Montuosa. A lo largo de cuatro años se documentó, según comentó él mismo, en disciplinas como la docimasia, la mineralogía y la metalurgia, estudiándolas en obras europeas que se había llevado a Nueva Granada. Al mismo tiempo aprendió el método tradicional hispanoamericano de beneficio de minerales por azogue, del que decía que en él «no sólo no había método ni ciencia, sino también que era incapaz de reducir a reglas científicas unas operaciones en que procedían a ciegas los que se tenían por maestros, defecto que especialmente provenía como esencial de aquel arte» (5). No debió ser muy satisfacto-

ria la experiencia, ya que él mismo hablaría años más tarde de lo costoso que habían sido sus empresas mineras particulares. Decidió entonces volver a Santa Fe y financiar, en 1774, un viaje a Clemente Ruiz a Suecia, Celeferd, y a las minas del Upper Harz en Hannover (Alemania), para que se instruya en las modernas técnicas metalúrgicas europeas (6). Se conserva una carta a Ruiz en latín, fechada en Upsala en 1774, probablemente de Johan Cottscheit Wallerius (1709-1785) (7), con algunos consejos para el aprendizaje de la metalurgia. Comenzaba esta carta recordando que había que tener en cuenta que toda operación metalúrgica estaba en función de la mina y del filón en que se encontraba el mineral. Por ello, para iniciarse en cualquier técnica metalúrgica era necesario estudiar Mineralogía, es decir, poseer un conocimiento mineralógico suficiente de las tierras, las rocas y las minas. A continuación era conveniente introducirse en la Docimasia, o conjunto de operaciones para analizar y conocer la composición de los minerales. Una vez adquiridos los conocimientos mineralógicos y docimásticos básicos, había que ir a los talleres de las minas para aprender las labores metalúrgicas. Terminaba la carta sugiriendo que si fallaban Bergman o Fildstrom, el adjunto de Química, como posibles maestros, podía Ruiz dirigirse a Falun a estudiar Docimasia y Metalurgia con Johann Gottlieb Gahn.

(*) Departamento de Historia de la Ciencia. Centro de Estudios Históricos. CSIC.

(1) Carlos PRIETO: *La minería en el Nuevo Mundo*. Madrid, pp. 116-117 (Madrid, 1968).

(2) Juan HELGUERA: «Las misiones de espionaje industrial en la época del Marqués de la Ensenada», en *Estudios sobre historia de la ciencia y la técnica*, II, 671-695 (Valencia, 1988).

(3) René TATON: *Enseignement et diffusion des Sciences en France*, pp. 380-381 (París, 1986).

(4) INES RESTREPO: «El impulso a la minería durante la administración de Caballero y Góngora», en *Universitas Humanística*, pp. 121-134 (Bogotá, 1972).

(5) *Archivo Epistolar del sabio naturalista don José Celestino Mutis*, I, p. 223 (Bogotá, 1983).

(6) J. E. SMITH: *A Selection of the Correspondence of Linnaeus and other naturalists*, II, p. 526 (London, 1821).

(7) José Antonio AMAYA: *Las colecciones de Historia Natural de don José Celestino Mutis para Suecia*. Documento 1.2.3. (Madrid, 1989). (Mecanografiado.) Agradezco al autor que me proporcionara el texto de esta carta.

A la vuelta de Ruiz en 1777, Mutis retorna a sus actividades mineras, esta vez en la mina de El Sapo, cerca de Ibagué. Sin embargo, a los pocos meses Ruiz decidió abandonar las labores mineras. Esto haría comentar a Mutis con posterioridad la conveniencia de que fuera el Estado quien corriera a cargo de la financiación de los pensionados.

Durante cuatro años Mutis se dedicó a las labores de explotación minera en El Sapo. Aprovechando en 1782 la visita del arzobispo- virrey Antonio Caballero y Góngora, le prepara una memoria, *Estado de la minería en el Nuevo Reino de Granada en 1782*, en la que propone el fomento de la minería. Mutis consideraba en este informe que el atraso en que se encontraba el virreinato era debido al abandono de sus minas y recursos naturales, a pesar de los esfuerzos de anteriores virreyes, como José Alfonso Pizarro y Mesía de la Zerda. Atribuía el bajo rendimiento de las minas americanas a la imperfección del método de beneficio por azogue, es decir, por amalgamación, utilizado en lugar del de fundición, sin ningún tipo de base teórica en su aplicación. Mutis comentaba que el despilfarro que ocasionaba la utilización del método de beneficio por amalgamación usado en hispanoamérica era debido a la imperfección del mismo, y que tras introducirse por curiosidad, «después se hizo necesidad y costumbre hasta quedar ignorado el arte de fundición». Sus soluciones pasaban por la explotación de las minas de plata, plomo y cobre, preferiblemente mediante la utilización del beneficio de minerales por el método de fundición, tal y como se hacía en las minas de Suecia y Alemania. Como creía que en España no existía nadie con la suficiente preparación y conocimiento de la fundición, sugería que se solicitasen de estos países, Alemania o Suecia, dos fundidores. Para combinar teoría y práctica uno de ellos podía tener conocimientos teóricos en Química metalúrgica, docimasía y mineralogía, y el otro ser un «práctico de las fundiciones en grande». Mutis no veía ningún inconveniente en el hecho de que estos técnicos profesaran otra religión diferente a la católica. Podía ocurrir, decía, como el caso del botánico sueco Pehr Löfling (1729-1756), muerto en Venezuela durante la expedición al Orinoco, que se había convertido al catolicismo antes de morir. Aparte, al ser gente de «instrucción puramente artesana», no había peligro que consiguieran prosélitos.

Mutis pensaba, influenciado por su fracasada experiencia

con Clemente Ruiz, que enviar pensionados a Suecia y Alemania para que se instruyeran en las técnicas minero-metalúrgicas, era una pérdida de tiempo y de dinero, además de arriesgado, ya que no se sabía si se iba a poder sacar provecho de tales viajes.

Según Mutis, en los últimos años se habían hecho esfuerzos por introducir el método de fundición en el Perú, cuyos mineros habían solicitado en 1773 el envío desde Suecia de técnicos especialistas en este sistema. En Nueva España seguía, ya se estaba aplicando, beneficiándose «mucho plata por fundición, siendo mayor cantidad la que se extrae por azogue».

Estos datos eran para Mutis un argumento para tranquilizar a los que pensaban que utilizar el método de fundición podía causar un perjuicio a la Real Hacienda, debido a la disminución del consumo del azogue. En primer lugar, afirmaba Mutis, el azogue siempre se iba a utilizar con los metales ricos, debido a que era más rentable. En segundo, porque el ejemplo de Nueva España probaba que el uso del método de fundición no significaba el abandono del de amalgamación. Mutis terminaba la memoria solicitando al arzobispo- virrey que la Sociedad Bascongada de Amigos del País le remitiera el «Laboratorio portátil de Cronstedt», con todas las sustancias necesarias para realizar ensayos docimásticos.

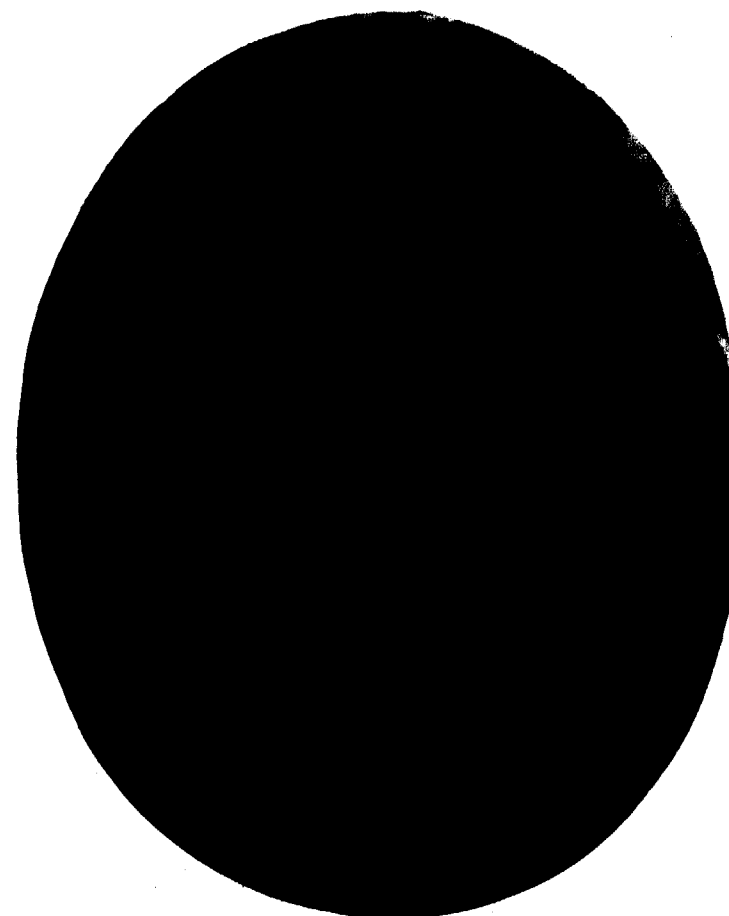
Caballero y Góngora solicitó a Gálvez el envío a Nueva Granada de especialistas en el beneficio de minerales. La designación, como ya se ha dicho, recayó en Juan José de Elhuyar, y en su cuñado, Angel Díaz. Ambos partieron para América con el objeto de establecer el método de beneficio por fundición y de enseñar las operaciones del mismo, así como la construcción de hornos y de máquinas para llevarlo a efecto.

Juan José de Elhuyar llegó a Nueva Granada con la experiencia adquirida en las explotaciones y academias mineras de Hungría, Sajonia y Suecia, y con una importante biblioteca en la que se encontraban las obras químicas de Torbern Bergman (1735-1784), con quien había estudiado en Suecia, el *Traité de la fonte des mines*, del ingeniero de Montpellier Antoine François de Gensanne (?-1780), los *Voyages métallurgiques*, de Jars, así como diversos tratados sobre laboreos de minas, fundiciones, metalurgia, geometría subterránea, química metalúrgica, mineralogía, ordenanzas de minas, etc., todos ellos en idioma alemán.

III. LOS ENSAYOS DE LOS METODOS DE AMALGAMACION Y FUNDICION DE MUTIS Y ELHUYAR

Al llegar a Nueva Granada, Elhuyar y Díaz se pusieron en contacto con Mutis. A comienzos de 1785 los tres, junto con el teniente coronel Domingo Esquiaqui, comandante de Cartagena, fueron nombrados por el virrey para deter-

minar qué método de beneficio era el más adecuado, si el de amalgamación o el de fundición. La Junta formada por los cuatro firmó un informe en el que proponía el método de fundición. El informe fue el siguiente:



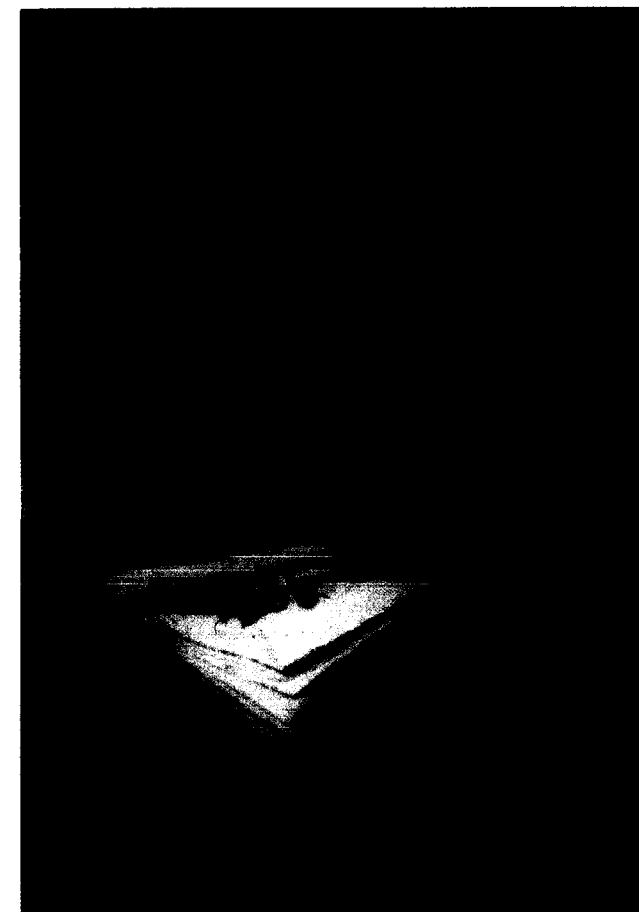
JUAN JOSE DE ELHUYAR Y DE SUBICE
Miniatura de la época.—Autor desconocido
Cortesía de su descendiente Dr. Caycedo. 1971.

JOSE CELESTINO MUTIS

Naturalista

Cortesía Museo Municipal de Cádiz

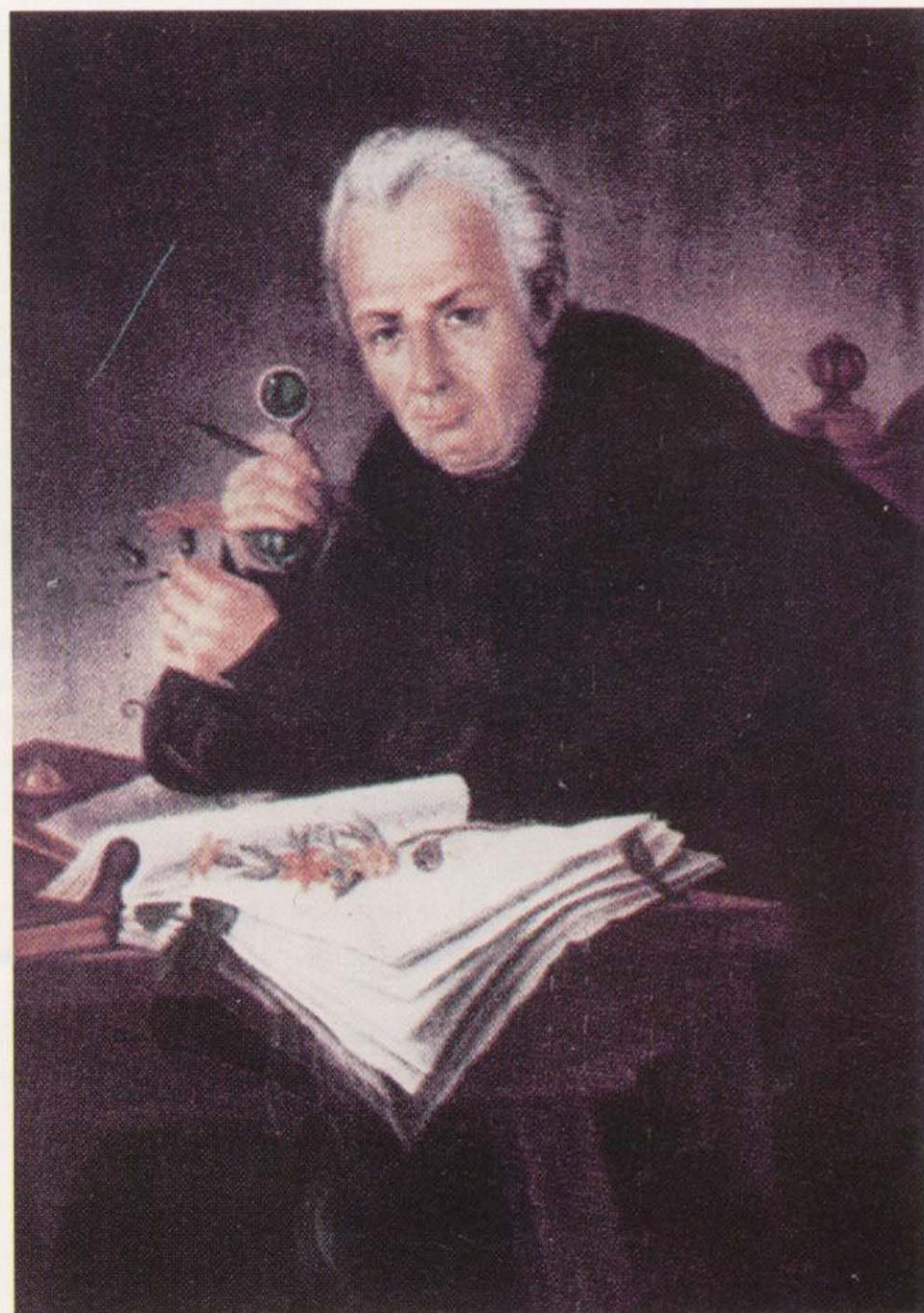
Autor: Manuel Hernández Cruzado. 1828.





JUAN JOSE DE ELHUYAR Y DE SUBICE
Miniatura de la época.—Autor desconocido
Cortesía de su descendiente Dr. Caycedo. 1971.

JOSE CELESTINO MUTIS
Naturalista
Cortesía Museo Municipal de Cádiz
Autor: Manuel Hernández Cruzado. 1828.



Relación de las operaciones y experimentos que se han echo en Mariquilla de Ordn. de S. Magd. para indagar qual es el mejor metodo de beneficiar los Minerales de Plata, si el de Fundicion ó el de Almagamación (8).

Los ensayos comenzaron el 13 de abril de 1785. Al estar tapadas las minas de los reales de Laxas y Santa Ana y no poder extraerse mineral de ellas, se utilizó el que poseían dos beneficiadores del real de Santa Ana, Alejandro Ardila y Cornelio García, quienes habían extraído el mineral de los terrenos de la mina de Manta.

Antes de moler el mineral se examinó y comprobó que estaba formado parte por «metales» o materias mineralizadas, en trozos de diferentes tamaños, y otra parte por una especie de arena gruesa que se extraía por el lavado y que denominaban «tierras».

Entre los metales se encontraron diversas especies de minerales que contenían distinta proporción de riqueza en plata. Por orden decreciente de riqueza eran: «tacana o mena de plata vidriosa», en pequeña cantidad, que era un metal rico en plata, compacto y de color negro por lo general; «rosicler», o mena de plata roja, más abundante que la anterior; «aceradillo», o mena de plata blanca; «margaja», o pirita de hierro; «soroche», o mena de plomo, lo que se denominaba galena en Europa; blenda, amarilla, roja o negra y, por fin, cuarzo, que servía de matriz a estos minerales.

En las «tierras» se encontraron los mismos minerales citados, pero con la diferencia primero que eran más abundantes los que tenían mayor riqueza en plata, y segundo, que se hallaba muy poco cuarzo.

El día señalado para dar comienzo las operaciones se presentaron Ardila y García con sus respectivos minerales ya molidos. Los metales de Ardila pesaron 6 arrobas y 10 libras, y las «tierras» 2 arrobas, 24 libras y 8 onzas.

Una vez que se revolvieron bien estos minerales, por separado, se apartaron de los metales, por un lado, 12,5 libras que Mutis guardó para realizar el beneficio a su modo, y por otro, 3,5 libras que se guardaron parte en una caja y parte se dispuso para llevar a cabo los ensayos de fundición. De las «tierras» se separaron 6 libras y 4 onzas para Mutis y 3,5 libras destinadas al mismo fin que la misma cantidad antes mencionada. De este modo, a Ardila sólo le quedaron 145 libras de metales y 64 libras y 12 onzas de «tierras» para realizar su beneficio.

Los metales de C. García pesaron 40 libras y 10 onzas. De éstas, se apartaron 3,5 libras para guardar y hacer el ensayo por fundición. Las «tierras» pesaron 22 libras, 12 onzas y 12 adarmes. Se apartaron igualmente 3,5 li-

(8) *Relación de las operaciones y experimentos que se han hecho en Mariquita, de orden de Su Majestad, para indagar cuál es el mejor método de beneficiar los minerales de Plata, si el de Fundición, o el de Almagamación*, Archivo Real Jardín Botánico, Madrid, División III.

bras con el mismo objeto. A García le quedó, por tanto, para su beneficio 37 libras y 2 onzas de metales y 19 libras, 4 onzas y 12 adarmes de «tierras».

Las cantidades que se apartaron para guardar se pusieron en cuatro cajitas numeradas del 1 al 4, que se sellaron y fueron firmadas por los miembros de la Junta, quedando en poder de Mutis.

Los experimentos, que se empezaron a realizar casi al mismo tiempo, se ejecutaron de la siguiente manera:

III-I-A) Beneficio de Alejandro Ardila

— *Día 13 de abril:* En este día dispusieron los beneficiadores en un horno «como de galera cuyo ogar y cenicero era el suelo» cuatro ollas de barro sin barnizar, puestas en hilera, para quemar el mineral. Ardila repartió proporcionalmente en las cuatro ollas las 75 libras de sus metales. Durante cinco horas aplicó fuego, muy lento, al principio, revolviendo de cuando en cuando el mineral. Al cabo del tiempo citado lo dejó reposar hasta el día siguiente por la mañana.

— *Día 14 de abril:* Por la mañana sacó Ardila el mineral quemado de tres ollas. El de la cuarta olla no se había quemado bien al no hallarse bien expuesto al fuego. Para comprobar si un mineral se encontraba bien quemado los beneficiadores tomaban una pequeña cantidad del mismo y la lavaban con agua. Si presentaba rastros de «margaja» era señal de que no se había quemado en condiciones.

Ardila dispuso en las tres ollas que quedaban vacías la quema del resto de su metal, 70 libras, a las que aplicó fuego, como el día anterior, recociéndose el proceso durante toda la noche.

— *Día 15 de abril:* Ardila sacó el metal de las ollas y pesándolo junto con el que había quemado el día 13 dio un total de 132 libras. Es decir, el metal había disminuido 12 libras en la operación de la quema. A continuación puso al fuego, durante nueve horas, sus 64 libras y 12 onzas de tierras, dejándolas recocer por la noche en las ollas.

— *Día 16 de abril:* Las tierras quemadas pesaron 55 libras y 14 adarmes, esto es, sufrieron una pérdida de 9 libras, 11 onzas y 2 adarmes. Ardila juntó y revolvió luego los metales y tierras quemados para beneficiar conjuntamente la mezcla, añadiendo asimismo 30 libras de sal común molida.

— *Día 17 de abril:* Por la tarde incorporó u «ormiguilleó» a las 187 libras de mineral y 30 de sal el agua suficiente para que después de amasado formase el mineral una «bola» frágil, que se pudiera deshacer a la menor compresión. Le dio doce repasos (dar un repaso era mover el mineral de una parte a otra pisando o utilizando la mano).

— *Día 18 de abril:* Por la mañana Ardila incorporó o «llagó»

a la masa 3 libras de azogue, poniéndolas previamente en un paño y comprimiendo éste de manera que cayese el mercurio «en forma de lluvia sobre el mineral o masa». Para incorporarlo le dio doce repasos. Tres horas después le dio otros ocho repasos. Por la tarde, como la masa estaba seca, señal de que la plata había reaccionado con el azogue, le llagó tres libras de azogue con doce repasos.

— *Día 19 de abril:* Se incorporó a la masa 3 libras de azogue con doce repasos. Por la tarde Ardila repitió la operación, aunque al notar que la masa había empezado a calentarse disminuyó a diez el número de repasos.

— *Día 20 de abril:* El cuerpo estaba más caliente que el día anterior. Se le llagaron 3 libras de azogue con sólo seis repasos. Para mitigar el calor se le incorporó a la masa una libra de «cal cernida», dándole cuatro repasos. Por la tarde la masa estaba tan caliente como por la mañana, por lo que se le llagó con 2 libras de azogue con cinco repasos y se le incorporó una libra de cal con tres repasos.

— *Día 21 de abril:* La masa continuaba caliente. Le llagó 2 libras de azogue, con tres repasos, y se le añadió una libra de cal, con otros tres repasos. Por la tarde Ardila repitió la operación.

— *Día 22 de abril:* La masa estaba menos caliente. Le llagó 2 libras de azogue con nueve repasos. Al observarse que no se recogía bien el azogue, Ardila le dio al mediodía doce repasos y por la tarde le llegó otras 2 libras de azogue con otros tantos repasos.

— *Día 23 de abril:* Aunque la masa no había reaccionado con todo el azogue le llagó 2 libras de azogue con doce repasos. Por la tarde sólo le dio diez repasos.

— *Día 24 de abril:* Al mediodía le llagó 2 libras de azogue con doce repasos. Por la tarde observó Ardila que la masa tenía abundancia de azogue y que no cogía más plata, por lo que se le dieron diez repasos.

— *Día 25 de abril:* Prácticamente la masa estaba como el día anterior. A pesar de esto, se le añadieron 2 libras de azogue y se le dio doce repasos. Antes de lavar la masa por la tarde Ardila le llagó 4 libras de azogue con veinte repasos. Este azogue se añadía para hacer más líquida la pella y facilitar así la incorporación de las moléculas diseminadas en la masa. A este azogue llamaban los facultativos «baño de tina». A principios de la tarde dio comienzo el lavado, añadiendo primero una libra de azogue a una parte de la masa y dos horas más tarde igual cantidad a otra parte.

— *Día 26 de abril:* Por la mañana le llagó 1 libra de azogue a la parte de la masa que quedaba por lavar por no estar la pella bastante suelta. El lavado se realizó en unos recipientes llenos de agua en donde se revolvió la masa «hasta que se desvaneció la Lis [azogue amalgamado con la sustancia metálica] en las Lamas [harina metálica],

las que se vaciaron en unas vasijas para que se depositaran», y para que tras secarse se conociese su peso y ley, guardándose también los relaves para el mismo fin.

— *Día 27 de abril:* Ardila exprimió la pella resultante del beneficio a través de un lienzo fino doble, entregando los productos siguientes:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella exprimida	25	14	
Azogue limpio	9	8	14
PESO TOTAL	35	6	14
Azogue recibido	38		
Pérdida del lavado	2	9	2

— *Día 28 de abril:* Ardila puso en un horno de azogue «que consistía de clarín, platillo y caperuza de barro» su pella exprimida, aplicándola fuego con carbón hasta que soltó todo el azogue.

— *Día 29 de abril:* Se pesaron los productos del día anterior, que fueron:

	Libras	Onzas	Adarmes
Piña desazogada	4	1	2
Azogue del desazogado	18	9	1
PESO TOTAL	22	10	3
Pella exprimida	25	14	
Pérdida del desazogado	3	3	13

El resultado del ensayo de Ardila fue que de las 209 libras y 12 onzas de metales y tierras sacó 4 libras, 1 onza y 2 adarmes que corresponden a razón de 3 marcos, 7 onzas y 2 adarmes de plata por quintal.

Por el cálculo se deduce que la pérdida de azogue fue de 2 libras, 9 onzas y 2 adarmes, lo que unido al consumo correspondiente al peso de plata, 4 libras, 1 onza y 2 adarmes, da que el total consumido para sacar dicha plata fue de 6 libras, 10 onzas y 4 adarmes de azogue, lo que correspondía a 13 onzas y 1 adarme por marco de plata.

Hubo una pérdida de 3 libras, 3 onzas y 13 adarmes en el azogue del «desazogado», es decir, una diferencia entre el producto de la piña y el azogue extraído y la pella que se puso a «desazogar» al fuego. Esto fue debido a que la vasija donde se realizó la eliminación al fuego del azogue

azogue con veinticuatro repasos. A mediodía le llagó otra libra y le dio el mismo número de repasos y por la tarde otra libra de azogue y los mismos repasos.

— *Día 23 de abril:* La masa se había vuelto a calentar y no había tomado todo el azogue, por lo que García le incorporó media libra de cal con dieciséis repasos, dándole por la tarde veinte repasos.

— *Día 24 de abril:* El calor se había mitigado un poco y la masa se encontraba casi seca, llagándola por la tarde 1 libra de azogue con diez repasos.

— *Día 25 de abril:* La masa volvió a calentarse más. Se le incorporó 1 libra de cal con doce repasos. Por la tarde se halló la masa más seca y se la llagó 1 libra de azogue con veinte repasos.

— *Día 26 de abril:* La masa no cogía más azogue. A las 11 horas García le llagó 1 libra de azogue con veinte repasos.

— *Día 27 de abril:* García lavó la masa con las mismas precauciones que su compañero Ardila y por la tarde entregó los productos siguientes:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella exprimida	7	14	
Azogue limpio	2	14	14
PESO TOTAL	10	12	14
Azogue recibido	12		
Pérdida de lavado	1	3	2

— *Día 28 de abril:* García «desazogó» su pella en un horno semejante al empleado por Ardila.

— *Día 29 de abril:* Se pesaron los productos del día anterior, que fueron:

	Libras	Onzas	Adarmes
Piña desazogada	1	3	9
Azogue del desazogado	6	3	1
PESO TOTAL	7	6	10
Pella exprimida	7	14	
Pérdida del desazogado		7	6

Este ensayo dio como resultado que del peso total conjunto de metales y tierras, esto es, 56 libras, 6 onzas y 12 adarmes, extrajo García 1 libra, 3 onzas y 9 adarmes

era de barro sin barnizar, lo que dio lugar a que pudiera volatilizarse el azogue por sus poros o por entre alguna rendija imperceptible a simple vista. Experiencias anteriores mostraban que cuando se realizaba la misma operación en recipientes de hierro siempre se extraía todo el azogue de la pella exprimida. Por tanto, no se debía tomar como pérdida el azogue consumido en el ensayo antes descrito.

Pesados después de bien secos el «relave» y las lamas de Ardila el primero dio como resultado 82 libras y 8 onzas y las segundas 88 libras y 9 onzas.

III-I-B) Beneficio de Cornelio García

— *Día 16 de abril:* Tras desocupar Ardila las ollas de calentar, García comenzó a quemar sus minerales, distribuyendo de una vez las 37 libras y 2 onzas de metales y las 19 libras, 4 onzas y 12 adarmes de tierras que había traído para beneficiar. Aplicó fuego, con las mismas precauciones que había hecho Ardila, por espacio de nueve horas, aunque continuando algo más de tiempo con las tierras. Tanto metales y tierras eran de la misma naturaleza que los beneficiados por Ardila.

— *Día 18 de abril:* Los metales quemados pesaron 34 libras, 1 onza y 2 adarmes, por lo que se perdió por esta operación 3 libras y 14 adarmes. Por su parte, las tierras quemadas pesaron 16 libras, 2 onzas y 8 adarmes, por lo que perdieron 3 libras, 2 onzas y 4 adarmes. Por la mañana revolvió en un montón metales y tierras, cuyo peso total era de 50 libras, 3 onzas y 10 adarmes, e incorporó u ormiguilleó a la masa 8 libras de sal molida, con la cantidad de agua suficiente, dando ocho repasos a mano. Por la tarde le llagó 1 libra de azogue y le dio cuarenta repasos.

— *Día 19 de abril:* A las ocho de la mañana García encontró que la masa estaba caliente. Como no había cogido todo el azogue le dio catorce repasos. A continuación le incorporó 12 onzas de cal viva y le dio seis repasos. A mediodía le llagó 1 libra de azogue a la masa, con treinta y cuatro repasos. Por la tarde incorporó 5 onzas de cal y dio ocho repasos.

— *Día 20 de abril:* De mañana llagó a la masa, que aún estaba caliente, 1 libra de azogue con veinticuatro repasos. Por la tarde, le llagó otra libra de azogue con catorce repasos y después le incorporó una libra de cal con seis repasos.

— *Día 21 de abril:* Por la mañana le llagó 1 libra de azogue con veinticuatro repasos y por la tarde otra con dieciocho repasos. Como la masa estaba caliente le incorporó una libra de cal con ocho repasos.

— *Día 22 de abril:* La masa estaba menos caliente y en mejor estado al amanecer, por lo que le llagó 1 libra de

de plata, lo que equivalía a 4 marcos, 2 onzas y 7 adarmes de plata por quintal. Realizando el cálculo se sacó que la pérdida de azogue fue de 1 libra, 3 onzas y 2 adarmes. Esto, unido al consumo fijo del peso de la plata, que era de 1 libra, 3 onzas y 9 adarmes, llevó a la conclusión que el consumo total de azogue para sacar dicha plata fue de 2 libras, 6 onzas y 11 adarmes, cantidad que correspondía a 15 onzas y 13 adarmes de azogue por marco de plata.

Aquí había que recordar la advertencia hecha en el ensayo de Ardila por la falta de 7 onzas y 6 adarmes de azogue en la operación del «desazogado», debiendo atribuirse dicha pérdida a la imperfección de los utensilios y no a la operación.

Tras secar bien, el relave de García pesó 26 libras, mientras que sus lamas dieron como resultado 24 libras y 10 onzas.

III-I-C) Beneficio de José Celestino Mutis

Mutis dispuso realizar por separado los ensayos de las 12,5 libras de tierras y de las 6 libras, 4 onzas que había apartado de los minerales de Ardila. El 14 de abril quemó las 12,5 libras, en una olla que había dejado desocupada Ardila ese mismo día, por espacio de 10 horas en el horno de calcinación, dejando recocer la masa durante toda la noche.

— *Día 16 de abril:* Los metales calcinados pesaron 11 libras y 5 onzas, por tanto, la cantidad había disminuido en la operación 1 libra y 3 onzas.

— *Día 17 de abril:* Por la tarde Mutis mandó incorporar las 11 libras y 5 onzas de metales con 2 libras de sal. Le echó el agua suficiente y le dio doce repasos con la mano sobre un cuero.

— *Día 18 de abril:* A las 10 horas mandó llagar a la masa 1 onza de azogue con doce repasos. Hallándola con demasiada agua o «barrosa» la mandó poner al sol hasta las 13 horas. Tres horas después le llagó otra onza de azogue y le dio doce repasos.

— *Día 19 de abril:* Poco antes de mediodía llagó Mutis a la masa 1 onza de azogue con seis repasos y por la tarde otra onza con seis repasos.

— *Día 20 de abril:* A las ocho de la mañana llagó a la masa una onza de azogue con seis repasos. Como la encontró muy acuosa la puso al sol hasta el mediodía para secarla. A las 12 horas le llagó otra onza de azogue con seis repasos. Por la tarde le llagó otra onza de azogue con igual número de repasos.

— *Día 21 de abril:* A las 8 horas 30 minutos de la mañana Mutis llagó a la masa una onza de azogue con seis repasos, y por la tarde 2 onzas de azogue con seis repasos.

— *Día 22 de abril:* De mañana Mutis llagó a la masa 2 onzas de azogue con doce repasos y, tras ponerla al sol por espacio de seis horas, la llagó por la tarde otras dos onzas de azogue con seis repasos.

— *Día 23 de abril:* A las siete de la mañana llagó a la masa 2 onzas de azogue con doce repasos, y cuatro horas después le incorporó tres onzas de sal, llagando de nuevo 2 onzas de azogue con ocho repasos.

— *Día 24 de abril:* Mutis lavó tres veces la masa con agua.

— *Día 25 de abril:* Por la mañana Mutis puso la masa a secar al sol hasta las cinco de la tarde. A esa hora la ormiguilleó con 2 libras de sal, dándole doce repasos. Una hora después le llagó 2 onzas de azogue con diez repasos.

— *Día 26 de abril:* Encontrando que la masa estaba húmeda la puso al sol hasta las 17 horas. Tras darla ocho repasos le llagó dos onzas de azogue y le dio otros ocho repasos.

— *Día 27 de abril:* Mutis dio a la masa ocho repasos, ya que no había absorbido enteramente el azogue. Le llagó a continuación 2 onzas con diez repasos, poniéndola al sol para secarla. Al retirarla por la tarde le dio doce repasos.

— *Día 28 de abril:* Por la mañana Mutis llagó a la masa 2 onzas de azogue con doce repasos. Por la tarde, otras dos onzas de azogue con doce repasos, aunque no había necesidad de ellas, ya que la masa no tomaba más azogue, por lo que sólo se le echó «por baño de tina». Inmediatamente se le incorporó media onza de cal con seis repasos.

— *Día 29 de abril:* Por la mañana llagó a la masa «por baño de tina» 4 onzas de azogue. La lavó con las precauciones debidas entregando a las cuatro de la tarde los siguientes productos:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella exprimida	1	2	6
Azogue limpio		10	7
PESO TOTAL	1	12	13
Azogue recibido	1	14	
Pérdida de lavado		1	3

Habiendo desazogado la pella al modo prescrito en las demás operaciones, resultó lo siguiente:

	Libras	Onzas	Adarmes	Centavos
Piña desazogada		3		53/100
Azogue del desazogado .		13	15	10/100
PESO TOTAL	1		15	63/100
Pella exprimida	1	2	6	
Pérdida del desazogado .		1	6	37/100

El resultado de este ensayo fue que de las 12,5 libras de metales que empleó, Mutis extrajo 3 onzas y 53/100 de adarmes de plata, que equivalían a 3 marcos 4,25 onzas de plata por quintal. Del cálculo se sigue que la pérdida de azogue fue de 1 onza y tres adarmes. Unido esto al consumo fijo del peso de la plata, 3 onzas y 53/100 de adarmes, resultó que el consumo total de azogue para sacar dicha plata fue de 4 onzas y 3 con 53/100 adarmes. Esto correspondía a 11 onzas y 2 adarmes de azogue por marco de plata.

Aquí, al igual que en los casos de Ardila y García, también había que tener en cuenta el mercurio perdido en el desazogado por no emplearse los materiales adecuados.

III-I-D) Beneficio de las tierras por José Celestino Mutis

Mutis sometió a una calcinación de doce horas las 6 libras de tierras que había separado de las de Ardila. El producto pesó después de esta operación 5 libras, 5 onzas y 5 adarmes. A continuación puso a hervir con agua la tierra calcinada por espacio de una hora, repitiendo esta operación otras dos veces. El agua resultante se filtró por un papel y la parte que quedó en éste se incorporó a las tierras de la olla. El conjunto se colocó en un cuero y se ormiguilleó durante la tarde del día 20 de abril, con una libra de sal y doce repasos. Posteriormente se le llagó 2 onzas de azogue con ocho repasos.

— *Día 21 de abril:* De mañana se le llagó a la masa 2 onzas de azogue con doce repasos. Dos horas y media después se repitió la misma operación, y por la tarde se hizo exactamente lo mismo.

— *Día 22 de abril:* Como la masa estaba en buen estado a las ocho de la mañana se la llagó 2 onzas de azogue con doce repasos, secándose a continuación al sol por espacio de cinco horas. Al observarse que la masa no «recibía» bien el azogue debido a que se había enfriado (como decían los técnicos), Mutis «lo roció con una puñadita del agua que sirvió para las lociones de las tierras calcinadas», dándole después doce repasos.

— *Día 23 de abril:* Aunque la masa no admitía más azo-

que se la llagaron 2 onzas con doce repasos. A las 11 horas se lavó la masa y se la incorporó con este fin 4 onzas de azogue «por baño de tina».

Tras el lavado Mutis presentó los productos de este beneficio:

	Libras	Onzas	Adarmes	Centavos
Pella exprimida		7	12	
Azogue limpio		8	3	
PESO TOTAL		15	15	
Azogue recibido	1			
Pérdida del lavado				1

Las aguas que sirvieron para lavar o edulcorar las tierras después de su calcinación contenían plata en disolución. Para extraerla se le echó más agua con un poco de sal común. Se formó un precipitado blanco que era una verdadera «luna córnea», de la que se sacó la plata por medio del azogue. Dichas aguas produjeron 3 onzas y 11 adarmes de pella exprimida, lo que, unido a las 7 onzas y 12 adarmes, producto del beneficio ordinario, llevó a que el beneficio total de las tierras fue de 11 onzas y 7 adarmes de pella exprimida.

El resultado después de haber desazogado la pella fue:

	Libras	Onzas	Adarmes	Centavos
Piña desazogada		1	14	41/100
Azogue del desazogado .		8	10	87/100
PESO TOTAL		10	9	28/100
Pella exprimida		11	7	
Pérdida del desazogado .			13	72/100

Por tanto, el ensayo de Mutis realizado con las 6 libras y 4 onzas de tierra produjo 1 onza, 14 adarmes y 41 centavos de plata, lo que equivalía a 3 marcos, 6 onzas y 6,5 adarmes de plata por quintal.

Del cálculo se seguía que la pérdida de azogue había sido de 1 adarme. Unido al consumo fijo del peso de la plata, 1 onza y 14 41/100 adarmes, daba que el consumo total de azogue para sacar dicha plata había sido de 1 onza y 15 41/100 adarmes, que correspondía a 8 onzas y 4 adarmes de azogue por marco de plata.

III-II-A) Ensayos de los mismos metales y tierras por fundición

El director Juan José de Elhuyar realizó diferentes experimentos con los metales y tierras utilizados en los ensayos anteriores.

Pesó un quintal facticio (en realidad era una ochava o dos adarmes) del metal molido que quería beneficiar en una balanza de precisión. A continuación lo mezcló con ocho quintales facticios, una onza de plomo graneado, y tras revolverlo todo bien lo vertió en una pequeña cazuela, un «escorificatorio de barro», cuya mezcla cubrió con otra onza de plomo. En este estado, estando ya caliente el horno de copela, puso debajo las cazuelas, aplicando fuego a conveniencia, hasta que consiguió una perfecta escorificación.

Esta operación duró una hora. Sacó luego las cazuelas del horno y las vació en una plancha de hierro. Después se separaron las escorias que rodeaban al botón de plomo que se había formado. Se puso entonces las copelas hechas de huesos calcinados y cuando se hubo calentado se introdujo dentro de las copelas los botones de plomo, que copeló hasta dar el «relámpago» o «galleo». Esta operación duró media hora. Sacadas entonces las copelas del horno y una vez frías pesó los granos de plata en la balanza de ensayos, descontando del peso de cada uno la

plata que contenían las 2 onzas de plomo que sirvieron para cada ensayo.

Tras ensayar por este método varias veces los metales y tierras que sirvieron para los experimentos de amalgamación, produjeron las siguientes cantidades por quintal:

	Marcos	Onzas	Adarmes
Ardila:			
Metales	3	7	8
Tierras	9	3	
García:			
Metales	4	3	10
Tierras	9	7	14

Al quintal de la mezcla de metales y tierras de Ardila correspondían 5 marcos, 4 onzas y 5 adarmes, y al de García 6 marcos, 2 onzas y 12 adarmes de plata.

Según estos ensayos, correspondían a las cantidades de metales y tierras que se emplearon en los experimentos los datos siguientes:

En relación a las cantidades de Ardila:

	MINERALES		PLATA			
	Libras	Onzas	Marcos	Onzas	Adarmes	Centavos
Ardila:						
Metales	145		5	5	12	15/100
Tierras	145		6	0	8	38/100
TOTAL	209	12	11	6	4	53/100
Sacó por su beneficio de amalgamación			8	1	2	
Diferencia o pérdida			3	5	2	53/100

Lo que correspondía a una pérdida o diferencia de 30 93/100 en porcentaje.

En lo que se refería a García:

	MINERALES		PLATA			
	Libras	Onzas	Marcos	Onzas	Adarmes	Centavos
García:						
Metales	37	2	1	5	3	54/100
Tierras	19	4 3/4	1	7	6	61/100
TOTAL	56	6 3/4	3	4	10	15/100
Sacó por su beneficio de amalgamación			2	3	9	
Diferencia o pérdida			1	1	1	15/100

Lo que correspondía a una pérdida o diferencia de 331 68/100 en porcentaje.

Por lo que respecta a Mutis:

	MINERALES		PLATA			
	Libras	Onzas	Marcos	Onzas	Adarmes	Centavos
Metales	12,5		0	3	15	
Sacó por su beneficio de amalgamación			0	3	0	63/100
Diferencia o pérdida			0	0	14	47/100

Esta cantidad correspondía a una pérdida o diferencia en porcentaje de 22 98/100.

	MINERALES		PLATA			
	Libras	Onzas	Marcos	Onzas	Adarmes	Centavos
Tierras	6 1/4		0	4	11	
Sacó por su beneficio de amalgamación			0	1	14	41/100
Diferencia o pérdida			0	2	12	52/100

Que correspondía a una pérdida o diferencia porcentual de 59 45/100.

Con ánimo de averiguar de dónde provenía la diferencia favorable entre la plata que se había sacado por el método

de fundición en relación a la que se había extraído por la amalgamación, se recogieron los relaves y lamas por separado y después de secos se pesaron. Tras beneficiarlos mediante la fundición dieron los productos siguientes:

	Peso de relave y lama		Contenido por quintal Plata			Correspondencia según las libras Plata			
	Libra	Onza	Marco	Onza	Adarmes	Marco	Onza	Adarmes	Cents.
Ardila:									
Relaves	82	8	2	3	8	2	0	1	40/100
Lamas	88	9	1	5	8	1	3	15	30/100
Suma de la plata contenida en relaves y lamas						3	4	0	70/100
La plata sacada por el beneficio de metales y tierras						8	1	2	
Suma de estas dos cantidades						11	5	2	70/100
Plata que debían dar los metales y tierras según el ensayo						11	6	4	53/100
Consumo o pérdida de plata en el beneficio						0	1	1	83/100

	Peso de relave y lama		Contenido por quintal Plata			Correspondencia según las libras Plata			
	Libra	Onza	Marco	Onza	Adarmes	Marco	Onza	Adarmes	Cents.
García:									
Relaves	26		2	3	12		5	2	15/100
Lamas	24	10	1	3	4		2	12	33/100
Suma de la plata contenida en los relaves y lamas							7	14	49/100
La plata sacada por el beneficio de metales y tierras						2	3	9	
Suma de estas dos cantidades						3	3	7	49/100
Plata que debían dar los metales y tierras según el ensayo						3	4	10	15/100
Consumo o pérdida de plata en el beneficio						0	1	2	66/100

Del 30 93/100 del porcentaje de pérdida del beneficio por azogue de Ardila, 17 63/100 se hallaron con los relaves y 13 87/100 en las lamas, incluyendo en éstas la parte correspondiente a la onza, 1 adarme y 83 centavos de plata que se habían consumido en el beneficio.

De las 31 68/100 del porcentaje de pérdida del beneficio por azogue de García, 17 93/100 se hallaron en los relaves y 13 75/100 en las lamas, incluyendo en éstas la parte correspondiente a la onza, 2 adarmes y 66 centavos de plata que se habían consumido en el beneficio.

La costumbre a la que habían llegado por la experiencia los beneficiadores de los Reales de Santa Ana era la de volver a beneficiar los relaves producidos en el primer beneficio. Así que se dispuso que se beneficiaran dichos relaves ejecutándose las mismas operaciones que en el primer beneficio. Sólo se exponen los datos para mostrar que utilizando el método de amalgamación nunca se apuraba enteramente la plata de los minerales, por mucho que se repitieran las operaciones, y que siempre quedaban los relaves y lamas cargados con más o menos plata, en proporción a la que tenía el mineral que los produjo.

Había que advertir que para realizar el nuevo beneficio eran necesarios los mismos costos que para extraer la plata del mineral, siendo preciso moler y calcinar dichos relaves.

III-II-B) Beneficio de relaves de Ardila

Tras beneficiar Ardila las 82 libras y 8 onzas de relaves entregó después de lavada la masa los siguientes productos:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella exprimida	4	7	
Azogue limpio	2	10	8
PESO TOTAL	7	1	8
Azogue recibido	8		
Pérdida del lavado	0	14	8

Después de haber desazogado por el método ordinario la pella del beneficio Ardila entregó los productos siguientes:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella desazogada	0	11	5
Azogue del desazogado	3	3	
PESO TOTAL	3	14	5
Peso de la pella	4	7	
Pérdida del desazogado	0	8	11

Los resultados de este experimento fueron que de las 82 libras y 8 onzas de los relaves que se beneficiaron, Ardila sacó 1 marco, 3 onzas y 5 adarmes de plata, que correspondían a razón de 1 marco, 5 onzas y 11 39/100 adarmes de plata por quintal.

El cálculo que se desprendía de los datos anteriores era que la pérdida de azogue había sido de 14 onzas y 8 adarmes. Unido esto al consumo del peso de la plata, 11 onzas y 8 adarmes, el consumo total de azogue para sacar

dicha plata había sido de 1 libra, 9 onzas y 13 adarmes, es decir, 1 libra, 2 onzas y 5 adarmes de azogue por marco de plata.

Aquí también había que recordar la pérdida de desazogado por el uso de material no adecuado.

Comparando la cantidad de plata extraída por este método con la producida por el de fundición de los mismos relaves:

	Marcos	Onzas	Adarmes	Centavos
Por el método de fundición	2	0	1	40/100
Por el beneficio de amalgamación	1	3	5	
Diferencia o pérdida	0	4	12	40/100

Lo que corresponde a una pérdida porcentual del 29 58/100.

Esta diferencia se hallaba en los relaves y lamas, producto de este beneficio, que se mandaron guardar por separado y que después de secos se pesaron y se beneficiaron mediante fundición, cuya ley o riqueza era la siguiente:

Del 29 68/100 de porcentaje de pérdida en el beneficio de los relaves por amalgamación, 13 86/100 provenían de los relaves y 15 82/100 de las lamas, incluyendo aquí la parte correspondiente a 3 22/100 adarmes consumidos durante el beneficio, a la que se había llegado según el cálculo hecho anteriormente.

	Peso de relave y lama		Contenido por quintal Plata			Correspondencia según las libras Plata			
	Libra	Onza	Marco	Onza	Adarmes	Marco	Onza	Adarmes	Cents.
Relaves	31	13,5	0	7		0	2	3	67/100
Lamas	42	10	0	5	8	0	2	5	15/100
Suma de la plata contenida en relaves y lamas						0	4	9	18/100
Plata sacada por el beneficio de azogue de los relaves			1	3	5				
Suma de las dos últimas partidas			1	7	14				18/100
Plata que debían dar los reales según el ensayo			2	0	1				40/100
Consumo o pérdida de plata en el beneficio			0	0	3				22/100

III-II-C) Beneficio de relaves de García

El beneficio de las 26 libras de relaves de García tras ser lavado el cuerpo dio los productos siguientes:

	Libras	Onzas	Adarmes
Pella exprimida	1	3	13
Azogue limpio	0	3	13
PESO TOTAL	1	7	10
Azogue recibido	2	0	8
Pérdida del lavado	0	8	14

Después de haber desazogado por el método ordinario la pella sacada mediante este beneficio, García entregó los siguientes productos:

	Libras	Onzas	Adarmes
Piña desazogada	0	3	6
Azogue del desazogado	0	11	4
PESO TOTAL	0	14	10
Peso de la pella	1	3	13
Pérdida del lavado	0	5	3

Los resultados de este ensayo fue que de las 26 libras de relaves que benefició, García extrajo 3 onzas y 6 adarmes de plata, lo que correspondía a razón de 4 onzas y 15 69/100 adarmes de plata por quintal.

Del cálculo se sigue que la pérdida de azogue había sido de 8 onzas y 14 adarmes. Unida esta cantidad al consumo del peso de la plata, 3 onzas y 6 adarmes, da que el consumo total de azogue para sacar dicha plata fue de 12 onzas y 4 adarmes, que correspondía a 1 libra, 11 onzas y 3 adarmes de azogue por marco de plata, con la advertencia de la pérdida comentada varias veces anteriormente.

Comparado el producto de plata sacada por este beneficio con la obtenida por la fundición de los mismos relaves, dio estos números:

	Libras	Onzas	Adarmes	Centavos
Por el método de fundición	0	5	2	16/100
Por el beneficio de amalgamación	0	3	6	
Diferencia o pérdida ...	0	1	12	16/100

Correspondía esto a una diferencia o pérdida porcentual de 34 27/100. Esta diferencia se encontraba en los relaves y lamas productos de dicho beneficio, que se mandaron guardar por separado y que después de secos se pesaron y beneficiaron mediante fundición y cuya ley o riqueza era la siguiente:

De la pérdida porcentual de 341 27/100 en el beneficio por amalgamación de los relaves, 8 34/100 se hallaban en los relaves y 25 93/100 en las lamas, incluyendo en éstas la parte correspondiente a los 3 25/100 adarmes consumidos en el beneficio.

III-II-D) **Correspondencia**

Estos fueron los experimentos que la Junta juzgó como suficientes para determinar cuál de los dos métodos, el

	Peso de relave y lama		Contenido por quintal Plata			Correspondencia según las libras Plata			
	Libra	Onza	Marco	Onza	Adarmes	Marco	Onza	Adarmes	Cents.
Relaves	6	5,5	0	6	12	0	0	6	85/100
Lamas	14	9	0	7	12	0	1	2	6/100
Suma de la plata contenida en relaves y lamas						0	1	8	91/100
Plata sacada por el beneficio de azogue de los relaves						0	3	6	
Suma de las dos últimas partidas						0	4	14	91/100
Plata que debían dar los reales según el ensayo						0	5	2	16/100
Consumo o pérdida de plata en el beneficio						0	0	3	25/100

de fundición o el de amalgamación, era el más ventajoso para realizar el beneficio de los minerales de plata.

Los ensayos no se llevaron a efecto en grandes cantidades, como hubiera debido hacerse para cotejar los gastos reales que requerían ambos métodos, sino que fueron realizados con pequeñas muestras de mineral. Quedaba entonces la duda de si cuando se efectuara con grandes cantidades sería el método de fundición tan rentable y si se iba a poder extraer, en proporción, igual cantidad de plata. Para responder a esto los miembros de la Junta ponían el ejemplo de las fundiciones imperiales de Hungría y las del Electorado de Sajonia, conocidas por J. J. de Elhuyar. En estas Cortes se compraba a los particulares los minerales y se realizaba el beneficio de fundición a cuenta del emperador o del elector. Para determinar el valor del mineral, se disponía éste en montones y se efectuaba un ensayo-muestra en cada uno de ellos, tal y como había hecho Elhuyar. Posteriormente, se extrapolaba la cantidad de plata extraída en cada muestra al total del montón, pagándose entonces al dueño según el precio estipulado de la plata, una vez deducidos los costos de la fundición y los impuestos.

El maestro fundidor era el responsable de dar cuenta de la plata que contenía el mineral que se compraba. La práctica de muchos años de experiencia había demostrado que la fundición «al por mayor» no sufría merma, sino que, por el contrario, aumentaba en proporción la cantidad de plata que se extraía. En cambio, como la amalgamación era «no una fermentación sino una afinidad o atracción del azogue a la plata ayudado por las materias que se emplean en ese beneficio y por el contacto inmediato de las moléculas de azogue y de la plata», cuanto menos cantidad se beneficiaba tanto mejor se sacaba toda la plata. Esto se debía a dos razones, la primera era porque los repastos se hacían en mayor número con una pequeña cantidad, por lo que entonces era más uniforme la manera de repartirse las moléculas de azogue y el resto

de los «agentes» [químicos] en toda la masa del mineral, operando, en consecuencia, con mayor igualdad en toda ella. La segunda causa era que cuando era menor la cantidad más fácilmente podía observarse cualquier alteración, por lo que se podía aplicar el remedio a tiempo y así sacar toda la plata posible.

Las pruebas anteriores mostraban, según la Junta, que la plata que se extraía mediante fundición en pequeña cantidad se correspondía a la que se sacaba por fundición al por mayor, mientras que se obtenían mejores resultados empleando el beneficio por amalgamación cuando se empleaban cantidades pequeñas. De las experiencias hechas se seguía, por tanto, que el método de fundición era preferible al de amalgamación, con una diferencia de un 30 por 100 superior a los de la amalgamación, algo que en realidad no era así, aquel método era preferible al que empleaba el azogue, porque el 30 por 100 de plata que se sacaba de más podía ser utilizado por el Estado, cosa que no sucedía si la plata quedaba en los relaves y lamas.

Para probar que los costos de la fundición no eran tan caros y que con sólo la pérdida que se experimentaba con el método ordinario de amalgamación bastaba para satisfacer dichos costos y que aún sobraba plata, proponían una comparación con el beneficio de fundición utilizado en Hungría.

El quintal de mineral que benefició Ardila dio 5 marcos, 4 onzas y 15 adarmes, por lo que su beneficio en las fundiciones del imperio costaría un peso y seis reales de Nueva Granada. Por consiguiente, cada cajón de 50 quintales costaría 87,5 pesos. Pero, además, sería en Nueva Granada dos veces más caro, ya que el jornal de los peones neogranadinos era el doble que el que se pagaba en Hungría. El coste total, por tanto, sería de 261,5 pesos. Los 50 quintales darían por el método de fundición 280 marcos, 6 onzas y 14 adarmes, mientras que por el de amalgamación 196 marcos, 4 onzas y 13 adarmes. La diferencia entre un beneficio y otro era de 84 marcos, 2 onzas y 1 adarme, que a 8 pesos cada marco daban 674 pesos y 1/2 real. Quitando de aquí los 261,5 pesos que quitaría el beneficio por fundición quedaban todavía del resto 412 pesos y 4,5 reales. Si a esto se añadía los costes que tendría para beneficiar el mismo cajón por el método de amalgamación, podría comprobarse la gran diferencia que había entre las ventajas entre uno y otro beneficio.

Esta diferencia la conocían bien los mineros de Nueva España, pues la práctica les había enseñado que les tenía más cuenta fundir los minerales desde una cierta ley hacia arriba, que no beneficiarlos por amalgamación. Sin embargo, decían que para los minerales pobres era mejor utilizar la amalgamación.

En Nueva España, al utilizar directamente la fundición de la plomada para los minerales pobres, como trataba Alvaro Alonso Barba en su obra, se había demostrado que traía más ventajas la amalgamación. Pero como no era

este el único medio de extraer la plata de los minerales, y como había otras fundiciones y operaciones previas cuya utilización era muy común en Europa para los minerales pobres, «sería preciso ponerlos en planta para determinar este punto». Una de ellas era la que los alemanes llamaban «Roh-arbeit» o fundición cruda. Por medio de la misma se trataba en Sajonia, o se les extraía la plata, a todos los minerales que contenían de media onza a 3,5 onzas de plata por quintal, admitiéndose hasta los que contenían una octava parte de onza, si el mineral era de buena calidad. Los minerales que contenían de 3,5 a 5 onzas por quintal entraban en otra fundición, que llamaban «Anreicherarbeit», o fundición enriquecida. De todos los minerales de 5 onzas para arriba entraban en la fundición de la plomada, al igual que todos los minerales de plomo, contuvieran poca o mucha plata.

El objeto que se proponían en las dos primeras fundiciones era el de sacar un producto que llamaban «Roh-stein» o piedra cruda, en los que la tercera parte, y a veces menos, del peso de todo el mineral que se fundía se hallaba reconcentrada toda la plata que contenía aquél. Había que advertir que para esta operación no era necesario moler ni calcinar el mineral. Las ventajas que producían tales fundiciones eran las siguientes:

Primera.—Se reconcentraba la plata en menos volumen o peso, destruyéndose las partes terrosas y otras sustancias perjudiciales en la fundición de la plomada.

Segunda.—El producto de esta fundición, o la piedra cruda «(mate de los franceses)», después de calcinada en el fundente más activo que se conocía en la metalurgia, y era esencial para la fundición de la plomada porque daba una escoria muy líquida, necesaria para que las moléculas de plata pudieran separarse de la escoria y unirse al plomo.

Tercera.—Las escorias y productos crasos de la fundición de la plomada contenían siempre plata en proporción a la riqueza de la fundición y a lo bien o mal que había ido ésta. Tales escorias y materiales crasos se empleaban en las fundiciones crudas y además de extraer de ellas la plata que contenían servían de fundente. De modo que las fundiciones se apoyaban mutuamente unas a otras, debiéndose hacerse esta práctica en todas aquellas que pretendían ser bien administradas.

Era errónea la división que se hacía en la América española entre los minerales que debían beneficiarse por fundición y los que debían hacerse por amalgamación. La naturaleza no presentaba en dicha región productos subterráneos de distinta especie, al igual que pasaba en Europa. Los minerales, matrices y rocas de las montañas del continente americano eran iguales que los europeos. Por tanto, si se beneficiaban en Europa todos los minerales por un mismo método, ¿por qué no iba a poder hacerse lo mismo en América?

Era esencial para efectuar estas diversas fundiciones el que en cada mina se dispusiesen los minerales diferen-

ciándose en clases según su riqueza y calidad. Pues aunque normalmente se decía que de tal o cual mina se sacaban minerales de tanta ley, por ello se debía entender que era en conjunto de todas las clases que se separaban por la traza que daba dicha ley general, siendo evidente que no se conocía mina de plata, o veta, con una sola especie de mineral y que, por el contrario, en toda veta se hallaba la mayor parte de las especies de mena de plata conocidas.

Se estimaba que el establecimiento de esta nueva especie de fundición, por todas las razones mencionadas, era más útil que el método ordinario de amalgamación, para el beneficio de minerales pobres. Pero había que advertir que en la comparación de ambos métodos no sólo había

IV. EL METODO DE AMALGAMACION MEDIANTE BARRILES DE BORN

Al poco tiempo llegó la noticia de que en Viena el barón de Born había desarrollado un nuevo método de amalgamación que aceleraba el proceso del beneficio de la plata. En el verano de 1785 Mutis escribió a Elhuyar para comentarle una noticia que venía en la *Gaceta de Madrid*, llegada en el correo marítimo: «Me ha sobresaltado la que se refiere en el capítulo de Viena: N. 30 en que se publica que el señor Born había hecho un beneficio por amalgamación de 25 qs. de Mineral, por el cual en veinte horas se extrajo tanta plata como se sacaría al cabo de seis semanas por la fusión según el método ordinario» (9). Mutis se preguntaba con sorna desde cuándo eran necesarias seis semanas para fundir 25 quintales de mineral por el método ordinario. Al mismo tiempo, Mutis intenta conseguir más información sobre este nuevo método. Escribe entonces a Johan Jacob Gahn (1748-1800), cónsul sueco en Cádiz, con quien le unía una larga correspondencia epistolar, preguntándole por la opinión de los suecos sobre el método de Born y encargándole el libro de éste. Gahn, tras consultar con su hermano el químico Johan Gottlieb, le contestó que aunque el método de Born contaba con apoyo entre los químicos, había que dudar de la parcialidad del autor, ya que «su amo, el emperador, se hallaba con sus minas de azogue de Hungría muy apurado por falta de compradores, y se puede creer haya habido influjo poderoso» (10). Como prueba de esta información, Gahn señalaba que tenía noticias, por el cónsul general del Imperio en Cádiz, el conde Greppin, de que la Corona española acababa de hacer una contrata anual de 10 a 12 quintales de azogue de las minas imperiales.

En 1785 Ignaz von Born (1742-1791), consejero áulico en la Corte imperial de Viena, anunció que había desarrollado

(9) *Archivo Epistolar...*, I, p. 240.

(10) *Archivo Epistolar...*, III, p. 320

que tener en cuenta las ventajas de la fundición de la plomada, debido por todo lo que servía el producto de aquélla sobre ésta y porque se apuraba más la plata, ya que sin la fundición en crudo quedaba por lo general en las escorias y materiales crasos, productos de la fundición de la plomada.

Este fue el dictamen que los componentes de la Junta firmaron de común acuerdo, en Mariquita, el 28 de febrero de 1786.

A través de Caballero y Góngora hicieron llegar sus conclusiones a Gálvez. Este se mostró receptivo a una idea, la aplicación en las minas americanas del método de fundición, que ya había considerado anteriormente.

un nuevo método de amalgamación para el beneficio de minerales. La noticia, aparecida en la *Gaceta de Madrid* de ese año, despertó interés en la Corona española, ya que cualquier mejora en la amalgamación, procedimiento utilizado en las minas americanas desde hacía más de doscientos años, podía resultar de utilidad para mejorar el rendimiento de los minerales argentíferos.

Fausto de Elhuyar, enviado por Gálvez, llegó a Glashütte, cerca de Schemnitz, en el verano de 1786, localidad en la que se aplicaban en gran escala los ensayos del método realizado por Born en la Casa de la Moneda de Viena. Encontró que los resultados de la amalgamación eran «de una regularidad y una exactitud sorprendentes», y que respondían a las ventajas anunciadas.

El método de Born fue mejorado y perfeccionado por químicos como Ruprecht o Gellert, estableciéndose no sólo en Hungría, sino también en Joachimsthal (Bohemia) y en Sajonia. Así, Charpentier, enviado a Hungría por el Elector de Sajonia, a su regreso fue encargado de construir en Halsbrück un taller de amalgamación en frío, siguiendo las ideas de Gellert. Este estaba convencido de que el procedimiento en frío, a diferencia del de Born que se realizaba en caliente, resultaba más económico por el ahorro en madera, salarios y gastos en caldera de cobre. A partir de 1790 la amalgamación se realizó en Sajonia según los principios de Gellert.

Tras pasar por Freiberg, donde realizó sus propios ensayos con el nuevo método de amalgamación, Fausto de Elhuyar se dirigió a Viena. Allí, comisionado por Gálvez, contrató a un grupo de mineros alemanes, además de Nordenflicht, para que introdujeran entre otras técnicas el nuevo método de beneficio de minerales argentíferos. A Nueva Granada fueron enviados siete mineros sajones: el perito facultativo Emmanuel Gottlieb Dietrich, y los operarios Christian Frederic Klem, Jacob Benjamin Wiesner,

Johann Abraham Frederic Baer, Johann Bruckart, Johann Samuel Bormann y Frederic Ningritz (11).

Mientras tanto, en Nueva Granada, el proyecto de la construcción de las fundiciones propuesto por la Junta (Mutis, J. J. de Elhuyar, A. Díaz y D. Esquiaqui) quedó paralizado al recibir, a comienzos de 1787, a través del virrey, la respuesta de Gálvez al informe sobre sus ensayos en relación a los métodos de fundición y de amalgamación. El Secretario de Indias le comunicaba que al Rey le había parecido acertada y aprobaba las experiencias hechas por la Junta para examinar el método de beneficio más adecuado. Sin embargo, S. M. estimaba conveniente esperar el regreso de Fausto de Elhuyar de Alemania para establecer cuál era el método más ventajoso, si el de fundición o el de amalgamación de Born (12).

Mutis, en una carta a Caballero y Góngora de julio de 1786, aún consideraba al método de fundición como el más adecuado para beneficiar los minerales argentíferos neogranadinos, tal y como habían expuesto en el Diario de operaciones presentado por la Junta. De todas formas, Mutis reconocía que las contestaciones a las indagaciones que había realizado al conocer la noticia del método de Born, por ejemplo, al mineralogista sueco Gahn, corroboraban las expectativas levantadas. Además, la resolución del gobierno español enviando pensionados a Centroeuropa para conocer este sistema, parecía que decidía la cuestión. Pero, a pesar de todo, Mutis insistía al virrey que las experiencias realizadas en Nueva Granada determinaban que el método de fundición era el más adecuado, «por lo menos siempre que se practiquen en América las operaciones como hasta el presente se han ejecutado desde el descubrimiento del beneficio del azogue, según las reglas que prescriben los tratados impresos y manuscritos; y son las mismas que observaron los que han hecho los ensayos por medio de azogue» (13).

Sin embargo, cuatro años más tarde, en otra carta dirigida esta vez al entonces virrey José de Ezpeleta, Mutis ya se mostraba claramente partidario del método de Born. Gracias a él, decía, que era quien había traído a América a los hermanos Elhuyar y Díaz, se había podido introducir de manera inmediata el «importantísimo descubrimiento del Barón de Born, que hará época por la prosperidad de las Américas» (14).

Desde un primer momento, tanto Mutis como Juan José de Elhuyar debieron darse cuenta del interés con que Gálvez y el virrey recibieron la noticia del supuesto nuevo método de Born. Por sí se decidía aplicar en Nueva Granada la amalgamación por barriles, y ante la necesidad de disponer de mercurio para llevarla a cabo, redactaron unas instrucciones para Antonio Gago, quien fue comisionado

(11) B. CAYCEDO: *D'Elhuyar y el siglo XVIII neogranadino*, p. 171, Bogotá, 1971.

(12) *Archivo Epistolar...*, III, p. 72.

(13) *Ibidem*, p. 325.

(14) *Ibidem*, II, p. 18.

para la búsqueda de vetas minerales, principalmente de azogue (15).

Una copia de esta instrucción, con sólo cinco puntos, los últimos, que hacen referencia en concreto a la búsqueda de vetas de azogue, está firmada por Elhuyar en el Real de Santa Ana el 17 de febrero de 1786.

Los tres primeros puntos de las instrucciones contenían las reglas generales para descubrir cualquier tipo de mineral. El primer punto recogía que Gago debía llevar un diario en donde tenía que anotar: la dirección general y distancia del camino recorrido, quebradas, montañas y ríos atravesados, la lectura del barómetro y la temperatura del termómetro, colocado siempre en sitio con sombra, en lo alto de las montañas, repitiendo la operación en las orillas de los ríos. Debía observar los tipos de rocas que constituían las montañas, recogiendo por triplicado distintas muestras, al menos del tamaño de una mano, y comparándolas para determinar la especie. Cada ejemplar de roca lo envolvería por separado en un papel y llevaría un número o señal para su identificación, y cuya relación debía aparecer en el diario. En los lugares donde tuviera que permanecer algunos días observaría todos los días el termómetro tres veces: a las seis de la mañana, a las dos de la tarde y a las diez de la noche, apuntando diariamente las diferencias. Cuando reuniera un buen número de muestras las enviaría, junto con una copia del diario, al virrey.

El segundo punto de la instrucción hacía referencia a que para conocer si las montañas por las que pasaba Gago contenían vetas de minerales, debía de observar si la roca o peñón de las mismas era de pizarra negra o gris con venas de cuarzo y si tenía indicios de margaja, todo lo cual era señal de que podían encontrarse vetas en dichas montañas. Si, por el contrario, sólo se veían peñas de arena o conglomerados de distintas piedras, formando una especie de argamasa, o piedra de cal, en donde se distinguían petrificaciones marinas o vegetales, era inútil buscar vetas en tales parajes.

El tercer punto señalaba que para descubrir vetas el medio más fácil era entrar en las quebradas de las montañas donde se suponía que podían contener vetas minerales. Allí se observarían las piedras sueltas, y si entre ellas había alguna de cuarzo o espato calizo era buena señal. Si además se encontraban algunas piedras con pinta de minerales casi podía asegurarse que las vertientes de las quebradas acarreaban dichas piedras, por lo que se buscaría en aquéllas alguna veta que la atravesara marcando el punto donde se encontraba. Terminaba este apartado comentando que, aunque había otras reglas para el

(15) *Instrucción sobre el modo en que se ha de gobernar Dn. Antonio Gago, en los descubrimientos de minas de azogue y otros metales, que la Superioridad del Excmo. Señor Virrey le encargue en el viaje que va a emprender de Ordn. de dicha Superioridad*. Archivo Real Jardín Botánico, Madrid, División III.

hallazgo de minerales, éstas eran más complicadas y requerían mayor tiempo y costes. Lo importante del tema era descubrir una veta y distinguir los lugares donde se encontraba.

El cuarto punto comenzaba diciendo que, a pesar de que lo anotado en los puntos anteriores servía también para buscar minerales de azogue, como éste era un metal líquido podía encontrarse muchas veces lejos de su lugar de origen o mina, «corriendo por las quebradas y los ríos hasta el mar», por lo que convenía dar algunas reglas más concretas. Así, se conocería que la veta no estaba muy lejos si junto al azogue se encontraban pedazos o restos de cinabrio o vermellón, fácilmente reconocibles por su fuerte color grana. Como el cinabrio era un mineral muy blando no podía recorrer mucho trecho en las quebradas y ríos sin destruirse.

El quinto punto hacía referencia a la necesidad de explorar los ríos y las quebradas que vertían sus aguas en las playas, tanto en sus entradas como en aquellos remansos que pudieran recoger el azogue.

El sexto punto mencionaba que de encontrarse restos de azogue en algún río o quebrada, debían remontarse explorando en las dos vertientes de ambos lados del ac-

cidente geográfico en cuestión. De hallarse azogue en alguna de ellas que estuviera fuera del cauce del río o de la dirección principal de la quebrada, se abandonaría dicha búsqueda y se continuaría por la vertiente principal, pero examinando las nuevas vertientes que desembocaban en aquella.

El séptimo punto señalaba que cuando se llegara a una vertiente con muy poca agua o que estuviera seca, que contuviera azogue se debía buscar la veta que a buen seguro se encontraba en los alrededores. El examen del tipo de roca servía para asegurarse en parte la existencia de la veta. En las minas de Almadén, de Idria y de Hungría la roca era una especie de pizarra azul o gris que se dividía en capas. Siempre que se hallara dicho tipo de roca en las inmediaciones era señal de la existencia de la veta.

El octavo y último punto de la Instrucción hacía mención a la búsqueda de la veta recorriendo el terreno en diferentes direcciones y cavando con el azadón en aquellos lugares en donde se encontraran piedras de diferente aspecto que el resto de la roca. El color del cinabrio o vermellón era una buena guía para dar con la veta, por lo que se debían seguir las huellas que se encontraran de azogue en estado virgen o de cinabrio.

V. JUAN JOSE DE ELHUYAR Y LA APLICACION DEL METODO DE BORN EN NUEVA GRANADA

Juan José de Elhuyar, que había sabido por su hermano Fausto de la existencia del método de Born, pronto se convenció de las ventajas del mismo por su sencillez, economía y rendimiento. Comenzó a reunir materiales para la construcción de los talleres donde se llevarían a cabo las operaciones del nuevo método de amalgamación. Su hermano Fausto le iba enviando los esquemas, modelos y dibujos de los hornos y de la máquina de barriles diseñada por Born, pero los continuos avances que se hacían en la mejora del nuevo método ocasionaban que cuando llegaban los datos a Juan José éstos se habían quedado un tanto desfasados (16).

De todas formas, parece que las primeras pruebas realizadas ya avanzado 1788 fueron positivas: «Por este beneficio en tres o cuatro horas se saca la plata. Por el otro son precisos por lo menos diez días, y algunos minerales necesitan un mes o mes y medio, gastándose mucho dinero en jornales para los continuados repasos» (17).

En cuanto a los siete mineros sajones enviados para que ayudaran en la introducción del método de Born, Juan José de Elhuyar, que no había visto con buenos ojos su llegada, alegando que su experiencia profesional se limitaba

al laboreo de minas y que desconocían las operaciones de beneficio, se los quitó de encima distribuyéndolos entre algunas minas cercanas (18).

A comienzos de 1789 el nuevo virrey, Francisco Gil y Lemos, comunicó a Elhuyar que se pasaría a comprobar cuál de los tres sistemas de beneficio, el de fundición, el de amalgamación americano o el de Born, era el más ventajoso. Según sus propias palabras: «Quedé persuadido de que así por el poco costo con que se saca el mineral como por la facilidad y ahorro del nuevo método de amalgamar del barón de Born, y por el talento y habilidad del director, promete esta empresa no sólo reembolsar lo que se gaste, sino también adelantamientos considerables para el Reino» (19).

No se conservan cifras de las experiencias hechas en Nueva Granada por Juan José de Elhuyar con el método de Born. Los puntos de referencia son los resultados de los ensayos comparativos entre este método y el tradicional americano, realizados por Nordenflicht en el Perú y por Sonneschmidt en México. En ambos coincidía que con el método de Born se extraía menos plata y se consumía más azogue que con el tradicional. Por el contrario, el de

(16) CAYCEDO..., pp. 151-152.

(17) *Ibidem*, p. 156.

(18) *Ibidem*, p. 172.

(19) *Ibidem*, p. 175.

Born tenía la ventaja de que la amalgama se realizaba en menos tiempo (20).

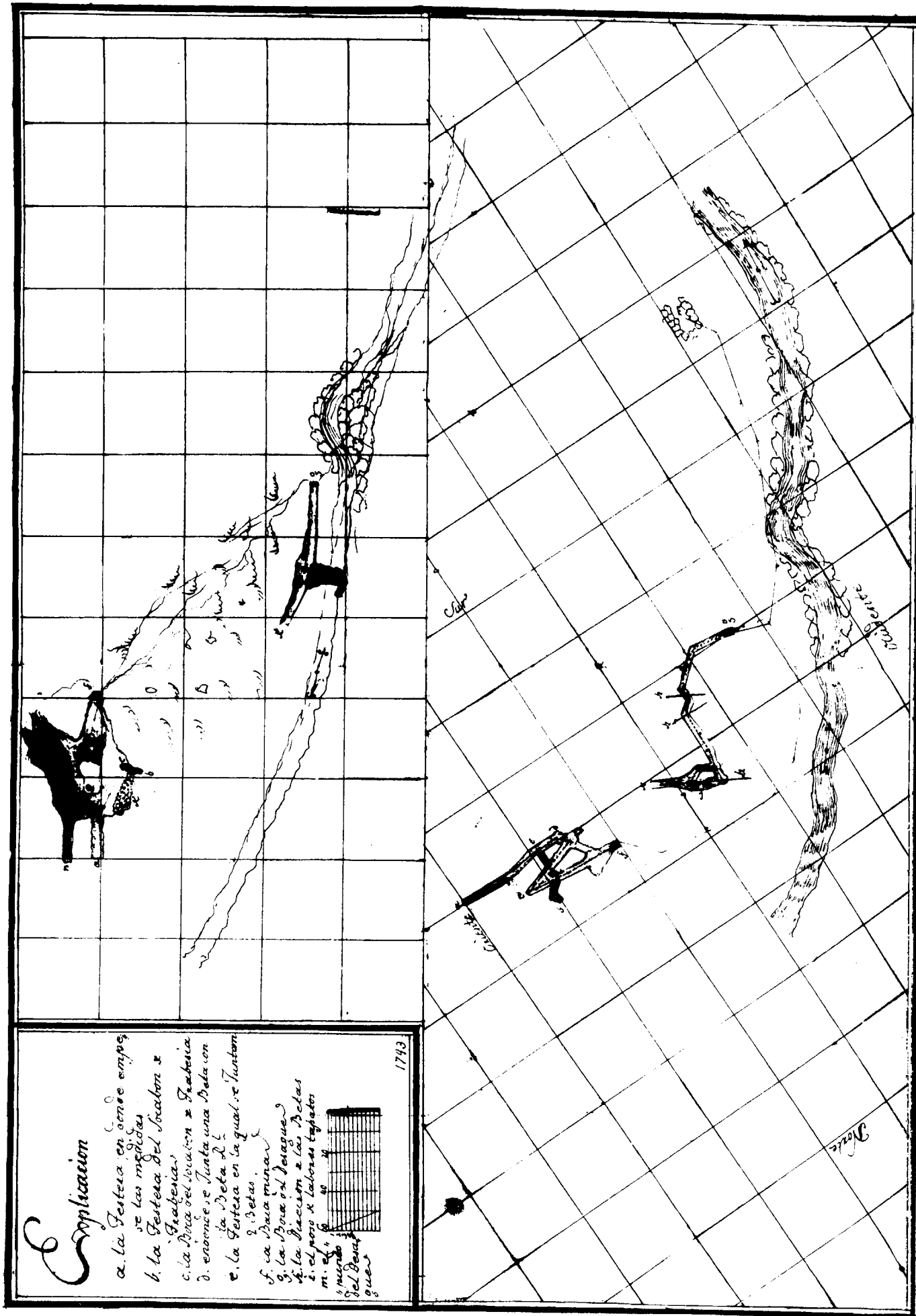
Algunos años después, todavía se discutía en Nueva Granada la idoneidad del método de Born. Angel Díaz, en una *Instrucción teórico-práctica, que se forma para los mineros de Veta del territorio y Minas del gobierno de Popayan*, fechada en 1803, comentaba los tres métodos de beneficios de minerales. En relación al método de fundición, Díaz remitía a la obra de Christoph Andreas Schültter, en su traducción al francés por Hellet. Del de Born decía que podía aplicarse con utilidad atendiendo a las circunstancias de abundancia y riqueza del mineral. Le parecía más costoso que el tradicional, pero consideraba que era mejor, ya que, aparte de consumir menos azogue y de extraer más rápidamente toda la plata del mineral, impedía que enfermaran los operarios, al no tener que pisar el barro lleno de sal y azogue del que se formaba el sublimado.

Humboldt (1818), que también comparó los métodos de amalgamación utilizados respectivamente en Nueva España y en Sajonia, afirmaba que con este último, es decir, el de Born perfeccionado por Gellert y Charpentier, las

(20) Museo Naval de Madrid, Ms. 119.

pérdidas de mercurio por cada marco de plata eran la octava parte que con el método americano. Asimismo, continuaba, en la amalgamación con el método centroeuropeo, la plata era extraída en 24 horas, lo que suponía en tiempo de la sesentava a la ciento cincuentava parte que el utilizado en los virreinos españoles de América. A pesar de todo esto, Humboldt no veía fácil introducir el método de Born, basado en la calcinación de los minerales y en el movimiento giratorio de toneles, en México y en el Perú. En Freiberg se amalgamaban 60.000 quintales de mineral al año, mientras que en Nueva España se beneficiaban cerca de 10.000.000 de quintales/año. Entonces, decía Humboldt, ¿cómo encerrar esta cantidad en toneles? ¿Cuántos de éstos harían falta? ¿Dónde encontrar fuerzas motrices suficientes para hacer girar un millón de estos toneles? ¿Cómo calcinar los minerales en un país que carecía de combustibles y en donde las minas se encontraban en lugares desprovistos de madera?

Para finalizar, puede decirse que, aunque los nuevos métodos de la metalurgia centroeuropea causaron una gran expectativa en la Corona española, los intentos de su implantación en las minas americanas, y no sólo en lo que se refiere a Nueva Granada, encontraron tal cantidad de problemas, que imposibilitaron su posible aplicación.



Condicionantes y posibilidades de uso futuro de los combustibles fósiles en Europa y España

Por E. MENENDEZ PEREZ (*) y L. MATEO ALCALA (*)

PRESENTACION

El esquema energético que adopten las sociedades industriales en el próximo siglo es un tema que está entrando en un amplio proceso de discusión. Las razones de seguridad de suministro y los problemas ambientales que la transformación y uso de la energía ocasionan, centran este análisis.

Se estima que disponemos de una década, o quizás de dos, para establecer unas nuevas coordenadas. Este período será el puente entre la situación actual y otra más crítica en la cual los recursos serán más escasos o en la que los condicionantes impuestos a su utilización serán más estrictos. Este tiempo puede servir para diseñar y preparar las estructuras energéticas futuras y resolver las incógnitas o encauzar las restricciones de uso que afectan a las diversas fuentes energéticas.

En este documento se analizan los problemas que aparecen en torno a los combustibles fósiles, que hoy se empiezan a cuestionar en su uso en razón de los problemas ambientales de carácter global.

Se escribe, no obstante, desde el convencimiento de que los combustibles fósiles y en particular el carbón, se han de seguir empleando a lo largo del próximo siglo y de que, dadas sus reservas y posibilidades de suministro, hay que introducir una componente de planificación global en su empleo.

Aparte de ello existe, como siempre, una posibilidad de evolución y transformación tecnológica que puede y debe incidir fuertemente en esa estructura futura.

Evidentemente, este trabajo es un primer apunte cuyo principal objetivo es fomentar otros análisis más amplios y profundos.

DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA

El consumo de energía en Europa se sitúa en algo más de 2.600 millones de Tec al año. El consumo anual por habitante europeo, algo más de 5 tec, es sensiblemente más elevado que la media mundial, que se sitúa en 2,2 tec, pero inferior al de otras áreas, como Norteamérica o la antigua URSS.

(*) ENDESA. División de I+D.

En la figura núm. 1 se esquematiza la participación de las diferentes fuentes en el abastecimiento de energía primaria a la CE y a España. Se observa la mayoritaria aportación de los combustibles de origen fósil, en particular el petróleo.

Este esquema da un alto grado de dependencia exterior en el abastecimiento de energía. En el caso español supone una 63 por 100 de nuestro consumo: el petróleo en casi su totalidad proviene del exterior, así como un 35 por 100 del carbón que consumimos y un 75 por 100 del gas natural.

De la energía primaria consumida, un tercio aproximadamente se transforma en energía eléctrica, que en consumo final directo equivale a algo menos del 20 por 100.

CE: 1.715 Mtec.

ESPAÑA: 128 Mtec.

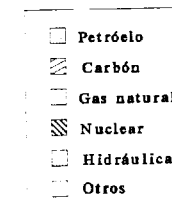
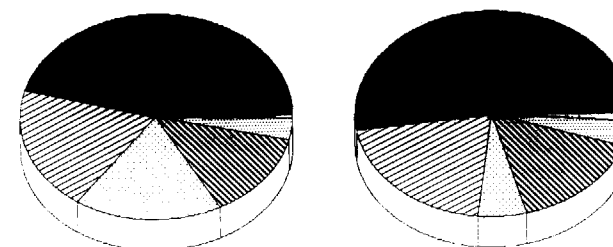


Figura 1.—Consumo de energía primaria en la CE y en España, 1990.

Las dos fuentes básicas de generación eléctrica son el carbón y la energía nuclear.

Tanto en la CE como en España, del orden del 45 por 100 de la energía eléctrica proviene del carbón. En la figura núm. 2 se refleja el desglose de orígenes y la participación del carbón según países.

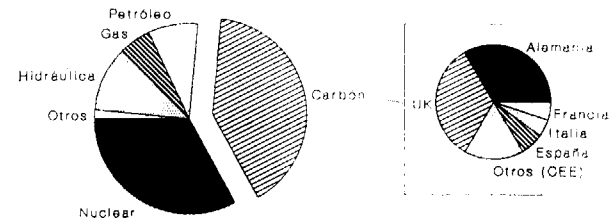


Figura 2.—Generación eléctrica en la CEE, 1988. 1.707 TWh/a

NOTA.—La generación eléctrica con carbón en la CEE corresponde a más de un 85 por 100 de extracción propia de carbón: RFA, UK y España.

En la Europa del Este el carbón tiene un peso aún mayor en todo el esquema energético. Se trata en gran parte de carbones de bajo rango y de producción propia.

El consumo mundial de energía está ligado a la población. La cifra antes citada de 2,2 tec por habitante y año ha sido prácticamente una constante en las últimas décadas. Por lo tanto, en líneas generales podría pensarse que si hoy la población es de 5.000 millones de habitantes y, hacia el año 2020 será de 8.000 millones, para esa fecha el consumo global de energía se habrá incrementado en la misma proporción.

Evidentemente ese crecimiento no será homogéneo, las áreas más desarrolladas y consumidoras de energía deberán incrementar en mucha menor medida ese consumo, mientras que los países menos desarrollados habrán de aumentar sensiblemente más su demanda de energía como expresión de su cambio de situación económica y social.

Europa, que ya tiene un alto grado de concienciación sobre la necesidad de ahorrar energía y de frenar su consumo, prevé un incremento moderado de la utilización de energía. En el cuadro núm. 1 se indica una previsión de la evolución para los países de la CE en cuatro escenarios diferentes.

Se observan dos grupos de escenarios. En la primera pareja se refleja un buen nivel de crecimiento económico sin restricciones al consumo de energía. En la pareja siguiente se da cabida a condiciones medioambientales y de incremento de los precios de la energía, lo que se traduce en una restricción de los consumos.

Las cuatro alternativas son muy diferentes entre sí. Los requerimientos ambientales estrictos parecen llevar a disminuciones sensibles en el consumo de carbón y petróleo. El gas natural y la energía nuclear incrementarían su utilización en cualquier caso.

RESERVAS DE COMBUSTIBLES FOSILES

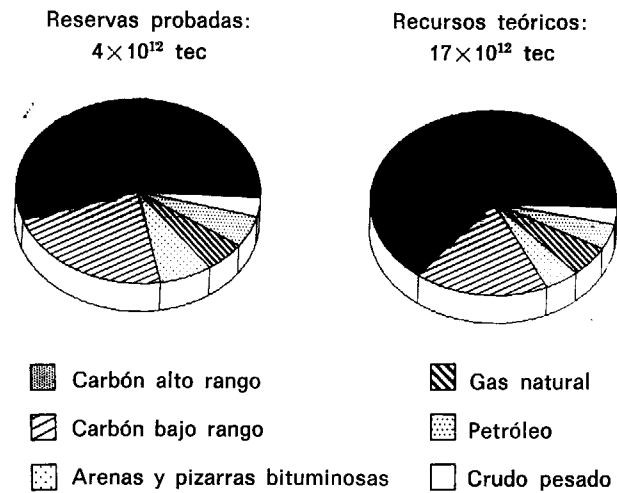
Los recursos energéticos son una cuestión debatida y sobre la que no existe unanimidad a la hora de hacer una valoración. Por un lado se cuenta con un volumen de reservas probadas y conocidas de los diferentes combustibles y esta cantidad va cambiando en razón de su consumo y el descubrimiento y valoración de nuevos yacimientos.

De otra parte, la recuperación completa de las reservas no es fácil, no sólo por razones económicas, sino también por razones tecnológicas. Todo ello da lugar a visiones de futuro muy distintas.

En la figura núm. 3 se recoge la participación de los diferentes combustibles fósiles en las reservas probadas de estas energías y en el volumen de recursos máximos que en teoría pueden encontrarse en la Tierra.

Analizando las reservas, hay opiniones que cuestionan la posibilidad de su recuperación total, en particular de las correspondientes al carbón, por lo cual reducen su volumen útil a unos 2 billones de tec. Teniendo en cuenta la previsión de evolución de la población mundial, las reservas probadas totales de combustible darían para algo más de 250 años de consumo de la Humanidad. Pero para ello todo el carbón habría de ser recuperado.

Si el análisis lo hacemos sobre las reservas teóricas máximas, la vida de éstas podrían pasar a niveles de los 800 años de utilización.



FUENTE: Elaboración propia en base a diferentes informes internacionales. Energy for a new Century. The European Perspective. Brussels, 3-4 Mayo 1990.

Figura 3.—Reservas y recursos teóricos de combustibles fósiles en la Tierra.

CUADRO 1.—Evolución estimada del consumo de energía en la CE en diversos escenarios (Mtec)

AÑO ESCENARIO	1990 - Base	Convencional	Tensiones	Alto crecimiento	Precios altos
CARBON	335	460	495	313	297
PETROLEO	780	707	784	507	418
GAS NATURAL	300	395	438	432	354
NUCLEAR	230	359	381	382	275
HIDRAULICA Y OTRAS	32	45	46	46	49
Mtec	1.677	1.966	2.144	1.680	1.393

Convencional.—Evolución similar a la actual.

Tensiones.—Alto crecimiento económico.

Alto crecimiento.—Alto crecimiento económico y fuertes restricciones ambientales.

Precios altos.—Altos precios de la energía. Eficiencia energética.

FUENTE: Energy for a new century. The european perspective. Brussels, May 1990. Commission of the European Communities.

La visión sobre «vida» de las reservas probadas introduce una componente de preocupación en base a criterios de «desarrollo sostenido», es decir, un tipo de crecimiento que garantice recursos para las generaciones futuras. Esta preocupación se aligera al considerar la posibilidad de descubrimiento de yacimientos adicionales en el futuro, aunque no hay que olvidar que las reservas ya conocidas son, en principio, las más fáciles de explotar.

Si en vez de efectuar un análisis global nos fijamos en los diferentes tipos de combustibles, nos encontraremos con otras aproximaciones al tema. El petróleo, al ritmo de consumo actual, puede ver agotadas sus reservas en unos 40 años y esto sí es un dato preocupante. Si tenemos en cuenta los recursos teóricos, este período se puede situar en unos 150 años, lo cual tampoco es alentador.

El gas natural puede encontrarse en unas circunstancias parecidas. Sus reservas son algo menores que las del petróleo, aunque los recursos por descubrir sugieran mayores expectativas. Por otra parte, su consumo se está incrementando impulsado desde varias instancias, lo cual no dará muchos años de vida a sus reservas y recursos.

Esta situación hace que, si se quiere ser solidario con las generaciones venideras, haya que mantener o incrementar la participación del carbón en el consumo de combustibles, así como dar mayor entrada a los crudos pesados y a las arenas y pizarras bituminosas, quedando petróleo y gas natural.

Como se ha indicado anteriormente, en general la planificación de los diferentes paisajes tiende a disminuir la participación del carbón frente al gas natural. Sólo en los esquemas de uso, refiriéndose al horizonte del año 2030, se prevé que el carbón suba del actual 24 al 36 por 100, pero en razón de que en esas fechas este país importará un 80 por 100 del petróleo que consuma y habrá acabado con la mayor parte de sus reservas de gas.

Haciendo referencia a la localización geográfica de las reservas de combustible, hemos de notar que Europa no es una de las áreas más favorecidas. Europa Occidental cuenta con un 5 por 100 de las reservas mundiales, mientras que su consumo se acerca al 20 por 100.

En Europa Occidental la producción propia de carbón descenderá a mayor ritmo que su participación en el consumo de combustible. Se incrementará el consumo de carbón de importación, que en general es más barato que el doméstico.

El gas natural se prevé que en el futuro llegue masivamente de Rusia y Norte de Africa. En este segundo camino, España puede jugar un papel importante, a la vez que acerca su consumo porcentual de gas a niveles de otros países europeos.

CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES

La utilización de los combustibles fósiles da lugar a la

emisión de contaminantes: óxidos de azufre y nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono, plomo y otros metales, etc.

Estos productos son los orígenes de fenómenos de contaminación de diverso tipo. Los dos más significativos son:

- Contaminación de áreas industriales y urbanas en la que participa un alto número de emisores y que se traduce en problemas diversos, entre los que destaca la agresión a la salud humana.
- Lluvias ácidas, originadas fundamentalmente por las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con otros agentes activadores y transformadores. Proviene de áreas industriales y centrales térmicas y afectan fundamentalmente a la vegetación.

Para el primer caso las acciones a tomar son de muy diverso tipo, desde mejoras en equipos a la difusión del uso del gas natural en estas áreas. En el cuadro núm. 2 se esquematizan algunas alternativas.

En las grandes instalaciones industriales, y en especial en las centrales térmicas, la primera alternativa de trabajo pasa por la aplicación de tecnologías de uso limpio de combustibles, bien de nueva concepción o bien clásicas de lavado de gases que reducen drásticamente las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno. Más adelante volveremos a hacer referencia a este tema.

El otro factor ambiental que afecta al uso de los combustibles fósiles es la emisión de CO₂, cuyo incremento de concentración en la atmósfera contribuye al llamado «Efecto Invernadero» o quizás más propiamente el denominado

CUADRO 2.—Actuaciones para disminución de los problemas ambientales en áreas urbanas e industriales

SOBRE LOS SISTEMAS DE COMBUSTION

- * Vehículos con motor de combustión interna provistos de sistemas de baja emisión de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Vehículo eléctrico.
- * Mejora de sistemas de combustión en calefacciones urbanas.
- * Implantación de sistemas centralizados de calefacción más fáciles de controlar.
- * Filtrado de gases en instalaciones industriales. Mejoras en equipos térmicos y de proceso.

SOBRE LOS COMBUSTIBLES

- * Implantación del gas natural. Uso de otros combustibles limpios, gases licuados del petróleo, etc.
- * Mejora en la calidad de gasolinas, gas-oil, etc. Eliminación del plomo en las gasolinas.
- * Evitar el uso de combustibles pesados.

«Cambio Climático». Aunque las consecuencias finales de este fenómeno no están claramente definidas ni confirmadas, se está planteando como el principal problema ambiental del momento y la razón por la que se cuestiona, y más lo hará en el futuro, la utilización de los combustibles fósiles.

A pesar de que el CO₂ no es el único que da lugar a este fenómeno, tal y como se muestra en la figura núm. 4, sí es el compuesto sobre el cual se centran los esfuerzos de control por ser el de más fácil control a través de su origen, los combustibles fósiles.

Las alternativas para reducir la emisión de CO₂ manteniendo la utilización de combustibles de origen fósil son dos:

- Incrementar la eficiencia energética en su uso.

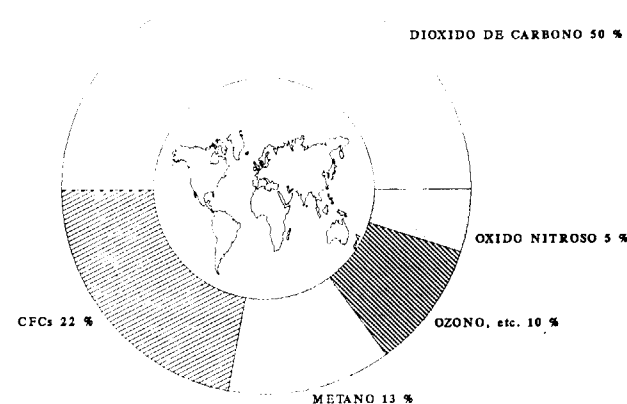


Figura 4.—Contribución aproximada de diferentes gases al efecto invernadero.

- Reestructurar el consumo de dichos combustibles, incrementando el uso de aquellos que generan menos cantidad de CO₂ para un mismo resultado energético. En la figura núm. 5 se esquematiza la emisión en la generación eléctrica.

EL IMPUESTO ENERGETICO

Podemos admitir que la energía se usa, en general, de forma poco eficiente. Se estima, a nivel mundial, que para el mismo nivel de bienestar se podría consumir global-

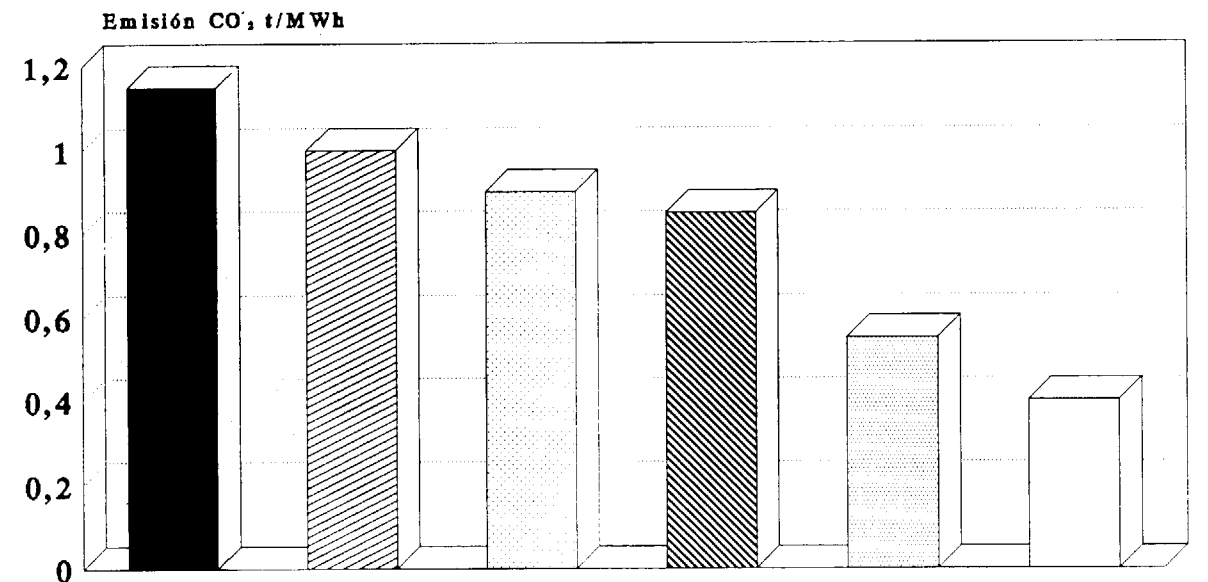


Figura 5.—Emisiones de CO₂ en la generación eléctrica.

mente menos de la mitad de energía. En la figura núm. 6 se ilustra la relación entre desarrollo económico y consumo de energía en diferentes áreas del mundo, así como la línea de óptimo consumo.

Europa Occidental en su conjunto es una de las zonas donde se emplea la energía de forma más eficiente. No obstante, se puede realizar un importante esfuerzo de ahorro y de racionalización. El precio de la energía en general, y el de los combustibles fósiles en particular, es bajo, lo cual no incita al ahorro. La oferta, de momento, es abundante, por lo que los países con recursos exportables no están en condiciones de ejercer presión alista sobre los precios.

En estas circunstancias se ha planteado la aplicación de un impuesto sobre los combustibles fósiles («ECOTAX»). Su origen arranca en la preocupación por conseguir frenar el incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Su planteamiento y posterior desarrollo incidiría en lograr una mayor eficiencia en el uso de la energía. Se supone que su aplicación afectaría a los países industrializados más desarrollados: USA, Canadá, Japón, CE y algún otro. De esta forma quedarán afectados los mayo-

res emisores de CO₂ a excepción de la URSS, de los países del Este de Europa y de China.

No es posible pensar en una aplicación generalizada, ya que la situación económica de amplias áreas de la Tierra no admitiría el extracoste energético y las incidencias económicas negativas que se derivarían.

En cambio, en el supuesto de que el impuesto sólo se aplicara en los países más ricos, se produciría un desplazamiento de la industria pesada, intensiva en consumo de energía, de éstos hacia países menos desarrollados. Ello podría afectar favorablemente al desarrollo económico de algunos países que cuentan con infraestructura técnica y posibilidades de suministro energético, si bien puede incidir negativamente en el medioambiente de los mismos.

En Europa Occidental se ha planteado de forma más clara que en otras áreas la aplicación de este impuesto. De hecho existe una formulación del mismo que se valora de promedio en 10\$ por barril de petróleo equivalente de cualquier combustible fósil, pero que se aplica a cada uno en relación a su emisión específica de CO₂.

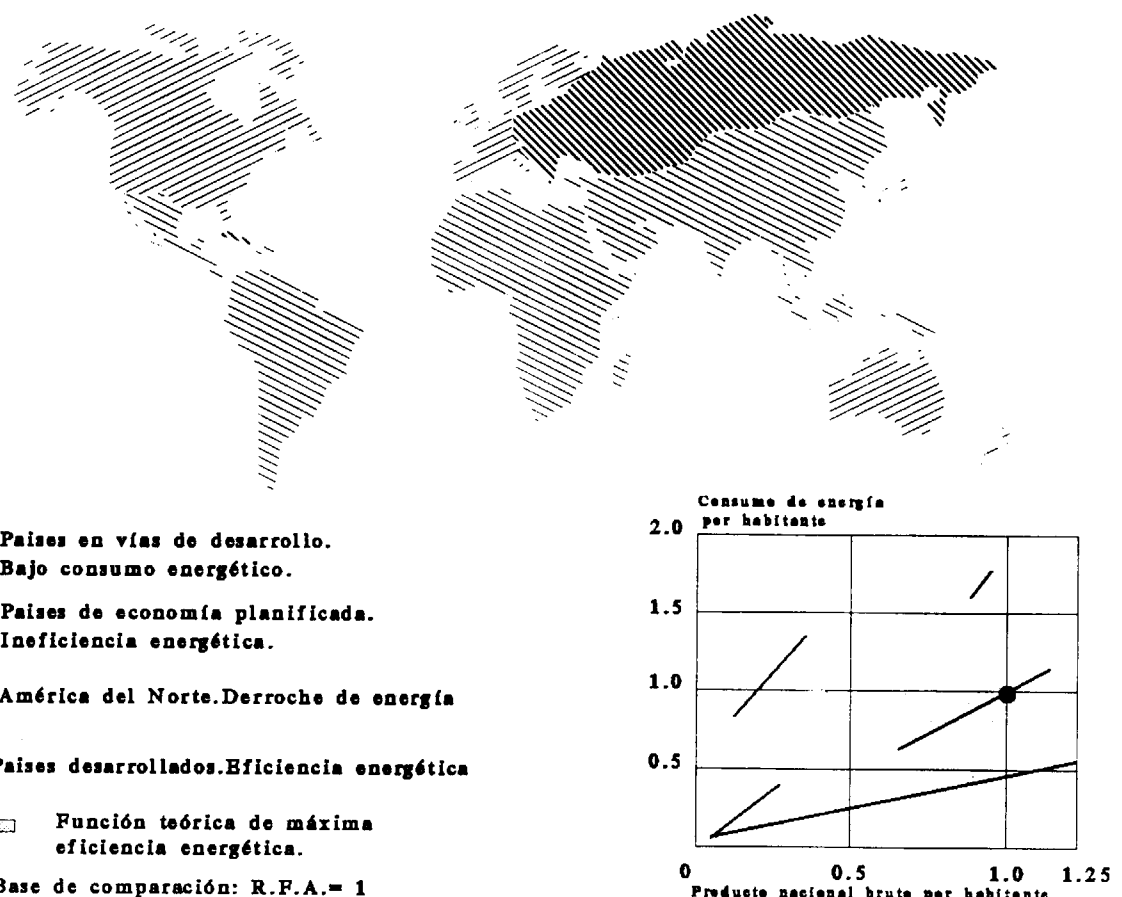


Figura 6.—Relación entre desarrollo económico y consumo de energía.

Se planteaba comenzar con 3\$ en 1993 e incrementar a razón de 1\$ año hasta el año 2000. Esto repercutiría en las diferentes formas energéticas en Europa de la manera que se indica en el cuadro núm. 3. De momento su aplicación está paralizada y además no parece que Norteamérica se decida a acompañar a Europa en esta decisión. Esto puede retrasar su implantación, aunque muy posiblemente acabará imponiéndose.

Con este planteamiento y la situación actual de precios de combustibles fósiles, se ve el interés de utilizar masivamente el gas natural en el próximo futuro, lo cual introduce un cierto grado de preocupación en razón de las limitadas reservas del mismo, ya citadas anteriormente, lo que provocará sin duda la elevación de su precio en el mercado, pero también una importante caída en el consumo de carbón y menor medida de fracciones pesadas del petróleo.

EL FUTURO DE LA GENERACION ELECTRICA

En Europa Occidental las dos alternativas de producción

CUADRO 3.—Repercusión de la «ECOTAX» propuesta en la CE sobre los precios energéticos (Incrementos porcentuales)

	1995	2000
INDUSTRIA		
Electricidad	8,1	16,3
Carbón	30,3	60,6
Fuel pesado	23,6	39,6
Gas natural	18,9	31,0
RESIDENCIAL / SERVICIOS		
Electricidad	7,2	14,3
Fuel ligero	9,6	16,8
Gas	7,9	11,9
TRANSPORTE		
Gas	3,2	5,9
Gas-oil	5,3	9,6

FUENTE: Power in Europe. September 26, 1991.

eléctricas utilizadas a nivel masivo para cubrir la demanda existente: la energía térmica nuclear y la térmica convencional procedente de combustibles fósiles, fundamentalmente el carbón.

La energía de origen nuclear tiene unos costes de generación eléctrica del mismo nivel que los correspondientes a la obtenida a partir de los combustibles fósiles, e incluso menores en aquellos casos en los que las centrales nucleares se han construido en período corto de tiempo, 5 a 8 años, y con una buena estructura financiera de proyecto, siempre que no se tengan en cuenta los gastos de desmantelamiento, hoy todavía no cuantificados con suficiente claridad.

Con esto y la posible subida de los precios de los combustibles fósiles, nos resulta la energía nuclear como una alternativa que presenta un alto grado de interés. No obstante, el rechazo de una parte de la sociedad ante los riesgos derivados de las centrales nucleares y sobre todo del almacenamiento de residuos radioactivos introduce una clara limitación a este tipo de energía.

Los combustibles fósiles habrán de seguir siendo una de las bases de generación eléctrica, aunque el coste de producción eléctrica resultante sea en el futuro superior al nuclear, como hoy lo son en general superiores al hidráulico.

Dentro de los costes de generación eléctrica derivados de los combustibles fósiles aparecen diferencias importantes relacionadas con el propio precio de los mismos y el tipo de instalación precisa para su transformación. En la figura núm. 7 se relaciona el coste de generación con los diferentes combustibles en una planta de nueva construcción.

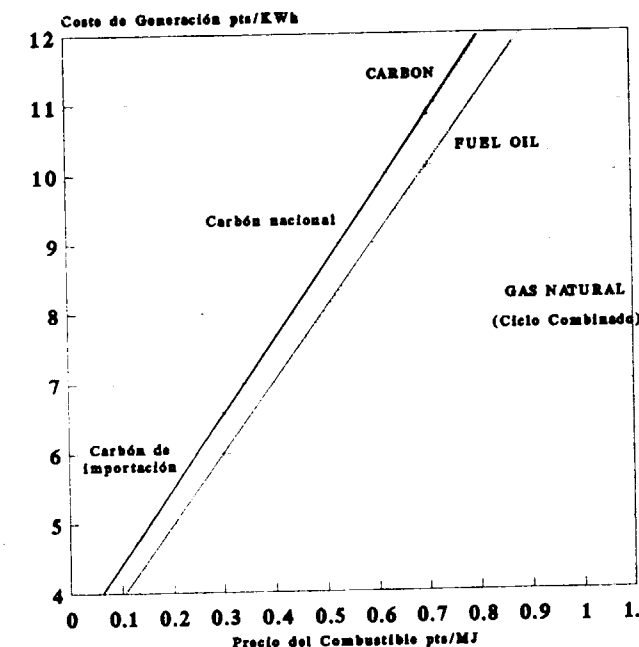
Como se puede comprobar, el gas natural presenta una ventaja importante frente al fuel-oil pesado y al carbón, derivada del alto rendimiento del uso de los ciclos combinados, más del 50 por 100 frente al 36 por 100 que alcanzan las mejores instalaciones de carbón o fuel pesado, así como de la muy inferior inversión específica de las instalaciones de gas natural.

Esto hace que el interés por el uso del gas natural en la generación eléctrica haya surgido con fuerza una vez que desde la Administración de la CE se han retirado las restricciones que a su utilización se planteaban. A ello ha contribuido la disponibilidad de gas en el Mar del Norte y en concreto en Holanda, país muy preocupado por las consecuencias de «Cambio Climático». También la posibilidad de ampliar suministros desde Rusia y el Norte de África, antes citadas, trabajan en este sentido.

En este contexto las Administraciones Públicas, que controlan los precios finales de la energía eléctrica, habrán de plantearse cómo mantener una participación equilibrada de los diferentes combustibles fósiles, en particular el carbón.

Otro aspecto a considerar es el interés creciente en la generación eléctrica distribuida, que puede tener a su favor razones como:

- No dar lugar a impactos ambientales concentrados.



Bases de cálculo:

- Planta nueva: 350 MWe potencia.
- Vida útil: 25 años.
- Interés real del dinero: 6 por 100.
- Horas de funcionamiento: 6.000 h/a.

Figura 7.—Coste de generación eléctrica con diferentes combustibles.

- Equilibrar mejor la red eléctrica, en particular en sus extremos.
- Implantar sistemas de generación de pequeña potencia pero de más alta eficiencia, sobre todo en las instalaciones con cogeneración.

Esto puede dar hueco a combustibles fósiles de fácil manejo, gas natural o productos petrolíferos. Por ejemplo, un motor Diesel puede generar energía eléctrica a partir de fuel oil con un consumo específico de 2.100 Kcal/Kwh, mejor que el correspondiente a los sistemas convencionales de caldera y ciclo de vapor.

En cualquier caso, estos sistemas sólo pueden suponer una parte pequeña del sistema eléctrico de generación que ha de seguir siendo soportado por las grandes unidades de potencia.

TECNOLOGIAS LIMPIAS DE GENERACION ELECTRICA CON CARBON

Ya hemos indicado que la utilización del carbón en la generación eléctrica se enfrenta con las limitaciones de las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno y el problema de la emisión de CO₂. Pero dado el volumen de

reservas, parece el combustible más seguro hacia el futuro en un plazo corto o medio.

Existen tecnologías, ya probadas, de lavado de gases para eliminar los óxidos de azufre y nitrógeno, pero con dos inconvenientes relevantes:

- Disminución del rendimiento en la generación eléctrica, por lo tanto incremento de las emisiones específicas de CO₂.
- Incremento del coste de generación eléctrica entre un 10 y un 20 por 100 sobre los valores correspondientes a las plantas sin tratamiento de gases.

Frente a esta solución se plantean programas de desarrollo tecnológico para aplicar en el futuro nuevas alternativas que consigan de forma simultánea una drástica reducción de las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno y un mantenimiento o incluso mejora del rendimiento energético.

Por un lado tenemos la combustión en lecho fluido atmosférico en dos versiones: circulante y burbujeante, que ya está a nivel de 150 MWe en situación comercial. Mantiene los niveles de rendimiento energético de los sistemas clásicos de combustión con calderas de carbón pulverizado.

Es una solución que presenta unos niveles de inversión moderados. En la alternativa de lecho circulante es adecuada para todo tipo de carbones y una amplia gama de residuos combustibles. Parece que su aplicación prioritaria en Europa será la generación eléctrica, con o sin integración en sistemas de cogeneración en la industria o en calefacción urbana, en niveles de media y baja potencia y con carbones y otros combustibles de precio moderado.

La combustión en lecho fluido a presión es una alternativa que presenta un potencial sustancial incremento de rendimiento energético y en la cual el valor de las inver-

siones se mantiene a un nivel moderado. Se dispone de plantas de demostración en las que se están realizando trabajos para ponerlas a nivel plenamente operativo y en las que ya se han comprobado los potenciales de esta tecnología.

Es una solución que hoy presenta importantes riesgos tecnológicos frente a unos niveles de resultados potenciales muy interesantes para la generación eléctrica con carbones de medio contenido en cenizas.

La gasificación integrada con ciclo combinado es un escalón superior en este camino de mejora de la eficiencia ofrece un sustancioso en el rendimiento energético, pero con un nivel de inversión sensiblemente más elevado que las otras alternativas, sobre todo al referir esta inversión a potencia neta. Es una tecnología que encontrará su aplicación en la generación eléctrica con carbones de bajo contenido en cenizas y que será más competitiva en la medida que los precios de los combustibles se incrementen.

La gasificación precisa esfuerzos de demostración para conseguir garantizar buenos resultados operativos, disponibilidad, fiabilidad y rendimiento energético en las diferentes situaciones de trabajo.

Los riesgos tecnológicos que se asumen en estas plantas de demostración, a pesar de ser importantes, quedan justificados en razón de su potencial futuro de uso. En el cuadro núm. 4 y la figura núm. 8 se resumen algunos datos característicos correspondientes a las tecnologías que se acaban de mencionar.

No obstante, en el esquema de precios energéticos y de combustibles fósiles que se presenta a corto plazo, no parece que sea fácil asumir los riesgos y los extracostes de desarrollar las nuevas tecnologías de uso limpio y eficiente del carbón desde una óptica de empresa y será preciso una mayor participación de las Administraciones Públicas si se desea avanzar por este camino.

CUADRO 4.—Características de las tecnologías de uso limpio del carbón aplicadas a la generación eléctrica

TECNOLOGIA	ESTADO DE DESARROLLO	CONDICIONANTES AL CARBON
Lecho fluido atmosférico. Atmósfera burbujeante.	Comercial a nivel de 150 MWe. Precisa desarrollar esfuerzos de diseño y demostración a potencias superiores.	Medio y bajo contenido en cenizas y azufre. Media y alta reactividad.
Lecho fluido. Atmósfera circulante.		Cualquier contenido en cenizas y azufre. Todo el rango de reactividad.
Lecho fluido. Presurizado.	Planta demostración 80 MWe. Precisa esfuerzos de diseño. Filtros cerámicos. Escalación planeada.	Medio y bajo contenido en cenizas. Media y alta reactividad.
Gasificación. Baja temperatura.	Se diseñan plantas de demostración 200+300 MWe. Esfuerzos para asegurar integración y alto rendimiento.	Medio y bajo contenido en cenizas. Alta reactividad.
Gasificación. Alta temperatura.		Bajo contenido en cenizas. Todo rango de reactividad.

EVOLUCION DEL REFINO DE PETROLEO

A partir de la crisis de los precios del petróleo de 1973, repetida en 1979, los países desarrollados iniciaron una política de reducción del consumo de petróleo.

Los productos petrolíferos tienen aplicaciones distintas y posibilidades diferentes de sustitución.

- Los productos ligeros se utilizan fundamentalmente en automoción y calefacción. Su sustitución es difícil, sólo el gas natural ha penetrado en este mercado.
- Los productos pesados se destinaban a usos térmicos en grandes instalaciones industriales, en particular fabricación de cemento y generación eléctrica. En ambos ha sido sustituido en España y en gran medida en Europa Occidental por el carbón.

El refinado de petróleo, con la pérdida del mercado de productos pesados, quedó desequilibrado, lo que obligó

a un cambio de estructuras productivas que se dirigieron hacia un incremento en la obtención de productos ligeros, aumentando la profundidad del refinado y dando lugar a un volumen menor de pesados, que han pasado a tener carácter residual. En la figura núm. 9 se esquematiza la evolución de la industria del refinado petrolífero en diferentes países.

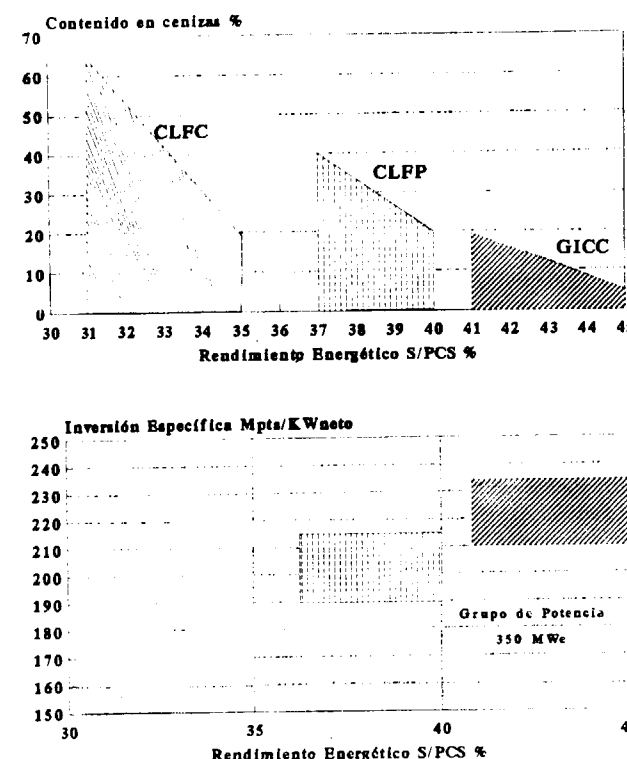


Figura 8.—Análisis comparativo de las tecnologías de uso limpio del carbón.

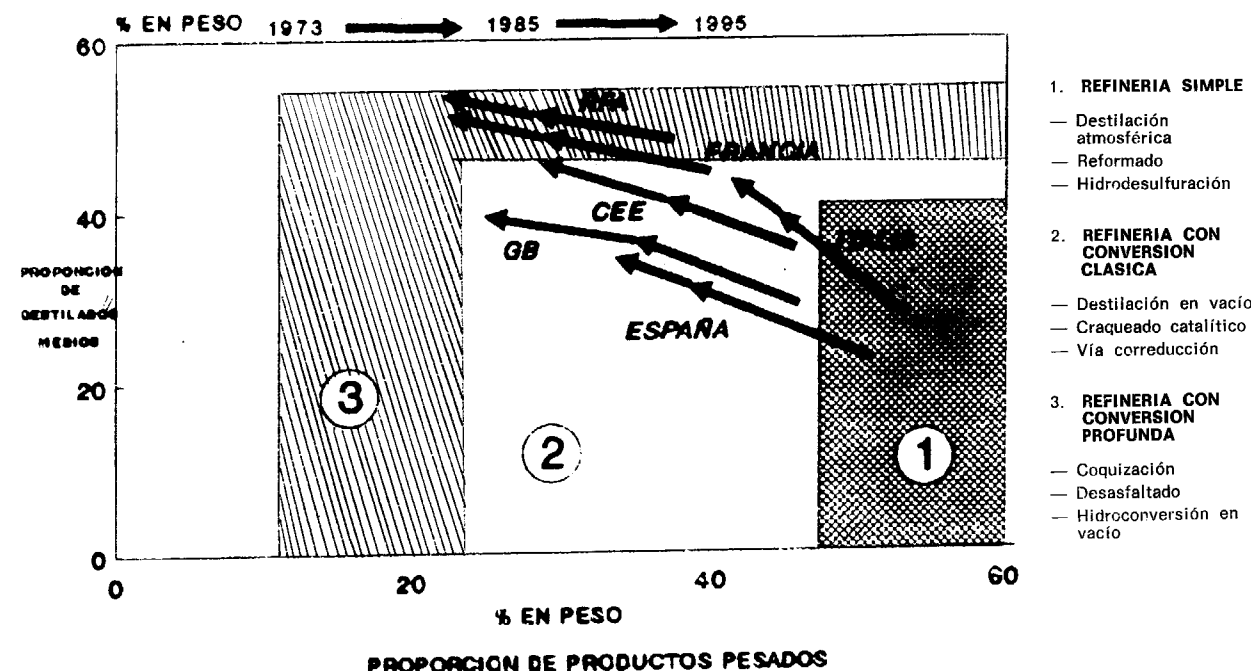


Figura 9.—Evolución en la estructura de refinado en la CEE (12 países).

Las previsiones futuras se dirigen hacia la profundización en el aligeramiento antes citado, acompañado de un mayor grado de limpieza en los productos finales: menor contenido en azufre en los combustibles ligeros, eliminación del plomo de las gasolinas, etc.

Por contra, en los productos pesados residuales, se concentrarán los agentes potencialmente más contaminantes, metales pesados, azufre, etc. Es de destacar entre estos productos el cok de petróleo, que se está ya obteniendo en cantidades mayores a su demanda y cuya salida más lógica es pasar por la generación de energía eléctrica.

PLANIFICACION ENERGETICA

Nos encontramos en un momento en el cual se preconiza la libre actuación de las fuerzas del mercado, aunque se asumen acciones restrictivas como puede ser la «ECO-TAX». Hasta ahora han existido directrices y formulaciones de precios en los diferentes países europeos que han respaldado el mercado energético, en particular el eléctrico, que tiene condicionantes fuertes ligados a la situación estructural de cada país.

Frente a la liberalización del mercado, las empresas energéticas y las Administraciones tienden a establecer una

serie de transformaciones e interconexiones que mantengan el equilibrio existente.

En el contexto de la demanda global de energía en Europa Occidental nos podemos encontrar con un marco como el que se esquematiza en los cuadros núms. 5 y 6, lo cual puede tener problemas a largo plazo.

En primer lugar, se observa un consumo rápido de las reservas de gas natural que se encuentran en el entorno circundante a Europa. Estas reservas pueden ser necesarias dentro de media centuria para uso en combustión limpia en ciudades y áreas industriales. La consecuencia de ello es que la dependencia energética europea se incrementará cuantitativa y cualitativamente. Esto último es debido a que al recibir la energía a través de un conducto: gasoducto o línea eléctrica, se es más vulnerable a las presiones restrictivas de los suministradores que en el caso de importaciones desde diversos orígenes.

En tercer lugar, esta situación de libre mercado hará decrecer en gran medida el interés por el carbón y, en consecuencia, en las inversiones que es preciso realizar para desarrollar nuevas tecnologías de uso limpio y en la aceptación de los riesgos que con estos esfuerzos de desarrollo se asumen. Ello puede suponer un «enterramiento» del carbón.

CUADRO 5.—Marco de evolución energética europea. Demanda

USOS URBANOS	
<ul style="list-style-type: none"> * Incremento del consumo de gas natural * Mayor uso de la energía eléctrica 	Eliminación del carbón y combustibles líquidos pesados
TRANSPORTE	
<ul style="list-style-type: none"> * Consumo en mayor proporción de gasolina sin plomo. * Aparición de los biocombustibles. 	
INDUSTRIA LIGERA	
<ul style="list-style-type: none"> * Penetración del gas natural. * Combustibles líquidos diversos. 	
INDUSTRIA PESADA	
<ul style="list-style-type: none"> * Incremento del consumo de gas natural. Aplicación en cogeneración 	Recesión en el uso del carbón y otros pesados.

CUADRO 6.—Marco de evolución energética europea, abastecimiento y transformación

ENERGIA PRIMARIA

- * Fuerte incremento de la importación de gas natural
- * Sustitución del carbón nacional por importación
- * Disminución del consumo de petróleo.
- * Posibilidad de importación de energía eléctrica del Este de Europa.

TRANSFORMACION DE ENERGIA

- * Refino de petróleo:
 - Aligeramiento de la estructura de refino.
 - Producción de combustibles más limpios.
- * Generación eléctrica:
 - Introducción del gas natural.
 - Mantenimiento o incremento de la energía nuclear.
 - Retroceso del uso de carbón nacional.
 - Incremento de consumo de carbón de importación.

En razón de los volúmenes relativos de las reservas de los diferentes combustibles fósiles y del papel que puede desempeñar el carbón, parece aconsejable que hubiera una planificación energética que dirigiera el consumo energético y el desarrollo tecnológico de acuerdo a las líneas que se esquematizan en el cuadro núm. 7.

Es de suponer, no obstante, que en cualquier caso, en España se siga consumiendo un importante volumen de carbón, aunque se tiende a disminuir la participación del nacional, sustituyéndolo por carbón de importación más barato y de mejor calidad. Lo cual contribuirá a mantener la actividad de desarrollo tecnológico, aunque previsiblemente a bajo nivel en las dos próximas décadas, periodo en el cual el suministro de gas y petróleo puede todavía ser seguro.

El carbón de importación previsiblemente se mantendrá a bajos precios, por tanto competitivo con el gas natural. En ciertos casos será de tan bajo contenido en cenizas que permitirá su manejo y consumo en forma de mezcla líquida, lo que facilitará su aceptación medio ambiental y la aplicación de procesos limpios y de alto rendimiento como la gasificación a alta temperatura y presión integrada con el ciclo combinado.

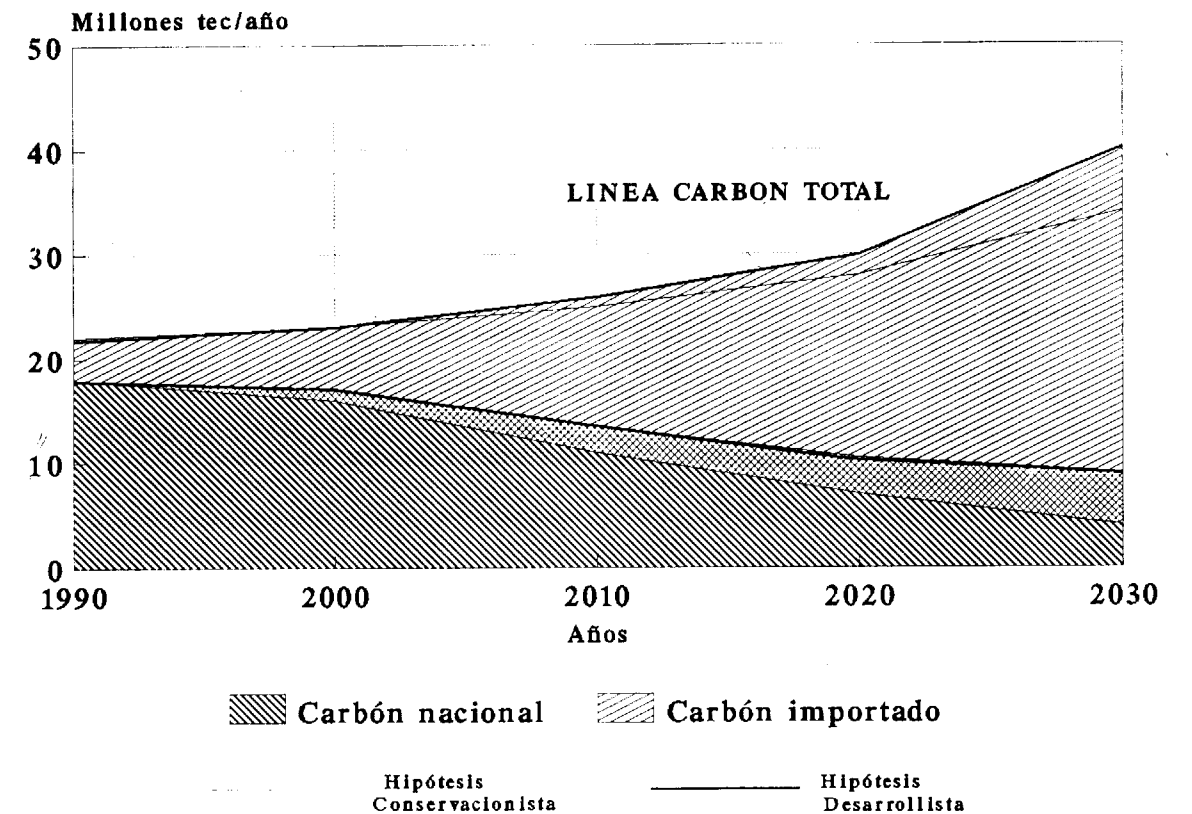


Figura 10.—Hipótesis de tendencias de consumo de carbón en generación eléctrica en España.

CUADRO 7.—Posibles líneas de actuación en el uso de combustibles fósiles y energías derivadas**CONSUMO Y OFERTA DE ENERGIA**

- * Empleo preferente del gas natural en áreas industriales y urbanas.
- * Supresión del carbón y combustibles pesados en estas áreas.
- * Mantenimiento del papel del carbón en generación eléctrica.
- * Fomento de la implantación de tecnologías de uso limpio y de alta eficiencia con carbón, una vez que estén demostradas.
- * Incremento del aligeramiento en la industria del refino del petróleo.
- * Fomento de la implantación de sistemas más eficientes en el consumo final de energía.

DESARROLLO TECNOLÓGICO

- * Mejora de los procesos de explotación de yacimientos de petróleo y gas. Incremento del grado de recuperación.
- * Sistemas de cogeneración de alta eficiencia.
- * Demostración de tecnologías de uso limpio de carbón con alto rendimiento en generación eléctrica.
- * Desarrollo de tecnologías de consumo eficiente de la energía (combustibles y energía eléctrica).

Conferencia de Antonio del Valle Menéndez en el Club Español de la Minería

El Club Español de la Minería organizó el pasado jueves 21 de mayo de 1992, una de sus tradicionales conferencias-coloquio en uno de los salones del Hotel Castellana Internacional. En esta ocasión, el invitado de honor era D. Antonio del Valle Menéndez, quien, en la actualidad, ostenta el cargo de Presidente de la compañía Hullera Vasco-Leonesa, la «Vasco», como se la conoce popularmente.

El Sr. del Valle estaba acompañado en la mesa presidencial por el Director General del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), D. Camilo Caride de Liñán; el Presidente del Club Español de la Minería, D. José Rosón Trespalacios; D. Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla, Presidente de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA); D. Ubaldo Usunariz, Presidente de la Confederación de Empresarios de Minería y Metalurgia (CONFEDEM); D. José Manuel Amor, ex presidente de la Sociedad Minero-Metalúrgica Peñarroya España y D. Pedro Fontanilla Soriano, vocal del Club y ex presidente de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras (ENADIMSA).

A los postres del almuerzo, el Presidente del Club Español de la Minería, Sr. Rosón Trespalacios, anunció los actos que se organizarán próximamente. Así, el primero

será un simposio sobre el carbón español con futuro, que se denominará «Juan Artieda», en recuerdo del ex presidente de CARBUNION y figura señera del Club. El simposio se llevará a cabo los días 23 y 24 de junio, teniendo en cuenta que se desarrollará después de lo debatido en el Congreso Mundial de Minería.

Finalmente, el curso 1991-1992 terminará con la intervención del Ministro de Industria, Comercio y Turismo, D. José Claudio Aranzadi, aún sin fecha fija, pues se efectuará después del viaje del mismo a Bolivia a finales del mes de junio.

A continuación, D. José Rosón presentó al conferenciante, D. Antonio del Valle, indicando que es Dr. Ingeniero de Minas, de familia minera, que ha ocupado altos cargos en la Administración, como Presidente de la Diputación Provincial de León. En el área del Banco Central, es Vicepresidente del Banco de Fomento. Catedrático de la asignatura «Historia de la Minería» en la Escuela de Ingenieros de Minas, durante bastantes años, y Presidente de la empresa Hullera Vasco-Leonesa, la «única mina que hace grandes inversiones hoy en día en España», señaló el Sr. Rosón, quien cedió la palabra a D. Antonio del Valle Menéndez, para pronunciar la siguiente conferencia:

APUNTES HISTORICOS SOBRE LA MINERIA

Por A. DEL VALLE MENENDEZ

I

La minería es uno de los grandes protagonistas de la historia de los pueblos; como tal, sus implicaciones son de diversa índole, por lo que no es tarea fácil resumir en pocas palabras su misión histórica. Es como navegar en un mar de lejanos horizontes, por el que sólo se puede transitar de forma parcial y costeadando.

Siendo esto así, me propongo tratar de tres singladuras o facetas. Dos de ellas son básicas para interpretar la importancia de los procesos mineros: el origen de su

Derecho y las transferencias de tecnología entre el viejo y el nuevo continente. El otro es una breve miscelánea de algunos descubrimientos mineros, no exentos de descripciones, y fábulas que en muchas ocasiones convirtieron a la minería en una aventura fantástica.

II

En cuanto al origen del Ordenamiento minero, históricamente se parte de concepto de mina. La necesidad de

regulación que la actividad minera exige hace que, de forma general, se defina la mina como zona o lugar con capacidad de explotación económica de recursos naturales. Las leyes mineras han sido siempre dictadas para regular estos aprovechamientos y la actividad profesional del minero. En ambos casos, tanto objetiva como subjetivamente, se han basado siempre en el concepto de mina.

Como realidad económica, «mina» hace referencia tanto al propio yacimiento en su sentido geológico, como a las labores realizadas para su explotación, y *adquiere* sentido jurídico a través de la figura de la concesión, que por extensión también puede denominarse mina.

El Derecho antiguo definía y caracterizaba todas las actividades que podrían realizar los mineros, considerados como profesionales, y estaban sometidos a un Derecho especial, con jurisdicción propia.

Sobre la existencia del Derecho en las sociedades primitivas, la mayoría de los antropólogos opinan que siempre han existido instituciones de control social. En tales prolegómenos del Derecho, los reyes de Egipto organizaron aquellas expediciones, por los años cinco mil a.C., en busca de cobre y turquesas por los alrededores del monte Sinaí.

Cientos de años más tarde se constata la explotación en la antigua Grecia, de los ricos yacimientos de oro y plata del monte Laurión.

De los pueblos prerromanos de la Península Ibérica, existen pruebas arqueológicas indubitables de la importancia minera en su territorio.

A través de un texto de Justino conocemos la existencia de normas legales en Tartesos, y Estrabón nos dice que los tartesios elaboraron leyes escritas en verso.

A partir del año 500 a.C. y tras la desaparición de Tartesos, se explota intensamente la plata de la Península Ibérica. Las fuentes exageran al máximo la abundancia de plata al referirse a los turdetanos, con la clásica anécdota de que algunos mercaderes sustituían por lingotes de plata las áncoras de sus naves para aumentar el cargamento.

La insistencia de la importancia minera de Hispania estimuló el interés de Roma para invadirla. La explotación minera hispana contribuyó poderosamente al desarrollo de lo que podemos denominar capitalismo romano. Fue una gran empresa que requirió importantes masas de esclavos, abundancia de madera para fortificación y combustible; industrias accesorias de instrumental minero; transportes bien organizados y, por último, distribución de los productos con destino a Roma, centro receptor del Imperio.

Por los escritos de Plinio (MH, 3, 16, 17) conocemos numerosos datos sobre la minería hispana de la época imperial. Tácito (Ann 619, 1) nos ha transmitido noticias sobre un hispano muy rico poseedor de minas de oro y plata. Secto Mario, que termina confiscado a manos imperiales.

El empleo exclusivo de esclavos fue el sistema empleado para proveer de mano de obra a las explotaciones mine-

ras. Sistema que llegó hasta bien entrado el período del Alto Imperio. Pero cada vez resultó más difícil utilizar como fuente de aprovisionamiento de esclavos las acciones del ejército y hubo que recurrir a otros mercados de mano de obra; los condenados (*servi poena*), los hijos de esclava, los autovendidos, que eran esclavos de buena fe (*servi qui bona fide servium*) y, por último, aquellos que, no habiendo perdido la libertad, eran fundamentalmente esclavizados (*mercenari*).

Se conocen minas singulares de esta época propiedad del pueblo romano, como Cástulo, Almadén y Vipasca. Fruto del proceso organizativo son los textos legales grabados en los que conocemos como «bronces o tablas de Vipasca», en los que se describe la organización de aquel distrito minero. En el Derecho romano, la primera autoridad del distrito minero era el «Procurador Metallorum», de rango ecuestre o liberto del emperador.

Cuando llega la crisis del siglo III, la anarquía militar y el Bajo Imperio, sólo sobreviven las explotaciones del noroeste peninsular, al mismo tiempo que van olvidándose las célebres «Legislaciones», bajo cuyo amparo florecieron las explotaciones romanas.

El comienzo de la transición hacia la sociedad señorial y ruralizada desencadenó, en opinión de muchos autores, la crisis económica más profunda del agonizante dominio romano.

Después de la invasión de la Península por los pueblos germánicos y en especial de la penetración masiva de visigodos (507), la ruralización de la vida continúa y, salvo muy pocas ciudades, los núcleos urbanos se disuelven.

En tal situación la minería se extingue y cada vez es más difícil encontrar noticias sobre su existencia en la época visigoda, donde la actividad primordial se centra en la explotación de los recursos ganaderos.

Las referencias inconexas sobre origen y aplicación de los metales de San Isidoro no sirven para darse una idea de los procedimientos mineros antiguos, y es un hecho que ninguna de las escasas fuentes de la época nos habla de minas.

Podemos deducir que la legislación minera de los viejos códigos romanos había sido pretérida y olvidada.

Hasta tal punto llegó el abandono, que las mayores minas que explotaron los romanos y han llegado hasta nosotros, perdieron su nombre romano (Almadén, Aljustrel, Riotinto, etc.). Sólo una discontinuidad real de la explotación justifica la drástica pérdida de la denominación romana.

Se puede asegurar que la minería hispana quedó improductiva no sólo durante la época visigoda, sino incluso en las centurias posteriores.

Lo más importante para aquella nobleza visigoda era conservar la propiedad de la tierra, que había obtenido por arraigo feudal. La principal fuente de producción era la tierra, que se impuso frente a cualquier otra riqueza.

Salvo en algunos documentos dispersos, que hablan de Almadén, las ferrerías y las salinas, no se mencionan las minas en los numerosos fueros de ciudades y tierras; tampoco en las «cartas puebla» ni en las «concilias». Se

III

Sujeta la explotación minera a los distintos escenarios del Derecho minero que acabamos de ver, su actividad fue evolucionando técnica, económica y socialmente.

Una idea del desarrollo de los acontecimientos mineros puede conseguirse a través de las transferencias de tecnología entre los países europeos, y de España como receptora y transmisora hacia América. Transferencias que en razón de la brevedad limitaremos a las comprendidas entre el Descubrimiento de América (1492), y los albores de la Revolución Industrial (1800).

También existe una cierta limitación espacial determinada por las fuentes documentales consultadas: los Archivos de Simancas, e Indias. Para completar ciertas lagunas la «bibliografía mineral hispano-americana» de Maffei y Rúa Figueroa y los trabajos y publicaciones del IV Congreso Internacional de Minería, celebrado en junio de 1970, que propició el primer coloquio internacional sobre temas históricos.

En la Sección de Minería Iberoamericana de las publicaciones de este primer coloquio, se trataron temas sobre la actuación española en América: el trabajo minero del indio, la ordenación de la minería en Hispanoamérica durante la época provincial, el tráfico comercial de los metales, las financiaciones a través de los «bancos de avío», la acuñación de la moneda, etc.

Claramente se distinguen dos campos: el laboreo de las minas propiamente dicho, sujeto a una gran inercia, y en consecuencia de lenta evolución; y el beneficio de los minerales que supone la aplicación de métodos metalúrgicos originales.

A todas las fantasías que despertó el Descubrimiento, sucedió la realidad americana, y tal realidad «quedó casi exclusivamente en minería».

La búsqueda que llevó a cabo el propio Colón, en una entrada que inició el 12 de marzo de 1494, llevando con él gente «de a pie y de a caballo, trabajadores y albañiles y carpinteros y oficiales, con la herramienta e instrumentos necesarios, así para sacar oro, como para hacer alguna casa fuerte», habría de desatar posteriormente la fiebre incontenible de los buscadores de oro y plata.

Más tarde la campaña de Las Casas fue aprovechada por el Gobernador de Bressa y Consejero del Rey, para sustituir el trabajo del indio por el de esclavos negros, comenzando así la «trata de esclavos».

Sin la utilización del indio como mano de obra, quedaba el descubridor dominado y reducido a la impotencia productiva. El problema, en lo sucesivo, consistiría en la importación masiva de negros, y pasar a las Indias los grupos de mineros necesarios. Ya no sería, como en el plan de la época cisneriana, una minería indígena, sino de esclavos negros, como tampoco serían mineros españoles los encargados de las prospecciones y explotaciones, sino operarios llevados por los potentes grupos económicos, cuyas inversiones se fijaban preferentemente en la costa. Sin embargo, tal política quebró ante el deslumbrante éxito de Pizarro, que implanta de nuevo la penetración. De esta forma se cambia el clima, y el sistema minero vuelve

las ignora en el «Liber iudicorum», en la «Lex visigotorum», en el Derecho consuetudinario y en el «fuero de albedrío».

Hay que esperar a que se acentúe el proceso de formación de Derecho Castellano, que Alfonso VII «El Empeador» consolida en las Cortes de Nájera de 1138, para encontrar una alusión, que podemos calificar como origen de la legislación minera de Castilla, al ordenar que «las minas de oro y plata son del servicio del rey, y nadie podrá explotarlas sin su autorización». Desde entonces, el poder real protagoniza el desarrollo del Ordenamiento minero. En lo sucesivo no habrá más Ordenamiento formal minero que el castellano, pese a los problemas de su aplicación en reinos y señoríos incorporados a Castilla.

Uno de los documentos más sobresalientes se refiere a «Las Partidas de Alfonso X El Sabio», de las que destacamos la ley 6, en la que se confirma que los metales son del dominio de los reyes, para su «honrada mantención, amparo de sus tierras, guerras contra los enemigos de la Fe, y excusar a los pueblos de otros pechos».

Alfonso XI promulgó en Cortes el «Ordenamiento de Alcalá» (1348), confirmado sucesivamente por Pedro I, Enrique II y Juan II. En tal cuerpo legislativo se incluyen las normas a las que queda sujeta la explotación minera.

En resumen, todo lo referente a la regulación minera española durante el período comprendido entre el siglo XV y la Edad Moderna, se halla contenido en las «Partidas de Alfonso X El Sabio», en el «Ordenamiento de Alcalá» y especialmente en las «Pragmáticas de Felipe II».

Las Pragmáticas de Felipe II tienen como base técnica los principios expuestos por Georgius Agrícola en «De re metálica», y comienzan confirmando la incorporación a la Corona y Patrimonio Real de los yacimientos metálicos, a excepción del hierro sujeto a los privilegios otorgados por fuero a los «ferrones».

Contienen «Las Pragmáticas» dos regímenes especiales, uno para la plata y otros metales, y otro exclusivamente para el oro. Sus normas reguladoras pueden resumirse como sigue:

1. Se concibe la concesión como un censo enfiteútico y así puede concederse a perpetuidad sin riesgo de que la Corona pierda su dominio por operar la posesión inmemorial.
2. Se da un reforzamiento del poder absoluto del Rey sobre las sustancias incorporadas a su patrimonio.
3. El ordenamiento jurídico castellano pasa a ser español e indiano a través de las Ordenanzas del Virrey don Francisco de Toledo (1574).
4. Se mantiene el privilegio de conceder mayor superficie al primer descubridor.
5. El Ordenamiento minero goza de autonomía al ser dotado de jurisdicción y procedimientos propios para resolver e intervenir en los negocios y pleitos mineros, que en última instancia resolvería el Consejo de Hacienda.

a utilizar al indio a través de la discutida institución de la «mita», y los mineros serán españoles aunque se ayuden de los sajones.

Restablecida la primitiva situación, podemos analizar ahora las transferencias tecnológicas entre España y las colonias. Del siglo XVI son las siguientes:

Las cartillas alemanas «Proberbüchlein» datan de 1534, y ejercieron una gran influencia en la minería tanto española como americana. Los alemanes introdujeron en sus minas una verdadera disciplina militar. Los domingos, o en ocasiones solemnes, los soldados de esta pacífica armada se mostraban con todas sus insignias, medallas, condecoraciones, banderas al viento y música en la cabecera.

Su influencia se hace sentir, por ejemplo, en el equipo de los barreteros, el hombre que transporta mineral en el Cerro de Pasco, y los trajes de gala de los mineros de la América española.

En 1555, Bartolomé de Medina introduce en Méjico un nuevo método de beneficio por amalgamación, aprendido en España de un alemán «incógnito», como cita en su declaración. Según Modesto Bargalló, la originalidad del método de Medina parece indiscutible. Es posible que se aplicase primero en las Minas de Guadalcanal.

De 1563 data el primer asiento con los Fúcares para el beneficio, labor y administración del pozo y minas de azogue de la villa de Almadén. Lo importante de tal asiento es cuanto en él se instrumenta para el laboreo y beneficio, es decir, sus «herramientas, ingenios, bombas, tornos, casas de bermellón, xabecas, hornos, albercas», etcétera, aparatos y sistemas que se transfieren a las minas coloniales.

En 1576 Juan Capellín, vecino y minero de las minas de Pasco, en Méjico, que se dedicaba a la amalgamación de los minerales de plata, fue el inventor de la pieza llamada «capellina», usada en la destilación de la amalgama.

En 1595, por aplicación de las Ordenanzas de Felipe II, es nombrado administrador general de las minas, Carlos Xedler, el de los Fúcares. Xedler fue el alemán que más influyó en la organización minera hispana, y el promotor de las transferencias sajones.

Con tales influencias llegamos al siglo XVII, que en el orden minero podemos adjetivarle «de los inventores o novadores». En el Legajo 852 del Archivo de Simancas se recopilan la mayor parte de estos «inventos», que se refieren a procedimientos para mejorar la molienda, nuevos sistemas de hornos y máquinas para desaguar. Destacamos entre ellos el del inglés Antonio Shirley, que presenta un nuevo modelo de horno para la obtención de azogue, que protege mejor a los operarios y un procedimiento secreto para beneficiar los metales de plata sin azogue...

En 1640 Alvaro Alonso de Barba publica su «Arte de los Metales». Anteriormente había inventado el beneficio de «cazo y cocimiento». La aportación de Alonso de Barba es de gran importancia, primero por la originalidad de los procedimientos que explica, en segundo lugar por ser una aportación netamente española frente a las numerosas aportaciones sajones del siglo.

Agotada esta etapa de «inventores o novadores» arriba-mos a la Ilustración, al «siglo de las luces», en el que se crean las bases de la modernidad.

Las nuevas ideas ya habían desembarcado de la mano de Felipe V, que convierte el Consejo de Castilla en un órgano gerencial; que fomenta el proteccionismo y el desarrollo industrial.

Destacan como impulsores del desarrollo económico, en las primeras décadas del siglo XVIII, Macaraz, Alberoni, Patiño y Campillo. No obstante, el despegue industrial de algunas actividades, la minera y la metalurgia siguieron el pausado desarrollo que provenía de los descubrimientos indios, donde eran representantes genuinos de esta actividad Potosí, Huancavelica, Zacatecas, Tasco... en la América Hispana, y Almadén en la metrópoli.

Al laboreo de las minas le costaba desprenderse de los sistemas y métodos heredados de los siglos precedentes, sin embargo, la metalurgia, como hemos visto, había conseguido avances importantes desde la introducción del proceso de amalgamación.

Aparte de los conflictos bélicos que influyeron en el tráfico del azogue hacia las colonias, el quehacer minero se caracterizó por tres acontecimientos: el desarrollo de Río Tinto (fundado por el asiento a favor de Liberto Volters —de Estocolmo—, que introduce la cimentación para beneficiar mineral de cobre); el empleo generalizado de la pólvora en las explotaciones, y el incendio de las minas de Almadén, en 1755, hecho este último que afectó en gran medida a la economía y a la Hacienda Real.

Para restaurar la mina fue contratado Guillermo Bowles, que en 1775 publicó su «Introducción a la Historia Natural y a la Geografía», dedicada a S. M. Carlos III. Carlos III es el monarca por antonomasia de la Ilustración. Fue sin duda el mejor rey de nuestro siglo XVIII; siglo de las reformas en el que destacan dos aspectos: la lucha por la conquista de las Universidades por el poder central, y la adaptación de las enseñanzas a los designios de la Corona.

Quizás el mejor de los aciertos del Monarca fue el saber rodearse de buenos colaboradores:

Jorge Juan había insistido reiteradamente en la importación de tecnología inglesa. El Conde de Floridablanca había incrementado la contratación de expertos extranjeros, y así, en las Minas de Almadén sucede a Kochler, Cristóbal Sottr, que se ofrece, como el anterior, a enseñar a los mineros almadenenses: «lo que han olvidado hace tiempo... cómo se trabaja en las minas de Hannover, en Sajonia, y por toda Alemania».

El nuevo espíritu permitía a los promotores de ciencias experimentales y prácticas la creación de centros para formar «prácticos inteligentes» o ingenieros. Así se crearían las Academias o Escuelas civiles de Ingenieros, siendo la primera la «Escuela de Geometría Subterránea y Mineralogía» en la villa de Almadén (1777), que habría de ser trasladada a Madrid en 1835.

De esta forma, ya tenía la Corona la posibilidad de explotar mejor sus recursos naturales y enviar técnicos a los virreinos indios. Siguiendo este proceso, se for-

maron ingenieros que han escrito páginas gloriosas: De la Garza, Del Río (descubridor del vanadio y condiscipulo de Humbolt); Subiela, Fausto de Elhuyar (con su hermano descubridor del volframio), etc.

Otras instituciones que colaboraron en la ingente tarea de formar expertos fueron las Sociedades de Amigos del País, y especialmente la Bascongada, que adquirió gran prestigio cuando en su Seminario de Vergara se establecieron las cátedras de Química, Mineralogía y Metalurgia. Para estos fines llegaron a Vergara el físico Francisco Chabaneau, y el químico y metalurgista Luis José Proust.

Fueron socios pensionados por la Sociedad Bascongada los hermanos Elhuyar. En este mismo Seminario se practicó el primer análisis de la platina, descubierta por Antonio de Ulloa, que después analizó Bowles advirtiendo de los riesgos de adulteración que se podrían cometer con el oro.

Paralelamente, desde la Corte se impulsó la creación de importantes instituciones científicas, como el Gabinete de Historia Natural y el Jardín Botánico.

A finales del reinado de Carlos III se producen una serie de asentamientos de mineros sajones en la Península (Linares, etc.) y se organizan expediciones de expertos hacia América, en especial para introducir el procedimiento Born. Tales expediciones estaban compuestas por 27 profesores y mineros alemanes y austrohúngaros. Entre los que destaca el Barón de Nordenflycht; el fundidor de metales Helms; el geómetra Mothes; el ingeniero Weber el químico Sonnenschmidt.

La creación de los Tribunales de Minería, de acuerdo con las nuevas Ordenanzas de Minería para Nueva España, posteriormente adaptadas en el reino del Perú, escribieron las páginas más polémicas de las transferencias tecnológicas, culminando con el fracaso de la aplicación del procedimiento Born, pese a los esfuerzos de las expediciones de Northenflycht.

Por cierto que Fausto Fermín de Elhuyar llegó a Méjico con tales expediciones en 1788: le acompañaron los profesores alemanes Sonnenschmidt y Fischer. Se le nombró director del Tribunal, y modernizó el Real Seminario de Minería. En años sucesivos Humbolt alabaría su labor al glosar sus impresiones en el «Ensayo político sobre el Reino de Nueva España».

La trayectoria del Tribunal de Minería de Lima fue totalmente distinta por ser diferente el medio en que actuaba, que hizo imposible encontrar una persona capaz de ser Director del mismo.

Al hilo de estos acontecimientos indios y otros peninsulares que promovieron los políticos de la Ilustración como la creación de fábricas de loza, paños, tapices y hierros, se agota el siglo XVIII, que siente ya los aires de la revolución industrial y reclama importantes renovaciones técnicas. Surgen del entramado industrial dos importantes protagonistas: el hierro y el carbón.

La Marina de Guerra adopta un nuevo sistema para lastrear sus buques, sustituyendo piedras y viejos cañones por lingotes de hierro fundido o «salmones», como hacían los ingleses. Debido a ello tuvieron que utilizarse los

Hornos de Reverbero diseñados para consumir carbón mineral.

Otra innovación consumidora del mismo combustible fue la máquina de vapor. Los bosques casi se habían esquilado, y comienza a sustituirse la madera por el carbón mineral (hornaguera).

En consecuencia, aumenta la demanda de carbón y aunque en un principio se cubría con carbón procedente de Inglaterra, despierta el interés nacional por sus propios recursos, dando origen a la explotación de las cuencas españolas.

Un informe de la Marina de 1770 menciona unas primeras explotaciones en la Cuenca Central Asturiana. Los carbones se embarcaban en Gijón a bordo de «Pataches», «Zabras» y «Quechemarines», que cargaban entre 25 y 75 toneladas, con destino a La Cavada, Ferrol y Cartagena.

En su conjunto, la producción carbonera española fue muy pequeña durante todo el siglo XVIII. Esto era así porque el gran desarrollo de la minería del carbón se produce de la mano de los hornos de coque. El retraso con respecto a Inglaterra era extraordinario. Mientras en 1791, en Inglaterra ya existían 81 hornos de coque, en España aún no habían aparecido.

IV

Para terminar, haré una breve referencia a aquellas personas que fueron famosas en su tiempo por denunciar, descubrir o explotar minas importantes.

Si hoy en día localizar un nuevo yacimiento o incluso aumentar el conocimiento del existente, es fruto de sofisticadas técnicas de prospección, hubo una época en que encontrar una «mina» dependía del tiempo empleado en pisar el terreno, indagar y preguntar a los naturales. En otras palabras, buscar, de ahí el «buscón», tal como se decía del que se dedicaba a esta penosa y a veces lucrativa profesión. Los «buscones» en los territorios del «Nuevo Mundo», constituían una especie peculiar de «prospectores», que con sus éxitos, ya que los fracasos se ocultaban, hacían proselitismo de soñadores, que aun no logrando sus propósitos de encontrar lo que buscaban, se convirtieron en conquistadores involuntarios.

Yo creo que no hubo un español, clérigo o seglar, que yendo a América no intentase descubrir una mina, haciendo realidad la idea de que la gran empresa hispana fue, en el orden económico, una empresa minera.

Así, Hernán Cortés, «auxiliado por dos mineros españoles que llevó consigo en clase de soldados, Francisco Alanís y Antonio Tapia», descubrieron y pusieron en explotación el real de Tasco, y fue tal su fama que a los pocos años se vio poblado aquel lugar de toda clase de personajes.

Potosí se descubre en otras circunstancias, más novelescas: Los capitanes Juan de Villarroel Santandía, Diego Centeno y el maestro de campo Pedro Cotamito, mineros de Porco, son reputados como los descubridores del cerro de Potosí, pero lo fue en realidad el indígena Diego Guallica, puesto al servicio de Villarroel. El indio salió de

Porco a apacentar sus llamas y por haberse hecho tarde pasó la noche en el cerro de Potosí y aseguró sus llamas contra unos matorrales de paja y esperó el día; matorral que arrancaron las llamas dejando al descubierto hilos de plata.

Y la nómina de descubridores, de «busconiles», fue aumentando, pues no hubo un metro de llano o cordillera en la que no plantase el pie un minero español en potencia. Un resumen nos lo dan Pedro de Novo y Manuel Ortega:

«... en 1608, don Diego de Ovalle estudiaba las minas de Pachuca, en Nueva España; a Fray Antonio de la Concepción se deben las primeras noticias de oro en California, en la playa de San Diego, hacia 1620. El doctor Francisco Arnaldo Isasi examinó, en 1648, las minas de Mechucán; el P. José de Zaragoza, hacia igual fecha, el nuevo Almadén del Azogue, en Chilapa.

Mucho más cercanas a nosotros son las referencias de Juan López Cancelada, berciano y «escritor público en ambos Mundos», que en su libro «Minas de oro y plata», de 1834, nos habla de la afición que en Nueva España demostraron sus naturales a la investigación, «lo que hizo poderosos a muchos pobres». El Conde de Valencia, pobre violinista que descubrió «la veta de la mina más rica que se ha conocido hasta ahora en ambos mundos» (La Valenciana); el negro Ventura, albañil de la provincia de San Luis, en Potosí, que buscando su caballo halló la veta que le hizo dueño de más de dos millones de duros; el arriero Francisco de Zúñiga, conocido por Chafarote, halló una mina que le produjo más de cinco millones de duros; el Conde de Regla; el Marqués de Rayas; el de Vivanco; el Conde de Contra-mina; el Marqués del Aparado, etc.

¿Fábula o realidad? He aquí el misterio que hizo de la mina una fantástica aventura en la que participó el pueblo en general.

COLOQUIO

Al finalizar la amena y documentada conferencia del señor del Valle Menéndez, el Presidente del Club Español de la Minería, D. José Rosón, indicó que tras la intervención de D. Antonio había muchas horas de labor y que cara al Congreso Mundial de Minería, había que hacer hincapié en la labor minera de España en Iberoamérica.

A continuación declaró abierto el coloquio y el Presidente de ENRESA solicitó la palabra para hacer la siguiente

Pregunta: He hechado de menos —dijo D. Juan Manuel Kindelán— oír algo sobre la minería árabe, precisamente ahora que he visto en Granada la espléndida exposición Al-Andalus. Así, ¿es que acaso no hubo un desarrollo de esta minería?

Respuesta: D. Antonio del Valle señaló que salvo la actuación árabe en Almadén se conoce muy poco sobre su minería. Todo era industria de guerra, ferrerías... Es que no existe. El problema es que no había hierro y lo obtenían de donde podían, incluso de clavos viejos que sacaban de muebles, «todo era aprovechamiento e industria de guerra», dijo D. Antonio del Valle.

Seguidamente, en vista que nadie preguntaba, el Presidente del Club indujo al ex presidente de Carbuniión, don Manuel Arroyo Quiñones, a que interviniera. Este indicó que le había gustado mucho la conferencia, ya que D. Antonio del Valle no sólo es un gran empresario, sino que es también un gran historiador. En otro orden de cosas, continuó el Sr. Arroyo, es conveniente, que tal y como has dicho, Presidente, se resalte la importancia de España en la minería iberoamericana y, respecto al carbón español, es cierto que estamos en un momento difícil, «pero actualmente hay un 80 por 100 de empresas que extraen carbón que se van a seguir manteniendo en el futuro».

Pregunta: D. Ubaldo Usunariz, Presidente de CONFEDEM, manifestó que «esta conferencia me ha dado la idea de que la minería es una cosa cíclica» ¿Qué opinas?

Respuesta: D. Antonio del Valle dijo que la parte cíclica se refiere a su propia historia. Así, la minería iberoamericana era para dominar Europa. Cuando llegaron las independencias de esos países en el siglo XVIII, dejan de llegar las materias primas y nos quedamos sólo con lo nuestro que, por cierto, estaba abandonado, pues sólo se ejercía actividad extractiva en América, hasta tal punto que incluso se abandona la minería del sur de España.

CLAUSURA

El Sr. Rosón Trespalacios cerró el acto indicando que el carbón vuelve a tomar gran predicamento en la generación de electricidad. Para que sea menos contaminante, continuó el Presidente del Club, tendrá que ir a técnica de lechos fluidos, ciclo combinado, etc., pero en el futuro será muy importante.

Noticias

CURSOS ABIERTOS DE FORMACION DEL PERSONAL DEL ITGE

Como continuación de los cursos reseñados en anteriores Boletines, correspondientes al Programa de Actividades de Formación de Personal, incluimos los dos últimos a celebrar con los que se cierra el año 1992.

VI CURSO DE RIESGOS GEOLOGICOS Y NATURALES

A celebrar en Madrid, del 16 al 20 de noviembre de 1992. Organizado por el ITGE a través del Area de Ingeniería Geoambiental.

Contenido

- Introducción a los Riesgos Geológicos:
 - * Introducción a los Riesgos Geológicos y Naturales.
 - * Conceptos básicos: peligrosidad, vulnerabilidad, exposición y riesgo.
 - * Estrategias de mitigación.
 - * La importancia socioeconómica de los Riesgos Geológicos en España.
- Riesgos ligados a la Geodinámica Interna:
 - * Diapiros en España, dinámica y riesgos.
 - * Geología y volcanismo.
 - * Predicción y prevención de riesgos volcánicos.
 - * Geología y terremotos.
 - * Estado actual de la predicción de terremotos.
 - * Prevención de terremotos y diseño antisísmico.
- Riesgos ligados a la Geodinámica Externa:
 - * Peligros meteorológicos.
 - * Sequías.
 - * Factores que controlan los procesos de erosión-sedimentación.
 - * La erosión en España.

- * Geología y dinámica fluvial.
- * Modelos hidrológicos de las avenidas y mapas de peligrosidad.
- * Métodos estructurales y no estructurales de defensa contra inundaciones.
- * Deslizamientos, desprendimientos y avalanchas.
- * Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de laderas.
- * Corrección, instrumentación y control de los movimientos del terreno.
- * Riesgos ligados a procesos kársticos.
- * Geología y dinámica litoral.
- * Riesgos geológicos asociados a la dinámica litoral.
- * Riesgos asociados a la dinámica de la plataforma continental.
- Otros Riesgos:
 - * Riesgos de origen cósmico.
 - * Geología y cambios climáticos recientes.
 - * Riesgos geotécnicos ligados a arcillas expansivas.
 - * Aludes de nieve.
- Riesgos Geológicos y Naturales y Sociedad:
 - * Los Riesgos Geológicos y Naturales y la Protección Civil.
 - * Riesgos Geológicos y Naturales y Ordenación del Territorio.
 - * Gestión de seguros de riesgos naturales.

II REUNION NACIONAL DE GEOARQUEOLOGIA

A celebrar en Madrid, diciembre de 1992.

Organizado por el ITGE a través del Area de Ingeniería Geoambiental.

INTRODUCCION

En los últimos años, la Arqueología ha ido adquiriendo un marcado carácter inter y multidisciplinar, fruto de las nuevas tendencias investigadoras encaminadas a estudiar

los yacimientos arqueológicos y sus componentes desde numerosos puntos de vista para obtener una visión global o totalizadora de los vestigios del pasado que los componen.

Entre las diferentes disciplinas científicas que se engranan en los estudios arqueológicos actuales se encuentra la Geoarqueología, cuyo campo de actuación se centra en los aspectos geológicos que de una forma u otra se ven reflejados en los yacimientos arqueológicos.

En este sentido la Geoarqueología estudia tanto los procesos geológicos naturales que han afectado a los antiguos asentamientos humanos, y que continúan haciéndolo actualmente sobre sus restos, como los diferentes componentes geológicos de esos asentamientos, en muchos casos aportados por el hombre. Por tanto, el estudio del medio ambiente del pasado y de los territorios explotados por el hombre son algunos de los objetivos de la Geoarqueología.

El ITGE, no ajeno a estas nuevas tendencias, viene reali-

zando en colaboración con diferentes organismos de investigación arqueológica, estudios geoarqueológicos en numerosos yacimientos que cubren prácticamente desde los primeros momentos de la presencia humana en nuestro país hasta la época preindustrial. Por ello, y a la vista del interés que suscitan estos temas, de marcado carácter ambiental, el ITGE ha decidido organizar la II Reunión Nacional de Geoarqueología, con el propósito de ofrecer un lugar de encuentro para los investigadores que centran sus estudios en estos aspectos del conocimiento del pasado.

CURSOS DE LA UNIVERSIDAD DE VERANO DE TERUEL

La Universidad de Verano de Teruel, como en años anteriores, organiza, con la colaboración de la Diputación Provincial y Ayuntamiento de Teruel, Diputación General de Aragón y la Universidad de Zaragoza, su tradicional Curso de Verano 1992, a desarrollar durante los meses de julio y septiembre. A continuación reseñamos los siguientes:

XXVI CURSO DE GEOLOGIA PRACTICA

Fecha:

Del 6 al 15 de julio.

Dirigido a:

Estudiantes y licenciados en Ciencias Geológicas, así como a interesados en las materias impartidas.

Dirección:

Dr. D. Mateo GUTIERREZ ELORZA.

Profesorado:

- Dr. D. Luis ALCALA.
Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Dr. D. Rafael ADROVER
La Salle. Teruel.
- Dr. D. José Ramón DIAZ DE TERAN MIRA.
Profesor Titular de Geodinámica. Universidad de Cantabria.
- Dr. D. Mateo GUTIERREZ ELORZA.
Catedrático de Geología. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. Antonio HERNANDEZ SAMANIEGO.
CGS. Madrid.
- Dr. D. Alfonso MELENDEZ HEVIA.
Profesor Titular de Geología. Universidad de Zaragoza.
- D. Alfonso OLIVE DAVO.
CGS. Madrid.
- Dr. D. Federico ORTI CABO.
Catedrático de Petrología. Universidad de Barcelona.
- Dr. D. Gonzalo PARDO TIRAPU.
Profesor de Estratigrafía. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. José Luis PEÑA MONNE.
Catedrático de Geografía. Universidad de Zaragoza.

- Dr. D. Antonio PEREZ GARCIA.
Profesor Titular de Estratigrafía. Universidad de Zaragoza.
- Dr. José RAMIREZ DEL POZO.
Madrid.
- Dr. D. Oriol RIBA ARDERIU.
Catedrático de Estratigrafía. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. José Luis SIMON GOMEZ.
Profesor Titular de Geodinámica. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. Joaquín VILLENA MORALES.
Catedrático de Estratigrafía. Universidad de Zaragoza.
- Dra. Dña. Caridad ZAZO CARDEÑA.
Investigadora del CSIC. Madrid.

Programa:

El objetivo fundamental del Curso es completar de forma práctica la formación geológica de los participantes, ofreciendo una visión general de la Cordillera Ibérica mediante excursiones dirigidas por investigadores y profesionales especializados y conferencias complementarias.

Plazas:

50.

Matrícula:

20.000 ptas. (15.000 para estudiantes y desempleados). Se incluyen 10 salidas al campo.

Colaboran:

ENDESA e Instituto Tecnológico Geominero de España.

VII CURSO DE GEOGRAFIA FISICA: LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA BASICA Y APLICADA

Fecha:

Del 6 al 10 de julio.

Dirigido a:

Estudiantes de 2.º ciclo y Licenciados en Geografía e Historia y Ciencias Geológicas, así como a otros universitarios y profesionales interesados por la cartografía geomorfológica en sus aspectos teóricos y aplicados al análisis del territorio.

Dirección:

Dr. D. José Luis PEÑA MONNE.

Profesorado:

- Dr. D. José Luis PEÑA MONNE.
Catedrático de Geografía Física. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. Mateo GUTIERREZ ELORZA.
Catedrático de Geomorfología. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. Francisco PELLICER CORELLANO.
Profesor Titular de Geografía Física. Universidad de Zaragoza.
- Dra. Dña. María Teresa ECHEVERRIA ARNEDEO.
Profesora Titular de Geografía Física. Universidad de Zaragoza.
- Dra. Dña. María Victoria LOZANO TENA.
Profesora Titular de Geografía Física del Colegio Universitario de Teruel.
- Dr. D. Miguel SANCHEZ FABRE.
Profesor Titular de Geografía Física. Universidad de Zaragoza.
- Dr. D. Carlos SANCHO MARCEN.
Profesor Titular de Geomorfología. Universidad de Zaragoza.
- D. Antonio JIMENEZ MARTINEZ.
Director de la Escuela-Taller de Albarracín.
- D. Javier CHUECA CIA.
Becario del Dpto. de Geografía. Universidad de Zaragoza.
- Dña. Concepción MOYA MEDINA.
Colaboradora del Instituto de Estudios Turolenses.

Programa:

El VII Curso de Geografía Física tiene un enfoque monográfico, ya que su objetivo principal es mostrar diferentes sistemas y técnicas de cartografía geomorfológica utilizadas en España y en otros países europeos y sus posibilidades de aplicación. Junto a las clases teórico-prácticas desarrolladas en las aulas, se realizarán sesiones de iniciación a la cartografía básica y aplicada sobre distintas zonas de la Sierra de Albarracín, representativas del relieve de la Cordillera Ibérica. También se llevarán a cabo dos salidas de campo en dichas serranías para reconocer sobre el terreno los principales aspectos geomorfológicos expresados en los mapas preliminares.

Los principales contenidos del curso pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Introducción general a los Mapas Geomorfológicos.
2. Documentos básicos para la realización de Mapas geomorfológicos.
3. El uso de imágenes de satélite en cartografía geomorfológica.
4. Diseño de leyendas y mapas geomorfológicos.
5. Sistemas de cartografía geomorfológica.
6. La cartografía geomorfológica en España.
7. Mapas temáticos y aplicados.
8. Los mapas de riesgo geológico.
9. La cartografía geoambiental.
10. Geomorfología de la Cordillera Ibérica y de la Sierra de Albarracín.
11. Realización práctica de Mapas Geomorfológicos.
12. Reconocimiento sobre el terreno de la cartografía geomorfológica realizada (Sierra de Albarracín). Dos días de campo.

Plazas:

Limitadas.

Matrícula:

12.000 ptas. (7.00 para estudiantes y desempleados).

III CURSO DE BOTANICA PRACTICA. LA FLORA Y VEGETACION DEL SISTEMA IBERICO

- Fecha:** aproximación al conocimiento práctico de las plantas autóctonas del Sistema Ibérico, especialmente a su paso por la provincia de Teruel.
Del 6 al 10 de julio.
- Dirigido a:** Cada día del mismo se dedicará la mañana a una salida al campo, para visitar las zonas provinciales de mayor interés botánico. Por la tarde se desarrollarán dos actividades: primero una sesión de proyecciones, sobre aspectos de la flora y vegetación de Teruel, que no puedan ser apreciados en los desplazamientos al campo, y después otra para la observación e identificación de las muestras recolectadas en cada salida.
- Dirección:** Especialistas y docentes del área de las Ciencias de la Naturaleza interesados en profundizar en el terreno de la Botánica Práctica y a todos aquellos aficionados a la naturaleza, interesados en el conocimiento de las plantas en general o en el patrimonio vegetal turolense, en particular.
- Dr. D. Gonzalo MATEO SANZ.
Profesor Titular de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia.
- Plazas:** 50.
- Matrícula:** 12.000 ptas. (7.000 para estudiantes y desempleados).
- Programa:** El presente curso pretende ofrecer una iniciación al trabajo de campo en Botánica al tiempo que intenta servir como

II CURSO DE ESTUDIOS AMBIENTALES: PROCESOS DE DEGRADACION AMBIENTAL Y RIESGOS NATURALES

- Fecha:** Del 1 al 10 de julio.
- Dirigido a:** Posgraduados, funcionarios, estudiantes de cursos superiores de las especialidades concernidas en el medio ambiente y los riesgos naturales y, en general, a todas aquellas personas que tengan interés o competencias de actuación en estos temas.
- Dirección:** — Dr. D. Francisco ORTEGA ALBA.
Catedrático de Geografía Física. Universidad de Granada.
- Programa:** Objetivos: Delimitación de los conceptos fundamentales del medio ambiente y de los riesgos naturales, introducción a las metodologías y los contenidos de ambos campos, aprendizaje de las interacciones y sinergias recíprocas y constatación de la importancia de los fenómenos en el campo, donde se podrán observar algunos de los impactos medioambientales más conspicuos y graves a escalas grande y media, así como las condiciones de existencia de los riesgos de inundación y su prevención.
- Plazas:** Limitadas.
- Matrícula:** 20.000 ptas. (15.000 para estudiantes y desempleados). Se incluyen dos salidas al campo.

II CURSO DE ARQUEOLOGIA ESPACIAL: PROSPECCION ARQUEOLOGICA Y ANALISIS DEL TERRITORIO

- Fecha:** julio al 1 de agosto. Los interesados en estas prácticas deberán dirigir solicitud acompañada de currículum.
Del 14 al 19 de julio.
- Con posterioridad se celebrarán prácticas de campo y laboratorio restringidas a un grupo de 16 personas, becas por el Instituto Aragonés de Arqueología, del 20 de
- Dirigido a:** Estudiantes de segundo ciclo y licenciados en Geografía e

Historia, con especial dedicación a la Arqueología, Prehistoria, Protohistoria, Historia Antigua e Historia Medieval.

Dirección:

- Dr. D. Francisco BURILLO MOZOTA.
Profesor Titular de Prehistoria, Colegio Universitario de Teruel.

Programa:

- La prospección en Arqueología, tendencias y perspectivas.
- Cartografía y Fotografía Aérea.
- Técnicas de prospección de superficie, el registro del yacimiento.

- Técnicas de muestreo.
- Fotointerpretación y prospección arqueológica.
- Tratamiento informático de la prospección.
- Procesos postdeposicionales y prospección.
- Datación en prospección: La aplicación de modelos multivariantes.
- Métodos de análisis de Arqueología Espacial, aplicadas a la prospección.
- Estudio de un caso práctico: Alfambra.

Plazas:

40.

Matrícula:

12.000 ptas. (7.000 para estudiantes y desempleados).

CURSO DE EDUCACION AMBIENTAL

- Fecha:** Del 20 al 24 de julio.
- Dirigido a:** Titulados Universitarios, profesores y profesionales de la Educación Ambiental.
- Dirección:** — Dña. María Dolores CALOMARDE DOÑATE.
Bióloga. Master en Educación Ambiental. Consultora y Auditora Ambiental. Directora R. J. «L. Buñuel». DGA.
- Programa:** Los objetivos básicos del Curso son:
- Formar personal cualificado en el análisis de la problemática ambiental contemporánea y en el diseño, gestión y evaluación de Programas de Educación Ambiental.
- Dar a conocer diversos estudios sobre Educación Ambiental.
- Favorecer el intercambio de experiencias y renovación pedagógica entre los diversos profesionales de Educación Ambiental.
- Sensibilizar al colectivo de la importancia y repercusión de la Educación Ambiental en las actitudes y toma de decisiones individuales y colectivas. La metodología será dinámica y participativa, siendo las sesiones de tra-
- bajo estructuradas en clases teórico-prácticas, seminarios, conferencias, mesa redonda, visita a un centro de Educación Ambiental, exposición bibliográfica y de material educativo ambiental, etc.
- Los asistentes podrán presentar comunicaciones previa petición de las normas a la secretaría de la Universidad de Verano de Teruel.
- Contenidos:**
- Concepto y objetivos de la Educación Ambiental.
- Análisis de problemas ambientales.
- El Medio Ambiente en España y CC. AA.
- Diseño de Programas de Educación Ambiental.
- La Educación Ambiental no formal y relaciones con la Educación Ambiental escolar.
- La Educación Ambiental escolar en el sistema educativo español.
- Plazas:** Limitadas.
- Matrícula:** 12.000 ptas. (7.000 para estudiantes y desempleados).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

910460. **Memoria 1989.**

Inst. Cartog. Catalunya (1990), 211 pp., cat., bibl. ITGE.
* Informe actividad, Informe anual, Cartografía, Institución, Cataluña.

910496. **José Bonifacio D'Andrade e Silva (Mineralogista, Académico, Mineiro do sec. XIX).** FERREIRA, M. P. *Mem. Not.-Publ. Mus. Lab. Mineral Geol. Univ. Coimbra* (1986), núm. 16, 19-32, 6 ref., port., res. ing., bibl. ITGE.
* Bibliografía personal, Portugal.

910562. **III Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección. Madrid, 17-19 de Octubre de 1989.** ANTON PACHECO, C. (ed.), y LABRANDERO, J. L. (ed.). *ITGE* (1990), 336 pp., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Reunión, Teledetección.

GEOLOGIA REGIONAL

910432. **La montaña olímpica de Montjuic.** GURREA, I. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), número 2, 21-39, 11 ref., esp., res. ing., cat., bibl. ITGE.
* Macizo montañoso, Anticlinal, Cantera, Fauna, Población endémica, Provincia Barcelona.

910433. **Bibliografía científica sobre Montjuic.** *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 2, 41-46, cat., bibl. ITGE.
* Bibliografía, Provincia Barcelona.

GEOMORFOLOGIA

910530. **Estudio multitemporal de las marismas del Guadalquivir. Reconocimiento de patrones del medio físico.**

SILJESTRÖM, P.; GARCIA, L. V.; CLEMENTE, L., y SEGUERA, F. J. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 51-58, 15 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Marisma, Teledetección, Imagen, Suelo, Vegetación, Hidrología, Cuenca Guadalquivir, Provincia Huelva.

910531. **Algoritmos de comparación de imágenes: un método para el análisis de imágenes multitemporales en Teledetección.** GIRO, S.; CATASUS, X., y BARRIUSO, J. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 125-131, 3 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Morfología costa, Línea costa, Delta, Teledetección, Análisis imagen, Algoritmo, Río Ebro, Provincia Tarragona.

CUATERNARIO

910423. **Consideraciones sobre la presencia de algunos vegetales relictos terciarios durante el Cuaternario en la Península Ibérica.** GARCIA ANTON, M.; MORLA, C., y SAINZ, H. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Biol.* (1990), vol. 86, núm. 1-4, 95-105, 51 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Biostratigrafía, Polen, Flora angiosperma, Paleocología, Pleistoceno, Holoceno, Terciario, Península Ibérica.

910427. **Evidencia del ciclo solar de 22 años. Ciclo de Hale, en el bosque fósil de Dunarobba, Italia, del Villafrañense Superior.** RUGGIERO, L. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 1, 17-26, 2 ref., esp., bibl. ITGE.
* Bosque, Madera fósil, Crecimiento anual, Sol astro, Villafrañense.

910430. **Evolució de la costa Barcelonina durant el Neogen: del Miocé als nostres dies.** VELA, J. A., y CAMPRECIOS, J. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 2, 5-14, 8 ref., cat., res. ing., esp., bibl. ITGE.
* Línea costa, Relieve estructural, Golfo, Bloque tectónico basculante, Neotectónica, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Provincia Barcelona.

910437. **Cartografía morfogenética de algunos fenómenos endokársticos del Aralar Guipuzcoano.** GOIKOETXEA, I. *Cuad. secc., Hist.-Geogr.* (1990), núm. 16, 9-25, 18 ref., esp., bibl. ITGE.
* Cartografía, Karst, Cavidad, Provincia Guipúzcoa.

910438. **Algunos datos sobre la paleogeografía litoral cuaternaria de la costa: Jaizkibel - Bahía de Txingudi (Golfo de Vizcaya).** EDESO, J. M., y UGARTE, F. M. *Cuad. secc., Hist.-Geogr.* (1990), núm. 16, 27-76, 36 ref., esp., bibl. ITGE.
* Morfología costa, Sedimento, Granulometría, Método estadístico, Cuaternario, Golfo de Vizcaya, Provincia Guipúzcoa.

GEOLOGIA MARINA

910539. **Coastal flow modification by submarine canyons along the NE Spanish coast.** MASO, M.; LA VIOLETTE, P. E., y TINTORE, J. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 287-294, 14 ref., ing., res. esp., SP. ITGE.
* Relieve submarino, Cañón marino, Off shore, Circulación oceánica, Teledetección, Imagen, Cataluña.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

910421. **Hidrocarburos halogenados en aguas potables de la provincia de Lugo.** FREIRIA, M. J.; RACAMONDE, F.; ALVAREZ, A.; LORENZO, R. A., y BERMEJO, F. *Bol. Acad. Galega Cienc.* (1989), vol. 8, 7-17, 12 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Calidad agua, Hidrocarburo, Potabilidad, Agua potable, Cromatografía fase gaseosa, Provincia Lugo.

910500. **Los estériles de lavadero de hulla como material para la construcción de terraplenes.** GONZALEZ, J.; RODRIGUEZ, J. M.; HINOJOSA, J. A.; FALCON, A.; IBARZABAL, J. L., y FERNANDEZ, J. A. *Cant. explot.* (1990), núm. 285, 63-69, 4 ref., esp., bibl. ITGE.
* Terraplenamiento, Reciclado, Estéril, Carbón, Utilización sustancia, Compactación, Granulometría, Densidad.

910501. **Medio ambiente en Asturias.** ABELLA, M. A. *Entiba* (1990), núm. 17-18, 29-31, esp., bibl. ITGE.
* Estudio impacto medio, Cantera, Cielo abierto, Agua superficie, Lluvia ácida, Agricultura, Bosque, Asturias.

910505. **Influencia de la selección de los estériles de la Mina Puentes en la restauración de la escombrera.** GIL, A.; MACIAS, F.; MONTERROSO, C., y VAL, C.

Ind. min. (1990), núm. 304, 56-62, 6 ref., esp., bibl. ITGE.
* Reacondicionamiento, Estéril, Cielo abierto, Lignito, Pizarra, Arena, Cambio iónico, pH, Escombrera, Provincia La Coruña.

910506. **Problemas geotécnicos de los rellenos sanitarios.** ESPINALE, R.; OLAETA, J. A.; PRADO, O.; PALMA, J., y DIAZ, I. *Ing. civ.* (1990), núm. 77, 77-83, 19 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Terraplenamiento, Vertido controlado, Residuo sólido, Compresibilidad, Asiento, Capacidad de carga.

910508. **Formas, causas y mecanismos de alteración de los materiales pétreos de la Torre de la Catedral de Granada.** SEBASTIAN, E.; SORIANO, J.; RODRIGUEZ, C., y ALVAREZ DE BUERGO, M. *Ing. civ.* (1990), núm. 77, 31-40, 6 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Alteración meteórica, Material ornamentación, Caliza bioclástica, Piedra de construcción, Acción climática, Acción biógena, Conservación, Edificio, Catedral, Provincia Granada.

910509. **La influencia de las condiciones del terreno en el acelerograma de diseño y la respuesta de las estructuras.** JUSTO, J. L.; JARAMILLO, A., y GARCIA BARRQUIN, R. *Ing. civ.* (1990), núm. 77, 41-46, esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Riesgo sísmico, Edificio, Respuesta sísmica, Movimiento suelo, Cimentación, Acelerograma.

910510. **Fenómenos de hinchamiento de formaciones margo-yesíferas en la cuenca del Ebro.** ESTEBAN, F. *Ing. civ.* (1990), núm. 77, 87-97, 16 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Hinchamiento, Deformación, Marga, Yeso, Propiedad geotécnica, Ensayo laboratorio, Excavación, Terciario, Cuenca Ebro.

910512. **Gas y medio ambiente.** GOMEZ ANGULO, A. *Oilgas* (1990), núm. 273, 65-66, esp., bibl. ITGE.
* Protección medio ambiente, Contaminación, Gas natural.

910513. **Zonas húmedas: Resumen de la IV Conferencia de las Partes del Convenio Ramsar.** VALLADARES, M. A. *Panda* (Madrid, 1990), núm. 31, 27-29, esp., bibl. ITGE.
* Reunión, Terreno húmedo, Ecosistema, Conservación.

910514. **Reunión de Conservación Europea.** VALLECILLO, C. G. *Panda* (Madrid, 1990), núm. 31, 34-35, esp., bibl. ITGE.
* Reunión, Conservación, Biología, Recurso natural, Contaminación.

910515. **Terremoto de California.** *Prot. civ.* (1990), núm. 8, 18-21, esp., bibl. ITGE.
* Sismo, Falla, Falla San Andrés, Colisión placas, Riesgo sísmico, Daño catástrofe natural, Previsión, California.

910517. **Reforestación e impacto ambiental: Raíces profundas.** TERRIBAS, B. *Rev. Minist. Obras Públicas Urban.* (1991), núm. 383, 22-27, esp., bibl. ITGE.
* Estudio impacto medio, Deforestación, Erosión suelo, Vegetación, Bosque, Reacondicionamiento, España.

910518. **España, por debajo de la media europea de emisiones de CO₂: A vueltas con el clima.** RODRIGUEZ, J. I. *Rev. Minist. Obras Públicas Urban.* (1991), núm. 383, 47-51, esp., bibl. ITGE.
* Protección medio ambiente, Contaminación, Gas carbónico, Efecto invernadero, Clima, CEE, España.
910521. **¿Estamos cambiando el clima?** TOHARIA, M. *Revista REPSOL* (1989), núm. 5, 7-11, esp., bibl. ITGE.
* Efecto invernadero, Lluvia ácida, Desertificación, Deforestación, Clima.
910527. **Reconocimiento de la ocupación del suelo mediante teledetección en dos municipios vallisoletanos: Ataquines y Peñafiel.** ESCUDERO, R., y MARTINEZ, S. E. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 23-32, 6 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Teledetección multispectral LANDSAT, Utilización terreno, Agricultura, Provincia Valladolid.
910528. **Análisis multitemporal de imágenes HRV - SPOT a escala de semidetalle. Su utilización en la actualización planimétrica y de usos del territorio.** FERNANDEZ PALACIOS, A.; LOBATO, A.; MOREIRA, J. M.; GIMENEZ DE AZCARATE, F., y SANCHEZ, D. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 33-42, 8 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Teledetección multispectral, Imagen color, Utilización terreno, Cartografía, Planificación.
910529. **Mapa 1:250.000 de usos y cubiertas del suelo de Catalunya a partir de datos TM.** VIÑAS, O.; BAULIES, X.; ROMEU, J., y VIÑA, M. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 43-50, 4 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Planificación regional, Utilización terreno, Teledetección, LANDSAT, Imagen, Cartografía, Mapa temático, Cataluña.
910538. **Metodología para la determinación del albedo espectral en estudios de desertificación a escala regional.** LOPEZ BAEZA, E., y MELIA, J. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989.* *ITGE* (1990), 221-227, 9 ref., esp., res. ing., SP. ITGE.
* Desertificación, Albedo, Poder reflector, Método satélite, Imagen, Algoritmo.
910540. **Atlas del medio físico de la ciudad de Burgos y su marco provincial.** ITGE. *Ingeniería Geoambiental* (1988), 240 pp., ref. disem., esp., SP. ITGE.
* Geología física, Recurso natural, Geología medio ambiente, Geomorfología, Mapa geológico medio ambiente, Mapa geológico, Mapa geomorfológico, Mapa utilización terreno, Provincia Burgos.
910541. **Geología ambiental.** AYALA, F. J. (ed.), y JORDA, J. F. (ed.). *ITGE* (1988), 257 pp., ref. disem., esp., SP. ITGE.
* Geología medio ambiente, Riesgo natural, Estudio impacto medio, Gestión.
910542. **La geología ambiental en el contexto de las disciplinas y problemas ambientales.** AYALA, F. J. *Geología ambiental. ITGE* (1988), 9-15, 19 ref., esp., SP. ITGE.
* Geología medio ambiente, Enseñanza, Planificación, Riesgo natural, Estudio impacto medio.

PALEONTOLOGIA: VERTEBRADOS

910428. **Embriones fósiles de dinosaurios y otros reptiles mesozoicos.** VELA, J. A. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 1, 27-33, 7 ref., esp., res. ing., cat., bibl. ITGE.
* Dinosaurios, Euryapsida, Nothosauria, Trias Medio, Pirineos españoles, Provincia Lérida.
910434. **Los dinosaurios.** GONZALEZ, J. L. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 3, 5-13, esp., bibl. ITGE.
* Dinosaurios, Medio marino, Extinción, Jurásico.
910463. **Antropología del hueso coxal: Evolución, dimorfismo sexual y variabilidad.** ARSUAGA, J. L. *Univ. Complutense Madrid* (1990), 399 pp., 195 ref., esp., bibl. ITGE.
* Tesis doctoral, Antropología, Anatomía esqueleto, Evolución biológica, Dimorfismo sexual, Biometría, Análisis multivariable.
910435. **Brev estudi filogenic, ontogenic i paleoecologic del genere Paradoxides (Trilobit).** RIU COLL, X. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 3, 14-46, 11 ref., cat., res. ing., esp., bibl. ITGE.
* Redlichia, Paradoxides, Filogenia, Ontogenia, Dimorfismo sexual, Tafonomía, Biostratigrafía, Paleoecología, Cámbrico Medio, España, Provincia Zaragoza.
910436. **Los trilobites del Cámbrico de Ossa Morena.** VELA, J. A., y ROMERO, J. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1990), núm. 4, 6-38, 42 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Trilobites, Reconstitución paleontológica, Análisis clásico, Paleoecología, Biostratigrafía, Paleogeografía, Cámbrico, Provincia Badajoz, Sevilla, Huelva.
910425. **La odisea del vuelo.** LACASA, A. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 1, 7-10, esp., bibl. ITGE.
* Teoría, Filosofía, Insectos.

PALEOBOTANICA

910461. **Paleobotánica en el Jardín Botánico de Córdoba.** WAGNER, R. H. *Not. paleontol.* (1990), núm. 16, 10-12, esp., bibl. ITGE.
* Informe actividad, Institución, Paleobotánica, Provincia Córdoba.

TECTONICA

910564. **Microtectónica y metamorfismo de los Mantos Alpujarrides del Tercio central de las Cordilleras Béticas (entre Motril y Adra).** CUEVAS, J. *Publicaciones Especiales Boletín Geol. y Min. ITGE* (1990), 129 pp., 256 ref., esp., SP. ITGE.
* Tesis doctoral, Tectónica superpuesta, Microtectónica, Acuífero, Deformación dúctil, Cabalgamiento, Milonitización, Cizallamiento, Metamorfismo progresivo, Alpujarras, Zona Bética, Provincias Almería, Granada.

HIDROLOGIA. HIDROGEOLOGIA

910424. **Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana. Uso, calidad y perspectivas de utilización.** ITGE. *Colecc. Inf. - Inst. Tecn. Geom. España* (1989), 298 pp., esp., SP. ITGE.
* Mapa hidrogeológico, Acuífero, Agua subterránea, Piezometría, Calidad agua, Gestión recursos agua, Región Valencia.
910507. **Estudio de algunos modelos determinísticos lluvia-escorrentía. Aplicación a una cuenca real.** CARMONA, A., y AYUSO, J. *Ing. civ.* (1990), núm. 77, 13-28, 22 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Divisoria de aguas, Lluvia, Escorrentía, Balance de agua, Modelo matemático, Provincia Córdoba.
910519. **Control de calidad de aguas potables.** MARTIN, E. F. *Rev. Minist. Obras Públicas Urban.* (1991), núm. 383, 70-74, esp., bibl. ITGE.
* Calidad agua, Conducción de agua, Potabilidad, Depuración, Agua potable, España.
910523. **Jornadas sobre la aplicación de la nueva Ley de Aguas en la gestión de las aguas subterráneas.** Zaragoza, 6, 7 y 8 de julio de 1988. Tomo I. *Asoc. int. hidrogeol. Zaragoza* (1988), vol. 1, esp., bibl. ITGE.
* Reunión, Gestión recursos agua.
910524. **Aplicaciones del modelo MEDA en la utilización**

- conjunta de aguas superficiales y subterráneas. IGLESIAS, A. *Asoc. int. hidrogeol. Zaragoza* (1988), 49 pp., esp., bibl. ITGE.
* Agua superficie, Agua subterránea, Precipitación atmosférica, Escorrentía, Caudal, Superficie piezométrica, Simulación, Programa ordenador, Gestión recursos agua.
910525. **Primeros resultados obtenidos en la red automatizada de control de los recursos hídricos y subterráneos de la Moraña, tras dos años de funcionamiento (1986-1988).** ROLANDI, M., y BONED, M. *Asoc. int. hidrogeol. Zaragoza* (1988), 28 pp., 10 ref., esp., bibl. ITGE.
* Acuífero, Depresión acuífero, Piezometría, Instrumentación, Tratamiento datos, Provincias Avila, Salamanca, Valladolid.
910548. **Gestión integral y conservación de recursos hídricos.** IGLESIAS, A. *Geología ambiental. ITGE* (1988), 51-56, 11 ref., esp., SP. ITGE.
* Recursos agua, Planificación cuenca hidrogeológica, Confederación hidrográfica, Gestión recursos agua, España.
910557. **Contaminación de las aguas subterráneas en España.** LOPEZ GETA, J. A. *Geología ambiental. ITGE* (1988), 157-186, 24 ref., esp., SP. ITGE.
* Agua subterránea, Calidad agua, Contaminación, Residuo urbano, Residuo agrícola, Residuo industrial, Intrusión agua salada, Vulnerabilidad acuífero, Acción preventiva, España.
910431. **Els minerals de Montjuic.** CURTO, C. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 2, 15-19, 11 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.
* Yacimiento mineralógico, Yacimiento hidrotermal, Asociación mineral, Provincia Barcelona.
910520. **La exploración de hidrocarburos en España.** LOPEZ VILCHEZ, J. *Revista REPSOL* (1989), núm. 4, 12-15, esp., bibl. ITGE.
* Prospección, Hidrocarburo, España.

MINERALOGIA: GENERALIDADES

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

910498. **A diversidade de rochas do espectro gabro-granodiorita na regio de Farminhao-Portela (Visen - Portugal Central).** GODINHO, M. M.; NEVES, L. J. P. F., y PEREIRA, A. J. S. C. *Mem. Not. - Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra* (1988), núm. 16, 155-166, 10 ref., port., res. ing., bibl. ITGE. * Modelo matemático, Diferenciación magmática, Gabro, Granodiorita, Diorita, Diorita cuárcica, Granito, Análisis mayores, Análisis menores, Cristalización fraccionada, Hibridación magmática, Viseu, Portugal.

910535. **Cartografía de rocas ígneas intrusivas en el Complejo de Burguillos del Cerro (Badajoz) con imágenes Tematic Mapper.** RIAZA, A., y GARCIA CASQUERO, J. L. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 169-179, 18 ref., esp., res. ing., SP. ITGE. * Roca intrusiva, Roca ígnea, Cartografía, Poder reflector, Análisis imagen, Imagen color, Provincia Badajoz.

YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

910464. **Los skarns y mineralizaciones asociadas del Sistema Central Español. Modelo de caracterización petrográfica, geoquímica y metalogenética.** TORNOS, F. *Univ. Complutense. Madrid* (1990), 487 pp., 385 ref., esp., bibl. ITGE. * Tesis doctoral, Skarn, Granito, Metal sustancia, Sustancia no metálica, Alteración hidrotermal, Inclusión fluida, Deformación polifásica, Orogenia hercínica, Hercínico Centro, Sistema Central.

YACIMENTOLOGIA: METALES

910419. **Reocín (Cantabria).** *Azogue* (1991), vol. 2, núm. 2, 11-22, 4 ref., esp., bibl. ITGE. * Yacimiento plomo-cinc, Yacimiento estratoide, Génesis yacimiento, Yacimiento hidrotermal, Asociación mineral, Dolomía, Gargasiense, Aptiense, Provincia Santander.

910420. **Las minas de Ojos Negros.** GARCIA GARCIA, G. *Azogue* (1991), vol. 2, núm. 2, 23-31, 4 ref., esp., bibl. ITGE. * Hierro sustancia, Limonita, Yacimiento estratiforme, Ya-

cimiento mineralógico, Dolomita, Goetita, Aragonito, Marcasita, Asgilliense, Provincia Teruel.

910426. **Citas auríferas en Catalunya.** GURREA, I. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 1, 11-15, 5 ref., esp., res. ing., cat., bibl. ITGE. * Inventario, Oro sustancia, Morfología yacimiento, Cataluña.

910495. **Mineralizaciones de oro en el noroeste de la Península Ibérica.** MARTINEZ GARCIA, E. *Mem. Not. - Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra* (1988), núm. 106, 1-17, 37 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE. * Índice mineral, Oro sustancia, Control litológico, Control tectónico, Yacimiento hidrotermal, Skarn, Asturias, Galicia, Provincias Palencia, Santander, León.

910502. **Las Médulas: Minas de oro romanas.** PASTRANA, L. *España Seguridad Minera* (1990), núm. 11, 9-13, esp., bibl. ITGE. * Histórico, Cielo abierto, Oro sustancia, Explotación, Provincia León.

910522. **Yacimientos mineros de Agua de Dionisio.** SAADI, E. J. *Rocas miner.* (1990), núm. 227, 100-106, esp., bibl. ITGE. * Proyecto, Prospección minera, Explotación, Oro sustancia, Plata sustancia, Cobre sustancia, Molibdeno sustancia, Investigación, Catamarca, Andes, Argentina.

910534. **Cartografía digital de rocas en el área de Alburquerque-La Codosera, Extremadura, utilizando imágenes LANDSAT Thematic - Mapper.** ANTON PACHECO, C. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 157-168, 14 ref., esp., res. ing., SP. ITGE. * Prospección minera, Mineralización, Aureola de metamorfismo, Metamorfismo de contacto, Granito, Teledetección multispectral, LANDSAT, Mapa temático, Poder reflector, Análisis imagen, Provincia Badajoz.

910536. **Aplicación de un sistema de información geográfica en investigación geológica.** PEREZ CERDAN, F.; GARCIA SANTIAGO, P.; ANTON-PACHECO, C., y GUMIEL, J. C. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 181-186, 2 ref., esp., res. ing., SP. ITGE. * Prospección minera, Aureola de metamorfismo, Anomalía gravimétrica, Teledetección multispectral, LANDSAT, Tratamiento datos, Provincia Badajoz.

YACIMENTOLOGIA: NO METALES

910429. **Can Vernenc, els quarsos fumats del Montnegre.** TOMAS VIDAL, A. *Comun.-Inst. Cat. Mineral. Gemmol. Paleontol.* (1989), núm. 1, 35-37, 5 ref., cat., bibl. ITGE. * Cuarzo, Cuarzo ahumado, Yacimiento mineralógico, Geoda, Gema, Provincia Barcelona.

CARBON

910504. **Los recursos españoles de carbón en la nueva dimensión comunitaria.** GARCIA LOYGORRI, A. *Ind. min.* (1990), núm. 304, 43-51, esp., bibl. ITGE. * Carbón, Recurso mineral, Histórico, Perspectiva, España, CEE.

ENERGIA

910511. **Política petrolera argentina.** *Oilgas* (1990), núm. 273, 39-57, esp., bibl. ITGE. * Hidrocarburo, Política Estado, Financiación, Asociación Sociedades, Argentina.

910516. **Presente y futuro de la energía.** ANGLADA, S. *Quim. ind.* (Madrid, 1990), vol. 36, núm. 11, 965-971, esp., bibl. ITGE. * Energía, Previsión. Consumo, Demanda, Carbón, Petróleo, Gas, Energía nuclear, Energía hidroeléctrica, Mundo, CEE, España.

SUELOS

910533. **Variabilidad espectral de los suelos de raña.** LABRANDERO, J. L.; GARCIA, M. P.; CARLEVARIS, J. J., y DE LERA, O. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 151-156, 6 ref., esp., res. ing., SP. ITGE. * Suelo, Planosol, Acrisol, Luvisol, Suelo mediterráneo, Raña, Propiedad físico-química, Teledetección, LANDSAT, Análisis imagen, Provincia Guadalajara.

910537. **Diferenciación de los suelos de raña mediante imágenes LANDSAT TM.** LABRANDERO, J. L.; GARCIA, M. P.; CARLEVARIS, J. J., y DE LERA, O. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 187-193, 7 ref., esp., res. ing., SP. ITGE. * Suelo, Luvisol, Planosol, Raña, Suelo mediterráneo, Teledetección, LANDSAT, Análisis imagen, Provincia Guadalajara.

910549. **Usos y conservación de suelos.** GALLARDO, J. *Geología ambiental. ITGE* (1988), 57-67, 6 ref., esp., SP. ITGE. * Erosión suelo, Degradación, Utilización terreno, Agricultura, Bosque, Acción preventiva, Conservación.

GEOQUIMICA

910422. **Determinación de litio en aguas potables por espectrofotometría de absorción atómica.** FERREIRO, M.; BERMEJO BARRERA, A., y BERMEJO MARTINEZ, F. *Bol. Acad. Galega Cienc.* (1989), vol. 8, 19-24, 4 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE. * Absorción atómica, Litio, Calidad agua, Potabilidad, Agua potable.

910497. **Geoquímica e genese dos escarnitos da Caleira (NE de Portugal).** PINTO, A. F. F., y SOUSA, M. B. *Mem. Not. - Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra* (1988), núm. 16, 63-153, 71 ref., port. res. ing., bibl. ITGE. * Skarn, Micasquisto, Roca carbonatada, Composición calcosilicatada, Asociación mineral, Metamorfismo contacto, Metamorfismo térmico, Condición presión-temperatura, Informe químico, Análisis mayores, Análisis menores, Portugal.

910503. **La exploración geoquímica.** ITGE. *Ind. min.* (1990), núm. 304, 39-42, esp., bibl. ITGE. * Prospección geoquímica, Histórico, Metodología.

910532. **Analysis of LANDSAT lineaments: An exemple applied to the structural control of mineralization at La Codosera, Extremadura, Spain.** SANDERSON, D. J., y CHINN, C. *III Reun. Cient. del Grupo de Trab. en Teled. Madrid, 1989. ITGE* (1990), 133-149, 19 ref., ing., res. esp., SP. ITGE. * Prospección minera, Mineralización, Teledetección multispectral, LANDSAT, Lineamientos, Análisis imagen, Provincia Badajoz.

MAPAS

910439. **Agaete.** BALCELLS, R.; BARRERA, J. L., y GOMEZ, J. A. *Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA* (1990), núm. 1100 (I-II), 54 pp., 1 mapa, 19 ref., esp., SP. ITGE. * Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910440. **Las Palmas de Gran Canaria.** BALCELLS, R., y BARRERA, J. L. *Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA* (1990), núm. 1101 (I-II), 130 pp., 1 mapa, 54 ref., esp., SP. ITGE. * Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910441. **Arucas.** BALCELLS, R., y BARRERA, J. L. *Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA* (1990), núm. 1101 (III-IV), 114 pp., 1 mapa, 21 ref., esp., SP. ITGE. * Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno Inferior, Pleistoceno Medio, Pleistoceno Superior, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910442. **Vecindad de Enfrente.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A.; HERNAN, F., y VIDAL, J. R.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1108 (I), 95 pp., 1 mapa, 25 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910443. **San Nicolás de Tolentino.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A.; CUBAS, C. R.; HERNAN, F., y VIDAL, J. R.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1108 (II-III), 120 pp., 1 mapa, 23 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910444. **Santa Brígida.** BALCELLS, R., y BARRERA, J. L.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1109 (I), 125 pp., 1 mapa, 45 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910445. **Telde.** BALCELLS, R., y BARRERA, J. L.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1109 (II), 101 pp., 1 mapa, 18 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910446. **San Bartolomé de Tirajana.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A.; CUBAS, C. R., y HERNAN, F.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1109 (III), 153 pp., 1 mapa, 26 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910447. **Teror.** BALCELLS, R.; BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A., y HERNAN, F.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1109 (IV), 128 pp., 1 mapa, 31 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910448. **Mogán.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A., y HERNAN, F.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1113 (I), 84 pp., 1 mapa, 13 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910449. **Anguineguín.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A., y HERNAN, F.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1113 (II), 70 pp., 1 mapa, 17 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910450. **Agüimes.** BALCELLS, R.; BARRERA, J. L., y GOMEZ, J. A.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1114 (I), 75 pp., 1 mapa, 29 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910451. **Castillo del Romeral.** BARRERA, J. L., y GOMEZ, J. A.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1114 (II), 27 pp., 1 mapa, 12 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Superior, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

910452. **Maspalomas.** BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A., y HERNAN, F.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1114 (III), 93 pp., 1 mapa, 36 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Cuaternario, Ciclo eruptivo, Canarias, Gran Canaria.

910453. **Santa Lucía.** BALCELLS, R.; BARRERA, J. L.; GOMEZ, J. A.; HERNAN, F., y CUBAS, C. R.

Mapa geológico de España, 1:25.000 - MAGNA (1990), núm. 1114 (IV), 114 pp., 1 mapa, 30 ref., esp., SP. ITGE.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Ciclo eruptivo, Canarias, Isla Gran Canaria.

ECONOMIA MINERA

910550. **La gestión de recursos mineros no energéticos y el medio ambiente.** LOPEZ JIMENO, C.

Geología ambiental. ITGE (1988), 69-84, 6 ref., esp., SP. ITGE.

* Recurso mineral, Sustancia no metálica, Metal sustancia, Sustancia útil, Gestión, Estudio impacto medio, Dato económico, España.

910591. **Perspectivas de desenvolvimento da actividade mineira em Portugal.** MENEZES, J. J.

Bol. minas (1988), vol. 25, núm. 4, 331-341, port., bibl. ITGE.

* Materia prima, Mina, Cantera, Producción, Exportación, Importación, Reserva, Perspectiva, Portugal.

910592. **Caolino: Considerações sobre produções, consumos, mercados e respectivas tendências.** VELHO, J. A. G. L., y GOMES, C. S. F.

Bol. minas (1990), vol. 27, núm. 2, 195-202, 12 ref., port., res. ing., bibl. ITGE.

* Caolín sustancia, Utilización sustancia, Producción, Importación, Exportación, Consumo, Precio, Mundo.

910593. **Elementos estatísticos sobre industria extractiva em Portugal no ano de 1988.** ROMAO, M. L.

Bol. minas (1990), vol. 27, núm. 2, 203-229, port., bibl. ITGE.

* Sustancia útil, Sustancia no metálica, Metal sustancia, Mercado, Dato económico, Portugal, Mundo.

910597. **Normalização no domínio das rochas ornamentais naturais: Breve referência a os trabalhos em curso a nível internacional.** MOURA, A. C.

Bol. minas (1990), vol. 27, núm. 3, 353-355, 3 ref., port., bibl. ITGE.

* Material ornamentación, Material construcción, Normalización.

NORMAS DE PUBLICACION PARA LOS AUTORES

Los trabajos inéditos que se reciban para su publicación en el BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados por un Comité editorial que decidirá si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará paginado y 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 serán marcadas las fechas de recepción y aceptación.

Quando en el trabajo se acompañen figuras, tablas y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse, si es posible. En los originales de las mismas se reseñará el título del trabajo, así como el nombre de los autores.

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. Al final de los mismos, y en párrafo aparte, se incluirán las palabras clave, reservándose el último lugar para la localización geográfica, si la hubiere.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original y figuras.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Referencias.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

Parte gráfica.

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, tablas 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.

Las figuras serán originales y nunca copiativos, delineadas con tinta china sobre papel vegetal. Las tablas, bien presentadas para su reproducción fotográfica. Las fotografías serán positivos en blanco y negro sobre papel brillo y excepcionalmente en color (positivo en brillo o transparencia).

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 diez 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 BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO 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 Ladrón de Guevara
Instituto Tecnológico Geominero de España
Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Finalidad:

Investigación, Desarrollo Tecnológico y Asistencia técnica en Geología, Minería y Disciplinas conexas

GEOLOGIA Y GEOFISICA



MAPA GEOLOGICO NACIONAL (MAGNA)
ESTUDIOS GEOLOGICOS Y CARTOGRAFIA TEMATICA
GEOFISICA Y GEOLOGIA DEL SUBSUELO
GEOLOGIA MARINA (FONDOS MARINOS)
TELEDETECCION APLICADA

RECURSOS MINERALES



METALOGENIA Y CARTOGRAFIA METALOGENETICA
GEOQUIMICA BASICA Y APLICADA
YACIMIENTOS MINERALES
EVALUACION DE RESERVAS E INVENTARIO DE RECURSOS

AGUAS SUBTERRANEAS



CARTOGRAFIA HIDROGEOLOGICA
PROTECCION DE RECURSOS HIDROGEOLOGICOS
EVALUACION Y CONTROL DE ACUIFEROS SUBTERRANEOS
RECURSOS GEOTERMICOS

LABORATORIOS Y ENSAYOS



ANALISIS QUIMICOS Y MINERALOGICOS
ENSAYOS MINERALURGICOS Y GEOTECNICOS
CARACTERIZACION DE ROCAS MINERALES INDUSTRIALES
SONDEOS DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA Y MINERA
ENSAYOS DE BOMBEO

INFORMACION, DOCUMENTACION Y BANCO DE DATOS



FONDOS DOCUMENTALES Y BASES DE DATOS
SISTEMAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES
CATASTRO MINERO
PUBLICACIONES

INGENIERIA GEOAMBIENTAL



RIESGOS GEOLOGICOS
RESTAURACION DEL MEDIO AMBIENTE MINERO
GEOTECNIA Y GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA
MEDIO AMBIENTE Y ORDENACION DEL TERRITORIO

DESARROLLO MINERO



PROCESOS Y TECNOLOGIAS
SEGURIDAD MINERA
NORMATIVA
ESTUDIOS DE ECONOMIA MINERA

MUSEO GEOMINERO

Sede Central:

c/ Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID
Tel.: 441 65 00 – Fax: 442 62 16

Centro de Laboratorios:

c/ La Calera, 1 28760 TRES CANTOS (MADRID)
Tel.: 803 22 00



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

