



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**boletín**

**geológico**

**y minero**

VOLUMEN 108

Enero - Febrero 1997

NUMERO 1

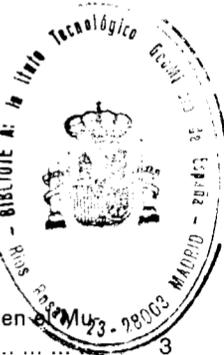


Volumen 108  
Número 1  
Enero-Febrero 1997

# boletín geológico y minero

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

- 7 ABR 1997



## Sumario

<b>Geología</b>	J. BERNAD: Catálogo de los bivalvos del Lías español depositados en el Museo Geominero (ITGE, Madrid) ... ..	3
<b>Minería</b>	J. DEL VALLE DE LERSUNDI MENDIZABAL: El Tránsito del Terciario marino al continental en la cuenca del Ebro ... ..	29
<b>Aguas Subterráneas</b>	J. BAREA, J. LOPEZ MARTINEZ y J. J. DURAN VALSERO: Geomorfología y evolución del karst en el macizo de Tamajón (Sistema Central) ... ..	45
<b>Geoquímica</b>	C. ENCABO CHECA, V. CALA RIVERO y A. GUTIERREZ MAROTO: Evaluación de la dispersión de metales pesados en suelos del entorno de una mina, mediante el método de especiación secuencial química ... ..	57
<b>Ingeniería Geoambiental</b>	A. GUTIERREZ MAROTO, J. NAVARRETE y R. JIMENEZ BALLESTA: Concentraciones de metales pesados en la vegetación autóctona desarrollada sobre los suelos del entorno de una mina abandonada (Sistema Ibérico, Buzierca-Zaragoza) ... ..	69
<b>Rocas Industriales y Ornamentales</b>	M. REGUEIRO Y GONZALEZ-BARROS y J. M. QUEREDA RODRIGUEZ-NAVARRO: La piedra de cantería en España. II. Comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra ... ..	75
<b>Información</b>	L. M.ª RIOS, J. M. CHARLET y F. BODEGA: Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XLII Campamento para Prácticas de Geología "Pirineo Central 1996" ... ..	103
	Noticias: Emilio Custodio Gimena, nuevo Director General del ITGE. Euro-min'97. Tomo III del Carbonífero del Mundo. Panorama Minero 1994-95. Reimpresión de Hojas y Memorias del MAGNA, E. 1:50:000 ... ..	106

DIRECCION Y ADMINISTRACION  
Rios Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid  
Fax (91) 349 57 62

 Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

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.

EXPLICACION DE PORTADA  
Casquete Glaciar de la isla James Ross (Antártida),  
visto desde la isla de Cerro Nevado

Foto: Félix Bellido (ITGE)

Depósito legal: M. 3.279 - 1958  
ISSN 0366-0176  
NIPO 241-97-001-8

Gráficas Chile, S.A.L. - Chile, 27 - Teléf./Fax 359 57 55 - 28016 -MADRID

## CATALOGO DE LOS BIVALVOS DEL LIAS ESPAÑOL DEPOSITADOS EN EL MUSEO GEOMINERO (ITGE, MADRID).

Por J. BERNAD (\*)

### RESUMEN

Se revisan desde el punto de vista taxonómico, los fósiles de bivalvos correspondientes al Lias español que se encuentran depositados en el Museo Geominero. La colección está compuesta por 462 ejemplares procedentes de 111 localidades diferentes. Se identifican 32 géneros y 50 especies pertenecientes a las subclases Pteriomorpha, Paleoheterodonta, Heterodonta y Anomalodesmata; a los órdenes Pterioidea, Mytiloidea, Arcoidea, Trigonoidea, Veneroidea y Pholadomyoidea y, a las superfamilias Pteriacea, Pectinacea, Limacea, Ostracea, Mytilacea, Pinnacea, Trigoniacea, Lucinacea, Crassatellacea, Cardiacaea, y Arcticeaea.

*Palabras clave:* Bivalvia, Taxonomía, Lias, Museo Geominero, España.

### ABSTRACT

The Spanish Liassic Bivalvia fossil collection of the Geominero Museum is revised under a taxonomic point of view. The collection includes 462 specimens from 111 different localities. A total of 32 genera and 50 species assigned to the Pteriomorpha, Paleoheterodonta, Heterodonta and Anomalodesmata subclasses; Pterioidea, Mytiloidea, Arcoidea, Trigonoidea, Veneroidea and Pholadomyoidea orders and, Pteriacea, Pectinacea, Limacea, Ostracea, Mytilacea, Pinnacea, Trigoniacea, Lucinacea, Crassatellacea, Cardiacaea, and Arcticeaea superfamilies are identified.

*Key words:* Bivalvia, Taxonomy, Lias, Geominero Museum, Spain.

### INTRODUCCION

En este trabajo se pretende contribuir a la actualización y ordenación taxonómica de parte de las colecciones históricas de fósiles depositadas en el Museo Geominero, dentro de la reestructuración que desde hace algunos años se viene realizando en el mismo.

Para la identificación taxonómica de los diferentes ejemplares, se han consultado las siguientes obras clásicas: SOWERBY (1818-1846), YOUNG y BIRD (1822), D'ORBIGNY (1850), GOLDFUSS (1850), CHAPUIS y DEWALQUE (1853), MORRIS y LYCETT (1853), MALLADA (1885). Asimismo, las

obras de este siglo de DESACHEAUX (1936a 1936b), HALLAM (1968) y JAITLY et al (1995) entre otras.

La fecha de entrada de los ejemplares en el museo es en la mayoría de los casos complicada de determinar, si bien se puede afirmar que existen ejemplares cuya entrada es anterior a 1900, siendo la última entrada la del ejemplar 1325J, realizada en junio de 1996. Cabe destacar que fue en 1958, cuando con motivo de la realización de la hoja geológica de Maranchón, J. de la Revilla realizó la mayor recolección de bivalvos liásicos para el Museo Geominero.

Así mismo se han localizado 36 ejemplares figurados en los trabajos Castell, de la Concha y De la Revilla (1955) y Castell y De la Concha (1956).

(\*) Museo Geominero, ITGE, Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid.

En la relación siguiente se especifica de cada ejemplar, siempre que ha sido posible, los siguientes datos: sigla, procedencia, tipo de conservación que presenta, clasificación anterior, fecha, forma y fuente de ingreso y publicación en la que aparece figurado si es el caso.

**Subclase PTERIOMORPHIA BEURLLEN, 1944**  
**Orden PTERIOIDA NEWELL, 1965**  
**Suborden PTERIINA NEWELL, 1965**  
**Superfamilia PTERIACEA GRAY, 1847**

*Gervillaria tortuosa* (J. C. SOWERBY, 1826)  
 (Lám. 2, Fig. 12)

2721J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gervillia* aff. *aviculoides*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Parainoceramus obliquus*  
 (MORRIS y LYCETT, 1853)  
 (Lám. 2, Fig. 15)

1844J Solana (León). Molde interno. Clasificación anterior: *Posydonomya pargay* Verneuil.

**Superfamilia PECTINACEA RAFINESQUE, 1815**

*Chlamys textoria* (SCHLOTHEIM, 1820)  
 (Lám. 3, Fig. 15)

356J Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva izquierda y molde interno de valva derecha. Clasificación anterior *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

357J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Fig. 3.

409J Cariñena? (Zaragoza). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten*

*textorius* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

410J Albarracín (Teruel). Valva derecha. Clasificación anterior: *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

411J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

412J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

413J Montsech (Lérida). Valva derecha. Clasificación anterior: *Pecten textorius* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

426J Guadalaviar (Teruel). Fragmento valva izquierda. Clasificación anterior: *Pecten* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

789J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

790J Aguilón (Zaragoza). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1797J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten prisicus* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

2678J2 Maranchón (Guadalajara). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Chlamys textorius* (Schlotheim). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. III, Fig. 1; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. IX, Fig. 1.

2679J Maranchón (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior: *Chlamys textorius* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Chlamys* cf. *barbatus* (SOWERBY, 1819)

421J Alfara (Tarragona). Fragmento valva. Clasificación anterior: *Chlamys lacazei* (Haime). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1113J Ricla (Zaragoza). Valva derecha. Clasificación anterior: "*Variamussium*" *personatus* (Goldfuss)

1798J Maranchón (Guadalajara). Fto valva. Clasificación anterior *Janira* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Entolium demissum* (PHILLIPS, 1829)  
 (Lám. 3, Fig. 17)

391J Sierra del Madero (Soria). Valva. Clasificación anterior: *Entolium hehli* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

406J Barahona (Soria). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Pecten disciformis* ? Schlubler. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

408J Prat de Compte (Tarragona). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Pecten disciformis* (Schlubler). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

416J Albarracín (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Variamussium*" *personatus* (Goldfuss).

424J Albarracín (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Entolium* cf. *subulaus* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1105J Sierra del Madero (Soria). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Entolium hehli* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1305J Albarracín (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Entolium* cf. *subulaus* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1402J Albarracín (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Variamussium*" *personatus* (Goldfuss).

1405J Sierra del Madero (Soria). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Entolium*

*hehli* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1406J Guadalaviar (Teruel). Fragmento molde interno. Clasificación anterior: *Pecten disciformis* Schlubler. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

2678J1 Maranchón (Guadalajara). Fragmento de valva. Clasificación anterior *Entolium demissum* (Phillips). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Entolium* sp.

405J Malanquilla (Zaragoza). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pecten disciformis* ? Schlubler. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

407J Guadalaviar (Teruel). Clasificación anterior: *Pecten disciformis* (Schlubler). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Camptonectes laminatus* (SOWERBY, 1818)

2681J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Entolium palaemon* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección; J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Fig. 5.

*Oxytoma inequivalve* (SOWERBY, 1819)

1832J Oviedo (Asturias). Molde interno de valva derecha. Clasificación anterior: *Oxytoma* sp.

*Plicatula spinosa* (SOWERBY, 1819)  
 (Lám. 3, Fig. 7)

367J Aguilar de Campoó (Palencia). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Soweby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 379J Aguilar de Campoó (Palencia). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 380J Iruecha (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 381J Maranchón (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 382J Collado Carbonera (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 383J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 384J Sierra del Madero (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 385J Concha (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 389J Aguilar de Campoó (Palencia). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 396J Iruecha (Soria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 466J Iruecha (Soria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 488J Iruecha (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 506J Iruecha (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 589J Maranchón (Guadalajara). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 598J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 601J Collado Carbonera (Lérida). Fto. valva derecha. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 646J Collado Carbonera (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 649J Concha (Guadalajara). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 650J Guadalaviar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 653J Guadalaviar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 658J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).
- 692J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).
- 710J Iruecha (Soria). Valva izquierda muy deformada. Clasificación anterior: *Plicatula spicula* Sowerby.
- 713J Iruecha (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spicula* Sowerby.
- 733J Iruecha (Soria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spicula* Sowerby.
- 737J Iruecha (Soria). Dos ejemplares unidos, uno mucho mayor que el otro. Clasificación anterior: *Plicatula spicula* Sowerby.
- 994J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).
- 995J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).
- 1115J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).

- 1116J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1117J Concha (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior *Plicatula spinosa* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1118J Galapagar (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plicatula spinosa* (Sowerby).
- 1799J Iruecha (Soria). Ejemplar completo unido a una valva izquierda. Clasificación anterior: *Plicatula spicula* Sowerby.
- Pseudopecten aequivalvis* (SOWERBY, 1816)  
(Lám. 3, Figs. 13, 18)
- 390J Torremocha del Pinar (Guadalajara). Molde interno y Fragmento de concha. Clasificación anterior: "*Hinnites*" *velatus* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940
- 392J Barahona (Soria). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys priscus* var *dieulafaiti* Dubar. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 394J Torremocha (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Chlamys acutirradiatus* (Goldfuss).
- 395J La Peña (Cantabria). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Pecten acutirradiatus* Goldfuss. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 397J Ricla (Zaragoza). Molde interno y fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 399J Becerril del Campo (Palencia). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 400J Valle de Espinosa (Burgos). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 417J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys acuticostatus* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 419J Alceda (Cantabria). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Pecten acuticostatus* Lamarck. Fecha, forma y fuente de ingreso: anterior a 1940.
- 420J Majadas (Cuenca). Fragmento de concha. Clasificación anterior: *Pecten pradoanus* Verneuil. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 425J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 427J Aguilón (Zaragoza). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 996J Puentetoma (Palencia). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 997J Puentetoma (Palencia). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 998J Puentetoma (Palencia). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby).
- 1106J Sierra del Madero (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby).
- 1107J Caracena (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby).
- 1108J Noviercas (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby).
- 1401J Aguilón (Zaragoza). Fragmento de valva derecha. Clasificación anterior *Pecten* sp.
- 1403J Gijón (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1268J Pinilla del Olmo (Soria). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 1811J Cerro de Muela (Soria). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby

- 1815J Albarracín (Teruel). Fragmento de molde interno de valva izquierda. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 1825J Puentetoma (Palencia). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 1827J Playa de Peñarrubia, Gijón (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Chlamys textorius*.
- 1835J Valdañable, Tejada-Lerma (Burgos). Molde interno casi completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1845J Alceda (Cantabria). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pecten* sp.
- 1846J Pinilla del Olmo (Soria). 2 ejemplares unidos. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* (Soria).
- 2680J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys humberti* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Fig. 4.

*Aequiptecten priscus* (SCHLOTHEIM, 1820)  
(Lám. 3, Figs. 11, 12 y 14)

- 189J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* Verneuil. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 393J Casarejos (Soria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Pecten priscus?* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 398J Albarracín (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 401J Gijón (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 402J Castrovido (Burgos). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 403J Entrambasaguas (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 404J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 414J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Chlamys sublaevis* (Phillips). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 418J Casilla (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Chlamys acuticostatus* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1109J Tramacaseta (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).
- 1110J Alaló (Soria). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys priscus* (Schlotheim).
- 1111J Entrambasaguas (Teruel). Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).
- 1295J Tramacaseta (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).
- 1775J Josa (Teruel). Molde interno y fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.
- 1817J Guadalaviar (Teruel). Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1852J Coll de Alfara (Tarragona). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten priscus*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1861J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1862J Albarracín (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Pecten priscus* Schlotheim. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1903J Entrambasaguas (Teruel). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).
- 1909J Entrambasaguas (Teruel). Valva derecha. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).

- 1912J Guadalaviar (Teruel). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Chlamys pradoanus* (Verneuil).
- 1950J Vandellós. (Tarragona). Fragmento de valva.

*Aequiptecten* cf. *priscus* (SCHLOTHEIM, 1820)

- 999J Aguilón (Zaragoza). Fragmento de concha. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1000J Aguilón (Zaragoza). Fragmento de concha. Clasificación anterior: *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1802J Borobia (Soria). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pecten aequivalvis* Sowerby.

*Eopecten velatus* (GOLDFUSS, 1833)  
(Lám. 3, Fig. 16)

- 388J Becerril del Campo (Palencia). Valva izquierda. Clasificación anterior: "*Hinnites*" *velatus* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1821J Ciruelos (Guadalajara). Fragmento de valva unido un fragmento de *Plagiostoma* sp. Clasificación anterior: *Pecten disciformis*. Anterior a 1900.

*Eopecten abjectus* (PHILLIPS, 1829)

- 386J Entrambasaguas (Teruel). Valva derecha. Clasificación anterior: "*Hinnites*" *velatus* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 387J Soria. Valva izquierda. Clasificación anterior: "*Hinnites*" *velatus* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1114J Soria. Valva izquierda. Clasificación anterior: "*Hinnites*" *velatus* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Propeamussium pumilum* (LAMARCK, 1819)  
(Lám. 3, Fig. 5)

- 415J Alfara (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: "*Variamussium paradoxus* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

**Superfamilia LIMACEA RAFINESQUE, 1815**

*Ctenostreon pectiniforme* (SCHLOTHEIM, 1820)  
(Lám. 1, Fig. 1)

- 246J Moscardón (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior: *Plagiostoma elea* Dumortier.
- 443J Hortiguera (Burgos) Molde interno. Clasificación anterior: *Ctenostreon elea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 444J Anchuera del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon elea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 445J Paules (Burgos). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Ctenostreon elea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 446J Anchuera del Campo (Guadalajara). Fragmento de valva. Clasificación anterior: *Ctenostreon proboscidea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 449J Anchuera del Campo (Guadalajara). Molde interno y fragmentos de concha. Clasificación anterior: "*Ostrea*" *electra* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1121J Altos de Jabaloyas (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior *Ctenostreon proboscideum* (D'Orbigny).
- 1122J Frías (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior *Plagiostoma elea* D'Orbigny.
- 1123J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon elea* (D'Orbigny).

- 1137J Anchuela del Campo (Guadalajara) Molde interno. Clasificación anterior "*Ostrea electra* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1803J Frías (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior *Lima elea* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1804J Torrelara (Burgos) Molde interno. Clasificación anterior *Lima elea* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1842J Albarracín (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior *Lima gigantea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1864J Ricla (Zaragoza) Molde interno. Clasificación anterior *Pecten aequivalvis*.
- 1865J Guadalaviar (Teruel) Molde interno. *Lima proboscidea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2140J Albarracín (Teruel) Molde interno. Clasificación anterior *Ostrea proboscidea* Sowerby.
- 2695J Maranchón (Guadalajara). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Ctenostreon proboscideum* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958. Recolección. J. de la Revilla.
- 2835J Oliete (Teruel). Fragmento de concha. Clasificación anterior: *Hinnites velatus* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958. Recolección. J. de la Revilla.

## LAMINA 1

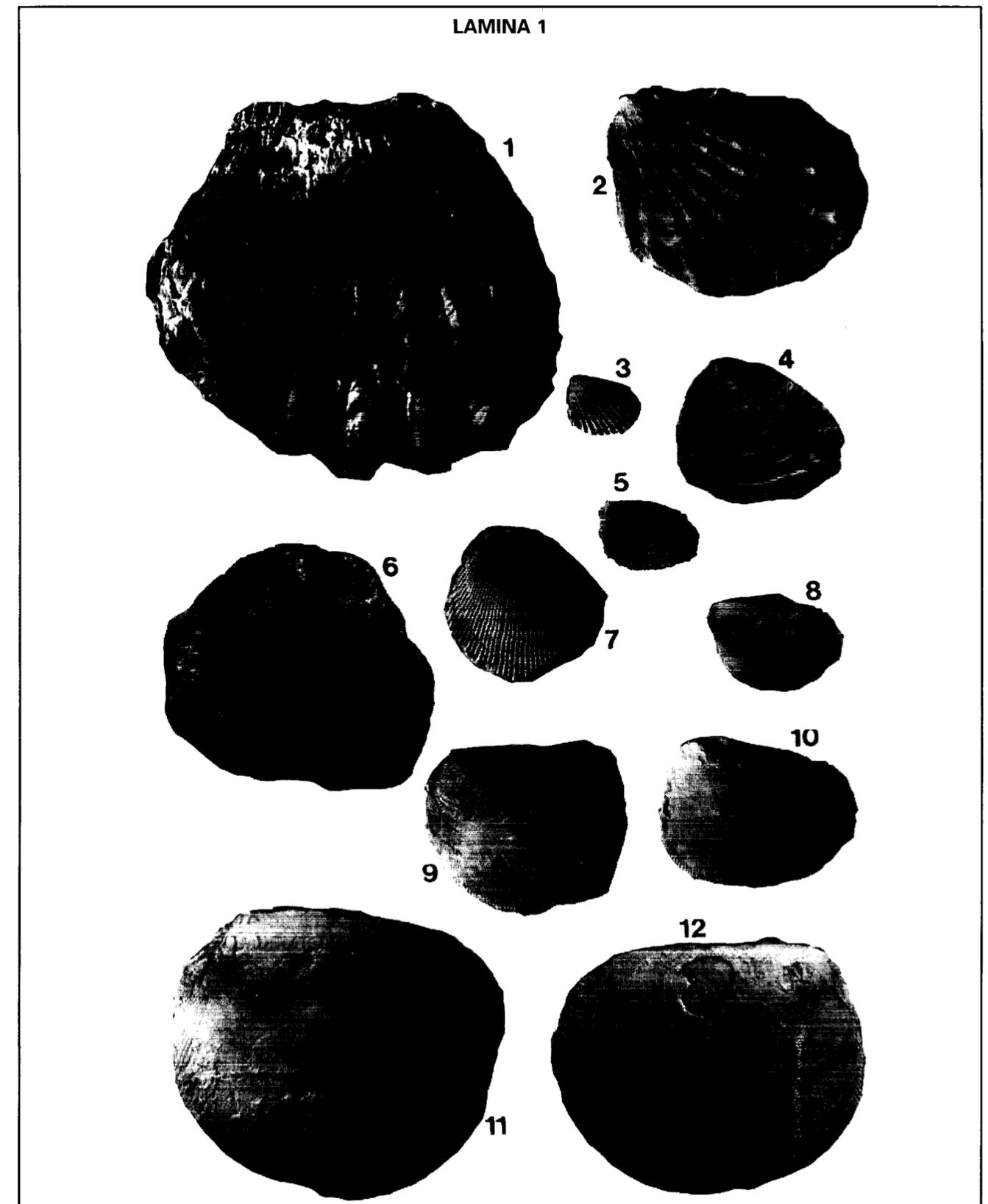
- 1.- 444J *Ctenostreon pectiniforme* (Schlotheim). Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva izquierda.
- 2.- 2696J *Ctenostreon elea* (D'orbigny). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 3.- 1408J *Pseudolimea duplicata* (Sowerby). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 4.- 470J *Trigonia costata* Sowerby. Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva izquierda.
- 5.- 452J *Pseudolimea duplicata* (Sowerby). Camarasa (Lérida). Valva derecha.
- 6.- 1812J *Plagiostoma subcardiiformis* (Greppin). Torremocha del Campo (Guadalajara). Valva derecha.
- 7.- 2682J *Plagiostoma subcardiiformis* (Greppin). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 8.- 351J *Plagiostoma harpax* Thevenin. Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 9.- 2687J *Plagiostoma punctatum* (Sowerby). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 10.- 432J *Plagiostoma punctatum* (Sowerby). Albarracín (Teruel). Valva derecha.
- 11.- 436J *Plagiostoma semicircularis* (Munster in Goldfuss). Villar del Cobo (Teruel). Valva derecha.
- 12.- 435J *Plagiostoma semicircularis* (Munster in Goldfuss). Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva izquierda.

*Ctenostreon elea* D'ORBIGNY, 1850  
(Lám. 1, Fig. 2)

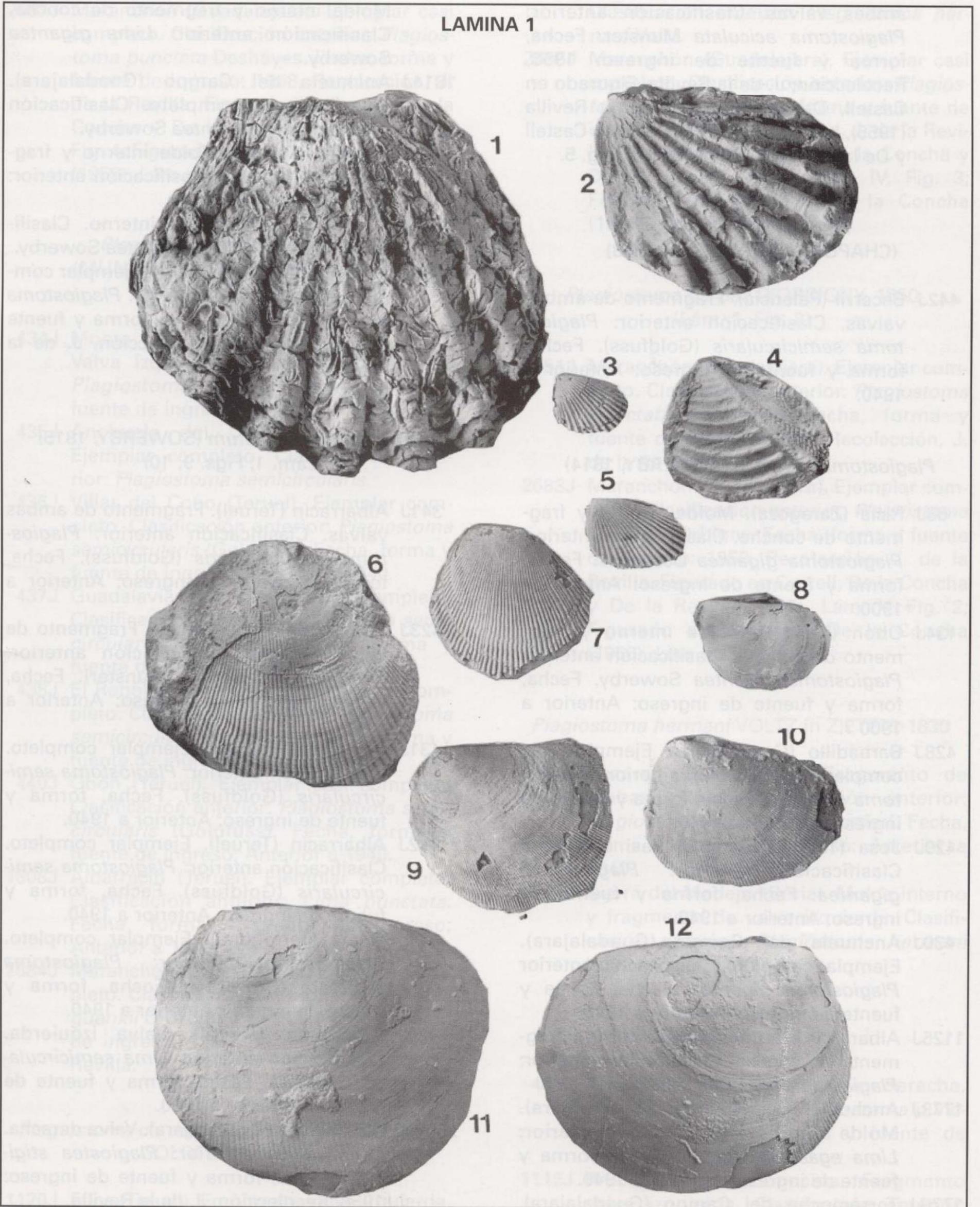
- 338J Tierro-Picara (Guadalajara). Fto. de Concha. Clasificación anterior: *Lima elea* D'Orbigny.
- 447J Becerril (Palencia). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon proboscidea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 448J Barbadillo (Guadalajara). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Ctenostreon proboscidea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1834J Tierro-Picara (Guadalajara). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Lima elea* D'Orbigny.
- 2696J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon electra* D'orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958. Recolección. J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. IV, Fig. 1; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. X, Fig. 1.

*Plagiostoma subcardiiformis* (GREPPIN, 1867)  
(Lám. 1, Figs. 6, 7)

- 1812J Torremocha del Campo (Guadalajara). Fragmento valva derecha. Clasificación anterior: *Lima semicircularis*.
- 2682J Maranchón (Guadalajara). Fragmento de



LAMINA 1



ambas valvas. Clasificación anterior: *Plagiostoma aciculata* Munster. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección; J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. IV, Fig. 5; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. X, Fig. 5.

*Plagiostoma alticosta*  
(CHAPUIS Y DEWALQUE, 1853)

442J Becerril (Palencia). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Plagiostoma gigantea* (SOWERBY, 1814)

68J Ricla (Zaragoza). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea* Deshayes. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

134J Obón (Teruel). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900 ?.

428J Barbadillo (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

429J Josa (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

430J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1125J Albarracín (Teruel). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Plagiostoma gigantea* Llerch.

1773J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Lima egaea* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1776J Torremocha del Campo (Guadalajara).

Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Lima gigantea* Sowerby.

1814J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Lima gigantea* Sowerby.

1847J El Villar (Teruel). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Lima gigantea* Sowerby.

1867J Torres (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Lima gigantea* Sowerby.

2685J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma egaea* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Plagiostoma punctatum* (SOWERBY, 1815)  
(Lám. 1, Figs. 9, 10)

341J Albarracín (Teruel). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

423J Entrambasaguas (Teruel). Fragmento de valva derecha. Clasificación anterior: *Entolium* cf. *dextilis* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

431J Albarracín (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

432J Albarracín (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

441J Alfara (Tarragona). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma punctata* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: anterior a 1940.

1820J Albarracín (Teruel). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Lima semicircularis* Goldfuss. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

2678J3 Maranchón (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior: *Plagiostea stigmata*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

2687J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma punctata* Deshayes. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. IV, Fig. 4; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. X, Fig. 4.

*Plagiostoma semicircularis*  
(MUNSTER in GOLDFUSS, 1836)  
(Lám. 1, Figs. 11, 12)

434J Monte San Jorge, Camarasa (Lérida). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Plagiostoma plebeia*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

435J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis*

436J Villar del Cobo (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

437J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

438J El Rebollar (Burgos). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

440J Obón (Teruel). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma semicircularis* (Goldfuss). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1808J Albarracín (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lima punctata*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

2684J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma guenxii* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Plagiostoma* cf. *semicircularis* (MUNSTER in GOLDFUSS, 1836)

1120J Frías (Teruel). Fragmento valva izquierda.

Clasificación anterior: *Plagiostoma hermani* Voltz.

2686J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma hesione*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. IV, Fig. 3; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. X, Fig. 3.

*Plagiostoma harpax* D'ORBIGNY, 1850  
(Lám. 1, Fig. 8)

351J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma punctata* Deshayes. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

2683J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Plagiostoma erosne* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. V, Fig. 2; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XI, Fig. 2.

*Plagiostoma hermani* VOLTZ in ZIETEN, 1830

439J Pozaral (Guadalajara). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Plagiostoma jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1119J Sierra del Madero (Soria). Molde interno y fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Plagiostoma hermani* Voltz.

*Plagiostoma* sp.

433J Albarracín (Teruel). Valva derecha. Clasificación anterior: *Plagiostoma punctata* Sans. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

1112J Procedencia desconocida. Fragmento valva izquierda. Clasificación anterior:

- Chlamys torulosus* (Quenstedt). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1805J Brieva de Juarros (Burgos). Fragmento valva izquierda. Clasificación anterior: *Lima* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: anterior a 1900.
- 2690J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Limea riosi* Castell, De la Concha y De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. V, Fig. 6; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XI, Fig. 6.
- Pseudolimea duplicata* (SOWERBY, 1827)  
(Lám. 1, Figs. 3, 5)
- 450J Santa Lina (Lérida). Ejemplar completo. Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon (Ostrea) pectinoides* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 451J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon (Ostrea) pectinoides* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 452J Camarasa (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon (Ostrea) pectinoides* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1293J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Ctenostreon (Ostrea) pectinoides* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1294J Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior: *Ctenostreon (Ostrea) pectinoides* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1300J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Limea alme-lae* De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. XI, fig. 4;

- Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. V, fig. 4.
- 1301J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Limea alme-lae* De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1408J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudolimea pectinoides*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2688J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Pseudolimea pectinoides*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2689J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Limea alme-lae* De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. V, fig. 5; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XI, fig. 5.

**Suborden OSTREINA FERUSSAC, 1822**  
**Superfamilia OSTREACEA RAFINESQUE, 1815**

- Lopha gregarea* (SOWERBY, 1815)  
(Lám. 2, Figs. 4, 5 y 7)
- 228J Javalambre (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *"Ostrea" gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 373J Josa (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Alectryonia gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 374J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Alectryonia gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 375J Valdearriño (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Alectryonia gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 376J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo.

- Clasificación anterior: *Alectryonia gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1133J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *"Ostrea" gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1135J Josa (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Alectryonia gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1262J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Arctostrea rastellaris* Munster. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1263J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Arctostrea rastellaris* Munster. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1264J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Arctostrea rastellaris* Munster. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. II, Fig. 6; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VIII, Fig. 6.
- 1265J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lopha gregarea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1266J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lopha gregarea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1267J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *"Ostrea" gregarea* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1269J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lopha perdalinae* Meneghini. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. II, Fig. 1; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VIII, Fig. 1.
- 1410J Abanco (Soria). Ejemplar completo. Fecha, forma y fuente de ingreso: Octubre de 1995, donación, Dora de Pablo.
- 2674J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Arctostrea rastellaris* Munster. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. II, Fig. 4; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VIII, Fig. 4.
- 2675J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: *Lopha gregarea* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. I, Fig. 4; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VII, Fig. 4.
- 2677J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lopha perdalinae* Meneghini. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2678J3 Maranchón (Guadalajara). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Lopha* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. III, Fig. 1; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. IX, Fig. 1.
- 2749J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Lopha gregarea* var. *maranchonensis*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. I, Fig. 3; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VII, Fig. 3.
- Lopha electra* D'ORBIGNY, 1850  
(Lám. 2, Fig. 1)
- 372J Teruel (España). Valva izquierda. Clasificación anterior: *"Ostrea" electra* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1136J Teruel (España). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *"Ostrea" electra* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Liostrea irregularis*  
(MÜNSTER in GOLDFUSS, 1835)

- 377J Guadalaviar (Teruel). Valva izquierda. Clasificación anterior "*Ostrea sportella* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 2671J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior *Liostrea* aff. *calceola* Zieten. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. I, Fig. 2; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VII, Fig. 2.

*Gryphaea arcuata* (LAMARCK, 1801)  
(Lám. 2, Figs. 3, 6)

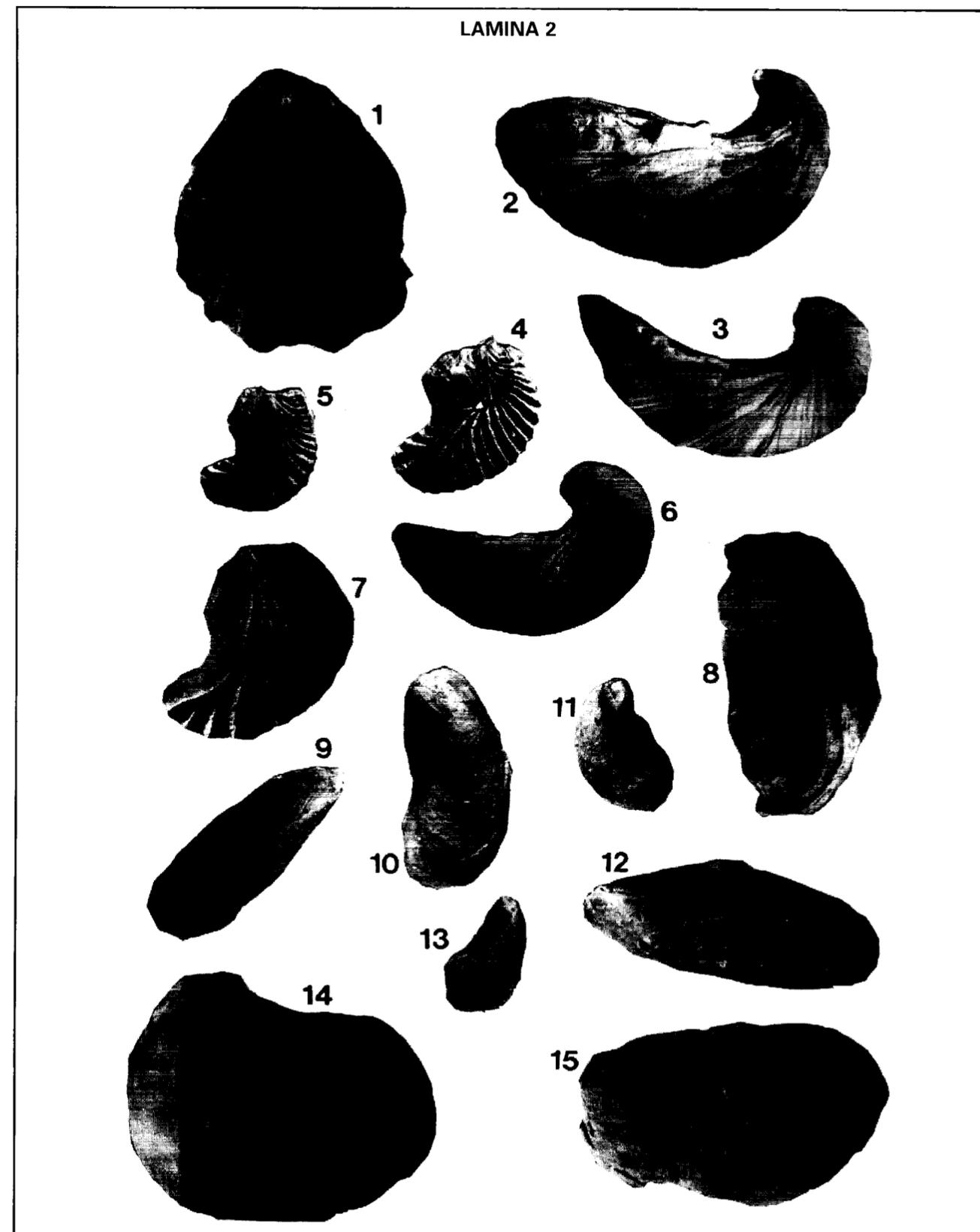
- 363J Camarasa (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea sublobata* (Deshayes)
- 366J Gijón (Asturias). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea obliquata* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 369J Soria. Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea arcuata* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1127J El Quintal, Villaviciosa (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea arcuata* (Sowerby).

## LAMINA 2

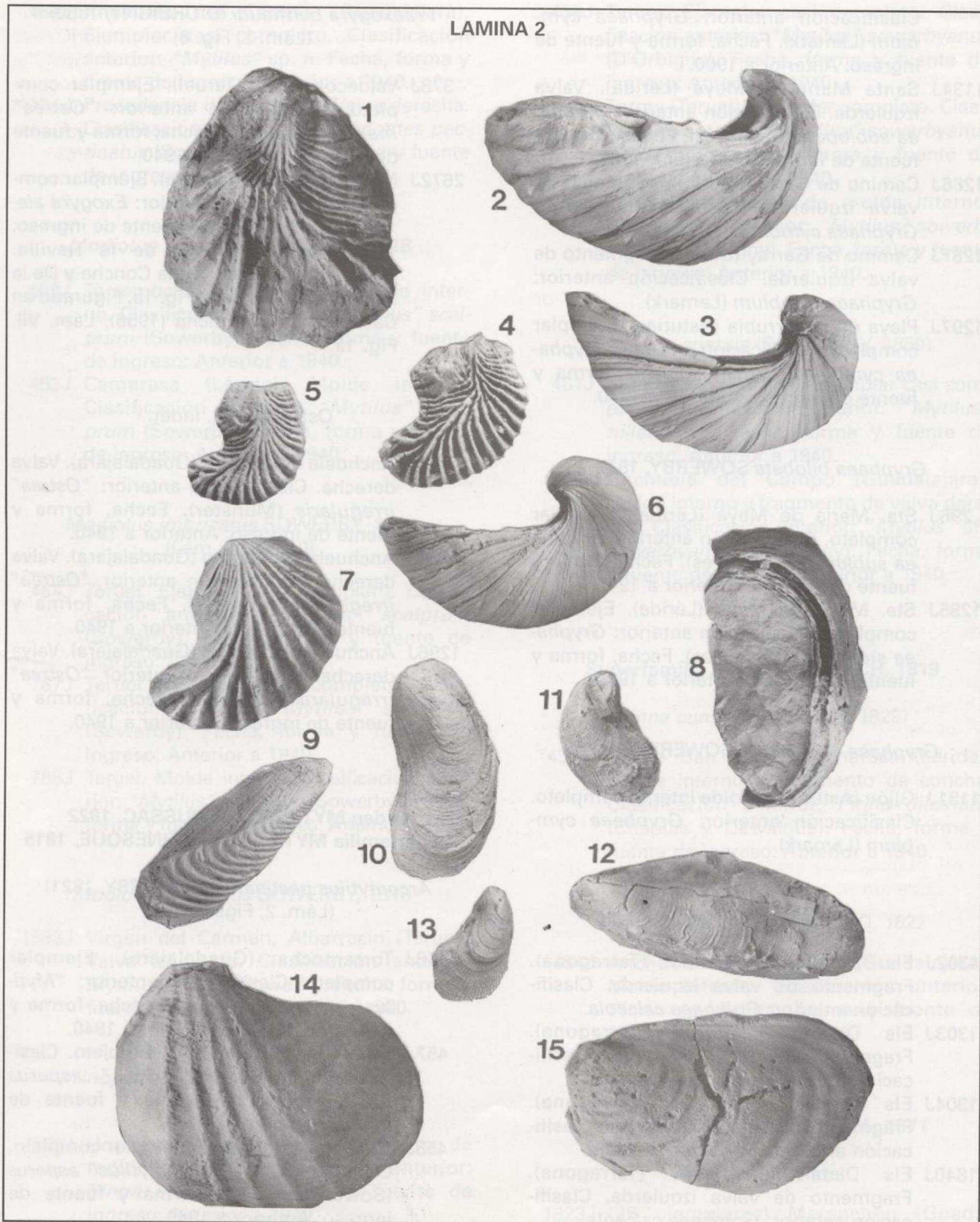
- 1.-1136J *Lopha electra* (D'Orbigny). Teruel. Valva izquierda.
- 2.-1124J *Gryphaea mccullochi* (Sowerby). Playa de Peñarrubia (Asturias). Vista lateral de valva izquierda.
- 3.-1127J *Gryphaea arcuata* (Sowerby). Villaviciosa (Asturias). Vista lateral de valva izquierda.
- 4.-2674J *Lopha gregarea* (Sowerby). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 5.-1135J *Lopha gregarea* (Sowerby). Josa (Teruel). Valva derecha.
- 6.-369J *Gryphaea arcuata* (Sowerby). Soria. Vista lateral de valva izquierda.
- 7.-2749J *Lopha gregarea* (Sowerby). Maranchón (Guadalajara). Valva derecha.
- 8.-2672J *Praexogyra berthaudi* (Dumortier). Maranchón (Guadalajara).
- 9.-460J *Inoperna plicata* (Sowerby). Torres (Teruel). Valva izquierda.
- 10.-464J *Modiolus imbricatus* Sowerby. Teruel. Valva izquierda.
- 11.-458J *Arcomytilus pectinatus* (Sowerby). Guadalaviar (Teruel). Valva derecha.
- 12.-2721J *Gervillaria tortuosa* (Sowerby). Maranchón (Guadalajara). Valva izquierda.
- 13.-758J *Arcomytilus pectinatus* (Sowerby). Valva izquierda.
- 14.-1854J *Pholadomya ambigua* (Sowerby). Ariño (Teruel). Valva izquierda.
- 15.-1844J *Paranoiceramus obliquus* (Moris y Lycett). Solana (León). Valva izquierda.

*Gryphaea maccullochii* (SOWERBY, 1826)  
(Lám. 2, Fig. 2)

- 362J Miravete (Huesca). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea sublobata* (Deshayes). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 364J Juarros (Burgos). Fragmento de ambas valvas. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 365J Gijón (Asturias). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck).
- 368J Barcenilla (Cantabria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1124J Playa de Peñarrubia (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1126J Soria. Clasificación anterior: Valva izquierda. *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1128J Ariño (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea arcuata* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900?.
- 1130J Camino de Garray (Soria). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck).
- 1132J Griegos (Teruel). Valva izquierda.



LAMINA 2



- Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1134J Santa María de Meyá (Lérida). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea sublobata* (Deshayes). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1286J Camino de Garray (Soria). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck).
- 1287J Camino de Garray (Soria). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck).
- 1297J Playa de Peñarrubia (Asturias). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Gryphaea bilobata* SOWERBY, 1817

- 296J Sta. María de Meyá (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea sublobata* (Deshayes). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1285J Sta. María de Meyá (Lérida). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Gryphaea sublobata* (Deshayes). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Gryphaea cf. bilobata* SOWERBY, 1817

- 1131J Gijón (Asturias). Molde interno completo. Clasificación anterior: *Gryphaea cymbium* (Lamarck).

*Gryphaea* sp.

- 1302J Els Dedals, Vandellós (Tarragona). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea calceola*.
- 1303J Els Dedals, Vandellós (Tarragona). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea calceola*.
- 1304J Els Dedals, Vandellós (Tarragona). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea calceola*.
- 1840J Els Dedals, Vandellós (Tarragona). Fragmento de valva izquierda. Clasificación anterior: *Gryphaea calceola*.

*Praexogyra berthaudi* (D'ORBIGNY, 1850)  
(Lám. 2, Fig. 8)

- 378J Valdecomadres (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: "*Ostrea*" *marmorai* (Haime). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 2672J Maranchón (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: *Exogyra alexandri*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell, De la Concha y De la Revilla (1955), Lám. I, Fig. 1a; Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. VII, Fig. 1a.

Ostreina gen. indet.

- 371J Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior: "*Ostrea*" *irregularis* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1138J Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior "*Ostrea*" *irregularis* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1296J Anchuela del Campo (Guadalajara). Valva derecha. Clasificación anterior "*Ostrea*" *irregularis* (Munster). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

**Orden MYTILOIDA FERUSSAC, 1822**  
**Superfamilia MYTILACEA RAFINESQUE, 1815**

*Arcomytilus pectinatus* (SOWERBY, 1821)  
(Lám. 2, Figs. 11, 13)

- 456J Torremocha (Guadalajara). Ejemplar completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *asperus* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 457J Frías (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *asperus* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 458J Guadalaviar (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *asperus* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 467J Anchuela del Campo (Guadalajara). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" sp. n. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1104J Procedencia desconocida. Valva derecha. Clasificación anterior: *Bachiodontes pectinatus* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Modiolus bipartitus* SOWERBY, 1818

- 462J Torremocha (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *scalprum* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 463J Camarasa (Lérida). Molde interno. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *scalprum* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Modiolus imbricatus* SOWERBY, 1818  
(Lám. 2, Fig. 10)

- 464J Teruel. Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *scalprum* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 787J Teruel. Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *scalprum* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 788J Teruel. Molde interno. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *scalprum* (Sowerby). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Modiolus gibbosus* SOWERBY, 1818

- 1863J Virgen del Carmen, Albarracín (Teruel). Valva izquierda. Clasificación anterior: *Mytilus hillanus* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

*Inoperna plicata* (SOWERBY, 1819)  
(Lám. 2, Fig. 9)

- 455J Hormicedón (Burgos). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pinna* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 459J Teruel. Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *sowerbyanus* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 460J Torres (Teruel). Ejemplar completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *sowerbyanus* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 786J Teruel. Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *sowerbyanus* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Inoperna spatula* (D'ORBIGNY, 1850)

- 461J Moncalvillo (Burgos). Ejemplar casi completo. Clasificación anterior: "*Mytilus*" *hillanoides*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 468J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno y fragmento de valva derecha. Clasificación anterior: "*Mytilus*" aff. *sowerbyanus* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

**Superfamilia PINNACEA LEACH, 1819**

*Pinna cuneata* (PHILLIPS, 1829)

- 453J Monte San Jorge, Camarasa (Lérida). Molde interno y fragmento de concha. Clasificación anterior: *Pinna diluviana* (Chapuis y Dewalque). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

*Pinna folium* YOUNG & BIRD, 1822

- 454J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pinna* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

**Orden ARCOIDA STOLICZKA, 1871**

Arcoida gen. indet.

- 1823J (25 ejemplares) Maranchón (Guada-

- lajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Arca sampelayoi* Castell, De la Concha, De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2717J (47 ejemplares) Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Arca sampelayoi* Castell, De la Concha, De la Revilla. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

**Subclase PALEOHETERODONTA NEWELL, 1965**  
**Orden TRIGONIOIDA DALL, 1889**  
**Superfamilia TRIGONACEA LAMARCK, 1819**

*Trigonia costata* SOWERBY, 1815  
 (Lám. 1, Fig. 4)

- 470J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno de valva izquierda. Clasificación anterior: *Trigonia similis* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 471J Albarracín (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia cf. similis* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1260J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia similis* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1822J Hoja 494, Andorra (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia similis* Agassiz
- 2693J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia similis* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Fig. 7.

*Trigonia* sp.

- 472J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia navis* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 473J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1258J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia lincolata* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1259J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia lincolata* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1292J Anchuela del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia navis* (Lamarck). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1809J Barbacil ? (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia* sp.. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2694J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia lincolata* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Fig. 8.

**Subclase HETERODONTA NEUMAYR, 1884**  
**Orden VENEROIDA ADAMS & ADAMS 1856**  
**Superfamilia LUCINACEA FLEMING, 1828**

*Mactromya cardioides* (PHILLIPS, 1829)  
 (Lám. 3, Fig. 2)

- 487J Frías (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium junthe* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

**Superfamilia CRASSATELLACEA FERUSSAC, 1822**

*Cardinia cf. concinna* (SOWERBY, 1820)

- 2711J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Astarte cf. gueuxi* D'ORBIGNY, 1850

- 2712J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte erix* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

**Superfamilia CARDIACEA LAMARCK, 1809**

*Protocardia cf. truncata* (SOWERBY, 1827)

- 102J Entre Josa y Obón (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Cardinia listeri* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 479J Entrambasaguas, Albarracín (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Mactromya liasina*". Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 2705J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium onesime* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 3.

**Superfamilia ARCTICACEA NEWTON, 1891**

*Pronoella cucullatum*  
 (MUNSTER in GOLDFUSS, 1836)

- 2718J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* nov. sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 6.

Veneroida gen. indet.

- 1838J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Figs. 9, 10.

- 1853J Becerril (Palencia). Molde interno. Clasificación anterior *Corbula* sp.
- 2676J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Nucula hammeri* Defrance. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2691J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Nucula nina* Boris. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2692J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Nucula hammeri* Defrance. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 1.
- 2702J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2706J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2709J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2713J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte glycerri* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XII, Figs. 11, 12.
- 2714J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 5.
- 2715J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cytherea* aff. *astartoides* Thevenin. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 4.
- 2716J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Lucina murriensis*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 3.

- 2719J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2720J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2727J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cyprina* aff. *loweana*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2735J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Cytherea* aff. *astartoides* Thevenin. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2738J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte glycerri* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2344J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2345J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

## LAMINA 3

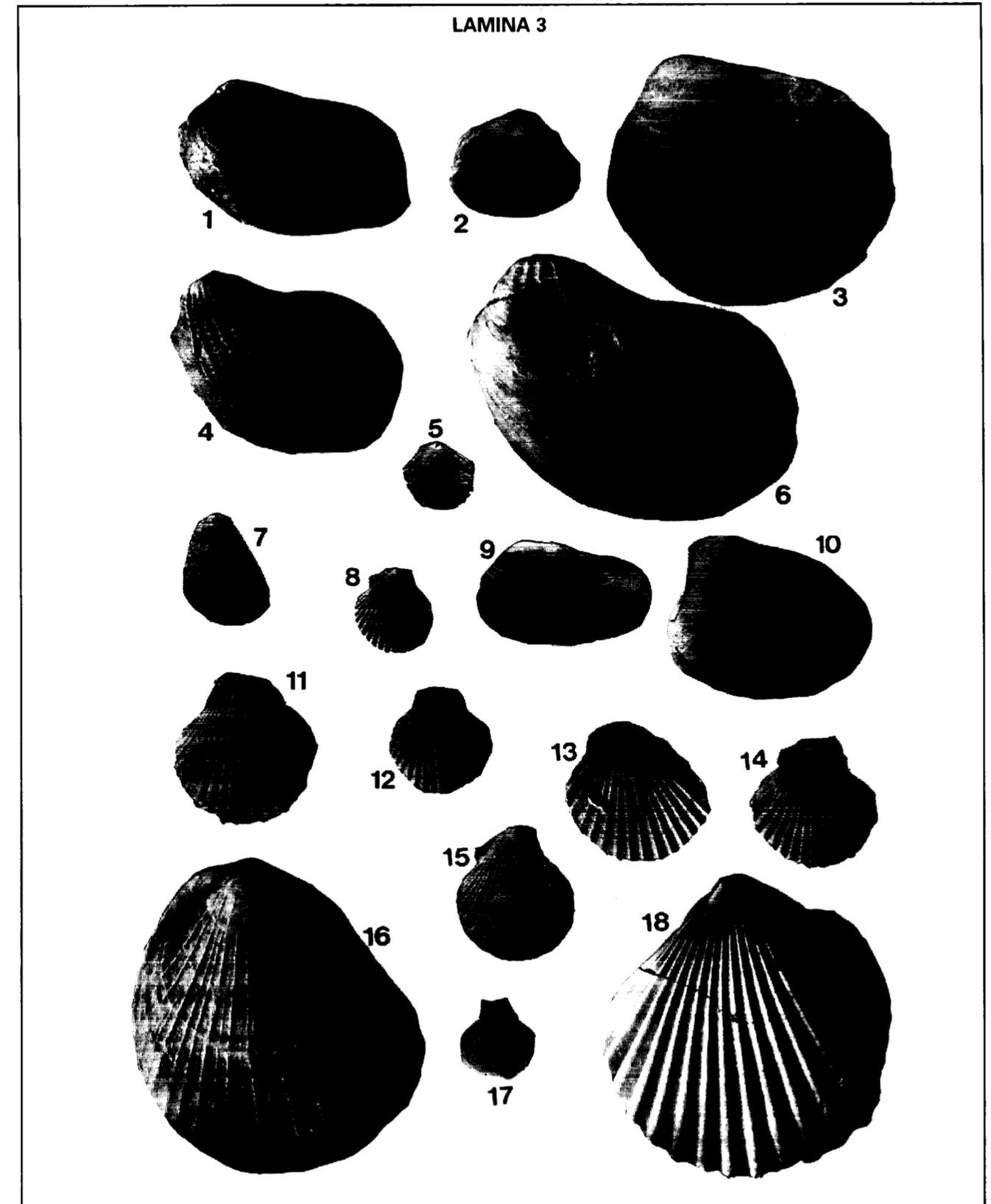
- 1.-1855J *Pholadomya lirata* (Sowerby). Calomarde-Frías (Teruel). Valva izquierda.
- 2.- 487J *Mactromya cardioides* (Phillips). Frías (Teruel). Valva derecha.
- 3.- 484J *Homomya gibbosa* (Sowerby). Foz de Calanda (Teruel). Valva izquierda.
- 4.- 508J *Pholadomya lirata* (Sowerby). Pozazal (Cantabria). Valva izquierda.
- 5.- 415J *Propeamussium pumilum* (Lamarck). Alfara (Tarragona). Valva derecha.
- 6.- 503J *Pholadomya ambigua* (Sowerby). Gijón (Asturias). Valva izquierda.
- 7.- 658J *Plicatula spinosa* (Sowerby). Galapagar (Soria). Valva izquierda.
- 8.-1827J *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Playa de Peñarrubia, Gijón (Asturias). Valva izquierda.
- 9.- 483J *Pleuromya alduini* Brongniart. Barahona (Soria). Valva izquierda.
- 10.- 478J *Ceratomya concentrica* (Sowerby). Teruel. Valva izquierda.
- 11.-1111J *Aequipecten priscus* (Schlotheim). Entrambasaguas (Teruel). Valva izquierda.
- 12.-1817J *Aequipecten priscus* (Schlotheim). Guadalaviar (Teruel). Valva derecha.
- 13.- 425J *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Anchuela del Campo (Teruel). Valva derecha.
- 14.- 414J *Aequipecten priscus* (Schlotheim). Guadalaviar (Teruel). Valva derecha.
- 15.-1797J *Chlamys textoria* (Schlotheim). Maranchón (Guadalajara). Valva izquierda.
- 16.- 388J *Eopecten velatus* (Goldfuss). Becerril del Campo (Palencia). Valva izquierda.
- 17.-1105J *Entolium demissum* (Phillips). Sierra del Madero (Soria). Valva izquierda.
- 18.- 397J *Pseudopecten aequivalvis* (Sowerby). Ricla (Zaragoza). Valva izquierda.

- 2346J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2347J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2348J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2349J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Astarte leda* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

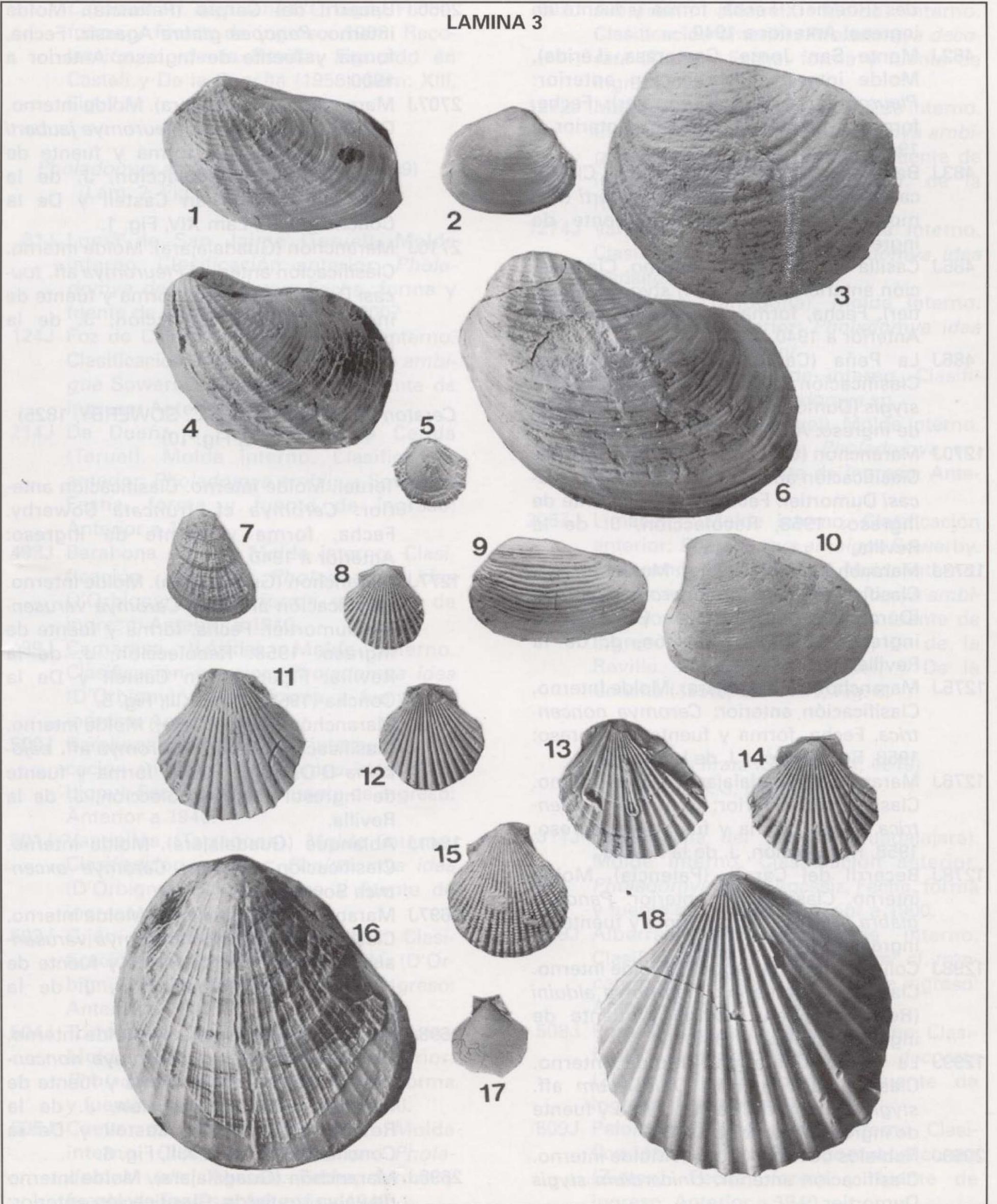
**Subclase ANOMALODESMATA DALL, 1889**  
**Orden Pholadomyoidea NEWELL, 1965**  
**Superfamilia PHOLADOMYACEA GRAY, 1847**

*Pleuromya alduini* BRONGNIART, 1823  
 (Lám. 3, Fig. 9)

- 481J Coll de Alfara (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya unioi-*



LAMINA 3



- des (Roemer). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 482J Monte San Jorge, Camarasa (Lérida). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 483J Barahona (Soria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 485J Casilla (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium stygis* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 486J La Peña (Cantabria). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium aff. stygis* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1270J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya aff. toucasi* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1273J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1275J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya noncentrica*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1276J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya noncentrica*. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1278J Becerril del Carpio (Palencia). Molde interno. Clasificación anterior: *Panopea glabra* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1298J Coll de Alfara (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya alduini* (Roemer). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1299J La Peña (Cantabria). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium aff. stygis* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 2059J Rubielos de Mora (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Unicardium stygis* Dumortier.
- 2060J Becerril del Carpio (Palencia). Molde interno. *Panopea glabra* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2707J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lam XIV, Fig. 1.
- 2710J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya aff. toucasi* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- Ceratomya concentrica* (J. C. SOWERBY, 1825) (Lám. 3, Fig. 10)
- 478J Teruel. Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya cf. truncata* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1277J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya varusensis* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 5.
- 1288J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya aff. bajociana* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1841J Ablanque (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya excen-trica* Sowerby.
- 2697J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya varusensis* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2698J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Ceromya noncentrica* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 6.
- 2699J Maranchón (Guadalajara). Molde interno de valva izquierda. Clasificación anterior:

*Ceromya aff. bajociana* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958. Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 7.

*Pholadomya ambigua* (SOWERBY, 1819) (Lám. 2, Fig. 14; Lám. 3, Fig. 6)

- 81J Loma de San Jaime (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya decorata* Zieten. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900?
- 124J Foz de Calanda (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ambigua* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 214J De Dueña a Rubielos de la Cerida (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ambigua* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 498J Barahona (Soria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* D'Orbigny. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 499J Camarasa (Lérida). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 500J Barahona (Soria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 501J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 503J Gijón (Asturias). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 504J Torremocha del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya voltzi* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 505J Cueva de Juarros (Burgos). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya voltzi* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 507J Albarracín (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya decorata* (Zieten). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1272J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ambigua* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 1274J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* transito a *murchisoni*.
- 1848J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* transito a *murchisoni*.
- 1854J Ariño (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya* sp..
- 1860J Obón-Montalbán (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2067J Limacal??. Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ambigua* Sowerby.
- 2701J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ambigua* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 8.

*Pholadomya lirata* (SOWERBY, 1819) (Lám. 3, Figs. 1, 4)

- 311J Torremocha del Campo (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya voltzi* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 489J Albarracín (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: "*Cardium*" cf. *truncatum*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 508J Pozazal (Cantabria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya decorata* (Zieten). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 509J Palomera (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya decorata* (Zieten). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.

- 513J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1271J Maranchón (Guadalajara). Molde interno de valva izquierda. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIV, Fig. 9.
- 1283J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz).
- 1284J Vandellós (Tarragona). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz).
- 1325J Zafrilla (Cuenca). Molde interno. Fecha, forma y fuente de ingreso: Junio 1996. Donación, Dirección de aguas.
- 1809J Barbacil (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Trigonia* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1818J Vandellós (Tarragona). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz).
- 1819J Torremocha de los Arrieros (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya murchisoni* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1855J Calomarde-Frías (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya ovulum* Agassiz. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1856J Villar del Cobo (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2703J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.
- 2704J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya* aff. *murchisonae* Sowerby. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla.

*Pholadomya fidicula* (SOWERBY, 1820)

- 512J Playa de Peñarrubia, Gijón (Asturias). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1409J Mataporquera (Cantabria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya decorata* Zieten. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1946, Recolección, A. Almela.
- 1843J Barahona (Soria). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya murchisoni* Sowerby.

*Pholadomya* sp.

- 502J Palomera (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* (D'Orbigny). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 515J Tejada (Burgos). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya woodwardi* (Oppel). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1280J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* transito a *murchisoni* D'Orbigny.
- 1281J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* transito a *murchisoni* D'Orbigny.
- 1282J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya reticulata* (Agassiz).
- 1807J Vijuesca-Ricla (Zaragoza). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya* sp. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 1810J Vandellós (Tarragona). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya idea* transito a *murchisoni* D'Orbigny.

*Homomya gibbosa* (J.C. SOWERBY, 1823)  
(Lám. 3, Fig. 3)

- 243J Foz de Calanda (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya acuta* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

- 484J Foz de Calanda (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: "*Lyonsia*" *sulcosa* (Agassiz). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 510J Albarracín (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya corrugata* (Kilian). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 515J Tejada (Burgos). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya woodwardi* (Oppel). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1139J Tejada (Burgos). Molde interno. Clasificación anterior: *Pholadomya woodwardi* (Oppel). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1140J Foz de Calanda (Teruel). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya jauberti* (Dumortier). Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.
- 2708J Maranchón (Guadalajara). Molde interno. Clasificación anterior: *Pleuromya meridionalis* Dumortier. Fecha, forma y fuente de ingreso: 1958, Recolección, J. de la Revilla. Figurado en Castell y De la Concha (1956), Lám. XIII, Fig. 9.

*Pholadomyoidea* gen. indet.

- 480J Entrambasaguas, Albarracín (Teruel). Fragmento de molde interno. Clasificación anterior: "*Mactromya liasina*". Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1940.
- 1279J Becerril del Carpio (Palencia). Molde interno. Clasificación anterior: *Panopea glabra*. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

Bivalvia gen. indet.

- 1851J Justanedo (Teruel). Molde interno indeterminable. Clasificación anterior: *Circe conspicua* Coquand. Fecha, forma y fuente de ingreso: Anterior a 1900.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realiza un estudio taxonómico de 462 ejemplares de bivalvos del Lías español

depositados en el Museo Geominero. Se han realizado modificaciones en la nominación de los diferentes taxones de acuerdo a criterios de actualización, o por haberse producido errores de interpretación en las determinaciones previas. Se han desdoblado algunas siglas por existir varios ejemplares con el mismo número. Así se pueden distinguir ejemplares pertenecientes a 4 subclases, 6 órdenes, 12 superfamilias, 32 géneros y 50 especies procedentes de 111 localidades españolas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a Uly Martín y al Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid por la realización de las fotografías que acompañan este trabajo.

REFERENCIAS

- CASTELL, J. y DE LA CONCHA, S. (1956). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 462 Maranchón (Guadalajara). IGME.
- CASTELL, J.; DE LA CONCHA, S. y DE LA REVILLA, J. (1955). Un yacimiento fosilífero del Lías de Maranchón (Guadalajara). *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. 40: 23-40.
- CHAPUIS, M. F.; & DEWALQUE, M. G. (1853). *Description des fossiles des terrains secondaires de la province de Luxembourg*. Académie Royale de Belgique. Bruxelles, 303 pp.
- DECHESAUX, C. (1936). Limidés Jurassiques de L'Est du Bassin de Paris. *Mémoires de Musée Royal D'Histoire Naturelle de Belgique* 2ª Serie, Fasc. 8: 1-58.
- DECHESAUX, C. (1936). Pectinidés Jurassiques de L'Est du Bassin de Paris. Révision et Biogéographie. *Annales de Paléontologie*. 25: 1-148.
- D'ORBIGNY, A. (1850). *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollosques et rayonnés*. 1: IX + 394 pp.; 2: 427 pp.; 3: 189 pp.; Paris (Viktor Massin).
- GOLDFUSS, G. A. (1826-1844). *Petrefacta Germaniae*. Part 1 (1): 1-76, pls. 1-25 [1826]; part 1 (2): 77-164, pls. 26-50 [1829]; part 1 (3): 165-240, pls. 51-71 [1831]; part 1 (4): 241-252 [1833]; part 2 (1): 1-68, pls. 72-96 [1833]; part 2 (2): 69-140, pls. 97-121 [1835]; part 2 (3): 141-224, pls. 122-146 [1837]; part 2 (4), pls. 147-165 [1841]; part 3 (1): 1-20, pls. 166-171

[1841]; part 3 (2); 21-28, pls. 172-195 [1844]; part 3 (3): 29-128, pls. 196-200 [1844]; Dusseldorf (Arnz).

HALLAM, A. (1968). Morphology, paleoecology and evolution of the genus *Gryphaea* in the British Lias. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London*. b254: 91-128.

KAITLY, A. K.; FÜRSICH, F. T. y HEINZE, M. (1995). Contributions to the Jurassic of Kachchh, wester India. IV. The bivalve fauna. Part I. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteriomorpha, and Isofilibranchia. *Beringeria* 16: 147-257.

MALLADA, L. (1885). Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España. Tomo II, Terreno Mesozoico (Sistemas Triásico y Jurásico). *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 150 p.

MORRIS, J. y LYCETT, J. (1853). A Monograph of the Mollusca from the Great Oolite chiefly from Minchinhampton and the coast of Yorkshire. Part II. Bivalves. *Palaeontographical Society of London*. 1-148.

SOWERBY, J. (1812-1822). *The Mineral Conchology of*

*Great Britain*. 1: i-viii, 9-32. Pls. 1-9 [1812]; 33-96, Pls. 10-44 [1813]; 97-178, Pls. 45-78 [1814]; 179-236, Pls. 79-102 [1815]; 2: 1-28, Pls. 103-114 [1815]; 29-116, Pls. 115-150 [1816]; 117-194, Pls. 151-186 [1817]; 195-239, Pls. 187-203 [1818]; 3: 1-40, Pls. 204-221 [1818]; 41-98, Pls. 222-253 [1819]; 99-126, Pls. 254-271 [1820]; 127-186, Pls. 272-306 [1821]; 4: 1-16, Pls. 307-318 [1821]; 17-104, Pls. 319-327 [1822]; London (J. Sowerby).

SOWERBY, J. C. (1822-1846). *The Mineral Conchology of Great Britain*. 4: 105-114, Pls. 328-383 [1822]; 115-151, Pls. 384-407 [1823]; 5: 1-64, Pls. 408-443 [1823]; 65-138, Pls. 444-485 [1824]; 139-171, Pls. 486-503 [1825]; 6: 1-86, Pls. 504-545 [1826]; 87-156, Pls. 546-580 [1827]; 157-200, Pls. 581-597 [1828]; 201-235, Pls. 598-609 [1829]; Preface to the General Indexes and Systematik Index to the six volumes, 239-250 [1835]; Alphabet Index to volumes 1-6: 1-11 [1840]; 1-8, Pls. 610-618 [1840]; 9-16, Pls. 619-623 [1841]; 17-24, Pls. 624-628 [1843]; 25-56, Pls. 629-643 [1844]; 57-80, Pls. 644-648 [1846]; London (J. de C. Sowerby).

YOUNG, G. y BIRD, J. (1822). *A Geological survey of the Yorkshire coast*. 235 pp. Whitby (Clark).

Original recibido: Octubre 1996.  
Original aceptado: Diciembre 1996.

## EL TRANSITO DEL Terciario MARINO AL CONTINENTAL EN LA CUENCA DEL EBRO

Por J. DEL VALLE DE LERSUNDI MENDIZABAL (\*)

### R E S U M E N

Desde que se descubrieron las cuencas potásicas catalana y navarra han abundado las teorías sobre el tránsito del Terciario marino al continental. Últimamente se ha tendido a suponer que ambas se han sedimentado en una gran cuenca surpirenaica que se extendía ampliamente por el Sur, llegando hasta la Ribera de Navarra y que son isócronas. Las investigaciones realizadas por Potasas de Navarra y Potasas de Subiza en Navarra y Aragón y las que está llevando a cabo Suria-K en Cataluña proporcionan nueva información, a partir de la cual se propone este modelo. No parece posible la unidad ni el sincronismo de ambas cuencas. Se hacen, también, unas consideraciones sobre la interpretación que se está haciendo de la información procedente de los sondeos petrolíferos y las características lenticulares de los depósitos salinos marinos. Se llega a la conclusión de que son necesarios estudios paleontológicos para establecer la correlación entre las cuencas catalana y navarra y, desde el punto de vista industrial, que no existen yacimientos de potasa económicamente explotables entre la Sierra del Perdón y la cuenca catalana.

*Palabras clave:* Terciario, Tectónica salina, Depósitos salinos, Potasa, Valle del Ebro, Pirineo sur.

### A B S T R A C T

During the last years it has been thought that the potash deposits of El Perdon, in Navarra, and the Catalan potash basin were contemporary deposits sedimented in a big Southern Pyrenean basin, wich expanded widely into the South, reaching the Navarrese Ribera. In this work the relations between the Catalan and the Navarrese-Aragonese basins are discussed in the light of the research done by Potasas de Navarra, first, and Potasas de Subiza, later, in the Western basins, and the one Suria-K is doing nowadays in the Catalan basin. Some remarks on the recent interpretation of the information from the oil bores are included. The lenticular nature of the marine saline deposits are also emphasized. The work concludes that there is no economically exploitable potash deposit between El Perdon and the Catalan basin.

*Key words:* Tertiary, Saline tectonics, Salt deposits, Potash, Ebro valley, Southern Pyrenees.

### INTRODUCCION

En 1912, dos ingenieros franceses, creo que eran bordeleses, Macary y Viader, perforan el pozo El Salí, en Suria, para explotar halita, y descubren el yacimiento potásico. En poco tiempo, el territorio se cubre de concesiones y comienza la historia de la potasa española. Inicialmente, Rubio y Marín, suponen que los depósitos marcan el paso del Eoceno al Oligoceno y, de forma intuitiva, probablemente, que los depósitos proceden del Este. La idea ha persistido mucho tiempo.

En 1928, mi padre, mi tío Joaquín y Manolo

(\*) Dr. Ingeniero de Minas.

Cincúnegi, descubren la cuenca navarra y se identifica con la catalana. Con este criterio se extiende la reserva del Estado de Cataluña a todo el Ebro. La prolongación de la cuenca navarra hacia el Oeste parece confirmarlo y solamente se discute su extensión.

Ríos' supone que ambas cuencas son ludenses y apunta "la probabilidad de que las sales potásicas quedasen limitadas a dos cuencas situadas en los extremos oriental y occidental de la subfosa oligocena pirenaica, quizás unidas ambas por un lecho más o menos continuo de sal

(<sup>1</sup>) Materiales salinos del suelo español. Instituto Geológico y Minero. Memoria 64.

común." Llama la atención sobre la pobreza en sulfatos de los yacimientos y piensa que la alimentación de aguas marinas provenía del Este. "Es muy posible que las cuñas marinas del Eoceno más alto, existentes en los conglomerados de Montserrat, representen estas invasiones parciales de la cuenca del Ebro por las aguas marinas procedentes del Mediterráneo". Juan Melgar<sup>2</sup>, afirma que "la composición de los dos yacimientos es tan semejante que inmediatamente surge la idea de que ambos han sido depositados en una misma cuenca". Supone que esta es mucho más amplia de lo que afirma Ríos, "a finales del Eoceno y por la emersión de los Pirineos, de la Ibérica y de la cordillera Costera Catalana, la regresión de las aguas dejó al valle del Ebro formando una cuenca de sedimentación continental lagunar, alimentada por el Este por aguas marinas, y en ella se depositaron primero los depósitos salinos que nos ocupan y posteriormente los sedimentos detríticos Oligocenos y los químicos y pelíticos del Mioceno", volviendo a las ideas que se utilizaron en la delimitación de la Reserva.

Con el hallazgo de fauna en la cuenca catalana que la sitúa en el Bartonense y la investigación de la cuenca del Perdón que supone que los niveles salinos pertenecen al Ludense se pone en duda la unidad de las cuencas potásicas. De todos modos continúa la tradición y se trata de justificar la identidad de ambas. En el fondo de la cuestión lo que subyace es la falta de dataciones precisas en ambas cuencas. Por la dificultad que entrañan las dataciones en terrenos continentales, bastaría con determinar, de forma precisa, el muro de los diferentes depósitos salinos, dado que, desde un punto de vista geológico, los depósitos salinos marinos son instantáneos.

Laura Rosell, en su tesis doctoral, observa que hay una similitud en las secuencias de los yacimientos de sales potásicas del Perdón (en Navarra) y de Cataluña, lo que le hace pensar en la posibilidad de que se trate de una sola cuenca y que los yacimientos sean isócronos. Posteriormente, esta idea parece haberse convertido en

un axioma y se da por sentado, sin entrar en las características de las cuencas catalana y del Perdón, su evolución y, sobre todo, las de los yacimientos de Izaga, valle de Ibargoiti y Javier-Los Pintano que se encuentran entre las dos primeras. Estas ideas aparecen recogidas en el libro "Formaciones evaporíticas españolas", publicado el año 1989, en el que se resume una serie de informes redactados para ENRESA, y en una comunicación de J. Klimowitz Picola y Ana Serrano Oñate<sup>3</sup> presentada en el I Congreso del Grupo Español del Terciario en 1991 en Vic.

La existencia o no de esta única cuenca tiene interés, no solamente científico sino, económico, ya que, de ser cierta, permitiría que cupiera la posibilidad de hallar una zona entre Cataluña y Navarra en la que pudiera ser explotada, bien por métodos convencionales o por disolución.

#### BREVE SINTESIS DE LA SITUACION DE LAS CUENCAS SURPIRENAICAS FINI-EOCENAS

En el Eoceno medio-superior, el bloque catalano-balear y el Pirineo, en proceso de emersión, han interrumpido la comunicación entre el Golfo de Vizcaya y las cuencas mediterráneas, dando lugar a un estrecho mar, abierto por el Oeste al Atlántico. La extensión y límites de este mar son difíciles de determinar y varían a lo largo del tiempo, de forma continua, debido a la actividad tectónica. *En su parte oriental la cuenca se ha desplazado al ante país, aunque continúa la actividad tectónica de la cordillera, por el Norte. Hacia el Oeste, con unos procesos tectónicos menos avanzados, la cuenca se encuentra en una zona activa, subdividida por los grandes cabalgamientos en formación que originan umbrales o cinturones de islas paralelos a la cordillera lo que le confiere unas características totalmente distintas a las de la cuenca catalana.*

En esta, en una situación estable, las aureolas carbonatada y sulfatada proporcionan una idea de su extensión en el momento en que se produ-

<sup>(3)</sup> "Contribución al conocimiento de la estratigrafía y geometría de las formaciones evaporíticas del Eoceno superior-Oligoceno inferior en la Cuenca del Ebro y en el alóctono y autóctono surpirenaico" I Congreso del Grupo Español del Terciario. Barcelona 1991.

cen los depósitos de sales marinas, en aquel sector. En la cuenca del Perdón la discordancia sueviense<sup>4</sup> recorta los depósitos salinos, pero el acunamiento de las sales potásicas hacia el SO indica la proximidad del borde de la cuenca durante el depósito de las sales.

En esta cuenca, estrecha y poco estable, podían originarse, con cierta facilidad, áreas de mares restringidos en las que pudiera tener lugar el depósito de sedimentos evaporíticos, facilitados, además, por un clima agresivo. Sin embargo, solamente en el Luteciense, se depositan yesos (formación Beuda), en la parte catalana de la cuenca, la más alejada del mar abierto. Son depósitos de ámbito regional, que abarcan una zona amplia, de la que su parte septentrional, se encuentra en el manto del Cadí. El sondeo de Castellfullit atraviesa niveles de anhidrita, también del Luteciense inferior, como el de Perafita y el de Guisona corta yesos del Luteciense medio. En la parte occidental de la cuenca, pero ya en el Bartonense basal, se depositan niveles de anhidrita, cortados por los sondeos de evacuación de salmueras de Potasas de Navarra, pero se trata de depósitos de carácter local, de postplaya, separados del mar abierto por las tidalitas de Cizur y de la sierra de Tajonar.

La gradual retirada del mar hacia el Oeste, hasta que termina, ya en el Oligoceno<sup>5</sup>, cortándose su comunicación con el Atlántico, convirtiendo el estrecho golfo en un lago, origina los depósitos evaporíticos, en una primera fase, de origen marino, con sales potásicas y posteriormente, ya cortada la comunicación con el mar, continentales.

Como he expuesto más arriba, se da por sentado

<sup>(4)</sup> En la sierra del Perdón siempre se ha tratado de los "conglomerados del Perdón" que José Oriol Riba situó en la base del Mioceno, pero más tarde comprobé que existían dos niveles de conglomerados y que los superiores cubrían discordantemente a los inferiores en el alto del Perdón, por lo que se habían considerado como un único nivel. A los inferiores, que son los que limitan la cuenca potásica, les denominé "conglomerados de Biurrun". Indentan en las facies distales de las areniscas de Mués, por lo que pudieran ser Suevienses.

<sup>(5)</sup> Fernando Sánchez Ferrer "Evolución estructural post-kimmérica de la plataforma continental vasco-cantábrica" (1991).

que los yacimientos potásicos catalanes y navarro-aragoneses forman parte de una única cuenca, siendo coetáneos, pero conviene repasar la información en la que se basa esta afirmación. Desde un punto de vista lógico, no resulta fácil imaginarse una cuenca potásica única desde Cataluña hasta el Cantábrico en un mar estrecho y largo, y, sobre todo, afectado de forma continua por la actividad tectónica en su parte occidental. En una cuenca amplia, como la canadiense, se pueden originar depósitos de sales potásicas localizados en zonas determinadas mientras en otras se deposita halita o anhidrita, pero se trata de cuencas en áreas tectónicamente estables. Además, como se observa en la cuenca canadiense o en la del Golfo de Méjico, la evaporación va concentrando la salinidad a lo largo de la cuenca, de forma que las áreas de mayor concentración salina suelen estar situadas en las partes más alejadas de la zona de alimentación<sup>6</sup>. En este esquema resulta lógica la cuenca catalana pero no la del Perdón, la más próxima al mar abierto y que, sin embargo, es la que posee la mayor concentración en bromo.

En el área catalana los niveles evaporíticos se suelen integrar en dos formaciones. Los depósitos de origen marino dan lugar a la formación Cardona y los de origen continental a la de Barbastro. En Navarra Cayo Puigdefábregas en su tesis<sup>7</sup>, incluye las evaporitas marinas en la formación Guendulain, juntamente con niveles de margas y areniscas marinas que tienen al techo, y las continentales en la formación Puente-larreina.

Antes de continuar, conviene recordar que *el depósito de sales marinas masivas, como la formación Cardona, se ha originado en unos pocos millares de años, por lo que no resulta comparable con el de las formaciones clásicas como las margas de Igualada o los yesos de Barbastro. En realidad estos depósitos salinos deben de considerarse como lentejones comprendidos entre dos formaciones, lo que hace que tenga poco*

<sup>(6)</sup> L. I. Briggs y D. Zigic Briggs. "Digital simulation models of evaporite sedimentation". Geology-Technology Gulf Coast Salt. Sch. Geoscience, Louisiana S.U. 1970.

<sup>(7)</sup> "La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca". Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 104 (1975).

<sup>(2)</sup> Consideraciones sobre el origen de los yacimientos potásicos y su aplicación a la Zona Reservada al Sur de los Pirineos.- Actas de las III Jornadas Nacionales y Primeras Internacionales Minero-metalúrgicas. Gijón 1967.

sentido buscar correlaciones entre la "formación Cardona", por ejemplo, y otras formaciones, como se hace corrientemente. De todos modos, en lo que sigue, respetaré las denominaciones clásicas.

Como secuencia clásica de la formación Cardona se suelen considerar unos niveles de anhidrita, a veces alternando con margas o halita (anhidrita basal), un potente tramo de halita (sal de muro), silvinita formando dos niveles separados por una intercalación halítica (capas a y b), carnalita que, en su base puede estar convertida en silvinita por migración del cloruro magnésico (transformada) y una alternancia de halita y arcilla, con intercalaciones de anhidrita (sales de techo). En el yacimiento del Perdón también se encuentra una capa de anhidrita, la sal de muro, la capa a, la intercalación halítica, la carnalita con transformada y las sales de techo.

#### LA CORRELACION BASADA EN LA SIMILITUD DE LAS SECUENCIAS. ANALISIS DE LAS MISMAS

Federico Orti<sup>8</sup> y Laura Rosell<sup>9</sup> suponen la existencia de una cuenca única surpirenaica, dividida en varias subcuencas coetáneas. Laura Rosell se apoya en la similitud de las secuencias entre los depósitos de la cuenca catalana y del yacimiento de la Sierra del Perdón en Navarra y en que ambas son deficitarias en sulfato magnésico. En ambas áreas las sales se depositan sobre margas grises de carácter prodeltáico (margas de Igualada y de Jaca-Pamplona) y la sucesión salina es muy similar, siendo únicamente diferentes en las potencias. Tras la retirada del mar, tiene lugar un segundo ciclo evaporítico, continental, representado en Cataluña por la formación de yesos de Barbastro y, en Navarra, por la de Puentelarreina, que igualmente se supone forman una unidad. También Alberto Sáez y Josep M. Salvany<sup>10</sup> se apoyan en el mismo modelo y

<sup>(8)</sup> "Introducción a las evaporitas de la Cuenca Terciaria del Ebro" en "Formaciones evaporíticas españolas" (ENRESA, 1989).

<sup>(9)</sup> "Las potasas surpirenaicas" En la misma publicación.

<sup>(10)</sup> "Las formaciones evaporíticas de Barbastro y Puente La Reina (Eoceno superior-Oligoceno basal de la Cuenca Surpirenaica)" En la misma publicación (1989).

tratan de correlacionar los yesos de Barbastro con los de Puentelarreina, situando los primeros en el Priabonense superior "aunque posiblemente tengan sus niveles más altos y occidentales una edad Oligoceno inferior", con lo que tratan de relacionarlos con los de Puentelarreina que son oligocenos. Más adelante discutiré estas similitudes.

J. Klimowitz y A. Serrano, parten de información geofísica y de sondeos petrolíferos. Dividen el conjunto de los depósitos evaporíticos en tres episodios o unidades (Unidad Evaporítica inferior, Unidad Evaporítica intermedia y Unidad Evaporítica superior). La formación Cardona estaría formada por la Unidad inferior que comprendería la anhidrita basal y la halita de muro y la intermedia en la que se incluyen las sales potásicas. Esta división tiene un sentido práctico para la prospección minera, ya que la sal de muro proporciona unas facies sísmicas transparentes, mientras que la carnalita, debido a su baja densidad, (si no tiene intercalaciones halíticas de cierta entidad), puede originar reflectores, por lo que el techo de las facies transparentes suele indicar aproximadamente la posición de los niveles explotables. Pero desde el punto de vista sedimentario no tiene mucho sentido, ya que la formación Cardona representa un ciclo evaporítico, es decir un solo lentejón salino entre las margas de Igualada y los yesos de Barbastro del que se podrían excluir, en todo caso, las sales de techo, que podrían incluirse en esta última formación, pero no los niveles potásicos

Además, en la Unidad intermedia se incluyen las aureolas carbonatada (formación Tossa) y sulfatada (yesos de Odena), como si fueran exclusivos de ella. En realidad, la Unidad inferior también estaba rodeada de las mismas aureolas y los yesos de Odena tienen continuidad en la anhidrita de base. Esta idea tiene importancia; una vez establecido el régimen continental, con el gradual desplazamiento de las cuencas, en las nuevas áreas invadidas por las salmueras, se iría desplazando también la aureola sulfatada proporcionando un nivel, que podría tener continuidad, bajo la sal, pero que no sería isócrono.

Con respecto a la semejanza de las secuencias catalana y navarra, es verdad que en ambas

áreas las sales se disponen sobre depósitos de prodelta, pero de dos deltas diferentes y que no están relacionados entre sí más que en que, en ambos casos, se trata del relleno del surco surpirenaico. Además, aunque en la cuenca catalana se suele suponer que el muro de las evaporitas está constituido por la formación de las margas de Igualada, en realidad, el substrato de las sales varía con frecuencia. Son pocos los sondeos que llegan al muro de las sales, aparte de los petrolíferos, y, casi todos, se encuentran en las concesiones que fueron de Solvay, por lo que la información proviene en su mayoría de un área limitada. Normalmente, penetran pocos metros en el substrato<sup>11</sup>, pero son más los sondeos que bajo los niveles de anhidrita encuentran "calizas negras con huellas fósiles", según las descripciones de los años 20 y 30, que margas, por lo que, posiblemente, fuera más adecuado relacionarlas con la formación Tossa. Por el contrario, el sondeo petrolífero de Sanahuja 1 cortó 470 m de margas bajo la anhidrita basal y Pinós 1 atravesó 232 m pero se paralizó sin llegar al muro de las mismas. El sondeo de Guisona 1, por el contrario, cortó 651 m de calizas con niveles margosos, incluidas las del Luteciense superior. Claro que estas circunstancias no afectan a que las cuencas sean o no coetáneas.

Los niveles de anhidrita son también similares pero, como sucede con las margas, en la cuenca catalana, como es muy amplia, carecen de la uniformidad que presentan en la cuenca del Perdón. En esta tienen un metro de potencia y la transición entre las margas y la anhidrita o entre esta y la sal tiene lugar en unos pocos centímetros. En Cataluña, su potencia oscila entre los 4 y 16 metros y puede ser compacta, como la de Navarra o estar constituida por alternancias de sal y anhidrita y de caliza y anhidrita. Sin embargo, su respuesta sísmica es siempre idéntica aunque cambien notablemente sus características, lo que proporciona, en los perfiles sísmicos, una falsa idea de homogeneidad. Es posible que esta respuesta refleje una secuencia caliza o marga-anhidrita-sal y no un horizonte concreto.

<sup>(11)</sup> Los sondeos 5 y 6 de Solvay son los que más penetran en el substrato. El 5 ya próximo al borde del yacimiento, cortó 36 m de sal gris con anhidrita, 8 de caliza y anhidrita, 33 de margas esquitosas, 37 de calizas gris oscuro y 24 de arenisca y caliza arenosa. El 6, más centrado en la cuenca, 6 m de anhidrita y caliza y 78 de caliza.

Con respecto a las sales, la principal diferencia está en las potencias, sobre todo en la de la sal de muro (8 a 10 m. en el Perdón y 170 a 180 entre el Cardener y el Llobregat). Únicamente, en el área de Súrria (en la margen izquierda del Cardener), entre la anhidrita y la halita se encuentran unos niveles carnalíticos que se acuñan hacia el Este. Esta "anomalía" se puede explicar suponiendo que el accidente del Cardener se encontraba activo durante el depósito de las evaporitas y originaba un umbral que separaba una subcuenca oriental que se alimentaba con salmueras concentradas de la cuenca principal, sin corriente apreciable de retorno.

En lo que difieren de forma más importante es en la naturaleza del techo de las sales potásicas. La cuenca del Perdón es reducida y el techo de las sales, que es de origen marino, es bastante uniforme pero, por el contrario, la cuenca catalana es muy amplia y, lógicamente, el techo varía y no se puede definir con un modelo único. En esta última, con el depósito de la carnalita se colmata la cuenca que queda convertida, con la retirada del mar, en un lago con una lámina de agua insuficiente para permitir la homogeneización, por lo que queda dividida en diferentes áreas de depósito. En su parte oriental, sobre los niveles más altos de carnalita se depositan arcillas o areniscas, como se puede observar en la figura 1 que representa los primeros metros del recubrimiento de las sales. Además, se ve invadida por terrígenos, procedentes del Este y Sureste (fig. 2). Más hacia el Oeste quedan áreas en las que se depositan yesos o halita con arcillas. En el área de la margen izquierda del Cardener, en Súrria, se encuentran 10 ó 15 m de sales de techo y 20 ó 30 de yesos, que es el modelo que se toma para comparar con la cuenca navarra. Hacia el Oeste y al Norte de la falla del Tordell hay, al techo de las sales, un tramo de 150 a 200 m de anhidrita, sal y arcillas que tiene, al techo, un nivel de sal y anhidrita (nivel de las Guixeras), que aflora en Súrria en la carretera de Solsona, que penetra profundamente hacia el Este. Son facies de la formación Yesos de Barbastro, en su denominación clásica, o de Sanahuja. Sobre el nivel de las Guixeras, en la parte central y oriental de la cuenca predominan los terrígenos que, hacia el Oeste, pasan lateralmente a facies evaporíticas continentales. La serie que se observa desde Súrria a la Colonia

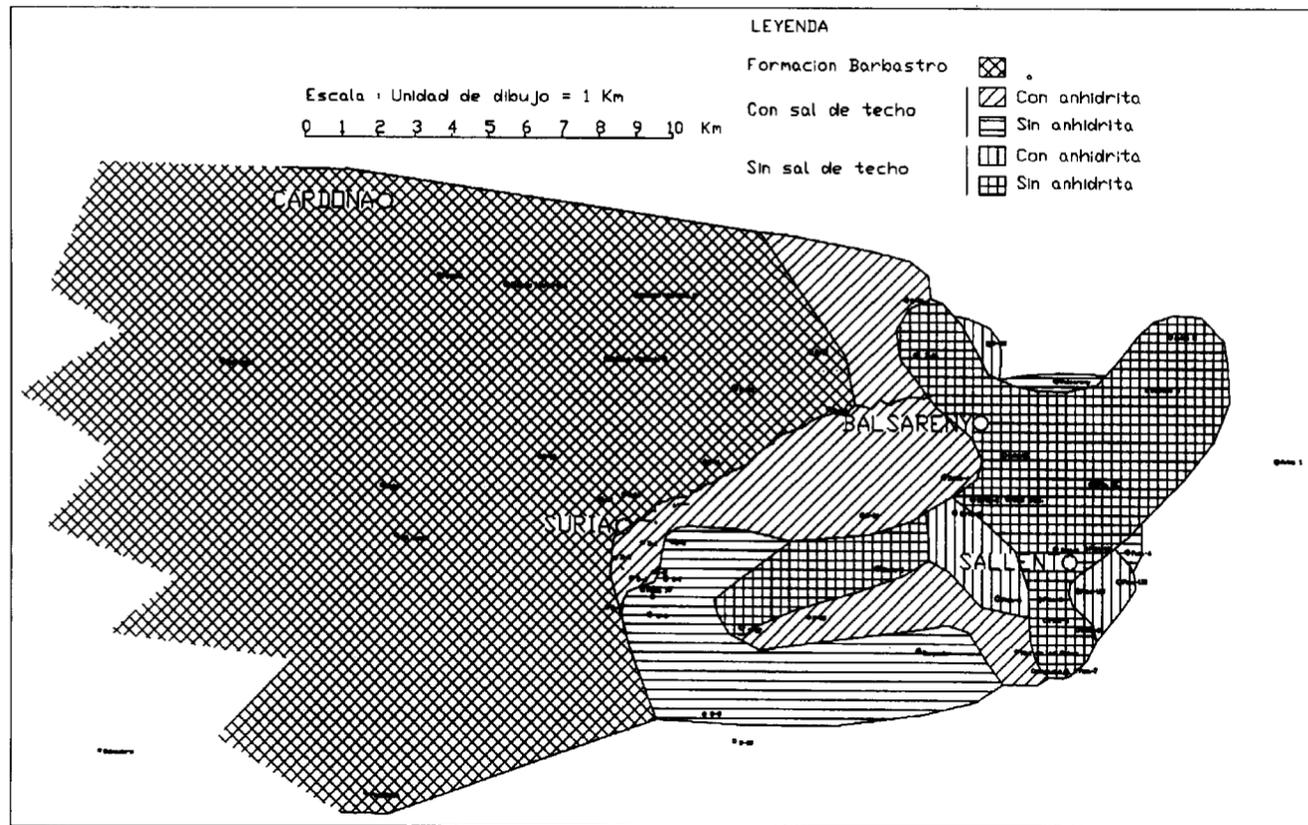


FIGURA 1

Valls, a lo largo de la carretera, en la que no hay niveles evaporíticos, se correlaciona sísmicamente bien con niveles de la formación Barbastro cortados por el sondeo de Pinós, manteniéndose las potencias.

En la interpretación de los perfiles sísmicos realizados el año 1989, los técnicos de la C.G.G. observan, en la parte occidental de la cuenca, la existencia de varios ciclos evaporíticos por encima de las sales potásicas. Como consecuencia, se han querido ver niveles potásicos en algunos de ellos. Se justificaba la hipótesis en la presencia de carnalita en el sondeo de El Semís, consignada por Agustín Marín, y en que los sondeos de Vilanova de la Aguda se cortaban varias veces los niveles potásicos. Cuando se consultan los datos originales del sondeo de El Semís, resulta que únicamente se menciona "sal fibrosa con un pocito (sic) de carnalita" lo que probablemente describe una grieta rellena de sal y no una capa. En el vecino sondeo de Saló, que sísmica-

mente se correlaciona muy bien con el de El Semís, no se corta nivel alguno potásico por encima del techo de la carnalita. Con respecto a los sondeos de Vilanova de la Aguda, dada la actividad halocinética que ha sufrido, no tiene nada de particular que se repitan capas. Los yesos de las Guixeras, que representan la máxima expansión de la formación Barbastro hacia el Este, se ha comprobado con estudios isotópicos que son continentales y es muy difícil imaginar una vuelta a los depósitos marinos. Queda la remota posibilidad de que, localmente, pueda existir algún depósito resedimentado, pero nunca sería económicamente explotable.

Por el contrario, en Navarra, sobre los niveles de carnalita se encuentran sales de techo y anhidrita marinos, sobre los que hay depósitos de facies de lagunas costeras, frecuentemente con carácter de sebjas (margas fajeadas de Puigdefábregas), y areniscas de carácter litoral (areniscas de Galar o de Liédena de Mangin), también marinas, sobre

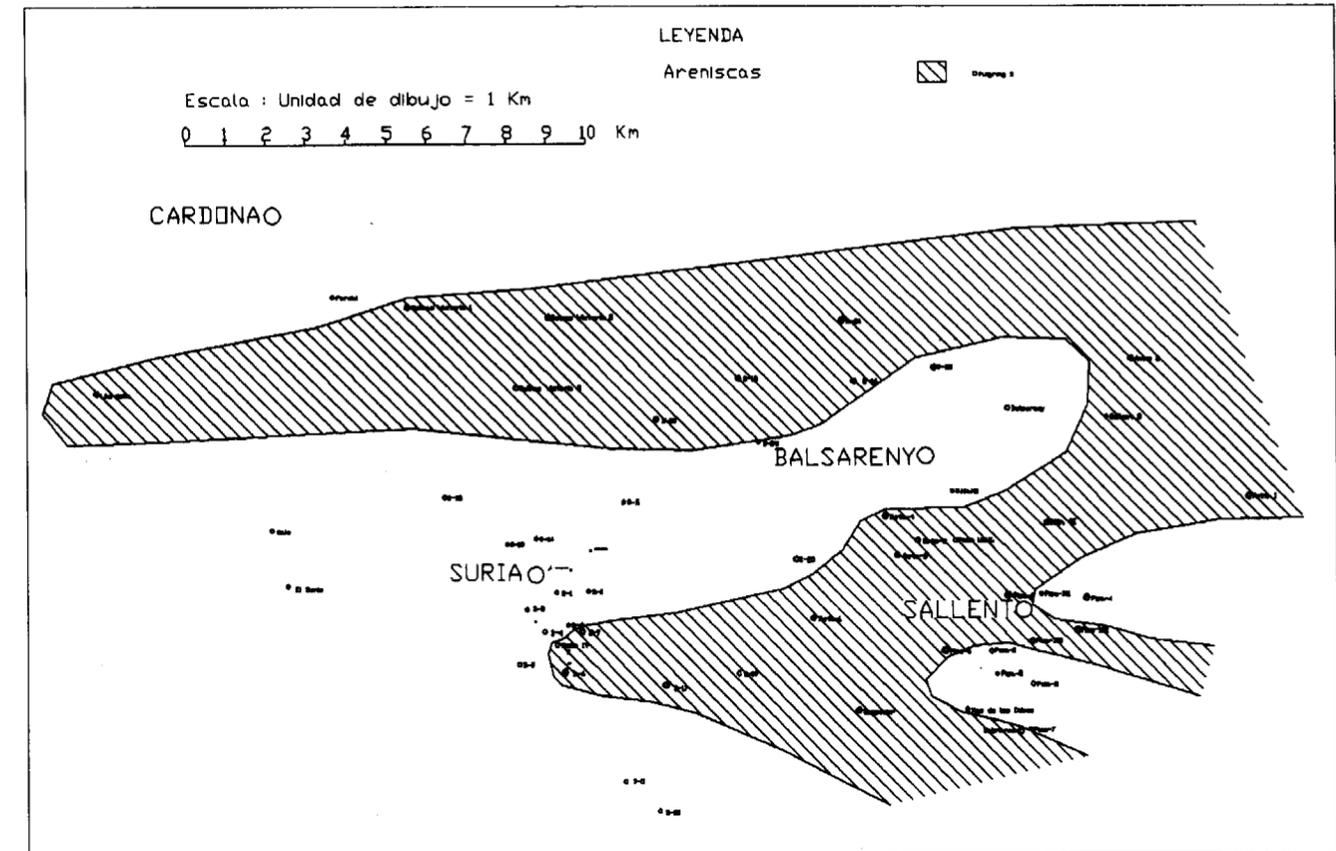


FIGURA 2

las que se inician los depósitos continentales, fluviales al Este (formación Javier), fluviolacustres más al Oeste (formación Zabalza) y evaporíticos en El Perdón (formación yesos de Puente-larreina).

Ahora bien, al comparar las secuencias de la cuenca catalana con las del Perdón, no se han tenido en cuenta los depósitos de las cuencas de Izaga y de Javier-Los Pintano tan diferentes de ambas, con 100 metros de sales de muro, niveles brechoides de silvinita y sin carnalita.

De estas diferencias o semejanzas en las secuencias no se puede deducir que se trate de una o de dos cuencas. Como hemos visto, dentro de la cuenca catalana, se observan ciertas diferencias y no cabe la menor duda de que se trata de una sola cuenca. Sin embargo, las características de las demás cuencas navarro-aragonesas hacen muy difícil hablar de identidad entre las evaporitas orientales y occidentales.

#### LIMITACION DE LOS DEPOSITOS SALINOS MARINOS

Como he explicado en el segundo apartado de esta nota, las cuencas catalana y navarro-aragonesa son estructuralmente muy diferentes. Como el proceso de plegamiento del Pirineo se va desarrollando progresivamente de Este a Oeste, cuando se depositan las evaporitas marinas en Cataluña, los mantos de corrimiento principales se han emplazado ya y han desplazado la cuenca de depósito hacia el Sur a una situación relativamente estable, en el antepaís. Los últimos movimientos pirenaicos en este sector comprimen la cuenca, que se pliega, produciéndose un despegue a nivel de las sales. En la navarro-aragonesa el depósito salino tiene lugar en una fase más activa, en unas cuencas móviles definidas por los pliegues en formación, en unos sinclinales que basculan y que son arrastrados en franca aloctonía, como en la sierra del Perdón, Izaga o Javier-Los Pintano, o son cabalgados, como en el valle

de Ibargoiti o en Sangüesa. Habrá que esperar hasta el Sueviense superior para que la cuenca, en su desplazamiento hacia el Sur, se sitúe en el antepaís y se deposite la formación yesos de Falces que, como en Cataluña las sales eocenas, servirán de nivel de despegue de la cobertera ante la compresión de la cuenca entre los cabalgamientos pirenaicos y la Cordillera Ibérica. Es curioso el paralelismo existente entre las estructuras tectónicas de la cuenca catalana y de la Ribera, con la diferencia del mayor contenido en sal de la formación Cardona.

### LIMITES DE LA CUENCA CATALANA

La relativa estabilidad de la cuenca potásica catalana hace que sean más fáciles de establecer los

límites de esta que los de las cuencas móviles occidentales (fig. 3)<sup>12</sup>. Sin embargo, a pesar de que la potasa se descubrió en 1912, en bastantes aspectos, es poco conocida. La Dirección actual de las minas de potasa está impulsando fuertemente su investigación y se está avanzando en su conocimiento.

Su límite oriental y suroriental viene definido a grandes rasgos por la aureola carbonatada representada por la formación Tossa y la sulfatada de los yesos de Odena. Por el Norte se encuentra limitada por el manto del Cadí, bajo el que afloran

<sup>12</sup> La geología del entorno de la Cuenca Potásica está basada en el Mapa Geològic de Catalunya a escala 1/250000, elaborado por el Servei Geològic de Obres Públiques y publicado en 1989 por el Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

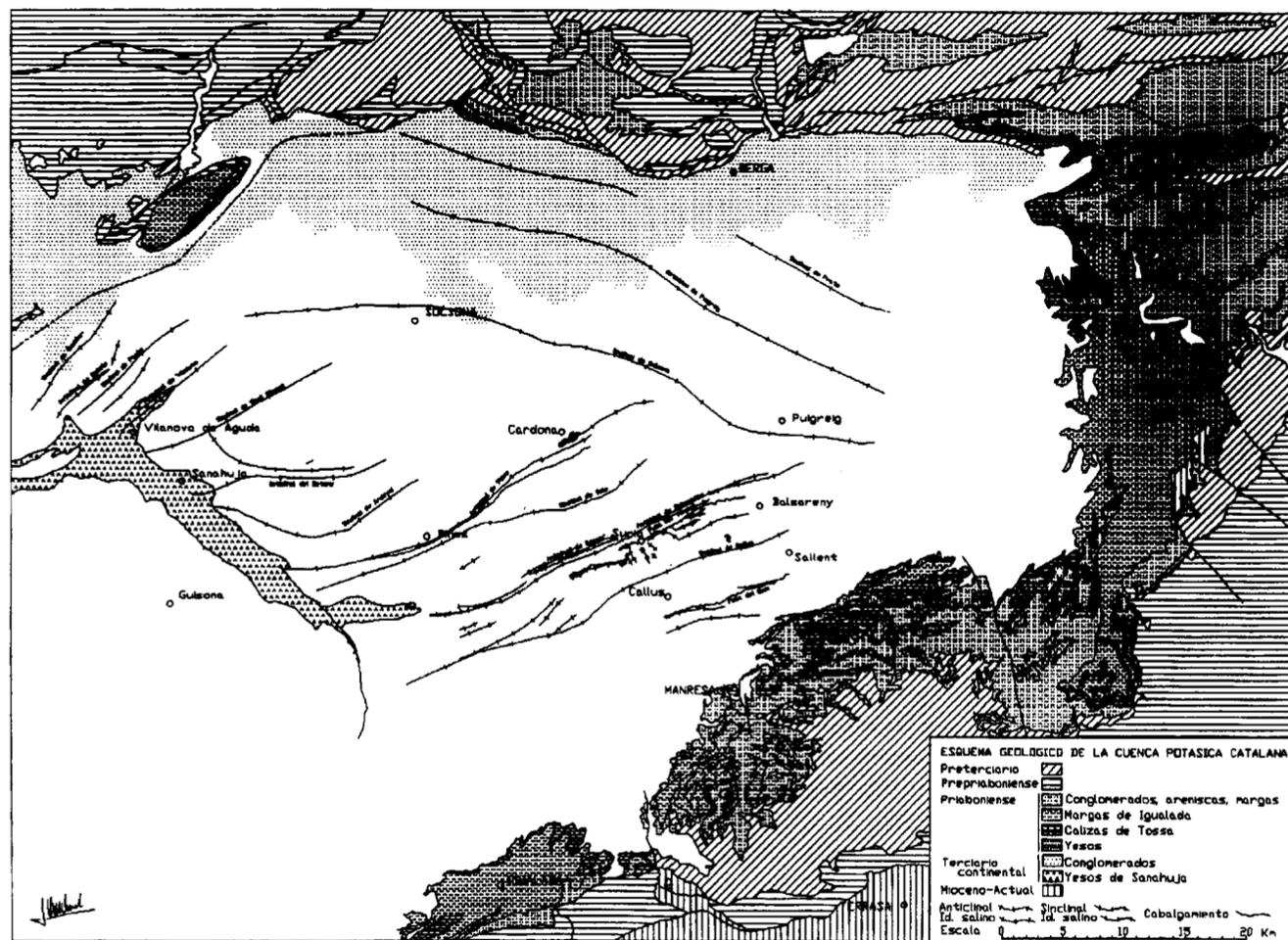


FIGURA 3

ran calizas, que, también se observan en los flancos de la estructura de Oliana, y son alóctonas, como las anteriores.

También es por el Sur y el Este donde se conocen, con cierto detalle, los límites de la sal. Por el NE y N se suele limitar en el anticlinal o discontinuidad de Puigreig en el que dos sondeos, uno petrolífero, no cortaron sal. En este se cortaron unas calizas al techo de los depósitos marinos, que podrían representar la aureola carbonatada. En el de Perafita, situado al NE del anterior no se cortan ni siquiera las calizas.

Por el Oeste, no se conoce hasta dónde continúa, disponiendo únicamente de la información proporcionada por los sondeos de investigación petrolífera, que resumo a continuación, y las investigaciones sísmicas.

En el sondeo de Isona<sup>13</sup>, bajo los terrenos alóctonos se cortan, entre los 3592 y 3897 m., yesos y anhidritas, pasadas de margas y dolomías y sal. El paquete salino incluye pasadas de sales potásicas que, dada su situación al NO del sondeo de Basella, en el borde del antepaís o fuera ya de él, puede indicar que se trata de una pequeña cuenca inestable, como las occidentales. Por debajo se encuentran margas arcillosas hasta los 4314 m. en que finalizó el sondeo. A todo ello se le ha asignado, en la publicación, edad Priabonense.

En el de Comiols, también bajo el alóctono, entre los 3551 y 3975, se cortan margas, sal y anhidrita que se supone pertenecen al Eoceno superior. El sondeo de Catellfullit corta terrenos del Eoceno superior, desde los 574 m a los 1257, constituidos por arcillas limosas y areniscas calcáreas con anhidrita y sal a techo.

El sondeo de Basella no corta evaporitas en el Eoceno superior. Entre los 2550 y 2680 m. se han cortado limonitas, arcilla y sal pero que se encuentran 980 m por encima de la base del Oligoceno.

El sondeo más próximo a la cuenca potásica es el de Guisona, que por esta circunstancia tiene

<sup>13</sup> La información acerca de los sondeos petrolíferos está tomada de J. M. Lanaja, "Contribución de la Exploración Petrolífera al conocimiento de la Geología de España" publicada por el Instituto Geológico y Minero de España. (Madrid 1987).

enorme interés. Corta limolitas y areniscas calcáreas oligocenas, hasta los 815 m. en que penetra en una alternancia de anhidrita y sal, con intercalaciones de arcilla, del Ludense, hasta los 1640 m en que llega a terrenos bartonienses. Estos están constituidos por caliza y caliza arcillosa y tienen arcilla y anhidrita a techo.

### CORRELACION DE LOS SONDEOS DE GUISONA Y PINÓS

Este sondeo se puede correlacionar sísmicamente con el de Pinós, que, como el sondeo de Sanahuja, no corta la formación Cardona ni, por lo tanto, sales marinas, ya que, como en los demás sinclinales de la parte occidental de la cuenca, estas han migrado a los anticlinales vecinos (figura 4).

Los perfiles sísmicos muestran que no hay una estructura salina próxima al sondeo de Guisona a la que hayan podido migrar las sales marinas, como en el de Pinós, por lo que parece claro que se han depositado, solamente las de la formación Barbastro. No es solamente la falta de la formación Cardona lo que diferencia a estos dos sondeos. El substrato de la anhidrita de base en el sondeo de Pinós está constituido por las margas de Igualada, que no llegó a atravesar totalmente, pero en el sondeo de Sanahuja tienen una potencia de 605 m. y debajo se encuentran las calizas arenosas del Luteciense que también atraviesa el de Guisona, como hemos visto, bajo 573 m de calizas. Si se calcula la potencia de las rocas en proceso diagenético en el momento en que se inician los depósitos evaporíticos, se constata que existía ya una subsidencia diferencial entre ambas áreas, lo que facilita la explicación de la formación del umbral.

### LIMITE OCCIDENTAL DE LA CUENCA

Como se puede observar, ninguno de todos estos sondeos petrolíferos encuentra sales potásicas, que pueda que pudieran haber pasado inadvertidas durante la perforación, pero que, de existir, se hubieran puesto de manifiesto con los registros geofísicos. La falta de los niveles potásicos indica que, como en el sondeo de Guisona, no se ha depositado la formación Cardona y que las evaporitas continentales se apoyan directamente

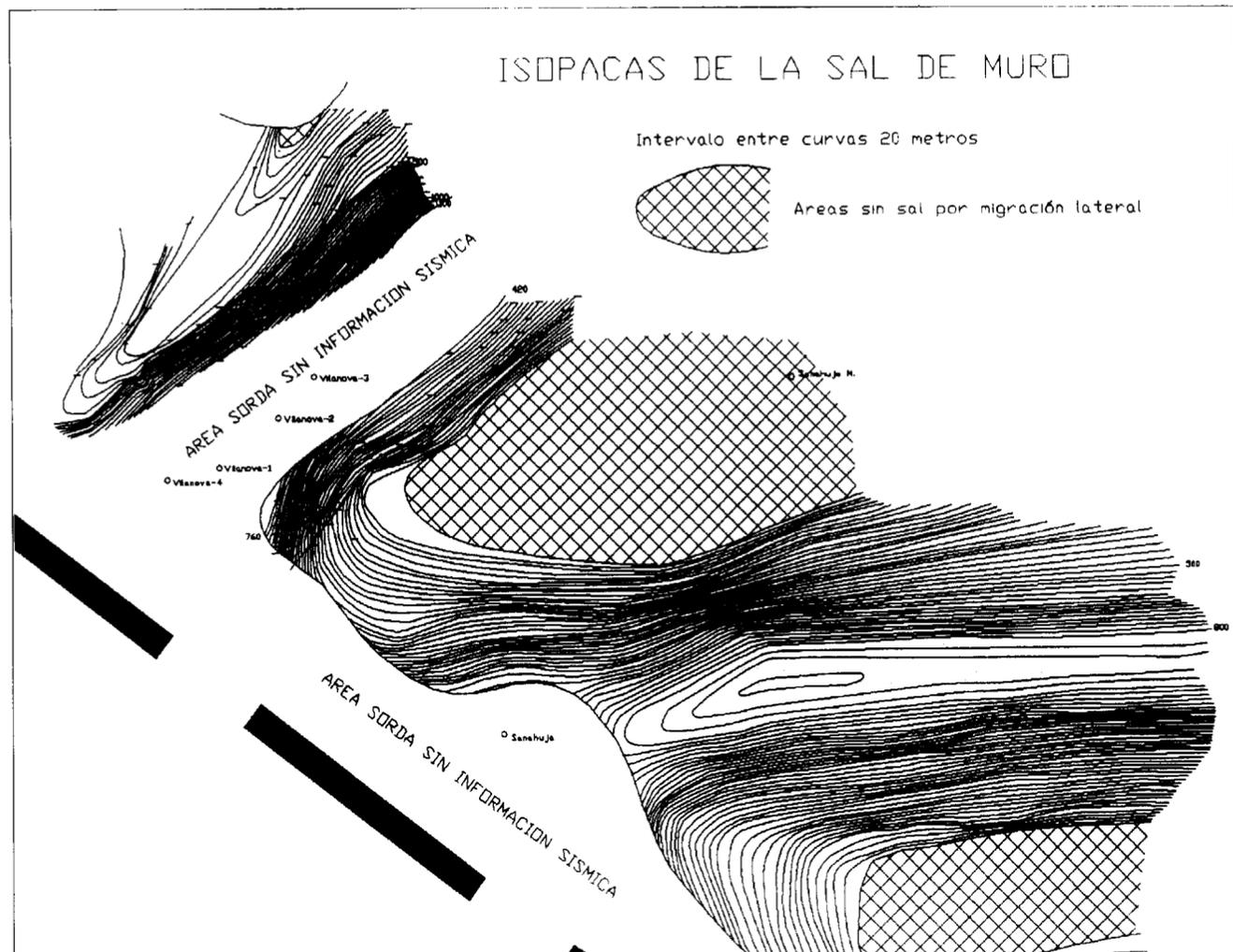


FIGURA 4

en las margas de Igualada o en la formación Tossa.

Como se ve, la cuenca potásica no tiene continuidad por el Oeste. El límite debe de estar entre los sondeos que cortan la formación Cardona, al Este del valle del Llobregós y el sondeo de Guisona. Probablemente se encuentre en este valle. El estilo tectónico difiere a ambos lados del mismo, lo que es lógico para la formación Cardona, que es más plástica que la Barbastro, y está más afectada por procesos halocinéticos que esta, pero que también se observa en los niveles de anhidrita basal, más baja en el bloque oriental. Desgraciadamente los yesos que jalonan la margen derecha del Riu Bregós procedentes de la hidratación de los niveles de anhidrita de la for-

mación Barbastro impiden determinar la estructura del valle. La expansión originada por el proceso de hidratación, que se puede observar en la deformación de los depósitos cuaternarios, hace muy difícil la determinación de la posición original de los estratos y crea una zona "sorda" desde el punto de vista sísmico, como sucede, también, en el núcleo del anticlinal de Vilanova de la Aguda.

EL LIMITE ORIENTAL DE LAS CUENCAS NAVARRO-ARAGONESAS

En Navarra y Aragón los anticlinales o cabalgamientos en formación originan umbrales con una menor lámina de agua y un ritmo de sedimenta-

ción más reducido que en las cuencas, lo que ha dado lugar a las subcuencas de Izaga, Monreal-Javier-Los Pintano, Sangüesa y el Perdón. La más septentrional es la cuenca de Izaga<sup>14</sup> que terminaba por el Este en un alto estructural entre las sierras de Navascués y Leyre.

A continuación, hacia el Sur se encuentra la de Javier separada de la anterior por el cabalgamiento de Loiti. Está cubierta por un fuerte espesor de terrenos continentales (zona de subsidencia de Zabalza) desde Monreal hasta Liédena, aflorando solamente, como una lámina diapírica (fig. 5), a lo largo del cabalgamiento, pero a partir de Javier hacia el Este, forma el amplio sinclinal de Los Pintano, con un menor recubrimiento

(14) Isabel León Chirinos "Etude sédimentologique et reconstitution du cadre géodynamique de la sédimentation détritico finieocène-oligocène dans le bassin sud-pyrénéen entre Sangüesa et Pamplona". (1985).

que ha permitido su estudio. Como en el sinclinal de Izaga (también en la fig.5), en su flanco septentrional las areniscas de Galar se apoyan, mediante una discordancia progresiva, en las margas de Pamplona con desaparición de los niveles evaporíticos y de las margas fajeadas. El límite de depósito de las sales se encuentra al Este de Los Pintano. Desde Monreal hacia el Oeste la cuenca queda oculta bajo el alóctono de la Cuenca de Pamplona.

Por debajo del cabalgamiento de Aibar, el sondeo de Sangüesa cortó anhidrita y halita, pero no potasa, con las margas rojas y areniscas de Galar al techo, lo que las relaciona con las demás cuencas evaporíticas de este área. Esta es la única información de que se dispone. Con toda probabilidad puede tratarse de un borde de cuenca.

Por último queda la cuenca de la sierra del Perdón, de la que la erosión ha respetado única-

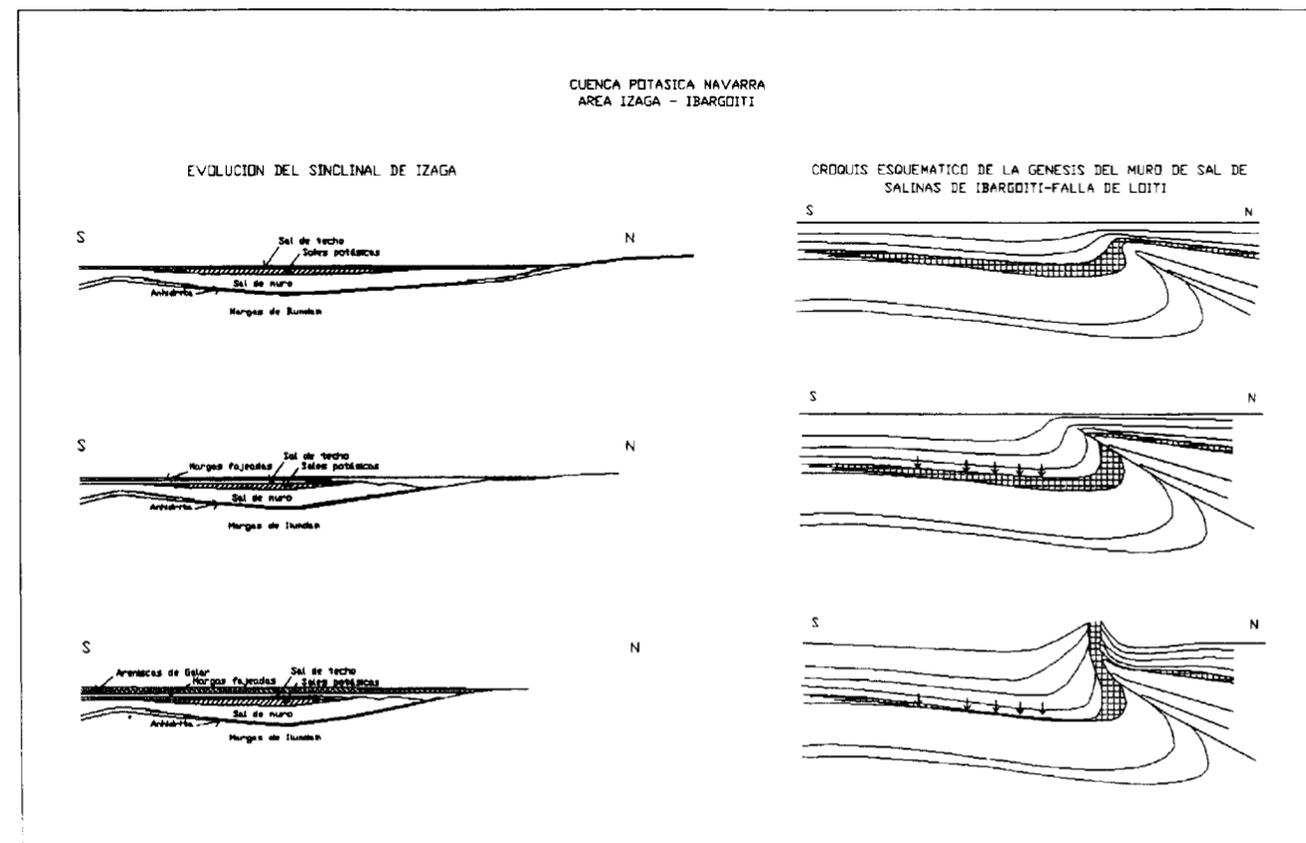


FIGURA 5

mente un retazo y que es la que se ha tratado de correlacionar con la catalana. Por el Sur y Oeste está limitada por los conglomerados de Biurrún (Sueviense) en discordancia erosiva y por el Norte y Este por la erosión cuaternaria y actual. Está separada del sinclinal de Izaga por el anticlinal de Zabalegui-Noain-Iza.

A pesar de que la erosión ha eliminado una parte importante del yacimiento, la explotación minera ha permitido observar que los niveles potásicos se acuñan hacia el Sur y Suroeste, mostrando la situación del área emergida, y que los terrígenos proceden del SO (probablemente son ibéricos). La pequeña potencia de la sal de muro y el alto contenido en bromo podrían explicarse suponiendo que esta cuenca se alimentaba de salmueras procedentes de la de Izaga, a través del umbral originado por el anticlinal de Zabalegui.

Tras los importantes desplazamientos que sufrieron las diferentes unidades es difícil precisar cuál fué su ubicación original. En el esquema de la fig. 6, he tratado de representar las cuencas. Lo que sí parece claro es la dificultad de relacionar la cuenca del Perdón, en el alóctono de la Cuenca de Pamplona con las potasa catalanas, con la cuenca de Javier por medio.

Con respecto a la relación entre las formaciones Puentelarreina y Barbastro pasa más o menos lo mismo. El área de depósito de la primera se encuentra en el límite entre el dominio continental ibérico y el pirenaico. Inicialmente, tras la retirada del mar, alcanza una importante expansión por el Oeste, pero por el Sur pasa poco más allá de Tafalla. Luego las facies fluviales (areniscas de Mués) invaden gran parte de su extensión. Todavía en el Sueviense los terrígenos de origen ibérico llegaban hasta cerca de la sierra de Alaiz, donde indentaban en Olcoz los conglomerados de Biurrún. Por el Este, sin embargo, el dominio es totalmente pirenaico y las formaciones Javier y Zabalza cortan el paso en esa dirección de la formación Puentelarreina. De existir una unión, debería tener lugar mucho más al Sur, pero la extensión de la cuenca hacia el Sur está limitada al Sur de Tafalla. El sondeo de Ejea corta únicamente un solo ciclo evaporítico que, como veremos, es mucho más joven que los yesos de Puentelarreina, por lo que no es posible que estos se unan con la cuenca catalana.

¿ISOCRONISMO DE LAS CUENCAS?

Las razones anteriores muestran que las posibilidades de que los depósitos salinos de las cuencas sean coetáneos son casi inexistentes. Harían falta dataciones precisas para establecer un criterio firme. Se necesita una investigación que determine, de una vez, la edad de los depósitos y no se comprende que no se haya llevado a cabo hasta ahora. Bastaría datar el techo de los depósitos pre-salinos lo que parece más fácil. Sin embargo, se trata normalmente de comparar las cuencas por el recubrimiento continental.

En todos los sondeos de petróleo los niveles evaporíticos se encuentran, según la información publicada<sup>15</sup>, en el Ludicense o Bartonense terminal pero asalta la duda de si las edades se han datado con microfaua precisa o si se les han asignado esas edades apoyándose en el cambio de facies. Y este tema merece la pena de unas consideraciones.

A la información procedente del mundo del petróleo se le está dotando de una aureola y se considera como artículo de fe, y la fe es importante en temas de religión pero no es aplicable en geología. La industria del petróleo ha realizado fuertes inversiones en investigación geológica y geofísica y ha puesto a disposición de los investigadores un ingente número de datos. Como en toda obra humana hay información excelente y también mala, antigua y moderna, los métodos científicos han avanzado con el tiempo y los criterios de interpretación han pasado por diferentes "modas". José María Lanaja en su obra citada se ha limitado a recoger la información proporcionada por las compañías petroleras sin entrar a discutir su credibilidad, dejando que sea el lector el que aplique la crítica.

Si se tiene en cuenta la dificultad que, aún hoy en día, presenta la datación de terrenos continentales en un sondeo, la fecha de realización de los sondeos y el estado, en aquel momento, de la micropaleontología para terrenos continentales, se llega a la conclusión de que las asignaciones de edad se han llevado a cabo apoyándose en los cambios de facies y en las ideas que había en el

<sup>(15)</sup> J. M. Lanaja. Obra citada.

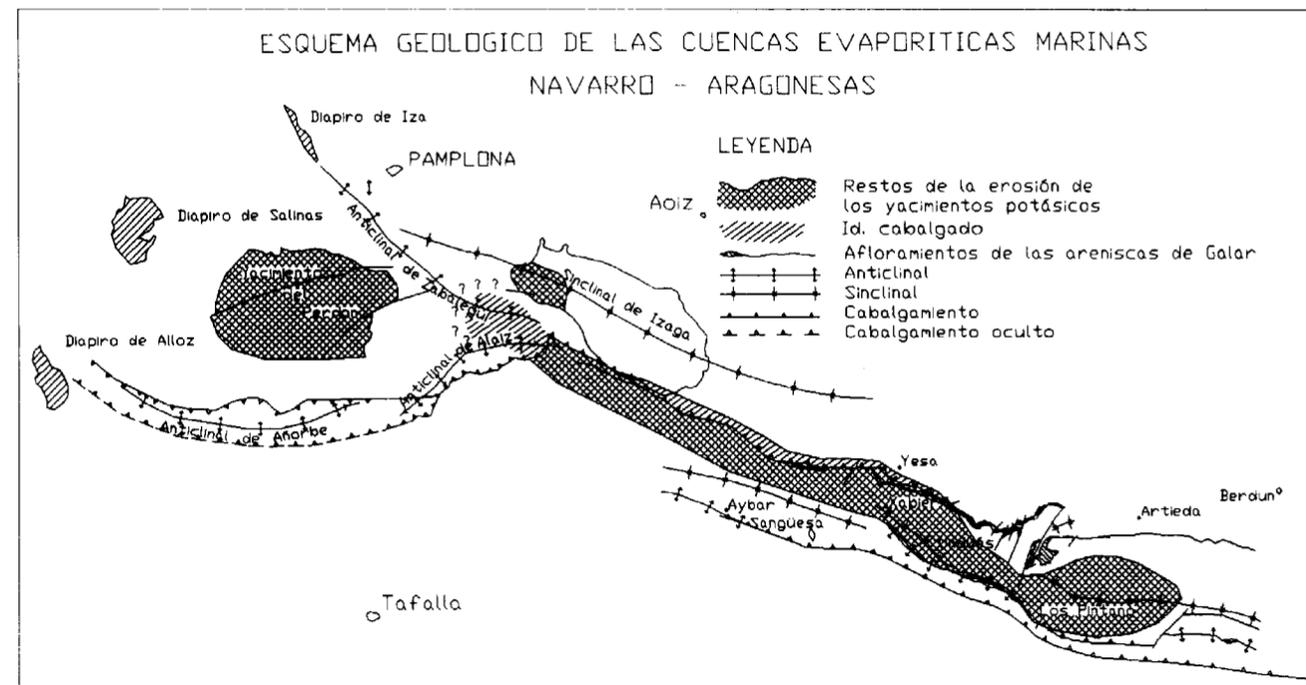


FIGURA 6

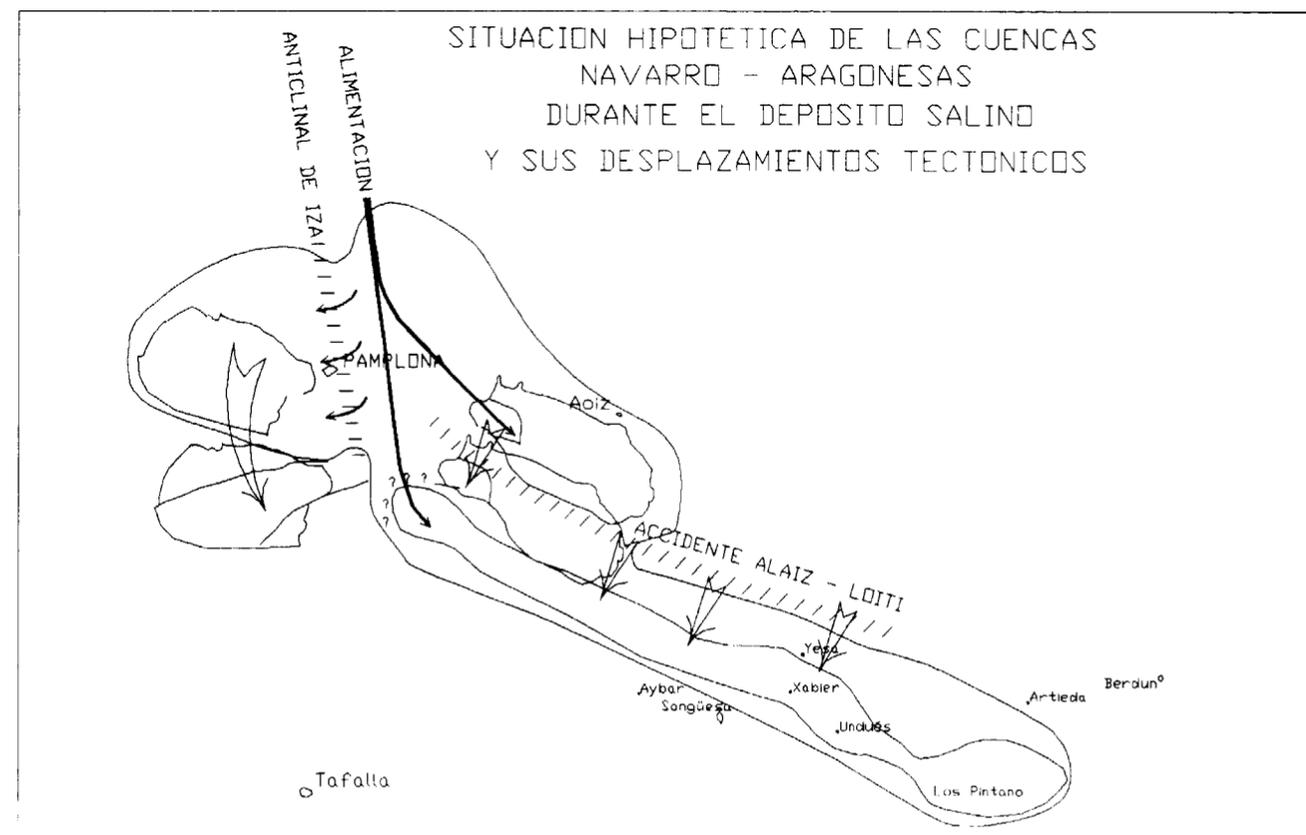


FIGURA 6A

momento de su realización sobre estos. Además el Terciario continental no tenía gran interés, desde el punto de vista petrolífero por lo que apenas se le prestaba atención. No se puede utilizar un sondeo que ha sido datado apoyándose en cambios de facies para determinar la edad de este mismo cambio de facies.

Esto parece claro en la descripción del sondeo de Ejea de los Caballeros que no encaja en su entorno geológico. Se dan como Eoceno superior - Oligoceno unos terrenos de los que únicamente se describe su litología, separándolos del resto del Terciario que se supone Oligoceno. Si tenemos en cuenta las características del Eoceno de Estella y Sangüesa de borde interno de plataforma carbonatada vemos que no hay posibilidad de que en Ejea exista Eoceno marino. Tiene que tratarse de terrenos continentales y, por lo tanto, datados por sus facies. Las sucesivas cuencas evaporíticas navarras se han ido desplazando, en el tiempo, de Norte a Sur, así como el límite de los dominios de aportes de la Ibérica y del Pirineo, entre los que se mantenía el lago. En el Sueviense este límite se encontraba próximo a la sierra de Alaiz, donde en Olcoz los paleocanales de procedencia pirenaica se indentan en facies distales, lacustres, de la formación Areniscas de Mués de origen ibérico. Todo esto lleva a la conclusión de que las evaporitas dadas

como del Eoceno superior - Oligoceno, todo lo más pueden pertenecer a la formación Falces.

La idea de la existencia de una enorme cuenca, desde Cataluña hasta la Ribera navarra, como observan Klimowitz y Serrano en los perfiles sísmicos, con depósito de unos niveles uniformes de anhidrita, sin variaciones importantes de centro a bordes, es poco verosímil. Si, además, en el Llobregós es eocena y en Ejea oligocena no encaja en absoluto. Como he expuesto ya, cabe la posibilidad de que el desplazamiento continuo de la cuenca catalana hacia el Sur y Oeste, y, con él, el de la aureola sulfatada haya dado lugar a la sedimentación de un nivel más o menos continuo de anhidrita. Pero estos niveles, que no son isocronos, tendrían que ser suevienses o arvernienses en la Ribera de Navarra y no tendrían la menor relación con la cuenca potásica navarro-aragonesa. (fig. 7)

José Oriol Riba y José Ramírez del Pozo, en las hojas de Cardona, Calaf, Puigreig y Manresa (1975-1982), analizan de forma sistemática la información paleontológica, entonces existente, y sus propias determinaciones durante la realización de las mismas, sobre los terrenos terciarios continentales de la zona. Determinan una escala estratigráfica a partir de los yacimientos de mamíferos y datan los terrenos continentales por

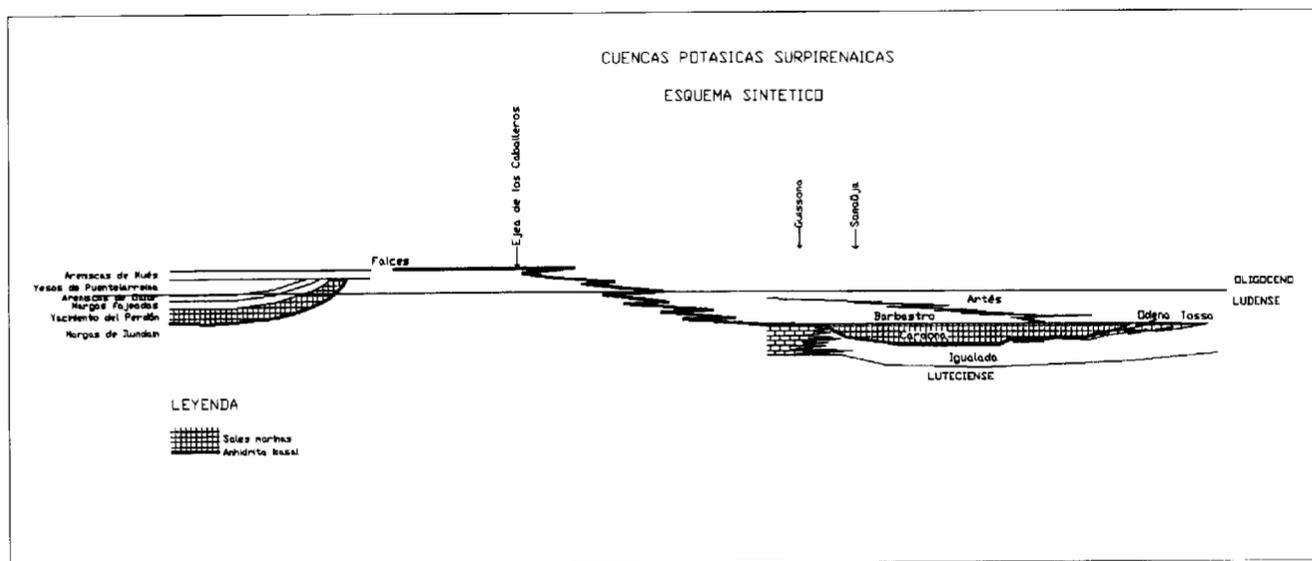


FIGURA 7

medio de oogonios de charáceas. En la hoja de Calaf, asignan las calizas de Fusteret, en Súria, al Priaboniense superior, señalándolas con un símbolo de yacimiento fosilífero. Estas calizas lacustres se encuentran entre 30 y 50 m (las potencias varían por la subsidencia diferencial originada por los desplazamientos de la sal) por encima de unos niveles de yeso (nivel de las Guixeras), que afloran en Súria en la carretera a Cardona, y que representan aquí el primer ciclo evaporítico continental (ciclo inferior de la formación Yesos de Barbastro) que se estaba desarrollando en la parte oriental de la cuenca, y entre 230 y 350 m por encima del techo de las sales potásicas.

Isabel León Chirinos<sup>16</sup> sitúa la formación Guendulain en el Eoceno terminal y estudia la transgresión marina que avanza desde el Sur, originando las areniscas de Galar o Liédena. Sobre estas, y ya en el Sannoisiense, se disponen los yesos de Undiano o Puenteleña en la parte occidental, la formación Zabalza, de carácter fluvio-lacustre, en el valle de Ibañeta o la formación fluvial Javier en su parte oriental.

Es decir, según esta información, que no es muy sólida, hay un desfase entre los diferentes ciclos evaporíticos de Cataluña y de Navarra y si se trata de suponer la existencia de una sola cuenca de depósito, este tendría que ser diacrono. De todos modos sea cual sea la edad de ambos yacimientos, que no parece que hayan sido, todavía, datados con precisión, la limitación de las cuencas occidentales hacia el Este indica que, cuando tuvo lugar el depósito de las sales potásicas en ellas, reinaba un régimen continental en la oriental.

<sup>(16)</sup> Obra citada.

POSIBILIDADES DE EXISTENCIA DE YACIMIENTOS EXPLOTABLES ENTRE LA CUENCA DEL PERDON Y CATALUÑA

La cuenca de Izaga se ha explorado, comprobándose que no contiene reservas suficientes para justificar un intento de explotación.

La parte más occidental de la cuenca de Javier está cubierta por el alóctono de la Cuenca de Pamplona. Desde Monreal hasta Liédena, se encuentra muy profunda. Las sales afloran a lo largo de la falla de Loiti en el valle de Ibañeta, extruidas por la enorme carga de sedimentos de la zona de subsidencia de Zabalza (figura 5). El sondeo de Lecaun, muestra la complejidad de las sales extruidas. Al Este de Sangüesa, con una estructura menos apretada, forma un amplio y extenso sinclinal con eje en Los Pintano. Las sales han sido erosionadas en el borde septentrional de la cuenca, bajo las areniscas transgresivas de Galar o Liédena y se acuñan sedimentariamente por el Este y en el borde meridional del sinclinal. El paquete salino se encuentra fuertemente brechificado, tanto la halita, como la silvinita que se presenta con aspecto de transformada. Se atribuye la brechificación a que las sales han proporcionado un nivel de despegue al recubrimiento. Los niveles potásicos se encuentran parcelados con una distribución totalmente aleatoria lo que hace que el yacimiento no pueda ser objeto de una explotación económica racional por métodos convencionales ni por disolución.

Por último, la cuenca de Sangüesa se encuentra a tres mil y pico metros de profundidad y, como se ha expuesto más arriba, el sondeo no corta los niveles potásicos por lo que debe de tratarse de un depósito de borde de cuenca.

Original recibido: Octubre 1996  
Original aceptado: Diciembre 1996

# GEOMORFOLOGIA Y EVOLUCION DEL KARST EN EL MACIZO DE TAMAJON (SISTEMA CENTRAL)

Por J. BAREA (\*), J. LOPEZ MARTINEZ (\*) y J. J. DURAN VALSERO (\*\*)

## R E S U M E N

El macizo kárstico de Tamajón, con 15 km<sup>2</sup>, es el más extenso de los existentes en la orla de materiales cretácicos que afloran en el borde sur del Sistema Central. Se presenta un mapa geomorfológico en el que se aprecia que abundan las exoformas: lapiares, relieves ruiformes y depresiones cerradas, así como cavidades de tipologías variadas. Aunque el endokarst se encuentra parcialmente colmatado por sedimentos detríticos, se conocen 1600 m de conductos subterráneos. Incluidos en los sedimentos endokársticos se han encontrado restos paleontológicos y arqueológicos, habiéndose podido datar faunas del Pleistoceno medio-superior. Delimitado al E y O por los ríos Sorbe y Jarama, respectivamente, la evolución del macizo kárstico de Tamajón se ha visto condicionada por la incisión fluvial, siendo actualmente un karst colgado y fósil. Los primeros procesos de karstificación probablemente se produjeron en el Plioceno inferior, seguidos por episodios de relleno por sedimentos detríticos en el Pleistoceno inferior y por una posterior reactivación del karst. Durante el óptimo climático holoceno (8000-5000 BP) se produjo precipitación de espeleotemas sobre los materiales detríticos.

*Palabras clave:* Geomorfología, Karst, Cenozoico superior, Cretácico, Tamajón, Sistema Central.

## A B S T R A C T

The karstic massit of Tamajon (15 km<sup>2</sup>) is the largest system in the Cretaceous sediments which crops out in the southern border of the Central Range. The exokarstic landforms, like lapies, ruiniform karst and closed depressions, and also cavities of different types are numerous. 1600 m of underground passages are known, being the endokarst in general filed with detritic sediments. Inside these sediments paleontological and arqueological rests can be find. It was possible to identify some faunas of the middle-upper Pleistocene. Delimited in the E and W by rivers Sorbe and Jarama, respectively, the evolution of the Tamajon's karstic massif was conditioned by the fluvial erosion, being nowadays a fossil hanging karst. The first processes of karstification have been produced in the lower Pliocene, followed by detritic sediments fill-up during the lower Pleistocene and by a posterior reactivation of the karst. During the Holocene thermal optimum (8000-5000 BP), speleothems has been formed over the detritic sediments.

*Key words:* Geomorphology, Karst, Upper Cenozoic, Cretaceous, Tamajón, Central Range.

## 1. INTRODUCCION

En los bordes septentrional y meridional del Sistema Central afloran materiales carbonatados de edad cretácica, que presentan diversos grados de karstificación. Existen estudios sobre las

características litoestratigráficas de éstos materiales (Sopeña, 1980; Alonso, 1982; Alonso y Mas, 1982, entre otros), que cifran su espesor, en sectores como el de Tamajón o el de Alcorlo, en un centenar de metros. Se trata de afloramientos heterogéneos con notables variaciones en potencia y características litológicas, existiendo importantes cambios laterales de facies (Gil *et al.*, 1993). En las series cretácicas predominan los materiales carbonatados, principalmente dolomías; hacia la base están presentes facies areno-

(\*) Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

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

sas y margosas. La datación precisa del conjunto es difícil, debido a la desaparición de estructuras sedimentarias y fósiles a causa de los procesos de dolomitización. Se admite una edad comprendida entre el Cenomanense y el Campaniense (Gil, 1993).

En el sector meridional del Sistema Central, los afloramientos de materiales cretácicos karstificables se distribuyen en una franja discontinua de unos 100 km de longitud, de dirección NE-SO, y una anchura entre 100 m y 2,5 km. Se extienden desde el embalse de Pálmaces (Alcorlo, Guadalajara) por el este, donde enlazan con materiales y estructuras de la Cordillera Ibérica, hasta las cercanías de Cerceda (Madrid) por el oeste (Fig. 1).

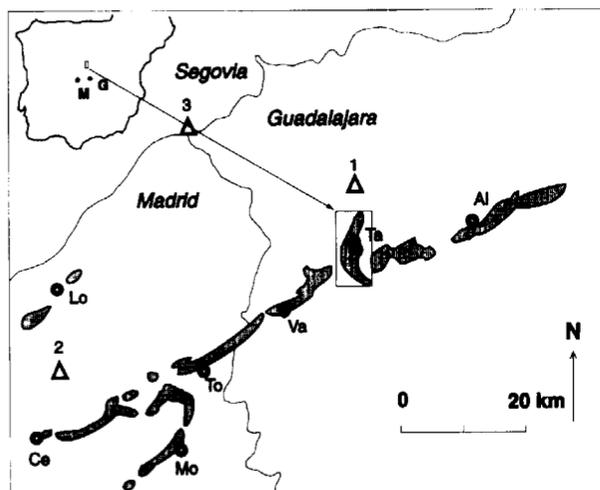


Fig. 1. Afloramientos de los materiales del Cretácico superior susceptibles de presentar karstificación en el sector meridional del Sistema Central. M: Madrid, G: Guadalajara, Al: Alcorlo, Ce: Cerceda, Lo: Lozoya, Mo: El Molar, Ta: Tamajón, To: Torrelaguna, Va: Valdepeñas de la Sierra. 1: Pico Ocejón (2048 m); 2: La Najarra (2105 m); 3: Cebollera (2129 m).

El macizo kárstico de Tamajón está situado en el NO de la provincia de Guadalajara (Fig. 1). Se encuentra representado en las hojas 459: Tamajón y 485: Valdepeñas de la Sierra, del mapa topográfico a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional. Presenta una extensión de 15 km<sup>2</sup> y comprende parte de los términos municipales de Tamajón, Almiruete, Retiendas y La Mierla.

El clima dominante en la zona es de carácter continental, con inviernos fríos y veranos calurosos. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 2,8° C del mes más frío y 21,8° C del más cálido. Las precipitaciones medias anuales no sobrepasan los 800 mm.

Son relativamente escasos los estudios regionales referentes al karst en el borde sur del Sistema Central. Sin embargo, existen sectores que han merecido la atención de algunos investigadores, como es el caso de la zona del Pontón de la Oliva (Madrid), donde se han realizado estudios, principalmente paleontológicos y geocronológicos (Torres, 1974; Torres *et al.*, 1994 a y b), y espeleológicos (Herrero, 1979; Puch, 1986).

En el área de Tamajón los trabajos relativos al karst son aún más escasos, aunque existen investigaciones arqueológicas en rellenos kársticos (Arribas *et al.*, 1995), estudios de arte rupestre (Alcolea *et al.*, 1995) y exploraciones espeleológicas, en los últimos años realizadas, principalmente, por los grupos SECJA de Alcobendas y Abismo de Guadalajara (Barea y Rejos, 1995). Sobre aspectos geológicos relacionados con el karst de Tamajón existen trabajos de tectónica alpina y elevación del Sistema Central (Sánchez Serrano, 1991; Sánchez Serrano *et al.*, 1993), litoestratigrafía (Gil, 1993; Gil *et al.*, 1993) y estudios hidrogeológicos (Corchón, 1976).

El presente trabajo se enmarca en un estudio más general en curso sobre la evolución geomorfológica y paleoclimática en relación con los sistemas kársticos de los bordes del Sistema Central.

## 2. LITOESTRATIGRAFIA Y ESTRUCTURA GEOLOGICA

Según Gil (1993) la serie cretácica del macizo de Tamajón comienza con arenas de Utrillas (miembro arenas de Atienza) de edad Cenomanense, que presentan un espesor medio del orden de 25 m. Les sigue un paquete margoso con intercalaciones dolomíticas (Margas de Picofrentes) de edad Cenomanense-Turonense que, al sur de Tamajón, alcanza un espesor de 70 m. Sobre ellas se encuentran unas dolomías arenosas claras,

pasando a techo a dolomías tableadas de color ocre, de edad Turonense-Coniacense, con un espesor total de unos 40 m (Fig. 2). En el sector septentrional, donde el karst está más desarrollado, los niveles margosos presentan menor espesor, existiendo un paquete dolomítico de edad Coniacense-Campaniense, cuya potencia alcanza los 120 m en algunos sectores, como en las cercanías de la ermita de Los Enebrales (\*) (García Yagüe, 1973).

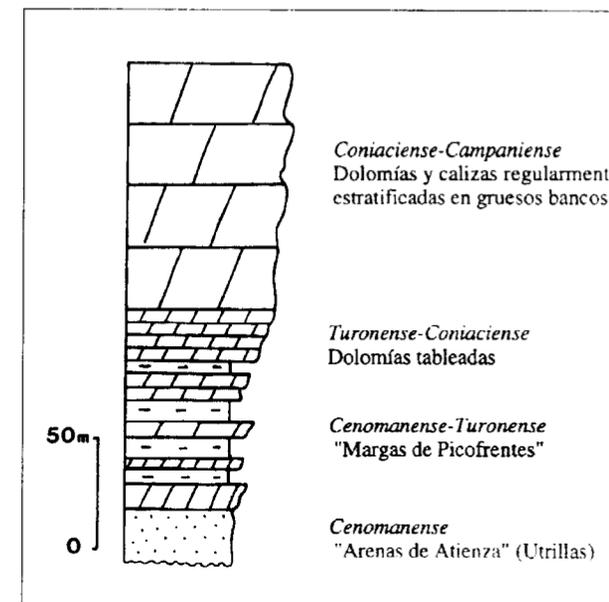


Fig. 2. Columna estratigráfica sintética de los materiales presentes en el macizo kárstico de Tamajón (adaptada de Gil, 1993).

La zona estudiada presenta una estructura geológica relativamente sencilla. Los materiales del Cretácico superior se apoyan al sur en clara discordancia sobre las areniscas de facies Buntsandstein. En el sector septentrional el Cretácico es cabalgado por las pizarras del Ordovícico (falla de Almiruete-Retiendas). A diferencia del resto de los afloramientos cretácicos del borde sur del Sistema Central, donde abundan las cuestas monoclinales, en el área de Tamajón la serie cretácica se presenta como un sinclinal con buzamientos de los flancos cercanos a los 5°. Sin embargo, en las proximidades de la falla de Almiruete-Retiendas las capas han

(\*) La situación de todos los topónimos, cavidades y manantiales citados en el texto se ha señalado en la Fig. 5

sufrido una fuerte inflexión, debido al cabalgamiento de los materiales paleozoicos, y se disponen prácticamente verticales (Fig. 3).

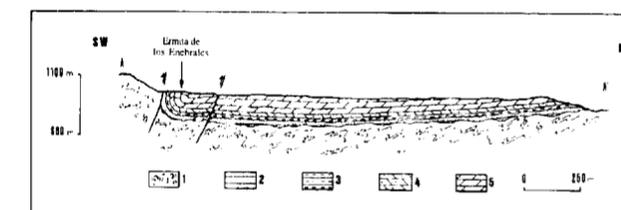


Fig. 3. Perfil geológico del macizo de Tamajón. Situación señalada en la Fig. 5.

1: pizarras, 2: arenas, 3: margas, 4: dolomías tableadas, 5: dolomías.

Las principales fracturas en el macizo kárstico y su entorno tienen direcciones entre N120°E-N130°E. Son el resultado de los esfuerzos compresivos producidos al elevarse el Sistema Central, con una dirección de máxima compresión horizontal cercana a N150°E-N160°E (Sánchez Serrano, 1991; De Vicente *et al.*, 1994; Giner *et al.*, 1994). Estas discontinuidades han jugado un papel importante en el desarrollo del karst, al constituir direcciones preferentes para la actuación de los procesos de disolución.

El análisis de los datos recogidos en el macizo, a partir de lineamientos fotointerpretados, fracturas medidas en campo y desarrollo de las galerías del endokarst, revela una gran homogeneidad en las orientaciones de los elementos citados, con un máximo en el intervalo N110°E-N130°E. Esta coincidencia demuestra el marcado control estructural existente en el karst de Tamajón (Fig. 4).

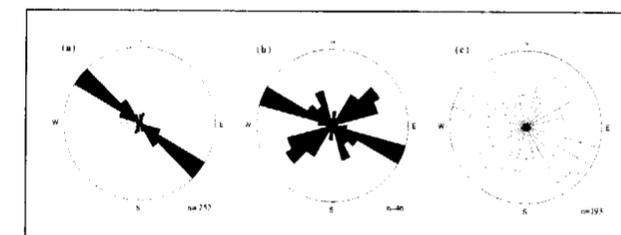


Fig. 4. Diagramas en rosa de las direcciones de 252 lineamientos fotointerpretados (a), 46 fracturas medidas en campo (b), y 193 galerías del endokarst (c), en el macizo kárstico de Tamajón. El círculo representa el 42% de las medidas en el diagrama (a), el 21% en el (b) y el 12% en el (c). La clase es en los tres casos de 15°.

### 3. CLIMA, HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

El clima de la zona presenta acusadas variaciones entre las temperaturas medias invernales y estivales. La temperatura media de las mínimas del mes más frío corresponde a enero, con  $-0,3^{\circ}\text{C}$ , y la temperatura media de las máximas a julio, con  $28,8^{\circ}\text{C}$ . Los datos obtenidos entre 1942 y 1975 en el embalse de El Vado, 4 km al O de Tamajón, indican una pluviometría media anual de 770,7 mm (Elías y Ruiz Beltrán, 1981).

La zona estudiada está delimitada al oeste por el valle del río Jarama y al este por el del río Sorbe. En la actualidad el macizo kárstico de Tamajón se encuentra topográficamente situado a más de 100 m por encima de los lechos de dichos ríos. La incisión del Jarama y del Sorbe ha jugado un papel importante en la génesis y evolución del karst. Los episodios relativos a la instalación de la red fluvial cuaternaria en la zona centro-occidental está siendo objeto de revisión. Recientes estudios ponen de manifiesto la existencia de una diacronía del techo de los piedemontes, por lo tanto, los depósitos de raña no pueden ser utilizados siempre como referencia del inicio del encajamiento fluvial (Martín Serrano, 1991). En la zona del Pontón de la Oliva (Madrid), se reconoce, a través de los rellenos kársticos y terrazas fluvio-kársticas, un encajamiento del río Lozoya, afluente del Jarama, anterior al Cuaternario, probablemente del Plioceno (Torres *et al.*, 1994 a, 1995). La red fluvial existente en el macizo de Tamajón está poco desarrollada, no existiendo cursos de agua permanentes.

El funcionamiento del acuífero kárstico ha sido estudiado por Corchón (1976). La recarga del mismo proviene básicamente de la infiltración directa de las precipitaciones. El nivel impermeable relativo lo forman las arenas de Utrillas que, en el contacto con la unidad carbonatada, dan lugar a varias surgencias tanto al norte como al sur del macizo (Fig. 5). Estos manantiales siempre se sitúan en los bordes de la unidad karstificada. La surgencia más importante de la zona es la cueva de Santiago, la cual es penetrable y presenta más de 315 m de desarrollo horizontal (Fernández y Martín, 1982).

El acuífero puede dividirse en dos sectores, en función de hacia donde vierten las aguas subte-

rráneas: Jarama o Sorbe. El sector situado al norte, en las cercanías de Almiruete, presenta importantes formas de absorción, como por ejemplo el sumidero denominado TA-12, con más de 34 m de desarrollo y 16 m de profundidad (Barea y Rejos, 1995). La surgencia de la cueva de Santiago, anteriormente citada, presenta un caudal intermitente que oscila entre menos de 1 l/s en estiaje y más de 10 l/s en períodos de lluvias intensas. El sector sur no posee formas de absorción bien definidas, realizándose la infiltración preferentemente a través de los lechos de los arroyos. Aquí, la surgencia más importante se localiza a la salida de la profunda incisión fluvio-kárstica que forma el arroyo de Las Damas en las cercanías de Retiendas. Este manantial, cuyo caudal supera 1 l/s en estiaje, se sitúa en el contacto entre las arenas y la unidad carbonatada, viendose favorecido el drenaje por la estructura geológica, consistente en suaves pliegues con ejes de dirección  $N75^{\circ}E$ . En este sector existen otras dos pequeñas surgencias de escasa importancia y caudales intermitentes situadas en el borde occidental del macizo.

### 4. GEOMORFOLOGIA KARSTICA

#### 4.1. Exokarst

El macizo kárstico de Tamajón presenta una amplia variedad de formas en superficie, cuya distribución se ha representado en el mapa geomorfológico de la Fig. 5. Como puede apreciarse, la mayor densidad de las mismas se sitúa en el sector NE del macizo, entre los términos municipales de Almiruete y Tamajón.

Los tipos de lapiaces existentes se encuentran condicionados por la disposición estructural de los afloramientos. Se han desarrollado preferentemente sobre superficies estructurales con buzamientos del orden de  $5^{\circ}$ . En gran medida el lapiaz se encuentra cubierto y su génesis se asocia preferentemente a la formación bajo cubierta edáfica. En las zonas donde queda expuesto, son visibles numerosos recuencos de disolución o *kamenitzas*, de forma irregular o subcircular; algunas de ellas presentan diámetros métricos, aunque la mayoría son decimétricas, y siempre de pocos centímetros de profundidad. También se aprecian formas en regueros incipientes,

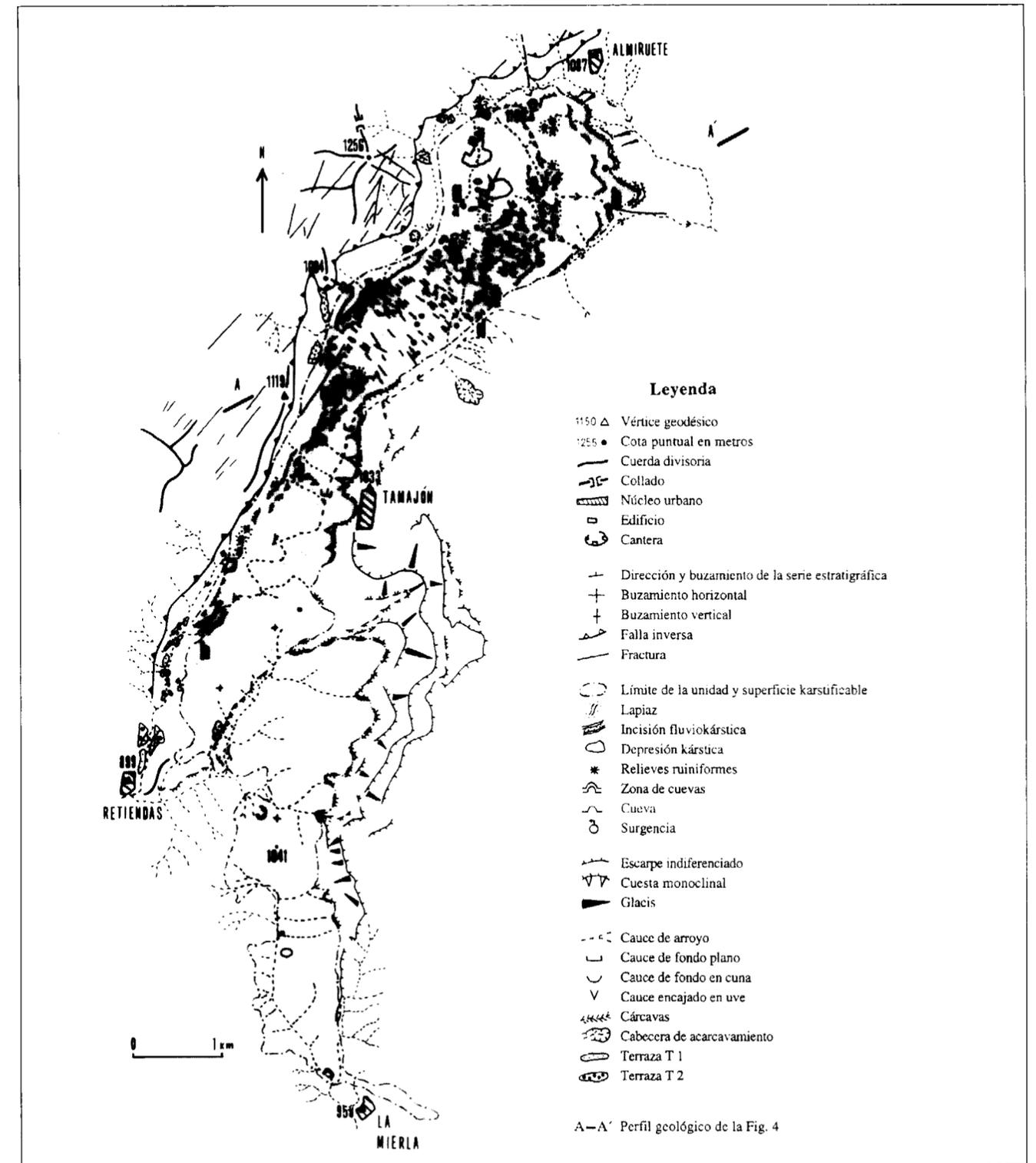


Fig. 5. Mapa geomorfológico del karst de Tamajón, realizado mediante fotointerpretación y observaciones de campo. Situación de los lugares citados en el texto: a: ermita de Los Enebrales. b: cueva de Santiago. c: sima Fliper, sima de la Raya, cueva del Turismo y cueva del Chorrillo. d: cueva Vial. e: abrigo de Los Enebrales, cueva del Túnel y cueva de Los Torrejones. f: sima de Los Enebrales. g: sumidero TA-12. h: surgencia del arroyo de Las Damas.

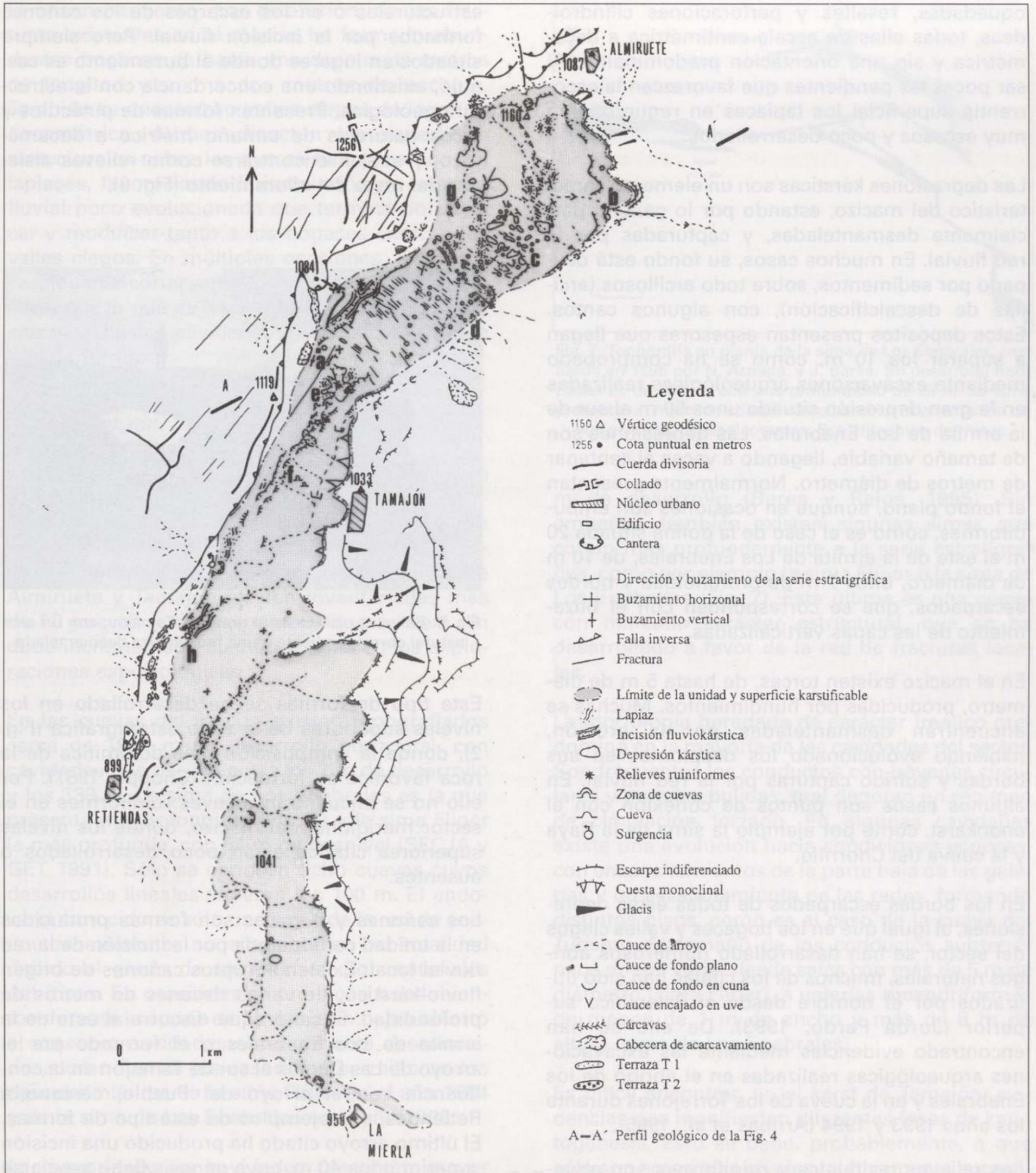


Fig. 5. Mapa geomorfológico del karst de Tamajón, realizado mediante fotointerpretación y observaciones de campo. Situación de los lugares citados en el texto: a: ermita de Los Enebrales. b: cueva de Santiago. c: sima Fliper, sima de la Raya, cueva del Turismo y cueva del Chorrillo. d: cueva Vial. e: abrigo de Los Enebrales, cueva del Túnel y cueva de Los Torrejones. f: sima de Los Enebrales. g: sumidero TA-12. h: surgencia del arroyo de Las Damas.

oquedades, resaltes y perforaciones cilindroideas, todas ellas de escala centimétrica a decamétrica y sin una orientación predominante. Al ser pocas las pendientes que favorezcan la escorrentía superficial los lapiares en regueros son muy escasos y poco desarrollados.

Las depresiones kársticas son un elemento característico del macizo, estando por lo general parcialmente desmanteladas, y capturadas por la red fluvial. En muchos casos, su fondo está ocupado por sedimentos, sobre todo arcillosos (arcillas de descalcificación), con algunos cantos. Estos depósitos presentan espesores que llegan a superar los 10 m, como se ha comprobado mediante excavaciones arqueológicas realizadas en la gran depresión situada unos 50 m al sur de la ermita de Los Enebrales. Las depresiones son de tamaño variable, llegando a veces al centenar de metros de diámetro. Normalmente presentan el fondo plano, aunque en ocasiones son embudiformes, como es el caso de la dolina situada 20 m al este de la ermita de Los Enebrales, de 10 m de diámetro, unos 7 m de profundidad y bordes escarpados, que se corresponden con el buzamiento de las capas verticalizadas.

En el macizo existen torcas, de hasta 5 m de diámetro, producidas por hundimientos. Muchas se encuentran desmanteladas por la erosión, habiendo evolucionado los desplomes en sus bordes y sufrido capturas por la red fluvial. En algunos casos son puntos de conexión con el endokarst, como por ejemplo la sima de la Raya y la cueva del Chorrillo.

En los bordes escarpados de todas éstas depresiones, al igual que en los bogaces y valles ciegos del sector, se han desarrollado numerosos abrigos naturales, muchos de los cuales han sido utilizados por el hombre desde el Paleolítico superior (Jordá Pardo, 1993). De ello se han encontrado evidencias mediante las excavaciones arqueológicas realizadas en el abrigo de los Enebrales y en la cueva de los Torrejones durante los años 1993 y 1994 (Arribas *et al.*, 1995).

Los relieves residuales y ruiniformes son abundantes al norte y NE de Tamajón, presentando algunas formas espectaculares. Suelen estar desarrollados en los bordes de las depresiones kársticas, en los flancos de algunas superficies

estructurales o en los escarpes de los cañones formados por la incisión fluvial. Pero siempre situados en lugares donde el buzamiento es casi nulo, existiendo una concordancia con la estructura geológica. Presentan formas de pináculos y arcos naturales de tamaño métrico a decamétrico, y suelen encontrarse como relieves aislados del resto del afloramiento (Fig. 6).



Fig. 6. Relieves residuales al norte de Tamajón, con un arco natural correspondiente a una red kárstica desmantelada.

Este tipo de formas se ha desarrollado en los niveles superiores de la serie estratigráfica (Fig. 2), donde la composición más dolomítica de la roca favorece su formación (Choppy, 1987). Por ello no se encuentran relieves ruiniformes en el sector meridional del macizo, donde los niveles superiores citados están poco desarrollados o ausentes.

Los cañones y bogaces son formas producidas en la unidad carbonatada por la incisión de la red fluvial local. Existen abruptos cañones de origen fluvio-kárstico, de varias decenas de metros de profundidad. El cañón que discurre al este de la ermita de Los Enebrales o el formado por el arroyo de Las Damas al sur de Tamajón en la confluencia con el arroyo del Pueblo, cercano a Retiendas, son ejemplos de este tipo de formas. El último arroyo citado ha producido una incisión superior a los 40 m, cuya génesis debe asociarse al encajamiento de los ríos principales próximos, Jarama y Sorbe, y a la posible existencia de condiciones climáticas más favorables que las actuales para el desarrollo de la erosión fluvio-kárstica.

oquedades, resaltes y perforaciones cilindroides, todas ellas de escala centimétrica a decamétrica y sin una orientación predominante. Al ser pocas las pendientes que favorezcan la escorrentía superficial los lapiaces en regueros son muy escasos y poco desarrollados.

Las depresiones kársticas son un elemento característico del macizo, estando por lo general parcialmente desmanteladas, y capturadas por la red fluvial. En muchos casos, su fondo está ocupado por sedimentos, sobre todo arcillosos (arcillas de descalcificación), con algunos cantos. Estos depósitos presentan espesores que llegan a superar los 10 m, como se ha comprobado mediante excavaciones arqueológicas realizadas en la gran depresión situada unos 50 m al sur de la ermita de Los Enebrales. Las depresiones son de tamaño variable, llegando a veces al centenar de metros de diámetro. Normalmente presentan el fondo plano, aunque en ocasiones son embudiformes, como es el caso de la dolina situada 20 m al este de la ermita de Los Enebrales, de 10 m de diámetro, unos 7 m de profundidad y bordes escarpados, que se corresponden con el buzamiento de las capas verticalizadas.

En el macizo existen torcas, de hasta 5 m de diámetro, producidas por hundimientos. Muchas se encuentran desmanteladas por la erosión, habiendo evolucionado los desplomes en sus bordes y sufrido capturas por la red fluvial. En algunos casos son puntos de conexión con el endokarst, como por ejemplo la sima de la Raya y la cueva del Chorrillo.

En los bordes escarpados de todas estas depresiones, al igual que en los bogaces y valles ciegos del sector, se han desarrollado numerosos abrigos naturales, muchos de los cuales han sido utilizados por el hombre desde el Paleolítico superior (Jordá Pardo, 1993). De ello se han encontrado evidencias mediante las excavaciones arqueológicas realizadas en el abrigo de los Enebrales y en la cueva de los Torrejones durante los años 1993 y 1994 (Arribas *et al.*, 1995).

Los relieves residuales y ruiniformes son abundantes al norte y NE de Tamajón, presentando algunas formas espectaculares. Suelen estar desarrollados en los bordes de las depresiones kársticas, en los flancos de algunas superficies

estructurales o en los escarpes de los cañones formados por la incisión fluvial. Pero siempre situados en lugares donde el buzamiento es casi nulo, existiendo una concordancia con la estructura geológica. Presentan formas de pináculos y arcos naturales de tamaño métrico a decamétrico, y suelen encontrarse como relieves aislados del resto del afloramiento (Fig. 6).



Fig. 6. Relieves residuales al norte de Tamajón, con un arco natural correspondiente a una red kárstica desmantelada.

Este tipo de formas se ha desarrollado en los niveles superiores de la serie estratigráfica (Fig. 2), donde la composición más dolomítica de la roca favorece su formación (Choppy, 1987). Por ello no se encuentran relieves ruiniformes en el sector meridional del macizo, donde los niveles superiores citados están poco desarrollados o ausentes.

Los cañones y bogaces son formas producidas en la unidad carbonatada por la incisión de la red fluvial local. Existen abruptos cañones de origen fluvio-kárstico, de varias decenas de metros de profundidad. El cañón que discurre al este de la ermita de Los Enebrales o el formado por el arroyo de Las Damas al sur de Tamajón en la confluencia con el arroyo del Pueblo, cercano a Retiendas, son ejemplos de este tipo de formas. El último arroyo citado ha producido una incisión superior a los 40 m, cuya génesis debe asociarse al encajamiento de los ríos principales próximos, Jarama y Sorbe, y a la posible existencia de condiciones climáticas más favorables que las actuales para el desarrollo de la erosión fluvio-kárstica.

El ensanchamiento, por disolución, de las fracturas existentes en el macizo ha formado abundantes bogaces de hasta una decena de metros de longitud y uno a dos metros de anchura. También se encuentran valles ciegos de longitud decamétrica. Ambos disectan las superficies estructurales sobre las que se han generado los lapiaces, favoreciendo la instalación de una red fluvial poco evolucionada que termina por retocar y modificar tanto a los bogaces como a los valles ciegos. En múltiples ocasiones, los bogaces llegan a cortar antiguos conductos endokársticos, por lo que es frecuente que muchas de las entradas de las cavidades se localicen en este tipo de formas.

#### 4.2. Endokarst

Las formas endokársticas conocidas en el macizo kárstico de Tamajón, aunque de tamaños modestos, son más abundantes y con más variadas tipologías que en otros sistemas kársticos próximos. Solamente en el sector comprendido entre Almiruete y Tamajón existen inventariadas más de 50 cuevas y simas, número que se verá sin duda incrementado cuando progresen las exploraciones espeleológicas.

En las cuevas del macizo existen topografiados cerca de 1600 m de desarrollo horizontal, con cavidades que oscilan entre los 2 m de desarrollo y los 380 m. La sima de Los Enebrales es la que presenta mayor longitud (Fig. 7) y la sima Fliper la más profunda, con 54 m de desnivel (SECJA y GET 1991). Sólo se conocen ocho cuevas cuyos desarrollos lineales superen los 100 m. El endokarst conocido es sólo una parte de la red de conductos existente, no accesible en su totalidad debido al grado de colmatación por materiales detríticos. En ocasiones se producen hundimientos durante la época de lluvias, que dejan abierto el acceso a cavidades anteriormente desconocidas, como fueron los casos que permitieron los descubrimientos de la sima Fliper en el año 1984 y de la sima de Los Enebrales en el año 1993.

La mayoría de las cavidades presentan mayor desarrollo horizontal que vertical, situándose a favor de un mismo nivel estratigráfico. La cueva Vial es un ejemplo de este hecho, sus galerías se disponen a modo de enrejado, superando los 100

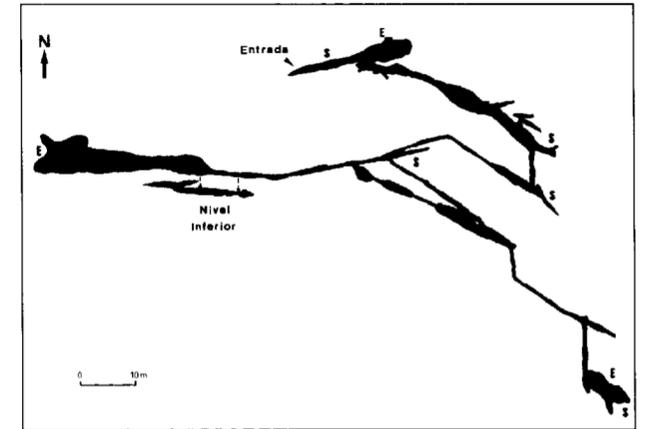


Fig. 7. Topografía en planta de la sima de Los Enebrales, realizada en 1995 por N. Arriaga y J. Barea. Su desarrollo horizontal es de 380 m, con una profundidad de 29 m. La sima presenta un marcado control estructural en la orientación de sus galerías. E: espeleotemas. S: sedimentos detríticos.

m de desarrollo (Barea y Rejos, 1995). Sin embargo, también existen algunas simas que cortan más profundamente a la serie estratigráfica, como por ejemplo la sima Fliper o la sima de Los Enebrales (Fig. 7). Esta última es una cueva con marcado carácter estructural, que se ha desarrollado a favor de la red de fracturas locales.

La morfología heredada de carácter freático predomina en la mayoría de las cavidades del sector. Son frecuentes los conductos con bóvedas circulares y paredes pulidas, que denotan un régimen de circulación forzado. En algunas cavidades existe una evolución hacia condiciones vadasas, con ensanchamientos de la parte baja de las galerías y un escalonamiento de las redes, formando distintos pisos, como es el caso de la cueva del Turismo. El tamaño de los conductos subterráneos puede variar desde salas con más de 5 m de diámetro (sima Fliper), a galerías meandriformes de menos de 1 m de ancho y más de 8 m de altura (sima de Los Enebrales).

Es difícil encontrar, en el karst de Tamajón, evidencias que manifiesten diferentes fases de kars-togénesis. Esto se debe, probablemente, a que sólo son accesibles niveles relativamente superficiales del endokarst, puesto que los conductos subterráneos se encuentran en gran parte colmatados por sedimentos. Sin embargo, puntualmente se encuentran cavidades situadas a distin-

tas alturas, estando algunas de las más altas desmanteladas en parte por la erosión. A menos de 1 km al oeste del pueblo de Tamajón, se reconocen antiguas galerías desconectadas del resto del karst, con morfología claramente freática, como es el caso de la cueva del Túnel situada a una altitud de 1060 m. En sus cercanías, se aprecia un escalonamiento progresivo de cavidades, con la formación de conductos a distintos niveles. Así la sima de Los Enebrales, situada a 1040 m, muestra evidencias claras de encajamiento de sus galerías, que llega a superar los 10 m en algunos puntos, presentando altos meandros y pisos colgados. La sima de Los Enebrales es la cueva conocida situada más baja en la serie estratigráfica en este sector del karst de Tamajón. Actualmente es una cavidad inactiva desde el punto de vista hidrogeológico, debido a que el nivel piezométrico se sitúa varios metros por debajo de la misma.

En su conjunto, el sistema kárstico es en la actualidad fósil e inactivo, siendo la cueva de Santiago la única cavidad conocida que presenta circulación hídrica significativa. La presencia de agua en el karst se ha reducido, en parte, debido a la construcción bajo el macizo, a mediados de los años 70, de un túnel que sirve para trasvasar las aguas del río Sorbe al Jarama, lo que ha provocado que las aguas subterráneas se dirijan hacia dicho túnel.

La mayoría de las cavidades existentes en el karst de Tamajón, al igual que en todo el borde sur del Sistema Central, presentan importantes rellenos de materiales detríticos que, en muchas ocasiones, llegan a colmar completamente los conductos subterráneos.

En la denominada sima Fliper, a unos 30 m de profundidad, se conserva adosado a las paredes un depósito de unos 2 m de espesor, constituido por materiales arcillosos que a techo presenta niveles con cantos, principalmente de pizarras, subredondeados, cercanos a 1 cm de longitud y con disposición imbricada. Los cantos se encuentran cementados por una matriz arcillosa bastante compacta. Sobre todo el conjunto se dispone una continua costra estalagmítica de 0,5 cm de espesor.

En la cueva del Turismo, a unos 50 m de la entrada, se encuentra un banco de materiales

detríticos, de 2,5 m de espesor, de características muy similares a las descritas en la sima Fliper. En este caso, existe encima de los materiales detríticos una colada estalagmítica masiva de unos 10 cm de espesor, sobre la que se han formado numerosas estalagmitas, algunas de las cuales superan 1 m de altura.

Buena parte de las cavidades y abrigos existentes en la zona presentan restos arqueológicos y paleontológicos. Estos últimos son bastante abundantes, incluso en cavidades que en principio parecerían poco favorables para su presencia. Es el caso de los restos encontrados en diversas salas de la sima Fliper, a 30 y 45 m de profundidad. Se trata principalmente de huesos dispersos de tortuga, cabra y lagomorfos, que se presentan incluidos en los depósitos detríticos finos, o bien, cementados con cantos de hasta 15 cm, adheridos al techo y a las paredes de la cueva. Estos restos fueron transportados desde el exterior por las aguas superficiales en dos etapas diferentes. La primera acompañando a las coladas de barro que provocaron la colmatación de las cavidades, y la segunda junto con el arrastre de materiales clásticos más gruesos.

Otra cueva interesante por su riqueza en restos es la de los Torrejones, situada 1 km al oeste de Tamajón. Mediante excavaciones arqueológicas realizadas durante los años 1993, 94 y 95, se prospectaron cerca de 5 m de sedimentos, hasta llegar al sustrato rocoso de la cueva. Fueron descubiertos restos de macromamíferos (*Crocota crocuta cf. spelaea*, *Ursus sp.* y otros) del Pleistoceno medio-superior, así como restos humanos e industria lítica variada (Arribas *et al.*, 1995).

## 5. GENESIS Y EVOLUCION DEL KARST

El desarrollo del karst en el borde sur del Sistema Central se ha visto condicionado por diversos factores. Uno de ellos es la composición química de la secuencia estratigráfica, con predominio de las dolomías, lo que ha motivado la génesis de formas características, como son los relieves ruñiformes. Otro factor condicionante ha sido la geometría de los afloramientos carbonatados, la mayoría de los cuales se presentan como cuestas

monoclinales. Esto ha propiciado la formación de numerosos barrancos que disectan transversalmente, a favor de la fracturación regional, los relieves en cuesta. Un buen ejemplo lo constituye el río Lozoya a su paso por el Pontón de La Oliva (Madrid), el cual ha sufrido un encajamiento de 75 m durante el período que va desde finales del Plioceno al Pleistoceno inferior (Torres *et al.*, 1995). Esto pone de manifiesto el rápido descenso sufrido por el nivel de base en el karst de la zona sur del Sistema Central, lo que limitó la formación de conductos freáticos de cierta envergadura. En este sentido la cueva del Reguerillo, con 8910 m de desarrollo, es una excepción (Puch, 1986). Además, la propia morfología en cuesta favorece la escorrentía superficial, lo que también limita, en buena medida, el desarrollo de formas exokársticas de importancia, así como la existencia de cavidades relevantes. Sin embargo, el karst de Tamajón presenta un número relativamente abundante de exoformas y cavidades, aunque de escaso desarrollo penetrable. Esto es debido a la particular estructura geológica del macizo, un sinclinal con buzamientos en sus flancos del orden de 5°, que favorece los procesos de infiltración y disolución.

La etapa más importante de estructuración alpina en el Sistema Central se produjo en el Mioceno superior, en la denominada "etapa Guadarrama" (Capote *et al.*, 1990). Anteriormente, la unidad karstificable se encontraría bajo la serie del Paleógeno, fundamentalmente constituida por arcillas y yesos, lo que imposibilitaría los procesos de karstificación. A principios del Plioceno los materiales cretácicos comenzaron a quedar al descubierto, debido a procesos de erosión de los relieves generados por la Orogenia Alpina. Entonces, las aguas superficiales y subterráneas empezaron a actuar sobre la roca, a favor de los planos de estratificación y otras discontinuidades, formando de esta manera los primeros conductos y galerías. Esta hipótesis se fundamenta en la existencia, en las cercanías del actual macizo kárstico, de materiales conglomeráticos del Plioceno (ITGE, 1991), como producto del desmantelamiento de la cordillera. En los niveles superiores de conglomerados (Plioceno superior) se encuentran bloques dolomíticos de tamaño métrico, en los que se aprecian huecos y pequeños conductos aislados. Este hecho denota la

actuación de procesos de karstificación con anterioridad al Plioceno superior.

Por su ubicación al pie de relieves importantes, el macizo de Tamajón se encuentra en una posición especialmente favorable para recibir el aporte de sedimentos detríticos. Estos han sido transportados, en forma de coladas de barro y por procesos de arroyada, desde las laderas cercanas labradas en pizarras y areniscas paleozoicas. El citado transporte se dirigiría hacia las zonas deprimidas del karst, rellenando huecos y cavidades durante el Cuaternario.

A partir de las faunas incluidas en los sedimentos de algunas cavidades, se han podido datar los últimos episodios de colmatación como pertenecientes al Pleistoceno superior (Arribas *et al.*, 1995). Por el momento, las excavaciones realizadas en cuevas y abrigos de la zona, no han llegado a tocar el sustrato rocoso, pero la potencia sondeada alcanza más de 5 m. A falta de dataciones absolutas y por comparación con excavaciones realizadas en cavidades cercanas (zona del Pontón de la Oliva), donde se han estudiado faunas más antiguas situadas en rellenos kársticos (Sesé y Ruiz Bustos, 1992), se podrían asignar al Pleistoceno inferior las primeras fases de rellenos de depósitos detríticos en el karst del borde sur del Sistema Central.

En varias cuevas del macizo de Tamajón, sobre los depósitos detríticos se encuentra, sellándolos, una colada estalagmítica cuyo espesor varía de 0,5 cm a 10 cm. La comparación con cavidades en Valdesotos, situadas 10 km al SO de Tamajón, permite hacer algunas consideraciones sobre la edad de esta fase tardía de concrecionamiento. Los rellenos detríticos presentan en ambas zonas gran similitud. En el nivel superior analizado en Valdesotos, que también corresponde a una colada estalagmítica, se encontraron incluidos en ella restos cerámicos (Jordá Pardo, 1993), que permiten asignar esta fase de precipitación química al Holoceno. En la cueva del Reguerillo, ubicada en la misma banda de materiales carbonatados que el macizo de Tamajón, la última fase de relleno viene marcada por la existencia de coladas estalagmíticas situadas en el primer piso de la cavidad a las que se les ha asignado edad holocena (Torres, 1974). Todo ello evidencia un episodio holoceno de concrecionamiento en las cavidades del borde sur del Sistema Central.

La evolución del karst de Tamajón (Fig. 8) comienza en el Mioceno superior-Plioceno inferior, asociada al máximo levantamiento del Sistema Central, cuando se produce la estructuración de los macizos kársticos. Tienen lugar entonces los primeros procesos significativos de karstificación, de manera análoga a otros lugares de la Península Ibérica (Durán *et al.*, 1993) y las Islas Baleares (Ginés y Ginés, 1995).

Edad (Ka)	Período	Acontecimientos
5	HOLOCENO	Óptimo climático. Formación de espeleotemas
8-10		
120	PLEISTOCENO	Erosión parcial de los rellenos detríticos en el endokarst Colmatación del endokarst
700		Superior
		Medio
1.640	PLEISTOCENO	Primeras etapas de relleno detectadas (Pontón de la Oliva) Encajamiento de los conductos endokársticos Descenso de los niveles de base locales del karst
3.700		Inferior
5.400	PLIOCENO	Encajamiento de la red fluvial, incisiones fluviokársticas Formación de redes de conductos freáticos Instalación de la red fluvial
		Superior
	MIOCENO	Primeros procesos detectados de karstificación en materiales mesozoicos Estructuración de los macizos kársticos Fases de karstificación en carbonatos "pontenses" de la Cuenca del Tajo Máximo levantamiento del Sistema Central
		Inferior
		Superior

Fig. 8. Esquema de las principales etapas en la evolución del karst de Tamajón.

En el Plioceno superior, con un clima más húmedo, se instala la red fluvial, se inician las incisiones fluviokársticas y se forman redes kársticas de conductos freáticos.

A partir del Plioceno superior la red fluvial actual se encontraba prácticamente configurada. A lo largo del Pleistoceno inferior se produjo un encajamiento en la misma, lo que provocó un descenso en los niveles de base locales del karst. Las redes de conductos freáticos se reestructuran, con un encajamiento en sus galerías. Posteriormente, el endokarst comienza a experimentar los primeros episodios de relleno por materiales detríticos.

En el Pleistoceno medio y superior prosiguen las fases de periodos fríos de carácter continental y húmedo, y períodos cálidos y húmedos. Bajo con-

diciones propicias, los fenómenos de arroyada y coladas de materiales detríticos colmataron casi por completo el endokarst.

A finales del Pleistoceno se produjeron los últimos episodios de relleno detrítico, seguidos por una erosión parcial de los depósitos. Esta fase erosiva podría asociarse al último período frío pleistoceno. Más tarde y marcando el paso de un clima continental más riguroso a otro más cálido y húmedo, con influencia mediterránea, se produjo la precipitación de coladas estalagmíticas sobre los depósitos detríticos. Esta generación de espeleotemas se correspondería con el óptimo climático del Holoceno (8000-5000 BP), reconocido en el estadio isotópico 1 definido por Shackleton y Opdyke (1973) y representado en el resto de la Península Ibérica como se pone de manifiesto en la recopilación de datos geocronológicos realizada por Durán (1989).

## 6. CONCLUSIONES

- El karst de Tamajón, por su extensión (15 km<sup>2</sup>) y por su estructura geológica, con suaves pliegues de escaso buzamiento, es un caso singular entre los afloramientos de materiales carbonatados cretácicos del borde sur del Sistema Central. Destaca regionalmente por su abundancia relativa en formas exokársticas: lapiaces, depresiones cerradas, bogaces y relieves ruiformes, así como por el elevado número de cavidades existentes y por su variedad tipológica, con pozos, meandros y galerías horizontales. Existen en la actualidad 50 cavidades exploradas, con un total de 1600 m de desarrollo horizontal topografiados. La cavidad más larga es la sima de Los Enebrales, con 380 m, y la más profunda la sima Fliper, con -54 m.

- La génesis del karst de Tamajón, se ha visto condicionada por los procesos tectónicos ocurridos durante la Orogenia Alpina que originaron el Sistema Central. Sin embargo, no es hasta comienzos del Plioceno cuando se inician las fases más importantes de karstificación. Su posterior evolución está relacionada con la instalación y encajamiento de la red fluvial pliocuaternaria en la cuenca del Tajo.

- El endokarst de Tamajón se encuentra en gran parte colmatado por sedimentos detríticos, principalmente arcillas con niveles de cantos de pizarras. Probablemente el comienzo de la sedimentación de materiales detríticos en las cavidades de Tamajón ocurrió en el Pleistoceno medio-superior, aunque comparando con cavidades cercanas podría también corresponder a principios del Pleistoceno. La edad de las últimas fases de relleno detríticos son asignadas, a partir de restos paleontológicos, al Pleistoceno superior-Holoceno. Sobre los depósitos detríticos se sitúan frecuentemente espeleotemas en forma de colada estalagmítica. Al igual que en otras cavidades del borde sur del Sistema Central donde hay materiales similares las citadas concreciones son del Holoceno.

- Ciertas condiciones paleoambientales quedan reflejadas en las formas de erosión y en los depósitos endokársticos. En el Plioceno debió producirse el paso de un clima árido a otro cálido y húmedo. La alternancia de períodos fríos de carácter continental y otros más cálidos y húmedos en el Pleistoceno inferior y medio se manifiesta con depósitos detríticos endokársticos. En el Pleistoceno superior se produjeron las últimas fases de relleno detrítico y una posterior reactivación de la erosión en los conductos durante el último estadio frío. La mejoría correspondiente al óptimo climático holoceno (8000-5000 BP) queda marcada por la formación de coladas estalagmíticas.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la labor de apoyo en campo del grupo de espeleología SECJA de Alcobendas y a Javier Rejos, del club Abismo de Guadalajara, por la elaboración de las topografías del endokarst. Igualmente agradecen a Alfonso Arribas, del Museo Geominero del ITGE, su colaboración en el reconocimiento de los restos paleontológicos encontrados.

## REFERENCIAS

ALCOLEA, J.J.; BALBIN, R.; GARCIA VALERO, M.A. y CRUZ NAIMI, L.A. (1995): La cueva del Turismo (Tamajón,

Guadalajara): un nuevo yacimiento rupestre paleolítico en la Meseta Castellana. En: BALBIN, R.; VALIENTE, J. y MUS-SAT, M.T. (coord.). *Arqueología en Guadalajara*. Patrimonio histórico-arqueología, Castilla-La Mancha. 12, 126-136.

ALONSO, A. (1982): Cameros-Castilla. En: GARCIA QUINTANA, A. (coord.). *El Cretácico de España*, 345-456. Universidad Complutense.

ALONSO, A y MAS, J.R. (1982): Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al norte y al sur del Sistema Central. *Cuadernos de Geología Ibérica*. Vol. 8, 145-166. Universidad Complutense.

ARRIBAS, A.; DIEZ, J.C. y JORDA, F.J. (1995): El yacimiento cuaternario de la cueva de los Torrejones (Tamajón, Guadalajara, Castilla-La Mancha): resultados preliminares. En: BALBIN, R.; VALIENTE, J. y MUSSAT, M.T. (coord.). *Arqueología en Guadalajara*. Patrimonio histórico-arqueología, Castilla-La Mancha. 12, 97-110.

BAREA, J. y REJOS, J. (1995): Aportaciones sobre el karst de Tamajón (Guadalajara). *Boletín espeleológico SECJA*, 1, 28-36.

CAPOTE, R.; DE VICENTE, G. y GONZALEZ CASADO, J.M. (1990): Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español. *Geogaceta*, 7, 20-22.

CORCHON, F. (1976): *Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid-Guadalajara)*. Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid. Boletín 40. 189 p.

CHOPPY, J. (1987): Roches carbonatées et karstification. *Phénomènes karstiques- Serie 41: Le facteur lithologique*. Spéléo-Club de Paris. 75 p.

DE VICENTE, G.; GONZALEZ CASADO, J. M.; CALVO, J. P.; MUÑOZ MARTIN, A.; GINER, J. y RODRIGUEZ PASCUA, M. (1994): Evolución y estructuras alpinas en la zona del centro peninsular. *Cuadernos Laboratorio Xeológico de Laxe*, 19, 175-190.

DURAN, J.J. (1989): Geocronología de los depósitos asociados al karst en España. En: DURAN VALSERO, J.J. y LOPEZ MARTINEZ, J. (Eds.). *El karst en España*. Monografía, 4, 243-256. Sociedad Española de Geomorfología.

DURAN, J.J.; GRÜN, R. y FORD, D.C. (1993): Dataciones geocronológicas absolutas (Métodos E.S.R. y Series de Uranio) en la Cueva de Nerja y su entorno. Implicaciones evolutivas, paleoclimáticas y neosismotectónicas. En: CARRASCO CANTOS, F. (Ed.). *Geología de la Cueva de Nerja*, 233-248. Patronato de la Cueva de Nerja.

ELIAS, F. y RUIZ BELTRAN, L. (1981): *Estudio agroclimático de la región Castilla-La Mancha*. Departamento de Agricultura. Junta de Comunidades Castilla-La Mancha. Madrid. 247 p.

FERNANDEZ, M. y MARTIN, P. (1982): *Catálogo de cavidades de Guadalajara*. Federación Castellana Centro de Espeleología. Madrid. 138 p.

GARCÍA YAGÜE, A. (1973): *Informe geológico sobre los trabajos realizados en el túnel Sorbe-Jarama. Tamajón (Guadalajara)*. Servicio Geológico Obras de Públicas. Madrid. Informe nº 1303.

GIL, J. (1993): *Estratigrafía secuencial del cretácico del borde meridional del Sistema Central en el sector de San Agustín de Guadalix-Pálmaces de Jadraque (provincias de Madrid y Guadalajara)*. Tesis de licenciatura (inédita). Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 241 p.

GIL, J.; GARCIA QUINTANA, A. y SEGURA, M. (1993): Secuencias deposicionales del Cretácico en el flanco sur del Sistema Central. *Geogaceta*, 13, 43-45.

GINER ROBLES, J.L.; DE VICENTE, G. y GONZALEZ CASADO, J.M. (1994): Neotectónica del borde oriental de la cuenca de Madrid. *Cuadernos Laboratorio Xeológico de Laxe*, 19, 191-202.

GINES, J. y GINES, A. (1995): Speleochronological aspects of karst in Mallorca. En GINES, A. y GINES, J. (Eds.). *Karst and caves in Mallorca*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears. *Endins*, 20. 216 p.

HERRERO, N. (1979): Aspectos geológicos de los alrededores de Torrelaguna, Madrid. *Jumar*, 3, 1-39.

ITGE (1991): *Mapa y memoria de la Hoja nº 485. Valdepeñas de la Sierra*. Escala 1:50.000. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 84 p.

JORDA PARDO, J.F. (1993): El poblamiento prehistórico en el sector sur-oriental del Sistema Central peninsular (alto valle del Jarama, Guadalajara, España). *Actas 1º Congreso de Arqueología Peninsular. Trabalhos de Antropologia e Etnologia*. Oporto. Sociedade portuguesa de Antropologia e Etnologia. 33 (3-4), 99-113.

MARTIN SERRANO, A. (1991): La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 4, 337-351.

PUCH, C. (1986): La cueva del Reguerillo (Patones, Madrid). *Exploracions*, 10, 69-80.

SANCHEZ SERRANO, F. (1991): *Análisis de la deformación alpina en el borde sur-oriental del Sistema Central español (zona de Tamajón, Guadalajara)*. Tesis de licenciatura (inédita). Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 198 p.

SANCHEZ SERRANO, F.; GONZALEZ CASADO, J.M. y DE VICENTE, G. (1993): Evolución de las deformaciones alpinas en el borde suroriental del Sistema Central Español (zona de Tamajón, Guadalajara). *Boletín Geológico y Minero*, 104-1, 3-12.

SECJA y GET (1991): Contribución a catálogos regionales. *Boletín GET*, 6, 53-57.

SESE, C. y RUIZ BUSTOS, A. (1992): Nuevas faunas de micromamíferos del Pleistoceno del Norte de la Provincia de Madrid (España). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geología)*, 87 (1-4), 115-139.

SHACKLETON, N.J. y OPDYKE, N.D. (1973): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 105 and 106 year scale. *Quaternary Research*, 3, 39-55.

SOPEÑA, A. (1980): Mapas geológicos del borde sureste del Sistema Central. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 6, 73-96. Universidad Complutense.

TORRES, T. (1974): *Estudio de la cueva del Reguerillo*. Proyecto fin de carrera (inédito). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid. 375 p.

TORRES, T.; COBO, R.; GARCIA ALONSO, P.; GRÜN, R.; HOYOS, M.; JULIA, R.; LLAMAS, J. y SOLER, V. (1995): Evolución del sistema fluvial Jarama-Lozoya-Guadalix durante el Plioceno final y el Cuaternario. *Geogaceta*, 17, 46-48.

TORRES, T.; COBO, R.; GARCIA CORTES, A.; HOYOS, M. y GARCIA ALONSO, P. (1994a): Cronoestratigrafía de los depósitos fluvio-kársticos del cerro de la Oliva (Patones, Madrid). *Geogaceta*, 15, 90-93.

TORRES, T.; COBO, R.; HOYOS, M.; MANSILLA, H. y COELLO, F.J. (1994b): Sedimentología, magnetoestratigrafía e isotopía de los depósitos fluvio-kársticos de la cueva del Reguerillo (Patones, Madrid). Interpretación paleoambiental. *Geogaceta*, 15, 127-130.

Original recibido: Septiembre 1996.  
Original aceptado: Diciembre 1996.

## EVALUACION DE LA DISPERSION DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL ENTORNO DE UNA MINA, MEDIANTE EL METODO DE ESPECIACION SECUENCIAL QUIMICA.

Por C. ENCABO CHECA, V. CALA RIVERO y A. GUTIERREZ MAROTO (\*)

### RESUMEN

Se efectúa un estudio de especiación secuencial química de Cu, Cd, Cr, Ni y Pb en suelos del entorno de una mina abandonada de calcopirita. Se ponen de manifiesto diferencias en el comportamiento edafogeoquímico de los mismos respecto a su movilidad y dispersión, confirmadas por la aplicación de las rectas de Henry.

Es destacable la tendencia de asociación de Cu hacia la materia orgánica y/o sulfuros en fases amorfas o criptocristalinas, mientras que el Cu integrante del sulfuro mineral originario de la mineralización y movilizado por dispersión mecánica aparece en fracción residual. Cd y Pb presentan formas de mayor disponibilidad en los suelos ubicados en las zonas de mayor oxidación, cercanas a la escombrera. Ni y Cr aparecen fundamentalmente en fracción residual.

*Palabras clave:* Especiación, Metales pesados, Suelos, Sistema Central, Movilización, Dispersión.

### ABSTRACT

A chemical sequential speciation of Cu, Cd, Cr, Ni and Pb in soil samples around a pyrite mine were studied.

May be observed differences, applying Henry' right line test, in geochemical and pedological features of these soils.

It's noticeable the association tendencies between Cu and organic matter and/or amorphous sulfide phases, moreover Cu belonging at mineral sulfide is mobilized by mechanical dispersion staying in residual fraction. More available phases of Cd and Pb appear in more oxidized soils. Ni and Cr generally are located in residual fraction.

*Key words:* Speciation, Heavy metals, Soils, Central System, Mobilization, Dispersion.

### INTRODUCCION

La problemática de las áreas afectadas por minería ha sido puesta de manifiesto desde el pasado siglo (Davies, 1980; Merrington et al. 1993). En concreto, la incidencia medioambiental de las

escombreras procedentes de explotaciones a cielo abierto se ha estudiado ampliamente, debido en parte a su facilidad de erosión, así como a la dispersión de sus materiales que pueden depositarse en un entorno más o menos próximo. Todo ello puede provocar una modificación de las características físico-químicas de los suelos de su entorno, tanto por acumulación de elementos químicos sobre los mismos (Ferguson, 1982; Jones et al. 1983; Davies et al. 1983;

(\*) Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

Sobrados et al., 1989; Babecki, 1993), como por acidificación originada por la oxidación de los sulfuros minerales (Macías et al. 1991).

En el presente trabajo se estudia la dispersión geoquímica de Cu, Cd, Pb, Ni y Cr en el suelo a partir de escombreras de una antigua mina. Se evalúa la biodisponibilidad de dichos elementos mediante utilización de metodología de especiación secuencial química propuesta por Tessier et al. (1979).

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se encuentra ubicada al sur de Garganta de los Montes y norte del monte El Reajo, provincia de Madrid. La mina "Fernandito" presenta una mineralización de calcopirita en paragénesis con pequeñas cantidades de pirita, blenda y marcasita, armando en materiales metamórficos, gneises migmatíticos, muy próximos al granito de La Cabrera. (Fig. 1).

La mineralización es sensiblemente paralela al diaclasado transversal del gneis, con dirección aproximada NNO-SSE. La escombrera actual es media, unos 3500 m<sup>3</sup>, y se encuentra abandonada hace unos 40 años.

El muestreo se realizó tomando muestras superficiales de suelos, de forma aleatoria en intersecciones de 50 m. orientados hacia la mina de forma perpendicular y paralela. Los suelos de la zona de estudio, ubicados en cotas inferiores a 1210 m. y con pendientes suaves, se clasifican como cambisoles húmicos y dístricos (FAO, 1990).

En las muestras de suelo, secadas al aire y pasadas por tamiz de 2 mm. se realizaron las siguientes determinaciones: pH, conductividad eléctrica, análisis granulométrico, capacidad de intercambio catiónico, cationes de cambio y materia orgánica, según métodos propuestos por el Soil Conservation Service (1972). Los óxidos de hierro de menor y mayor grado de cristalinidad se determinaron mediante extracción con oxalato amónico en oscuridad (Schwertmann, 1964) y reactivo de Tamm más hidrosulfito sódico como agente reductor, respectivamente.

La materia orgánica de estos suelos fue sometida

a fraccionamiento con objeto de separar la fracción humificada. Para ello se realizó una extracción con pirofosfato sódico 1N e hidróxido sódico 0.1N, con posterior fraccionamiento de ácidos fúlvicos y húmicos mediante acidulación del extracto. El extracto soluble, correspondiente a la fracción de ácidos fúlvicos, fue recogido tras centrifugación y en él se determinaron los contenidos en cobre.

La determinación de los contenidos totales de metales en suelos no es suficiente para evaluar el grado de impacto ambiental de una fuente contaminante, como en este caso la existencia de una mina y su escombrera en los suelos de su entorno. Cada vez se hace más preciso caracterizar y cuantificar las especies iónicas metálicas, o en su defecto el grado de asociación de los metales a las distintas fases reactivas del suelo.

La metodología de especiación secuencial química propuesta por Tessier (1979) está basada en un intento de reproducir las distintas fuerzas de alteración química sobre matrices ambientales, considerando cinco fracciones que definen asociaciones de los metales pesados a los diversos constituyentes del suelo con distintas energías de enlace. El método se aplica de forma secuencial sobre la misma porción de muestra.

En el presente estudio se efectúa el fraccionamiento de Cd, Cr, Cu, Ni y Pb mediante aplicación de procedimiento de extracción secuencial en cinco fases (Tessier, 1979), partiendo de 2 g. de muestra con las condiciones experimentales que se resumen en la Tabla 1.

Los contenidos de metales en los correspondientes extractos fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica con llama, en un equipo Perkin-Elmer 503, a excepción del Cd para el que se utilizó cámara de grafito (HGA-74).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### PARAMETROS EDAFICOS

Los suelos estudiados poseen un grado de acidez medio. Su textura es franco-arenosa (FAO, 1977). Los contenidos en materia orgánica son variables

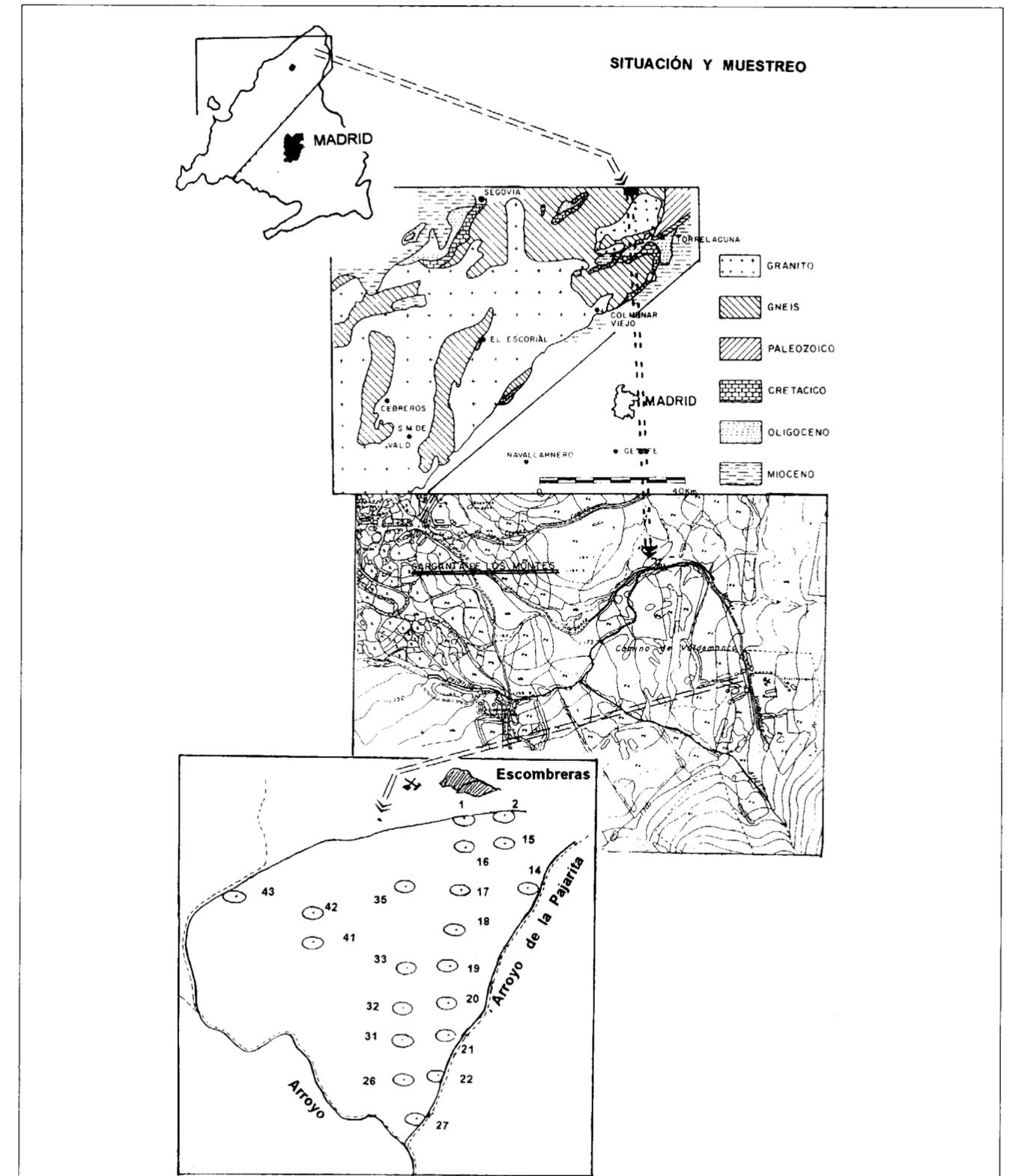


Fig. 1.- Esquema de situación.

Tabla 1.- Procedimiento de extracción secuencial en cinco fases, condiciones experimentales.

FRACCIÓN	SOLUCIÓN EXTRACTANTE	ml. SOLUCIÓN EXTRACTANTE	CONDICIONES
I	Soluble y de cambio a pH 7.	NH <sub>4</sub> OAc 1M	16 Agitación 30 min
II	Asociada a carbonatos y/o extraíbles a pH 5	NaOAc/HOAc 1M	16 Agitación 5 horas
III	Asociada a oxihidroxidos de Fe-Mn	NH <sub>4</sub> OH HCl 0,04 M en HOAc 25%	40 ó 35 Baño de agua 6 horas
IV	Asociada a materia orgánica y sulfuros	a) HNO <sub>3</sub> 0,02M + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%	6-10 Baño de agua 2 h
		b) H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%	6 Baño de agua 3 h
		c) NH <sub>4</sub> OAc 3,2M en HNO <sub>3</sub> 20%	5 Agitación 30 min
V	Residual	FH + HNO <sub>3</sub> + HClO <sub>4</sub> (cones)	Digestión en baño de arena

(Tabla 2), en general altos, siendo los suelos situados en cotas más bajas y con vegetación de pastizal los que presentan mayores contenidos de materia orgánica, así como el mayor grado de humificación.

La capacidad de intercambio catiónico es muy heterogénea, y está claramente influida por la materia orgánica de estos suelos, como se pone de manifiesto por la correlación altamente signifi-

Tabla 2.- Parámetros edáficos.

Suelo	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	C.E. dS/m	M.O (%)	Aren (%)	Limo (%)	Arcill (%)	V (%)
1	6.53	5.49	48	0.7	84.3	13.4	2.3	18
2	5.38	4.10	38	10.1	76.4	17.3	6.4	25
14	5.76	4.52	64	11.4	62.4	25.1	12.5	36
15	5.30	4.24	57	12.4	68.7	24.3	7.0	39
16	5.28	3.95	22	2.8	64.6	23.4	12.0	25
17	4.62	3.50	37	3.4	54.7	19.2	16.1	22
18	5.60	4.51	49	5.7	69.4	17.1	13.5	44
19	5.20	4.17	48	9.5	71.3	19.3	10.4	40
21	4.89	4.19	92	18.6	77.0	16.4	6.6	40
22	5.40	4.16	51	13.4	71.1	22.1	6.8	49
26	5.72	4.69	100	19.8	72.0	22.4	5.6	48
27	5.64	4.62	90	19.8	74.3	22.7	3.0	47
31	6.01	4.95	92	20.2	76.0	16.5	7.5	6.0
32	5.90	4.48	49	12.5	70.3	18.4	11.2	62
33	5.53	4.42	56	14.1	72.3	18.6	9.2	42
35	5.69	4.45	40	9.3	79.9	14.3	5.8	49
41	5.53	3.97	38	7.2	69.9	24.6	5.5	50
42	5.12	3.75	65	6.6	66.0	22.5	11.5	20
43	5.15	3.89	72	6.8	70.5	22.5	7.0	44

ficativa de ambos parámetros (r= 0.819, significativa a nivel P(0.001).

Los contenidos en óxidos de hierro libre (Tabla 3) permiten diferenciar dos subzonas: la situada a cotas más altas, con mayores contenidos, que podría denominarse subzona de oxidación, y otra situada a cotas inferiores, con menores contenidos, que puede verse afectada por el máximo drenaje y sufrir en algunas épocas del año condiciones más reductoras.

Tabla 3.- Contenidos en óxidos de hierro (µg/g).

Suelo	Ox. Fe libres	Ox. Fe. amorf.
1	2500	1800
2	9300	3250
14	14400	5700
15	10400	4300
16	11500	3400
17	8000	4200
18	9600	5750
19	10500	5700
21	7800	5500
22	10300	4400
26	4800	3500
27	6500	3600
31	7800	3150
32	9000	75
33	11200	4100
35	10700	2100
41	9600	2800
42	8300	1550
43	10000	1900

ESPECIACION SECUENCIAL QUIMICA

El fraccionamiento secuencial químico de los metales pesados estudiados en estos suelos revela diferencias apreciables entre ellos, tanto en lo referente al grado de asociación a los constituyentes de estos suelos, como a su posible bio-disponibilidad.

Tabla 4.- Contenidos de cobre determinados en cada fracción (µg/g), y contenidos totales expresados como suma de fracciones.

Suelo	CuI	CuII	CuIII	CuIV	CuV	Cu total
1	18.1	26.1	142.5	153.6	18.0	358.3
2	1.8	5.2	21.7	113.8	58.0	200.5
14	0.4	1.0	5.2	45.2	44.0	95.8
15	12.9	54.5	167.3	435.4	122.0	781.1
16	18.1	61.7	173.5	156.0	134.0	543.3
17	31.7	84.3	161.1	287.9	142.0	707.0
18	24.4	79.3	192.1	334.7	112.0	742.5
19	3.6	18.7	77.9	261.9	70.0	432.1
21	1.1	2.9	14.3	112.4	26.0	156.7
22	2.5	15.5	61.8	328.9	70.0	478.7
26	3.3	28.3	65.6	387.2	110.0	594.4
27	1.0	7.3	29.5	181.4	28.0	247.2
31	0.3	0.8	0.5	71.6	136.0	209.2
32	0.3	1.8	3.3	57.8	36.0	99.2
33	0.5	1.5	3.8	74.7	76.0	156.5
35	0.7	1.6	7.9	114.9	92.0	217.1
41	0.1	0.5	0.2	11.0	24.0	35.8
42	0.1	0.1	0.5	13.9	24.0	38.4
43	0.2	0.2	1.5	26.6	32.0	60.5

Con objeto de estimar la influencia de la materia orgánica al comportamiento de asociación del cobre en estos suelos, se realizó en muestras independientes de suelo, una extracción con solución de pirofosfato sódico 0.1 M e hidróxido sódico 0.1 M. Dicha solución tiene capacidad de extraer la materia orgánica transformada y disolver los cationes polivalentes unidos a las sustancias húmicas del suelo (Kononova, 1966). Los contenidos de cobre extraídos con dicha solución extractante se representan en la figura 2.

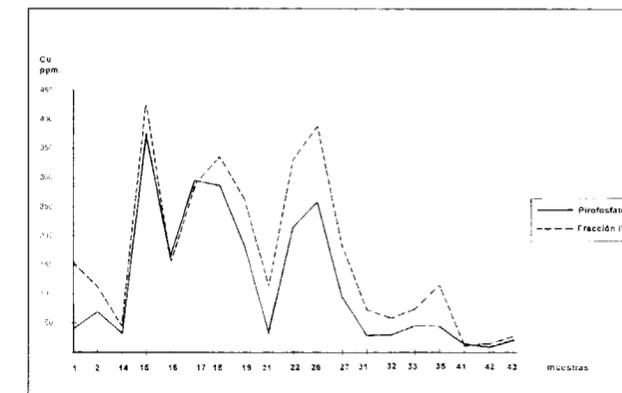


Figura 2.-Representación gráfica de los contenidos de Cu extraídos en fracción IV del procedimiento secuencial, y con pirofosfato Na 0.1 M.

El cobre muestra una tendencia generalizada de asociación hacia la fracción IV (metal asociado a materia orgánica y/o sulfuros, Tessier, 1979). Dado que la mineralización principal de la mina es calcopirita, parte de las formas de Cu determinadas en la fracción IV, pueden ser debidas a su presencia como sulfuro mineral, si bien es conocida la especial tendencia del cobre a formar complejos orgánicos (Stevenson y Ardakani, 1972; McLaren y Crawford, 1974; Bogd et al. 1981; McBride, 1989).

Para evaluar la posible contribución del sulfuro mineral a la liberación de cobre en esta etapa del fraccionamiento, se realizó un ensayo en paralelo con una muestra de calcopirita tomada en la zona de estudio. Dicha muestra fue sometida a las mismas condiciones experimentales de la etapa IV del procedimiento de extracción. Los resultados obtenidos indican una liberación del 2.5% de cobre total del mineral, lo cual permitiría concluir que el resto de metal permanece bajo formas más resistentes que serían determinadas en la fracción V.

Los contenidos de cobre extraídos en fracción IV son en general superiores a los determinados en las fracciones orgánicas antes mencionadas.

Dada la escasa contribución del sulfuro mineral en la liberación de cobre en la fracción IV, es factible pensar que, en parte, el cobre determinado en dicha fracción puede proceder, de acuerdo con Rapin y Förstern (1983), de una fase de sulfuros que podrían considerarse "amorfos" (o de menor grado de cristalinidad). Dichos sulfuros pueden confinar parte del cobre movilizado bajo condiciones reductoras favorecidas por la presencia de importantes cantidades de materia orgánica y con el medio edáfico saturado en agua durante periodos de tiempo prolongado.

Los suelos situados en cotas superiores, presentan como tendencia de asociación secundaria la fracción III, que podría interpretarse de acuerdo con Tessier (1979) como formas de cobre asociadas a óxidos de hierro y manganeso, o bien formado complejos lábiles con la materia orgánica.

Los suelos situados a cotas más inferiores, con mayores contenidos en materia orgánica y mayor grado de humificación, presentan mayores porcentajes de cobre en fracción residual (FV) que en fracción III. Esto puede indicar que en los suelos de esta subzona el cobre aparece probablemente bajo forma de sulfuros y/o asociado a materia orgánica mediante formas más resistentes.

Las muestras 41, 42 y 43, alejadas de la mineralización, presentan valores de cobre que pueden considerarse más representativos del fondo geológico de la zona. En ellas la fracción mayoritaria es la FV, siendo secundaria la fracción IV.

Atendiendo a los contenidos determinados en las fracciones que podrían considerarse teóricamente más biodisponibles (FI y FII) (Perin et al. 1985), se observa una clara diferenciación entre muestras. Los contenidos de cobre estimados por suma de las fracciones I y II de las muestras situadas a cotas superiores (1, 15, 16, 17 y 18) sobrepasan ampliamente el valor límite de contenido total de Cu (50 µg/g) estipulado para suelos con pH menor de 7 en el BOE (1990). Estos suelos pueden considerarse por tanto tóxicos, tanto por sus elevados contenidos totales, como por sus importantes contenidos en fracciones biodisponibles.

El resto de los suelos estudiados presentan contenidos inferiores en estas fracciones, lo cual parece poner de manifiesto la influencia de la fracción residual y de las fuertes asociaciones con la materia orgánica de este metal.

No obstante, teniendo en cuenta que la naturaleza biodegradable de la materia orgánica de los suelos, el cobre unido a las fracciones orgánicas puede ser considerado potencialmente tóxico.

Los contenidos de cadmio extraídos en las distintas etapas del fraccionamiento secuencial (Tabla 5) muestran una gran heterogeneidad, a excepción de la FIV, que para este elemento es minoritaria. Los elevados contenidos que ostentan algunos suelos, incluso en fracciones consideradas fácilmente biodisponibles (muestras 15, 18, 27), sugieren que la toxicidad de estos suelos respecto a cadmio tiene un marcado carácter puntual, si bien los contenidos totales pueden considerarse elevados en toda la zona.

Tabla 5.- Contenidos de cadmio determinados en cada fracción (µg/g), y contenidos totales expresados como suma de fracciones.

Suelo	CdI	CdII	CdIII	CdIV	CdV	Cd total
1	0.43	0.14	0.35	0.05	1.43	2.40
2	0.43	0.28	0.35	0.05	1.43	2.49
14	0.28	0.14	0.35	0.05	5.72	6.54
15	1.56	0.99	1.42	0.05	1.43	5.45
16	0.71	0.28	0.71	0.05	0.35	2.10
17	0.28	0.07	0.11	0.05	0.35	0.86
18	2.97	1.56	1.42	0.10	0.35	6.40
19	0.61	0.45	1.11	0.05	3.57	5.79
21	0.41	0.55	1.11	0.36	0.35	2.78
22	0.75	0.85	1.40	0.36	1.43	4.79
26	0.43	0.48	0.93	0.05	1.43	3.32
27	1.06	1.39	2.10	0.05	2.86	7.46
31	0.32	0.64	1.17	0.05	1.43	3.61
32	0.32	0.32	0.47	0.05	0.71	1.87
33	0.42	0.42	0.93	0.05	2.14	3.96
35	0.07	0.25	0.66	0.05	2.86	3.89
41	0.32	0.21	0.11	0.05	0.71	1.40
42	0.07	0.07	0.22	0.36	1.43	2.15
43	0.07	0.07	0.44	0.36	3.57	4.37

El cadmio aparece de forma mayoritaria en fracción residual (FV), si bien en determinados puntos (muestras 15, 16, 18), la fracción más representativa es la FI (soluble y/o de cambio). La segunda fracción en que el cadmio aparece más representado marca una clara diferenciación entre los suelos estudiados. Las muestras situadas a cotas más altas, presentan un predominio de cadmio bajo formas cambiables, bien como fracción mayoritaria o secundaria, que en algunos suelos llegan a superar el 70% del cadmio total. Ello puede suponer un peligro medioambiental en estos suelos, teniendo en cuenta la naturaleza tóxica de este metal.

Los suelos restantes presentan como segunda tendencia de asociación la fracción III (cadmio asociado a oxihidróxidos de hierro y manganeso así como formas complejadas con materia orgánica de naturaleza más labil, Tessier (1979). Dicha fracción, si bien no suele ser considerada fácilmente biodisponible, sí presenta un cierto riesgo de toxicidad ante un cambio de condiciones ambientales.

Las fracciones que representan mayores porcentajes de distribución del plomo en estos suelos son FIII, FIV y FV (Tabla 6). Es conocida la fuerte afinidad del plomo hacia la adsorción sobre la superficie de los óxidos metálicos y de la materia orgánica del suelo. Sin embargo en ambos casos dicha adsorción conduce a la ocupación de sitios de adsorción de baja energía de enlace (Padmanabhan, 1983), lo que provoca una mayor facilidad en su desorción. Ello puede justificar el apreciable porcentaje de plomo determinado en fracciones I y II que llega a alcanzar porcentajes superiores al 20%.

Tabla 6.- Contenidos de plomo determinados en cada fracción (µg/g), y contenidos totales expresados como suma de fracciones.

Suelo	PbI	PbII	PbIII	PbIV	PbV	Pb total
1	6.9	2.3	17.1	6.8	5.0	38.1
2	4.6	5.7	22.9	32.1	5.0	70.3
14	2.3	1.1	17.1	21.9	20.0	62.4
15	6.9	4.6	22.9	18.6	10.0	63.0
16	2.3	4.6	22.9	13.5	10.0	53.3
17	4.6	5.7	17.1	21.9	10.0	59.3
18	4.6	2.3	14.3	25.3	5.0	51.5
19	1.0	6.0	17.5	13.5	10.0	47.0
21	1.0	4.0	17.5	10.1	30.0	61.6
22	1.0	1.1	21.8	16.9	10.0	50.8
26	1.0	4.0	13.2	10.1	5.0	32.3
27	1.0	2.0	8.7	3.4	5.0	19.1
31	1.0	4.0	17.5	10.1	30.0	61.6
32	2.0	2.0	17.5	13.5	20.0	55.0
33	1.0	4.0	17.5	10.1	40.0	71.6
35	6.0	10.0	48.1	40.5	50.0	154.6
41	1.0	4.0	13.2	6.8	10.0	34.0
42	1.0	6.0	13.1	3.4	10.0	32.5
43	1.0	4.0	17.5	13.5	30.0	65.0

Níquel y cromo aparecen mayoritariamente representados bajo fracción residual (Tablas 7 y 8), probablemente al presentarse diatómicamente en las redes silicatadas (Sposito, 1989). Dicha fracción representa porcentajes elevados en la distribución de ambos metales, lo que provoca unos bajos contenidos en fracciones biodisponibles.

Los contenidos totales de los metales estudiados, estimados mediante sumatoria de las distintas

Tabla 7.- Contenidos de níquel determinados en cada fracción (µg/g), y contenidos totales expresados como suma de fracciones.

Suelo	NiI	NiII	NiIII	NiIV	NiV	Ni total
1	0.8	3.1	3.8	0.6	23.5	31.8
2	0.8	3.1	0.9	4.0	32.4	41.2
14	0.2	3.1	3.8	4.8	20.6	32.5
15	3.1	3.8	1.9	4.1	32.4	45.3
16	0.8	4.0	5.7	4.0	23.5	38.0
17	1.5	0.1	0.9	1.3	26.5	30.3
18	2.3	2.5	5.7	6.4	23.5	40.4
19	0.2	0.6	2.6	5.8	58.8	68.0
21	1.2	1.0	1.8	7.7	20.6	32.3
22	0.2	1.1	0.9	0.6	29.4	32.2
26	0.2	3.4	0.9	1.9	20.6	27.0
27	0.2	1.1	0.9	1.9	20.6	24.7
31	1.1	0.1	0.9	7.7	17.7	27.5
32	1.1	1.1	5.0	7.7	14.7	29.6
33	2.3	2.3	5.0	5.8	23.5	38.9
35	0.4	0.1	2.6	9.6	32.4	45.1
41	2.3	1.1	5.0	4.8	14.7	27.9
42	0.2	0.2	0.9	7.7	20.6	29.6
43	0.4	0.6	1.8	12.5	23.5	38.8

Tabla 8.- Contenidos de cromo determinados en cada fracción (µg/g), y contenidos totales expresados como suma de fracciones.

Suelo	CrI	CrII	CrIII	CrIV	CrV	Cr tot
1	1.1	0.2	5.3	4.8	62.5	73.9
2	1.1	2.1	2.7	6.7	62.5	75.1
14	0.5	2.1	5.3	9.6	50.0	67.5
15	1.1	1.1	8.0	7.7	75.0	92.9
16	1.1	3.2	5.3	5.8	50.0	65.4
17	2.2	2.1	10.7	11.6	62.5	89.1
18	1.1	2.1	8.0	10.6	62.5	70.3
19	0.5	0.2	0.3	6.8	62.5	70.3
21	0.5	0.6	0.6	10.1	50.0	61.8
22	0.5	2.0	0.3	3.4	72.0	78.2
26	4.0	2.0	0.3	6.8	62.5	75.6
27	2.0	2.0	4.4	3.4	87.5	99.3
31	2.0	4.0	4.4	6.8	75.0	92.2
32	4.0	4.0	8.8	10.2	62.5	89.5
33	4.0	4.0	4.4	1.5	75.0	88.9
35	1.1	0.3	0.3	10.2	75.0	86.9
41	6.0	2.0	8.8	1.5	62.5	80.8
42	1.1	1.1	3.8	10.1	62.5	78.6
43	1.1	1.7	2.5	13.5	75.0	93.8

fracciones, evidencian una gran heterogeneidad en cuanto a Cu y Cd, algo menor para Pb, siendo Ni y Cr los metales con contenidos más homogéneos. Los elevados contenidos en Cu y Cd de determinados puntos del área de estudio superan los valores establecidos como límites de concentración de metales pesados en suelos con pH menor de 7 (CEE, 1986; BOE, 1990).

## DISPERSION

Sobre los datos geoquímicos de los metales pesados, correspondientes a las distintas fracciones, se ha aplicado el estudio de la lognormal para evaluar la dispersión de las mismas según las rectas de Henry (Fig. 3).

Al analizar la dispersión del cobre total se observa que no sigue una distribución lognormal, presentando tres poblaciones que representan 20, 30 y 30% respectivamente. Llevando la segunda a cien y tomando sus valores como indicadores de fondo y de la dispersión, se observa que la tercera población, con un 30% de las muestras estudiadas, presenta anomalías por encima de  $\mu+3\sigma$ . Esta anomalía es el resultado de las anomalías observadas en cada una de las distintas fracciones. Aparecen con valores anómalos en las distintas fracciones del procedimiento secuencial químico: las muestras 1, 15, 16, 17 y 18 para la fracción I; las muestras 15, 16, 17 y 18 para la fracción II; las muestras 1, 15, 16, 17 y 18 para la fracción III; las muestras 15, 17, 18, 19, 22 y 26 para la fracción IV, y las muestras 1, 15, 16, 17, 18, 19, 22 y 26 para la fracción V.

Las muestras de suelo 15, 16, 17 y 18 que aparecen en casi todas las fracciones se encuentran en la zona de escorrentía, ubicada desde las escombreras hasta el arroyo La Pajarita, atravesando todo el prado.

Las muestras 19, 22 y 26, que aparecen en la fracción IV, efectivamente presentan altos contenidos en materia orgánica (Tabla 2). Además dichas muestras se encuentran en zona de acumulación o vaguada para los materiales arrastrados, donde se puede producir ambiente reductor.

En el cobre es la fracción IV la que presenta una fluctuación de fondo con valores entre 65 a 161

ppm. y con anomalías por encima de  $\mu+2\sigma$  (260 ppm).

Para el plomo las fracciones I y II del procedimiento secuencial presentan una distribución lognormal con una fluctuación de fondo muy pequeña como su mismo contenido, ya que para la fracción II adquiere valores de 2.3 a 7.0 ppm. En la fracción III sigue la distribución lognormal el 90% de la población, indicando un comportamiento normal y una fluctuación de fondo mucho mayor (de 14 a 23 ppm). Existe un mayor contenido en Pb y por tanto una mayor disponibilidad en esta fracción.

En la fracción IV, un 60% sigue la lognormal con un fondo de 12,2 a 16,5 ppm y otra población de un 30% presenta valores por encima de  $\mu+2\sigma$ . La fracción V tiene un comportamiento lognormal dando una distribución natural del Pb emplazado en minerales silicatados o sulfuros minerales que no han sido afectados por los ataques químicos anteriores.

Así pues, la disponibilidad del plomo comienza a tener importancia por su contenido en las fracciones III y IV, es decir formas del metal asociadas a oxihidróxidos y a materia orgánica y sulfuros.

El contenido en cadmio en las diferentes fracciones están en algunas marcando el límite de detección analítico. Sin embargo en el estudio del cadmio total se aprecia una distribución lognormal perfecta con un fondo de dispersión alto para estos suelos (3.0 a 7.5 ppm).

De los datos analíticos se deduce que es la fracción V la que presenta mayores valores y dado que el cadmio puede entrar diadóticamente en la esfalerita y en los sulfuros de cobre, será esta última fracción (denominada fracción residual) en el que quede libre, siendo mínima su dispersión en las fracciones anteriores.

Los otros metales pesados estudiados, cromo y níquel, son coherentes geoquímicamente y van asociados en rocas silicatadas. La movilización en las condiciones de las cuatro primeras fracciones es débil, lo cual viene representado por fluctuaciones de fondo desde 1 a 2 ppm para la fracción I hasta 10 a 11.5 ppm para la fracción IV. Será nuevamente la fracción V, obtenida tras digestión

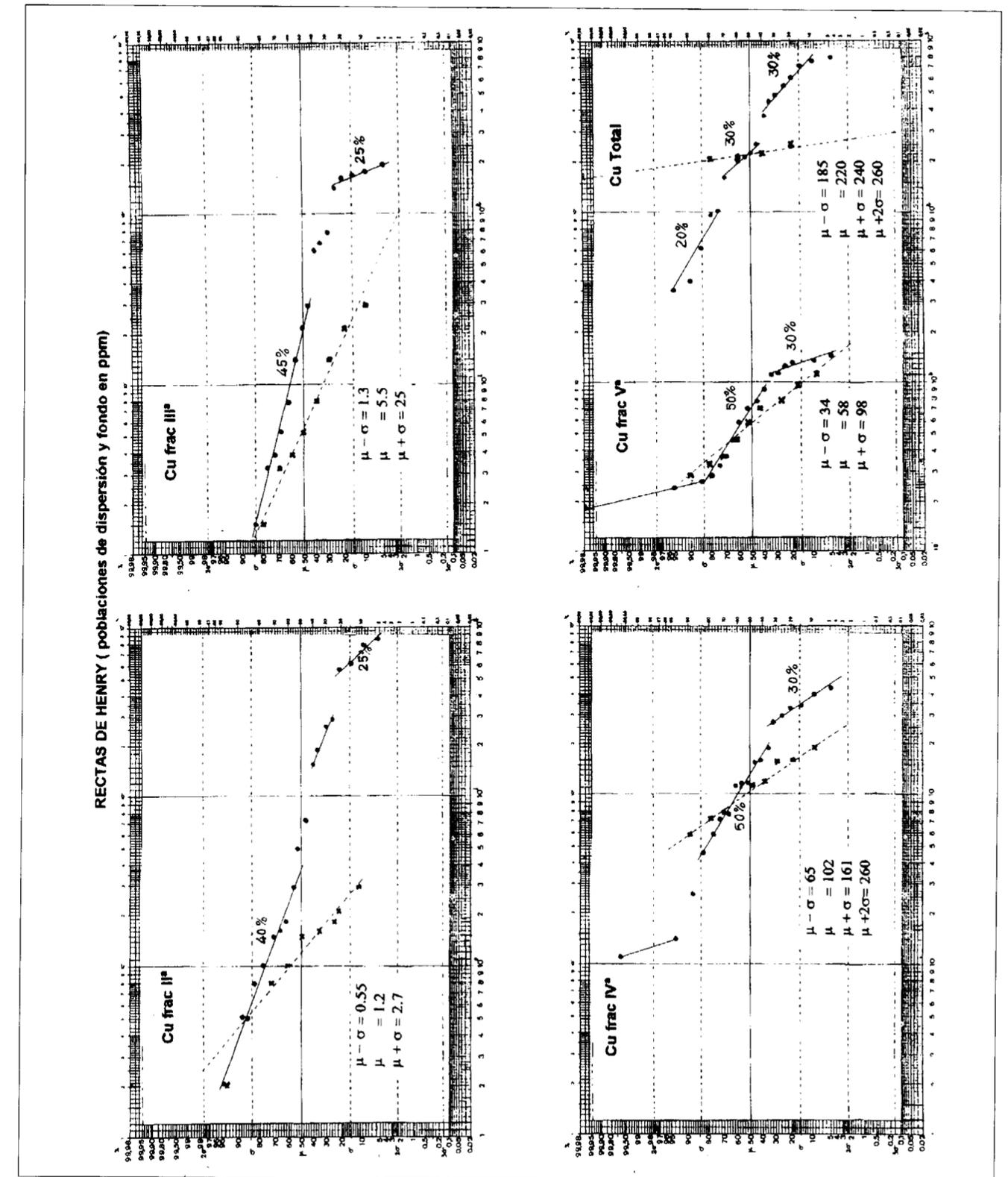


Figura 3.- Rectas de Henry.

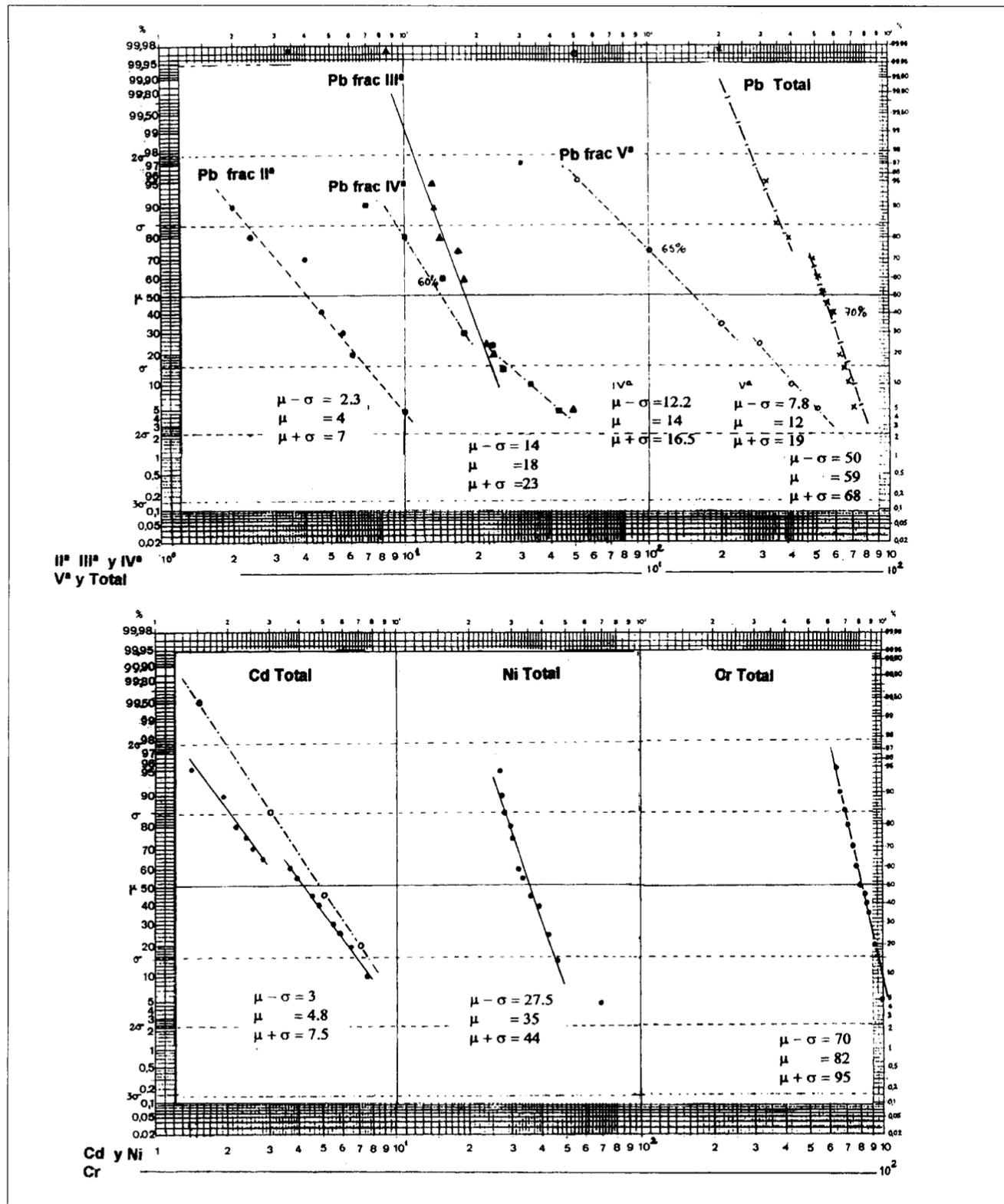


Figura 3.- Rectas de Henry (cont.)

total del residuo de las restantes fracciones, la que libere la mayor cantidad de estos elementos.

## CONCLUSIONES

En estos suelos el cobre es el metal que ha sufrido una dispersión secundaria más acusada, con movilizaciones y acumulaciones que dan lugar a tres poblaciones actuales indicativas o coincidentes con otras tantas de las fracciones del procedimiento de especiación secuencial química: asociado a oxihidróxidos (zona de oxidación), a materia orgánica y sulfuros (zona de reducción) y el fondo geoquímico de la zona, que es alto para este elemento, dada la paragénesis, que coincide con la fracción V.

El método aplicado de extracción secuencial química es válido para la evaluación de la dispersión de elementos pesados en suelos afectados por impacto minero, si bien debe subrayarse que los sulfuros de la fracción IV, que se citan en la bibliografía desde 1979, no pueden ser identificados como los sulfuros minerales de la paragénesis, sino como sulfuros "amorfos" formados en los procesos de reducción a lo largo de la dispersión de los elementos.

## REFERENCIAS

- BABECKI, Y. (1993): *Contaminación de suelos por metales en el área de influencia de la mina "La Estrella" Lozoyuela (Madrid)*, Problemática Geoambiental y Desarrollo; 389-394.
- B.O.E. 1 Noviembre 1990 Real Decreto 1310/90 n° 262.
- BOGD, S. A.; SOMMERS, L. E.; NEBON, D. W.; WEST D. K. (1981): *The mechanism of Cu (II) binding by humic acid. An electron spin resonance study of a Cu (II) - humic acid complex and some adducts with nitrogen donors* Soil Sci. Soc. Am. J., 45; 745 - 749.
- DAVIES, B. E. (1980): *Applied soil trace elements*, ed. John Wiley & Sons. Cap. 9. New York. (U.S.A.); 287-351.
- DAVIES, B. E.; JONES, K. C. Y PETERSON, P. J. (1983): *Metalliferous mine spoil in Wales: A toxic and hazardous waste* en *Int. Conf. Heavy Metal in the Environment*. Heidelberg, 2; 984-987.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas (1986) L 181/10, n° 7.

F.A.O. (1977): *Guía para la descripción de perfiles de suelos*, 2 ed. Servicio de Fomento y Conservación de recursos de suelos. Dirección de Fomento de tierras y aguas. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. Roma.

F.A.O. (1990): *Soil map of the world. Revised legend*, World Soil Resource Report, 60, Roma.

FERGUSON, J. E.: *Inorganic Chemistry and the Earth*, Pergamon Press, Oxford U.K. 6.

JONES, K. C.; PETERSON, P. J. Y DAVIES B. E. (1983): *Silver and other heavy metals in Welsh Soils contaminated by metalliferous mine spoil waste*, en *Int. Conf. Heavy Metal in the Environment*. Heidelberg, 2; 980-983.

KONONOVA, M. M. (1966): *Soil organic matter*. 2nd ed Pergamon press; 544.

MACIAS, F.; BARRAL, M. T.; MONTERROSO, C.; Y CALVO, R. M. (1991): *Metales pesados en las escombreras de mina Puentes (La Coruña): Influencia de las condiciones Eh-pH*, Suelo y Planta, 1, (4); 139-150.

Mapa topográfico de la comunidad de Madrid, E5, hoja 484 (5-5; 4-5; 5-4; 4-4) Escala 1:5000.

MCBRIDE, M. B. (1989): *Reaction controlling heavy metals in soils*, Advances in Soil Sci. Springer-Verlag. New York. (USA), 10.

MCLAREN, R. G.; CROWFORD, D. V. (1974): "Studies on soil copper" *J. Soil Sci.*, 25; 111-119.

MERRINGTON, G. y ALLOWAY, B.J. (1993): *Environmental significance of heterogeneous metal distribution in historical Pb-Zn mine tailings heaps*, Trans. Instn. Min. Metall. (sect. A Min. Industry) 102, Mayo - Agosto; 71-74.

PADMANABHAN, M. (1983): *Comparative study of the adsorption desorption behavior of Cu (II), Zn (II), Co (II) and Pd (II) at the goethite - solution interface* Austr. Journal. Soil Res. 21; 515-525.

PERIN, G; LUACHESE, M; CERILLO, R.; DOTTA, L.; ZANETTE, MC.; ORIO, A. A. (1985): *Heavy metals speciation in the sediments of northern Adriatic Sea. A new approach for environmental toxicity determination*, Int. Conf. Heavy Metal in the Environment. Atenas, 2; 454-456.

RAPIN, F. y FÖRSTNER, U. (1983): *Sequential leaching techniques for particulate metal speciation: the selectivity of various extractants* en *Int. Conf. Heavy Metal in the Environment*. Heidelberg, 2; 1074-1077.

SCHWERTMANN, W. (1964): *The differentiation of iron oxide in soils by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate*. Z. Pflanzenernähr. Dung Bodenkunde, 105; 194- 201.

SOBRADOS, L.; GUTIERREZ MAROTO, A.; JIMENEZ BALLESTA, R.; MORCILLO LOPEZ, E.; y ALVAREZ MARTIN,

J. B. (1989): *Dispersión de elementos pesados y su influencia en el medio natural*. Boletín Geológico y Minero, 100, (5); 170-180.

SOIL CONSERVATION SERVICE (1972). *Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples*, U.S. Department of Agriculture.

SPOSITO G. (1989): *The chemistry of soils*. Oxford University Press.

STEVENSON, F. J.; ARDAKANI, M. J. (1971): *Reacciones de la materia orgánica que involucran a los micronutrientes en suelos*, en *Micronutrientes en Agricultura*, cap. 5. Soil Sci. Soc. Am. Madison W. I.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C. Y BISSON, M. (1979): *Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals*, Anal. Chem., 57, (7); 844-851.

Original recibido: Julio 1996.  
Original aceptado: Noviembre 1996.

## CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN LA VEGETACION AUTOCTONA DESARROLLADA SOBRE LOS SUELOS DEL ENTORNO DE UNA MINA ABANDONADA (SISTEMA IBERICO, BUBIERCA-ZARAGOZA).

Por A. GUTIERREZ MAROTO (\*), J. NAVARRETE (\*\*) y R. JIMENEZ BALLESTA (\*)

### RESUMEN

Se evalúan los contenidos en elementos pesados de diferentes especies de plantas situadas en la zona de dispersión secundaria de una antigua mina de sulfuros, La Pedraza, en Bubierca Zaragoza.

Se han analizado ocho especies de plantas autóctonas, en cuatro zonas, en función de la distancia al foco efluente de las escombreras. *Scirpus holoschoenus* (junco), *Cirsium* (cardillo), *Mentha* y *Thymus vulgaris* (tomillo) son sensibles a diferentes metales acumulándolos independientemente de la distancia, frente a otras como *Retama sphaerocarpa* (retama) y *Rubus ulmifolius* (zarza), que son insensibles a la dispersión no reteniendo metales pesados ni en la zona de salida de mina. Los valores acumulados en las plantas varían: para el Cu desde 13 a 126 ppm, para el Pb de 10 a 54; para el Zn de 10 a 553; para el Ba de 4 a 288..., valores que no evidencian una alta toxicidad.

*Palabras clave:* Contaminación, Suelos de mina, Vegetación, Metales pesados.

### ABSTRACT

The contents in heavy metals of different plants species located in the zone of secondary dispersion from a former sulphides mine-La Pedraza (Bubierca, Zaragoza), are evaluated.

Eight species of autochthonous plants were analyzed in four zones as a function of the distance to the effluent source from the dumps. *Scirpus holoschoenus* (rushes), *Cirsium* (thistle), *Mentha* and *Thymus vulgaris* (Thyme) are sensitive to different metals and accumulate them regardless of distance as compared with others such as *Retama sphaerocarpa* (Spanish broom) and *Rubus ulmifolius* (Blackberry), which are sensitive to dispersion and do not retain heavy metals, even in the mine exit zone. The cumulative values in the plants vary as follows: for Cu, from 13 to 126 ppm; for Pb, from 10 to 54 ppm; for Zn, from 10 to 553 ppm; for Ba, from 4 to 288 ppm. These values do not point to a high degree of toxicity.

*Key Words:* Pollution, Mine soils, Vegetation, Heavy metals.

### I. INTRODUCCION

La dispersión de elementos pesados, su acumulación en suelos, su contenido en aguas superficiales y subterráneas, su biodisponibilidad para

ser absorbidos por las plantas y finalmente su incorporación en el ciclo trófico es un eslabón importantísimo a tener en cuenta en los estudios de impacto ambiental, tanto desde la evaluación como de la posible corrección (Brams y Antony 1983, Khan y Frankland 1983 etc).

(\*) Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

(\*\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca

ción de superficies cubiertas por escombreras, que ejercen impactos negativos en el medio ambiente provocando posibles contaminaciones de los suelos, plantas y las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Jiménez (1984), destaca que las escombreras de explotaciones a cielo abierto además del impacto en el paisaje, producen una concentración anormal de elementos respecto al fondo geoquímico que, potencialmente, pueden afectar a las plantas de la zona.

Por otro lado, Delbert et al. (1983), tratando sobre las actividades mineras de plomo en Missouri, en relación con la dispersión de metales pesados en el ambiente, demuestran que la vegetación, suelo, especies acuáticas, ganadería, etc. estaban afectados por éstos en un diámetro de 19 km.

En general, en una escombrera existe un conjunto de factores que le dan un carácter variable: texturas heterogéneas, (con materiales gruesos y/o finos); mayor o menor concentración mineral; permeabilidad variable del agua, etc.

El contenido mineralógico está formado por los minerales explotados y por otros inherentes a éstos como ganga o como constituyentes de las rocas de encaje de la mineralización.

El Sistema ibérico se encuentra salpicado de una apreciable actividad minera que data desde principios del siglo pasado hasta mediados de éste, de tal modo que aún quedan explotaciones con pozos abiertos, escombreras diseminadas, en ocasiones lavadas, y en todos los casos abandonadas con presencia de sulfuros (calcopirita, galena, blenda), de sulfosales de Pb y Sb. La alteración y oxidación que han sufrido a lo largo del tiempo han dado lugar a una movilización de las especies químicas con impacto en suelos y plantas dependiendo su mayor o menor grado de las características edáficas de los mismos.

Tal es el caso de la Mina La Pedraza, situada en Buberca (Zaragoza) (fig.1). Esta mina está paralizada desde los años 40 estando abandonados los restos de las explotaciones y sus escombreras, que incluyen tanto estériles como residuos de concentrado mineral.

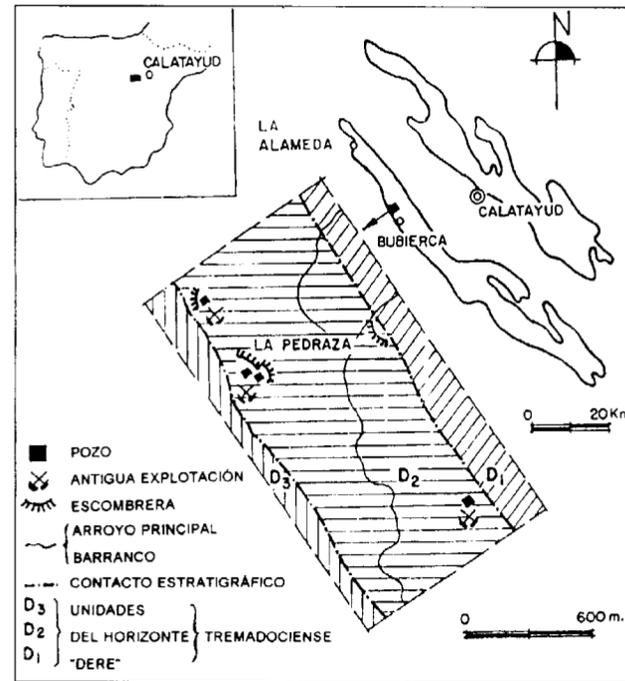


Fig. 1 Situación geográfica y geológica de la zona de estudio

Monterroso et al. (1993), afirman que las operaciones mineras en general (como la comentada) provocan una ruptura de los ciclos nutritivos naturales. Leita et al. (1989) consideran que esta ruptura puede poner a disposición de los vegetales, mayores cantidades de elementos traza que en los suelos naturales. Según Johnston y Proctor (1977) los suelos y plantas de los entornos de áreas de mina muestran altos contenidos en metales pesados.

Para diagnosticar si la planta contiene elementos contaminantes por encima del valor admitido no basta con analizar los contenidos presentes en los suelos, sino que hay que identificar también los contenidos en dichas especies. Por ello en el presente trabajo se aborda la cuantificación de los niveles de elementos traza presentes en diversas especies vegetales, en el entorno de la Mina, una vez que se ha detectado el proceso de dispersión de estos elementos y su acumulación en los suelos del entorno, donde se desarrollan las plantas. (Gutiérrez et al. 1996).

## II. MATERIAL Y METODOS

Previamente a la toma de muestras de plantas se

han identificado los contenidos en diversos elementos traza presentes en los suelos del entorno de la mina.

Las muestras de estos suelos se recogieron de modo sistemático, llevándose a cabo por una parte a lo largo de la red de drenaje y por otra a lo largo de horizontes superficiales de los suelos. Las muestras se tomaron a una profundidad media de 25 cm.

El estudio de estos suelos, con pH neutro a básico y con escasa materia orgánica no ha dado nada más que una contaminación potencial en los elementos de la paragénesis de la mina (Cu, Pb y Zn). Sin embargo si se aprecia claramente el impacto de la mina elevando el fondo geoquímico de estos suelos respecto al regional. (Gutiérrez et al. 1996).

La mayoría de dichos suelos son Leptosoles, con escasa profundidad, acompañados cartográficamente de Regosoles y Cambisoles.

Partiendo del entorno de la mina y escombreras se han tomado hasta ocho especies de plantas autóctonas en cuatro zonas, teniendo en cuenta la distancia o alejamiento del foco efluente (fig. 2).

Las muestras, una vez secadas a 105 °C y trituradas se sometieron a una digestión ácida, en caliente y con agitación en vasos de teflón, analizándose a continuación por *Plasma: ICP multicanal*, determinándose 22 elementos traza y los mayoritarios. De éstos algunos están por debajo del límite de detección

Así pues, de los elementos químicos analizados, por su posible impacto y significado, se han tomado, en el presente trabajo, Ag, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn.

## III. RESULTADOS Y DISCUSION: IMPACTO EN LAS PLANTAS

Como consecuencia de los análisis previos efectuados en las muestras de suelos, (Gutiérrez et al.

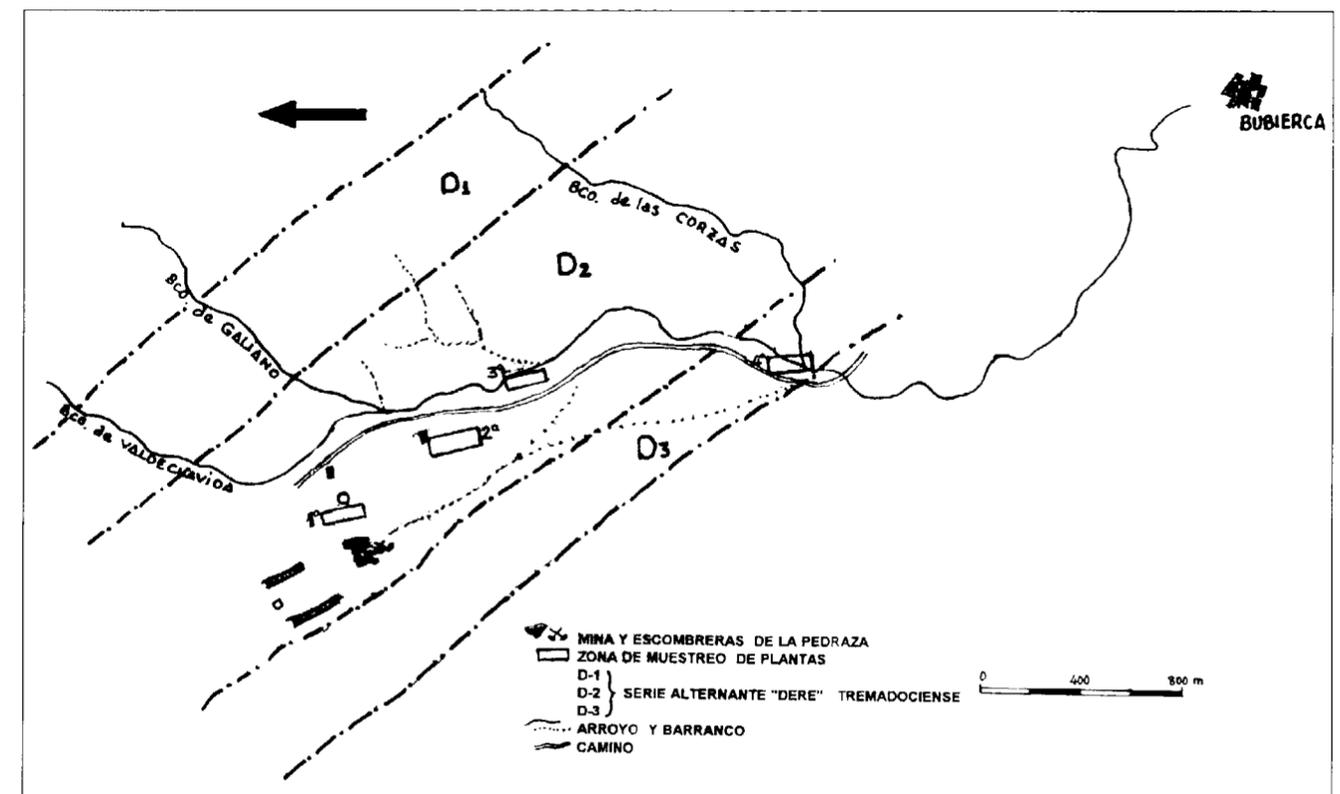


Fig. 2 Situación del muestreo de plantas en la mina "La Pedraza".

1996), se deduce que tras la dispersión de los elementos se ha producido un impacto en los suelos del entorno, y que los aluviones son la vía más sensible para la dispersión. De tal modo que existe una acumulación anormal o dispersión secundaria superior al fondo geoquímico característico de la zona para algunos elementos pesados. El aporte se ha producido tanto por vía mecánica (arrastre, suspensión...), como química, procedente de lixiviación de las mineralizaciones y escombreras, oxidación de los sulfuros y movilización de las especies químicas.

En las tablas I y II aparecen los contenidos encontrados en las diferentes especies de plantas analizadas (por especie vegetal y por zonas).

Como puede apreciarse los mayores contenidos: para el *Cu* están en *Scirpus holoschoenus* (junco), *Cirsium* (cardillo), *Helycrissum stoechus*, *Mhenta* y *Thymus vulgaris* (tomillo).

El *Ba* es retenido por *Scirpus Holoschoenus*,

*Mhenta* y *Thymus vulgaris* independientemente de la distancia a la mineralización mientras que en el *Cirsium* si incide ésta. El resto de las especies no son sensibles.

El *Pb* experimenta muy poca movilización a partir del mineral galena y sólo presentan valores relativamente altos en la zona 1: *Scirpus holoschoenus*, *Cirsium* y *Mhenta* (54, 35 y 32 ppm respectivamente) y en la zona 2 sólo la *Mhenta* con 37 ppm.

Para el *Zn*, en la zona 1 (salida de mina y de escombreras) son sensibles todas las especies: *Retama sphaerocarpa* 120 ppm., *Scirpus holoschoenus* 553 ppm., *Cirsium* 263 ppm., *Genista scorpius* 73 ppm., *Rubus ulmifolius* 108 ppm., *Mhenta* 222 ppm. y *Thymus vulgaris* 312 ppm. A medida que nos alejamos del foco efluente sólo son sensibles al *Zn* el *Cirsium* y el *Thymus vulgaris*, bajando rápidamente el contenido en el resto.

TABLA I. La Pedraza. Análisis de plantas (por ICP; valores en ppm)

#### A. ZONA 1

PLANTAS	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RETAMA SPHAEROCARPA	3,9	9	1	2	11	27	10	10	120
SCIRPUS HOLOSCHOENUS	0,5	213	2	17	37	126	22	54	553
CIRSIIUM	0,5	109	1	7	20	84	17	35	263
GENISTA SCORPIUS	0,5	32	1	2	11	34	10	13	73
RUBUS ULMIFOLIUS	0,5	23	1	2	7	25	10	17	108
HELYCRISSUM STOECHUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MENTHA	0,5	264	1	7	21	76	13	32	222
THYMUS VULGARIS	0,5	244	1	2	7	51	10	14	312

#### B. ZONA 2

PLANTAS	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RETAMA SPHAEROCARPA	0,5	4	1	2	5	21	10	10	49
SCIRPUS HOLOSCHOENUS	0,5	111	1	5	29	27	10	18	65
CIRSIIUM	0,5	110	1	6	24	80	10	10	145
GENISTA SCORPIUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUBUS ULMIFOLIUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HELYCRISSUM STOECHUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MENTHA	0,5	288	1	8	33	58	19	37	82
THYMUS VULGARIS	0,5	213	1	4	12	56	10	10	124

#### C. ZONA 3

PLANTAS	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RETAMA SPHAEROCARPA	0,5	8	1	2	6	13	10	10	27
SCIRPUS HOLOSCHOENUS	0,5	104	1	4	17	30	11	10	97
CIRSIIUM	0,5	83	1	4	20	52	12	21	59
GENISTA SCORPIUS	0,5	47	1	2	8	37	10	10	10
RUBUS ULMIFOLIUS	0,5	23	1	2	6	56	10	10	44
HELYCRISSUM STOECHUS	3,5	36	1	2	8	53	10	11	52
MENTHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
THYMUS VULGARIS	3,5	227	1	4	19	65	10	10	94

#### D. ZONA 4

PLANTAS	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RETAMA SPHAEROCARPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCIRPUS HOLOSCHOENUS	0,5	158	1	2	83	66	10	10	10
CIRSIIUM	0,5	62	2	6	44	58	23	10	115
GENISTA SCORPIUS	3,3	30	1	2	7	26	10	10	32
RUBUS ULMIFOLIUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HELYCRISSUM STOECHUS	0,5	26	1	2	6	73	10	10	110
MENTHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
THYMUS VULGARIS	0,5	193	-	3	11	56	10	10	90

TABLA II. Plantas en La Pedraza (por zonas)

ESPECIE	ZONA	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RETAMA SPHAEROCARPA	1	3,9	9	1	2	11	27	10	10	120
	2	0,5	4	1	2	5	21	10	10	49
	3	0,5	8	1	2	6	13	10	10	27
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCIRPUS HOLOSCHOENUS	1	0,5	213	2	17	37	126	22	54	553
	2	0,5	111	1	5	29	27	10	18	65
	3	0,5	104	1	4	17	30	11	10	97
	4	0,5	158	1	2	83	66	10	10	10
CIRSIIUM	1	0,5	109	1	7	20	84	17	35	263
	2	0,5	110	1	6	24	80	10	10	145
	3	0,5	83	1	4	20	52	12	21	59
	4	0,5	62	2	6	44	58	23	10	115
GENISTA SCORPIUS	1	0,5	32	1	2	11	34	10	13	73
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,5	47	1	2	8	37	10	10	10
	4	3,3	30	1	2	7	26	10	10	32
RUBUS ULMIFOLIUS	1	0,5	23	1	2	7	25	10	17	108
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,5	23	1	2	6	56	10	10	44
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HELYCRISSUM STOECHUS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	3,5	36	1	2	8	53	10	11	52
	4	0,5	25	1	2	6	73	10	10	110
MENTHA	1	0,5	264	1	7	21	76	13	32	222
	2	0,5	288	1	8	33	58	19	37	82
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
THYMUS VULGARIS	1	0,5	244	1	2	7	51	10	14	312
	2	0,5	213	1	3	12	56	10	10	124
	3	3,1	227	1	4	19	65	10	10	94
	4	0,5	193	1	3	11	56	10	10	90

Sobre el contenido de estos elementos en las plantas, así como el rango máximo permitido o umbral para poder definir una contaminación en las mismas, no hay acuerdos ni comprobaciones de sus efectos. En geoquímica se habla de plantas acumuladoras y de elementos lastre, es decir plantas que concentran determinados elementos en cantidades muy superiores a lo que necesitan y al mismo fondo geoquímico de los suelos de su entorno, siendo la planta insensible a esta acumulación. No obstante esta planta ingerida por animales, es decir incorporada al ciclo trófico, puede ser perjudicial por el contenido en estos elementos pesados.

Son muchos los trabajos sobre el contenido de metales pesados en especies vegetales de consumo humano: cereales, hortalizas, etc. pero no se ha llegado a una normativa para determinar ese umbral que marque la toxicidad.

Reilly (1980), para el plomo, da unos contenidos medios en cereales de 0,17 ppm; Cala (1983) obtiene unos valores medios en cereales y horta-

lizas que van desde 1 a 10 ppm en cuenca de regadío con posible contaminación de los suelos. La Commonwealth recomienda como niveles máximos permitidos de plomo en vegetales: U.K. 2 ppm, Sudafrica 5 ppm, Canadá 2 ppm, Australia 2 ppm y Nueva Celandia 2,5 ppm.

Para el Cadmio: Reilly da como contenido medio en plantas de cultivo 0,47 ppm y en cereales de 0,01 a 0,1 Harris, M (1981) en E.U. señala entre 0,06 a 0,62 ppm para la patata y Cala (1985) encuentra, en la zona con posible contaminación, de 0,08 hasta 4,46 ppm (este último valor en la patata).

Respecto al cobre Bowen (1979) señala que el rango usual en las plantas oscila entre 5 y 15 ppm. Knezek y Ellis (1980) dan un rango usual en plantas de cultivo de 5 a 20 ppm y Cala en el trabajo citado encuentra valores entre 2,6 y 15,4 con excepciones claras de contaminación por encima de estos valores.

En lo referente al Cinc no existe unanimidad en las recomendaciones de contenidos permisibles en cultivos. Así mientras que en algunos países se recomienda no sobrepasar los 30 ppm, otros elevan esa cifra a 50. Entre los autores que venimos citando Cala V. da promedios encontrados entre 12,8 a 70 ppm.

Finalmente respecto al Níquel los promedios en plantas suelen ser inferiores a 5 ppm. sin que exista legislación que regule el contenido si bien se da como claramente tóxico, en la bibliografía, para el hombre cuando alcanza los 50 ppm.

Suelos agrícolas con 100 ppm de Cu son considerados aceptables por Hoffmann (1980), de donde podemos deducir que el contenido en plantas para no toxicidad debe considerarse por debajo de este valor.

Los requerimientos de Zn por las plantas se consideran bajos. De hecho la toxicidad del Zn en las plantas es baja, observándose sólo en suelos con altos contenidos en él. Los contenidos en Zn por las plantas están influenciados por la edad y estado de la vegetación. Cuanto más joven es la planta mayor concentración de Zn, siendo la concentración normal entre 15 y 100 ppm. Valores mayores de 400 ppm se consideran tóxicos

Jones (1972). Consecuentemente todas las plantas analizadas, excepto *genista scorpius*, tienen, en la zona 1 de impacto directo, contenidos superiores a 100 ppm.

El Pb, con un fondo geoquímico medio de 16 ppm en la corteza (rango 10-20 ppm), (Nriagu 1978), en suelos está entre 5 y 40 ppm, aunque muchos presentan contenidos inferiores a 20 ppm, y reflejan, generalmente, la composición de la roca madre. En suelos con concentraciones normales las plantas sólo toman cantidades traza. Aquí se ha visto que sólo *Scirpus holoschoenus* y *Mhenta* son sensibles al impacto en la zona 1 junto a escombreras y únicamente la *Mhenta* también en la zona 2.

## CONCLUSIONES

De las especies autóctonas estudiadas se aprecia que algunas acumulan, independientemente de la distancia, elementos pesados en cantidades superiores a las habituales para estas especies, como *Scirpus holoschoenus*, *cirsium*, *mhenta* y *thymus vulgaris* y son insensibles al impacto *retama sphaerocarpa*, *genista scorpius* y *helicrissum stoechus*.

Los valores obtenidos en las plantas no han evidenciado síntoma de toxicidad aparente debido, posiblemente, a las características edáficas de los suelos que con un pH neutro o ligeramente básico y con un bajo contenido en materia orgánica son menos propensos a facilitar la movilización de las especies químicas de los elementos pesados en contraposición a lo que sucedería, en iguales circunstancias y procesos, en suelos ácidos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es consecuencia del proyecto financiado por la CICYT con Ref. AMB94-1013-CO2-02-01, a la que sinceramente expresamos nuestro agradecimiento.

## REFERENCIAS

BRAMS E. y ANTHONY W. (1983). *Sci. Total Environment* 28, 225.

CALA, V. (1985) Estudio de la contaminación por metales pesados en suelos y plantas de la vega de Aranjuez. Posible impacto por las aguas de riego. (Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid).

DELBERT. D.H., BOBBY G. WIXSON. N.L. GALE y T.E. CLEVINGER. "Dispersal of heavy metals into the Environment as a result of mining activities" en *Heavy Metal in the Environment*. Heidelberg. 1983.

ELLIS, N. KNEZECK, N.E (1983). Reacciones de adsorción de los micronutrientes en suelos. *Micronutrientes en Agricultura* Cap. 4 *Soil Sci. Soc. of America*.

GUTIERREZ MAROTO A., NAVARRETE J., GARCIA GIMENEZ R. y JIMENEZ BALLESTA R. (1996). Contaminación potencial de suelos por la dispersión secundaria de las escombreras de una antigua mina en el zócalo de la rama occidental de la Ibérica. (Bubierca Zaragoza). *Studia Geol. Salmanticensis*, 32, 49-62.

HARRIS, M. (1981). *International Conference "Heavy metals in the environment"*. Amsterdam.

JIMENEZ, S. (1984). "Contaminación por actividades mineras." Curso de ordenación del Territorio. Lérida 1984.

JOHNSTON W. y PROCTOR M. (1977). *Plant and Soil* 46, 251

JONES J. (1972). In: Mortredt J., Giordano P., Lindsay W. Eds. *Proceedings Symposium Micronutrients in Agriculture*. 319-346. *Soil Sc. Soc. of Am. Madison*.

HOFFMANN G. (1980). In *Proceedings Mull-und Mullklarschammjcomposite in der Landwirtschaft*. Ruschlikon/Zurich. Gottlie-Duttweiler-Institut.

KHAN D. y FRANKLAND B. (1983). *Plant and Soil* 46, 251

LEITA L., DE NOBILI M., PARDINI. G., y SEQUI P. (1989). Anomalous contents of heavy metals in soils and vegetation of a mine area in SW sardinia, Italy. *Water, Air & Soil Poll.* 46:423

MONTERROSO C., ALVAREZ E. y MACIAS F. (1993). Macronutrientes y elementos traza en suelos de mina y especies vegetales desarrolladas sobre ellos. *Problemática Geoambiental y Desarrollo*. t. I, 297-306.

NRIEGU J. (1978). Lead in Soils, Sediments and Major Rocks Types. In Nriagu J. eds. *The Biogeochemistry of Lead in the Environment*. Part A. pp 1572. Elsevier.

REILLY, C. (1980). "Metal contamination of food" *Applied Science Publishers*.

Original recibido: Julio 1996.  
Original aceptado: Noviembre 1996.

## ROCAS INDUSTRIALES Y ORNAMENTALES

# LA PIEDRA DE CANTERÍA EN ESPAÑA. II COMUNIDADES DE GALICIA, ASTURIAS, CANTABRIA, PAIS VASCO Y NAVARRA.

Por M. REGUEIRO Y GONZALEZ-BARROS(\*)  
y J. M. QUEREDA RODRIGUEZ-NAVARRO (\*\*)

## R E S U M E N

Las explotaciones de piedra de cantería gallegas presentan una considerable variedad tanto en cuanto a las litologías como a los niveles geológicos explotados. Galicia es la tercera autonomía productora de piedra de cantería de España, destacan por su importancia las producciones procedentes de las canteras de granito y pizarra cuyo principal producto es la elaboración de bloque o teja. Calizas y areniscas son las principales litologías explotadas en Asturias, mientras que en Cantabria tan sólo se explotan para este uso areniscas. El empleo de los estériles de las explotaciones de rocas ornamentales es la característica fundamental de la industria de la piedra de cantería en la comunidad del País Vasco al tiempo que en la de Navarra además de dicho subproducto se explotan areniscas. La producción conjunta de estas regiones alcanza las 230.000 t anuales, cuyo valor a pie de cantera es de 5.290 MPTA.

*Palabras clave:* Piedra de cantería, Rocas ornamentales, Canteras, Producción, Geología, Litología, Rocas industriales.

## A B S T R A C T

Galician hewn stone quarries display a great variety, both in terms of lithologies and geological levels exploited. Galicia is the third Spanish autonomy in masonry stone production, being noteworthy the production from granite and slate quarries whose main products are natural stone blocks or roofing slate. Limestone and sandstone are the main lithologies exploited in Asturias as hewn stone, whereas in Cantabria only sandstones are used for this purpose. The distinct character of the masonry stone quarrying in the Vasque Country is that it is a byproduct of the dimensional stone quarries, while in Navarra aside from using byproducts, there are also sandstone quarries. The total production of these regions reaches 230.000 tpa, worth ex-works around 5.290 MPTA.

*Key words:* Masonry, Hewn stone, Dimensional stone, Quarries, Production, Geology, Lithology, Industrial rocks.

## 1. INTRODUCCION

Tal y como se indicó en el primer capítulo de esta serie, aparecido en el Boletín Geológico y Minero Vol 105-4. Año 1994 (376-388), se pretende resumir en estas páginas los trabajos del proyecto realizado por el ITGE con la colaboración de la ahora extinta E.N. ADARO SA, bajo el título de *Potencial Minero de los Recursos de Piedras*

(\*) Instituto Tecnológico Geominero de España. Dirección de Recursos Minerales. Servicio de Rocas y Minerales Industriales. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

(\*\*) Oficina Técnica de Estudios y Canteras (O.T.E.C., S.L.). Avda. Almería, 3. 04867 Macael. Almería.

Naturales para la Construcción durante los años 1991-1994.

En este capítulo se describen los yacimientos y explotaciones de piedra de cantería de las Comunidades Autónomas del norte de España, es decir: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra.

## 2.- COMUNIDAD AUTONOMA DE GALICIA

### 2.1.- Explotaciones activas.

En 1994 existían, dentro de la Comunidad

Autónoma de Galicia, veintiuna explotaciones en las que el destino principal o único de su producción era su utilización como piedra de construcción (Tabla nº 1). Además en aquellas áreas de grandes concentraciones de explotaciones de rocas ornamentales como son: Porriño, El Grove, etc., en Pontevedra; Carballeda de Avia-Leiro y Valdeorras, en Orense y Friol-Guitiriz, Audión y Quiroga, en Lugo, parte de su producción se destina a uso como piedra natural y no como bloque, en el caso de los granitos, o como teja en el de la pizarra.

Los materiales explotados son muy variados, ya que se benefician: cuarcitas, gneises, granitos y pizarras, siendo asimismo el tamaño de las explotaciones muy variable aunque, en general, presentan frentes con dimensiones pequeñas-medias.

La tabla incluida a continuación resume los datos más relevantes de las explotaciones de piedra de cantería de Galicia.

No se han incluido en este listado aquellas explo-

taciones de granitos y pizarras, en las que el destino principal es, bien la obtención de bloques, en el caso de los granitos, o tejas, en el de las pizarras. Entre ellas se pueden destacar las situadas en las zonas de Porriño, Salvatierra, el Grove-Gondomar (Pontevedra), Friol-Guitiriz, Lugo (Lugo), Carballeda de Avia (Orense) para granitos, y Quiroga (Lugo) Ortigueira (Coruña) y Valdeorras (Orense) para pizarras.

Por lo que, incluyendo estas explotaciones, las producciones de granitos para su empleo en trabajos de cantería ronda los 30.000 m³/año, y la de pizarras para losas, revestimientos y otras, las 45.000 t/año.

Asimismo tampoco se han incluido en este listado aquellos explotadores que se podrían llamar "nómadas" por su continuo traslado de un punto a otro, lo que no permite su correcta ubicación.

La producción total de piedra de cantería de la Comunidad Autónoma de Galicia se estima que alcanza las 168.890 t/año, cuyo valor a pie de cantera puede llegar a los 3.800 MPTA.

Tabla 1. Explotaciones de piedra de cantería de Galicia

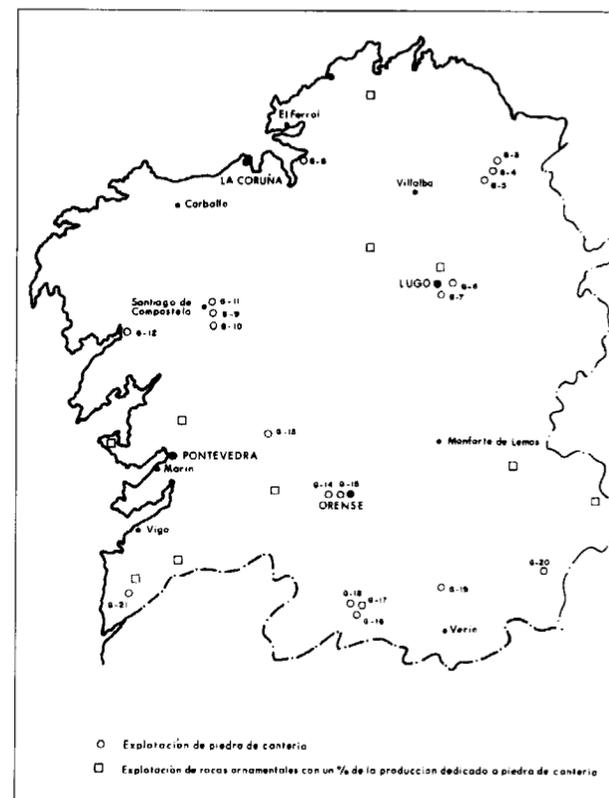
N.º	MATERIAL	NIVEL GEOLOGICO	LOCALIDAD (MUNICIPIO)	EXPLOTADOR	N.º Oper.º	PRODUCCION ANUAL (Aprox.)	OBSERVAC.
G-20	Cuarcita	Precambr.	V. del Bollo	IMASA	3	6.500 t/a	Intermiten.
G-2	Cuarcita	Cambr-Ord.	Ribadeo	P. Vega, S.A.	2	300 t/a	Intermiten.
G-1	Cuarcita	Cambr-Ord.	Ribadeo	E. Vega Rdg.	3	1.000 t/a	Intermiten.
G-12	Gneis	Prec-Camb.	Noya	D. Batalla	2	3.000 t/a	Intermiten.
G-10	Gneis	Prec-Silu.	S. Compostel	M. Castelao	3	7.000 t/a	
G-11	Gneis	Prec-Silu	S. Compostel	M. García	3	7.200 t/a	
G-21	Gneis	Prec-Silu	El Rosal	T. Treinta	1	630 t/a	
G-14	Granito	Tardiherc.	Toen	J. Rodríguez	4	400 m³/a	
G-15	Granito	Tardiherc.	Toen	H. Cortiñas	6	5.000 m³/a	
G-17	Granito	Tardiherc.	Blancos	Cab. y Trigo	4	1.000 m³/a	Intermiten.
G-18	Granito	Tardiherc.	Blancos	Cant. Mart.	6	1.100 m³/a	Intermiten.
G-16	Granito	Tardiherc.	Baltar	F. Bello	5	1.100 m³/a	Intermiten.
G-9	Pizarra	Prec-Camb.	S. Compostel	E. Barros	6	1.500 m³/a	
G-8	Pizarra	Prec-Silu.	Puentedeume	P. Martínez	3	6.000 m³/a	
G-6	Pizarra	Precambr.	Lugo	J. Traseira	4	220 t/a	Intermiten.
G-7	Pizarra	Precambr.	Lugo	A. Vázquez	4	260 t/a	Intermiten.
G-3	Pizarra	Precambr.	Mondoñedo	I. Otero	3	4.000 t/a	
G-4	Pizarra	Precambr.	Mondoñedo	V. Pardeiro	5	8.000 t/a	
G-5	Pizarra	Cambrico	Pastoriza	E. Vega	2	500 t/a	
G-13	Pizarra	Silu-Devo.	Boboras	J. Prado	2	200 t/a	Intermiten.
G-19	Pizarra	Prec-Silu.	Laza	Ind. Losa y Ornamental		5.000 t/a	

1.º tamaño. No incluye el personal de planta.

2.2.- Situación. Accesos

Las explotaciones gallegas se encuentran bastante repartidas por toda su geografía, concentrándose las de pizarras y cuarcitas fundamentalmente, en las provincias de Lugo y Orense, las de granito en Orense y Pontevedra y las de gneises en La Coruña.

Su situación esquemática está reflejada en el Plano nº 1.



Plano 1 - Situación geográfica de las explotaciones de piedras de cantería de Galicia

2.3.- Principales características de las explotaciones activas.

Si se exceptúan la extracción ligada a las grandes canteras o zonas de explotación de roca ornamental, la principal característica a destacar, es la pequeña entidad que, por lo general, tienen estas explotaciones, excepto las de pizarra, localizadas en los términos municipales de Pastoriza y Mondoñedo y las de cuarcita de Viana del Bollo.

En algunas de ellas, la extracción se realiza de forma intermitente, dependiendo de la existencia de pedidos concretos, de las inclemencias del tiempo, o de que no tengan que dedicarse a otras labores (agrícolas, construcción, etc.).

Hay que señalar que, en numerosas ocasiones, y más concretamente en el caso de explotaciones pequeñas, los canteros tienen esta actividad como complementaria a su trabajo principal que es la agricultura.

En general, las explotaciones están poco mecanizadas, realizándose la extracción mediante cuñas, mazas, palancas, etc., auxiliándose en algunas ocasiones con martillos perforadores y explosivos en pequeña cantidad.

En el caso de las explotaciones de pizarra, las dimensiones de los frentes pueden llegar a los 100 m de longitud y 20 m de altura, dividido en ocasiones en dos bancos; el arranque del material se efectúa mediante voladuras, transportándose posteriormente el material hasta las plantas donde se labra para obtener las piezas a tamaño comercial.

En ocasiones, estas labores de corte y lijado se realizan en las proximidades de la plaza de cantera, efectuándose las tareas de apertura manualmente, mediante cuñas, mazos, etc.

En cuanto a las explotaciones de granito generalmente lo que se beneficia son grandes bolos que se cortan o trocean mediante picas y mazos, auxiliándose en ocasiones con explosivos (normalmente pólvora negra o cordón detonante). Una vez obtenidos los bloques de menores dimensiones se labran los mismos mediante martillos, punteros, cuñas, etc., para obtener el producto final que, en ocasiones, ha sido previamente contratado.

En las explotaciones de cuarcita, el material es arrancado aprovechando las superficies de estratificación, mediante cuñas y palancas, utilizándose posteriormente según los tamaños obtenidos en cantera, o dimensionándolas mediante pequeñas sierras de disco ubicadas en plantas de laboreo específicas.

Finalmente hay que señalar que desde el punto

de vista medioambiental, las explotaciones que se han ido describiendo en los párrafos anteriores, no presentan grandes problemas, debido principalmente a las pequeñas dimensiones que tienen sus frentes tanto en altura como en longitud. Su carácter caótico y sus escombros dispersos constituyen las características negativas más destacables.

Por otro lado la ubicación de las mismas, generalmente alejadas de las principales vías de comunicación, y en zonas normalmente con núcleos de población pequeños y muy dispersos, hace que su impacto en cuanto a aquellos factores más molestos como: humos, ruidos, vibraciones, etc., sea en general mínimo. Solamente en aquellas zonas donde existe gran concentración de explotaciones, caso de: Porriño, Carballeda de Avia-Leiro, Valdeorras, Quiroga, etc., si se produce una agresión considerable en el medio que le rodea, bien desde el aspecto visual, como sobre la vegetación, ruido, polvo, etc., o por la gran cantidad de escombros que se generan.

#### 2.4.- Productos fabricados

Todo el material extraído de las explotaciones gallegas se transforma, generalmente mediante sencillas operaciones de "lajado" y corte.

La fase de "lajado" se efectúa manualmente mediante espátulas, cortafríos y mazas, hasta obtener las placas con los grosores comerciales. En cuanto a la operación de corte, la misma se realiza, normalmente, mediante disco diamantado de pequeñas dimensiones o, en contadas ocasiones, con maza y cincel.

En el caso de las placas, losas y chapas, a veces se cortan o recuadran a medidas previamente fijadas o bien se dejan con un contorno totalmente irregular.

Tanto los productos como los precios varían de unas explotaciones a otras.

##### 2.4.1. Gneises

Los gneises son de tonalidades pardas y blancas, presentando una marcada esquistosi-

dad, lo que permite obtener chapas de 2 a 8 cm de espesor, empleándose las más finas para fachadas y las más gruesas para suelos; asimismo, y a partir de lajas de 20-30 cm de espesor, se obtienen piezas de forma paralelepípedica ("cachotes") que se utilizan como sillares para muros. Los precios de venta son muy variables, dependiendo de factores tales, como: volumen del pedido, grado de acabado, espesor, etc., pero pudiendo oscilar en el caso de las losas sobre las 450-600 PTA/m<sup>2</sup>.

Estos materiales son explotados en las canteras localizadas en Santiago de Compostela (G-10 y G-11) y Noya (G-12) en la provincia de La Coruña y en la de El Rosal (G-21) en la de Pontevedra.

##### 2.4.2. Cuarzitas

Los materiales cuarcíticos son beneficiados, como ya se ha indicado, en cuatro explotaciones, localizadas en las provincias de Lugo, término municipal de Ribadeo (G-1 y G-2) y Orense, en el municipio de Viana del Bollo (G-20, 2 exp.).

Se trata de bancos cuarcíticos que lajan con gran facilidad, en planchas de 1,5 a 8 cm y que, en el caso de las explotaciones localizadas en Orense (Viana del Bollo), se comercializan con el nombre de "Altamira brillo", vendiéndose este último material no sólo en el mercado nacional, sino que la mayoría se exporta a Alemania, Francia y Bélgica, empleándose como chapas para revestimientos.

El precio de venta de estas cuarcitas en 1994 oscilaba sobre las 1.200 PTA/m<sup>2</sup> en losas y 1.600 PTA/t en tacos para mampostería.

Las cuarcitas de las explotaciones de Lugo son de tonos gris-oscuros y se emplean para zócalos, suelos de terrazas, revestimientos, muros, etc., normalmente sin acabado final, oscilando sus precios de venta alrededor de las 400-550 PTA/m<sup>2</sup>.

##### 2.4.3. Granitos

Son los productos graníticos los que presentan una mayor variedad tanto en tipos como en precios. Con los diferentes tipos de granitos se pue-

den realizar solados, revestimientos, peldaños, bordillos, sillares y "perpiaños", así como piezas con formas y dimensiones prefijadas.

Los precios de venta son muy variables, oscilando sobre las 1.750-2.000 PTA/m.l. en el caso de los "perpiaños" y 2 500 PTA/m<sup>2</sup> los peldaños y placas.

Como ya se ha indicado, estos productos se obtienen en todas aquellas áreas donde existe actividad extractiva para la obtención de bloques para roca ornamental, pero se pueden indicar como explotaciones en las que el destino principal no son los bloques, las localizadas en Toen (G-14 y G-15), Blancos (G-17 y G-18) y Baltar (G-16), todas ellas en la provincia de Orense.

##### 2.4.4. Pizarras

Finalmente, de los afloramientos pizarrosos se extrae el material, excluyendo la teja, para la obtención de planchas o losas para revestimientos o solados y pequeños bloques para la construcción de muros.

Los precios de venta son muy variables, oscilando desde las 550 a las 1.850 PTA/m<sup>2</sup> de losas para suelos y revestimientos.

El material con destino a estas aplicaciones se extrae de las explotaciones de Mondoñedo (G-3 y G-4), Pastoriza (G-5) y Lugo (G-6 y G-7), en la provincia de Lugo, Boboras (G-13) y Laza (G-19), en la de Orense y Santiago de Compostela (G-9) y Puentevedra (G-8) en la de La Coruña.

#### 2.5.- Niveles geológicos explotados

Dentro de la Comunidad Autónoma Gallega se benefician en la actualidad, los siguientes niveles geológicos:

- \* Cuarzitas Cámbrico-Ordovícico (Serie de Los Cabos)  
Precámbrico (Serie de Viana)
- \* Gneises Complejo de Ordenes  
Complejo El Rosal-La Lanzada-Xuno
- \* Granitos Granodioritas tardías

- \* Pizarras Ordovícico (Pizarras de Luarca y Fm. Agüeira)  
Cámbrico (Pizarras de Cándana)  
Precámbrico (Serie de Villalba)

#### 2.6. Explotaciones de cuarcitas

En la cantera G-20 situada al E de Viana del Bollo, se explota un nivel de cuarcitas feldespáticas y micáceas de coloración marrón amarillento, sobre las que se aprecian mineralizaciones de manganeso en forma de dendritas, que le dan un aspecto vistoso. Comercialmente se conocen como "Altamira Brillo", utilizándose en planchas para revestimientos.

Se presentan estratificadas en capas de 3 a 10 cm de espesor, lo que es aprovechado para su explotación y posterior "lajado". La Fotografía nº1 refleja el aspecto típico que presentan estos materiales.



Fotografía 1. - Afloramiento de cuarcitas en la zona de Viana del Bollo (Cantera G-20)

En cuanto a la fracturación es bastante intensa, lo que no permite obtener grandes planchas.

Los estudios petrográficos realizados, clasifican a esta roca como micaesquisto filitoso, que presenta un bandeo composicional debido a la alternancia de niveles cuarzosos y micáceos.

Las cuarcitas de la Serie Los Cabos presentan un aspecto pizarroso, una coloración grisáceo

den realizar solados, revestimientos, peldaños, bordillos, sillares y "perpiaños", así como piezas con formas y dimensiones prefijadas.

Los precios de venta son muy variables, oscilando sobre las 1.750-2.000 PTA/m.l. en el caso de los "perpiaños" y 2 500 PTA/m<sup>2</sup> los peldaños y placas.

Como ya se ha indicado, estos productos se obtienen en todas aquellas áreas donde existe actividad extractiva para la obtención de bloques para roca ornamental, pero se pueden indicar como explotaciones en las que el destino principal no son los bloques, las localizadas en Toen (G-14 y G-15), Blancos (G-17 y G-18) y Baltar (G-16), todas ellas en la provincia de Orense.

#### 2.4.4. Pizarras

Finalmente, de los afloramientos pizarrosos se extrae el material, excluyendo la teja, para la obtención de planchas o losas para revestimientos o solados y pequeños bloques para la construcción de muros.

Los precios de venta son muy variables, oscilando desde las 550 a las 1.850 PTA/m<sup>2</sup> de losas para suelos y revestimientos.

El material con destino a estas aplicaciones se extrae de las explotaciones de Mondoñedo (G-3 y G-4), Pastoriza (G-5) y Lugo (G-6 y G-7), en la provincia de Lugo, Boboras (G-13) y Laza (G-19), en la de Orense y Santiago de Compostela (G-9) y Puentedeume (G-8) en la de La Coruña.

### 2.5.- Niveles geológicos explotados

Dentro de la Comunidad Autónoma Gallega se benefician en la actualidad, los siguientes niveles geológicos:

- \* Cuarcitas Cámbrico-Ordovícico (Serie de Los Cabos)  
Precámbrico (Serie de Viana)
- \* Gneises Complejo de Ordenes  
Complejo El Rosal-La Lanzada-Xuno
- \* Granitos Granodioritas tardías

- \* Pizarras Ordovícico (Pizarras de Luarca y Fm. Agüeira)  
Cámbrico (Pizarras de Cándana)  
Precámbrico (Serie de Villalba)

### 2.6. Explotaciones de cuarcitas

En la cantera G-20 situada al E de Viana del Bollo, se explota un nivel de cuarcitas feldespáticas y micáceas de coloración marrón amarillento, sobre las que se aprecian mineralizaciones de manganeso en forma de dendritas, que le dan un aspecto vistoso. Comercialmente se conocen como "*Altamira Brillo*", utilizándose en planchas para revestimientos.

Se presentan estratificadas en capas de 3 a 10 cm de espesor, lo que es aprovechado para su explotación y posterior "lajado". La Fotografía nº1 refleja el aspecto típico que presentan estos materiales.



Fotografía 1. - Afloramiento de cuarcitas en la zona de Viana del Bollo (Cantera G-20)

En cuanto a la fracturación es bastante intensa, lo que no permite obtener grandes planchas.

Los estudios petrográficos realizados, clasifican a esta roca como micaesquisto filitoso, que presenta un bandeo composicional debido a la alternancia de niveles cuarzosos y micáceos.

Las cuarcitas de la Serie Los Cabos presentan un aspecto pizarroso, una coloración grisáceo-

oscura y suelen estar estratificadas en paquetes de poca potencia (5 a 10 cm), la fracturación es intensa lo que impide la obtención de grandes losas.

### 2.7. Explotaciones de gneises

Los afloramientos gneísicos que son objeto de aprovechamiento en el área de Santiago de Compostela y Noya (canteras nº G-10, G-11 y G-12), pertenecen al denominado Complejo de Ordenes, que está formado por rocas porfídicas a glandulares, con megacristales de feldespato potásico o plagioclasas, presentando tonalidades marrones o pardas.

La marcada esquistosidad que presentan, facilita su aprovechamiento en "lajas" para suelos o revestimientos, obteniéndose las mismas mediante cuñas.

La intensa fracturación existente hace que sea prácticamente imposible la obtención de planchas de grandes dimensiones, variando, por otra parte, sus espesores de unos puntos a otros, llegando a alcanzar los 30 cm de potencia.

En cuanto a los afloramientos de la zona de El Rosal (G-21), pertenecen al denominado Complejo El Rosal-La Lanzada-Xuno, al que se ha considerado de edad Silúrica (o cuando menos supra-Ordovícica) y están constituidos por materiales de tonos gris-verdosos, que petrográficamente están formados por cuarzo, albita, biotita y moscovita como minerales principales y turmalina, circón, apatito y opacos como secundarios.

Presentan una notable foliación, lo que permite obtener placas de 1 a 3 cm de espesor, que se emplean para revestimientos. La fracturación y diaclasado son intensos, lo que facilita las labores de extracción.

### 2.8. Explotaciones de granitos

En cuanto a los granitos, se puede indicar que todos los afloramientos graníticos que son beneficiados para la extracción de bloques con destino a la elaboración de planchas para pulir, son objeto de aprovechamiento para la obtención de

otros tipos de productos como perpiños, losas, bordillos, etc.

Las características y denominaciones de estos materiales vienen reflejadas en el Catálogo de Granitos de España editado por el I.T.G.E., en el que se encuentran inventariadas 17 variedades, entre las que se pueden destacar como más importantes para este tipo de aplicaciones, las de *Porriño*, en Pontevedra, *Grissal* y *Gris Morrazo*, en Orense, y *Parga* y *Perla Kaxigal*, en Lugo. A éstas se les puede añadir en base a las denominaciones comerciales locales los de: *Gris Caldas* (Caldas de Reyes), *Gris Salceda* (Salceda de Caselas), *Gris Gondomar* (Gondomar), *Blanco Tea* (Puentearreas), *Rosa Salvatierra* (Salvatierra de Miño) y *Silvestre* (Gondomar) en la provincia de Pontevedra, *Moreno Silvestre* (Carballino) y *Blanco Viana* o *Blanco Galicia* (Viana del Bollo) en Orense, y *Rosa Parga* (Parga) en la provincia de Lugo.

Hay que indicar que estas denominaciones, al igual que las que se recogen en el citado Catálogo, se emplean en la comercialización de los granitos en bloques, pero las mismas se mantienen cuando se venden otros tipos de productos.

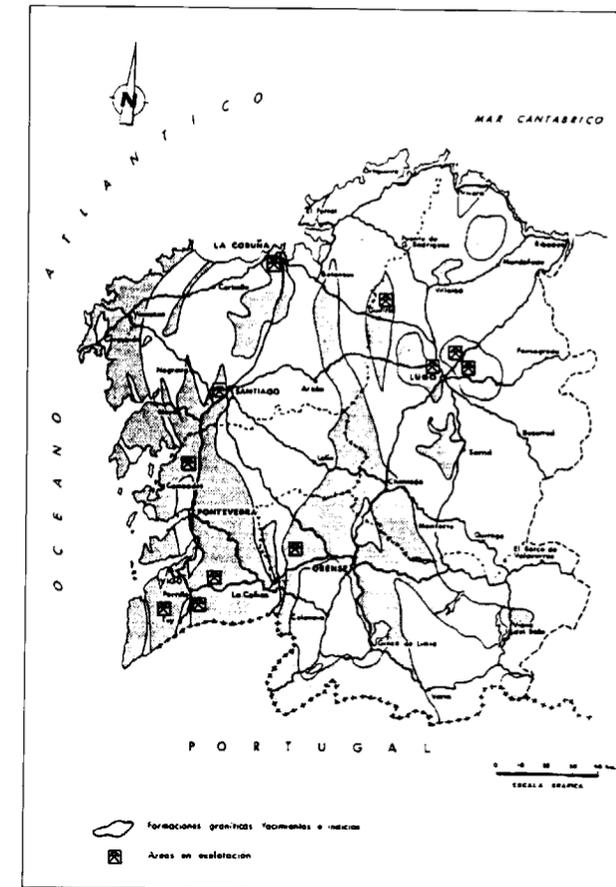
Como puede observarse en el Plano nº 2, los afloramientos graníticos son muy extensos dentro de la Comunidad Gallega, por lo que además de las áreas de explotación fijas, existen en ellos multitud de canteras abandonadas o con explotación intermitente.

En general, las explotaciones que se dedican a la elaboración de peldaños, bordillos, adoquines, losas, etc., son de pequeñas dimensiones y se localizan, fundamentalmente, en aquellos puntos del yacimiento donde la fracturación favorezca el arranque del material.

En otros casos, lo que se hace es aprovechar los desechos de las canteras para bloques para obtener las piezas antes indicadas.

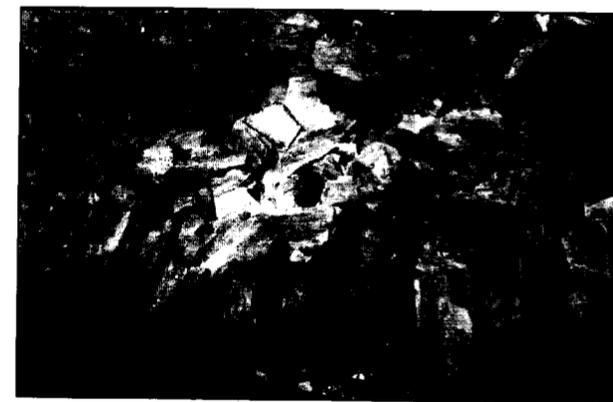
### 2.9. Explotaciones de pizarras

De los materiales pizarrosos hay que distinguir aquellos que corresponden a desechos de explo-



Plano 2 - Afloramientos graníticos de la Comunidad Autónoma Gallega

taciones, que destinan el material que benefician preferentemente a la elaboración de tejas, de aquellos afloramientos que por sus características geológicas, no permiten la obtención de tejas y se utilizan como losas, revestimientos, muros, etc. (ver Fotografía nº 2).



Fotografía 2 - Pizarra "basta" empleada como piedra natural

Al segundo de los casos indicados pertenecen las canteras localizadas en el municipio de Mondoñedo, que benefician, en explotaciones de pequeñas dimensiones, niveles pizarrosos grises de mala calidad, pertenecientes a la Serie de Villalba, y que se emplean para techados rústicos, suelos, revestimientos, vallas, etc.

A este mismo nivel pertenecen las explotaciones localizadas en el término municipal de Lugo, paraje de Buratay, donde se extraen pizarras mosqueadas y esquistos pelíticos con destino a los mismos usos.

Otro de los niveles explotados con cierta intensidad, es el correspondiente a la formación denominada Pizarras de Cándana, que está constituida, de muro a techo, por un tramo de pizarras gris verdosas homogéneas, sobre las que reposa un paquete de pizarras negras ampelíticas, continuando por bancos de caliza, cuarcitas y pizarras, para finalizar con tramos de pizarras negras ampelíticas, pizarras gris-oscuras a gris-verdosas, alternando con limolitas y finalmente pizarras verdes a gris-verdosas.

El tramo beneficiado es el constituido por una pizarra de color verde a gris-verdosa, con superficies algo estriadas y bandeadas, con frecuentes inclusiones de cristales macroscópicos de piritita.

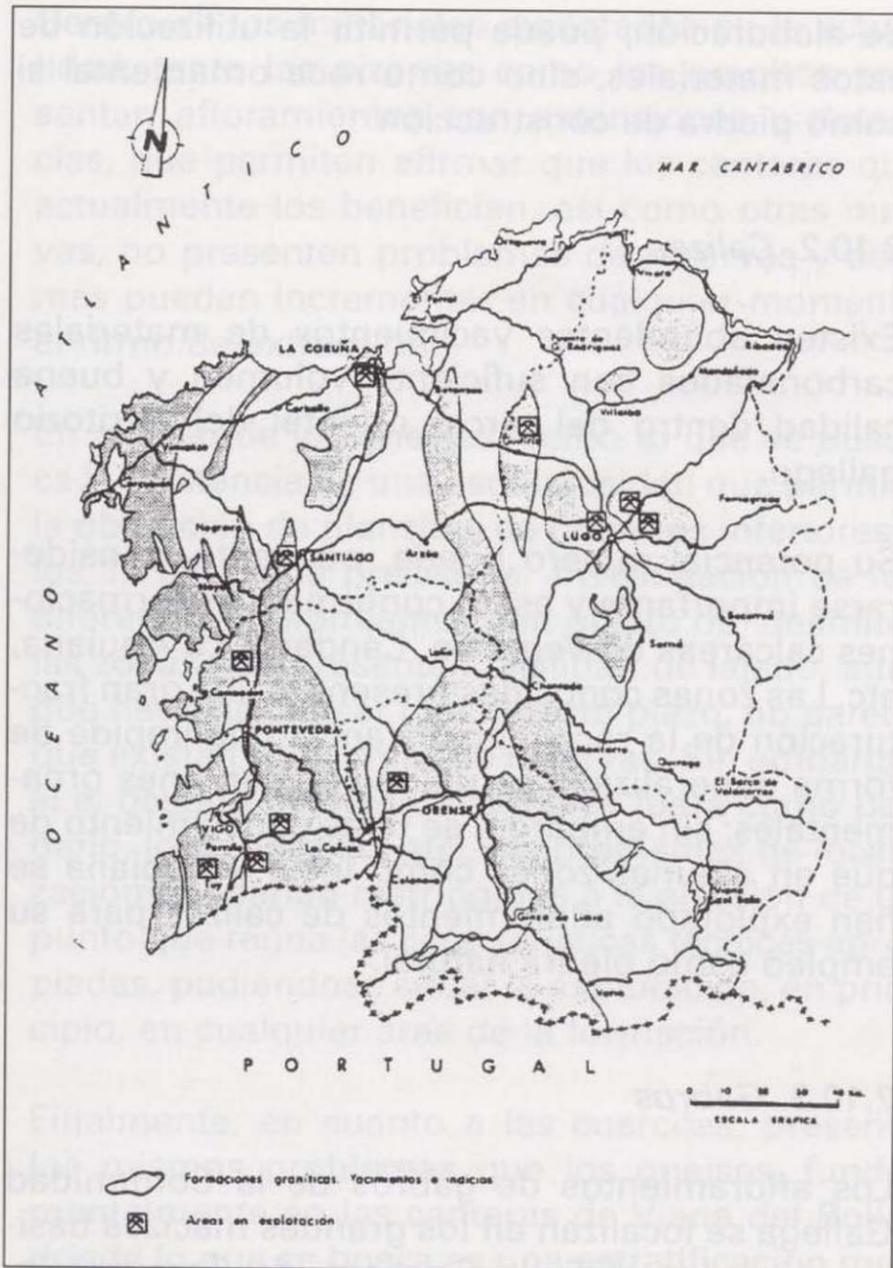
El destino prioritario de estas pizarras es como tejas, aunque parte del material extraído se destina a la obtención de placas para revestimientos, peldaños, etc.

Las explotaciones que benefician este tipo de material se localizan en los términos municipales de Mondoñedo y Pastoriza.

Las otras dos formaciones pizarrosas que son objeto de un intenso aprovechamiento industrial son las de Luarca y Agüeira, destinándose el producto extraído prácticamente en su totalidad a la elaboración de tejas.

Se han incluido en esta descripción, debido a que cada vez con mayor intensidad se destina parte del material a la obtención de otros productos diferentes al tradicional, aunque en la actualidad el porcentaje sea mínimo.

La primera de las formaciones -Fm. Luarca está constituida por un conjunto de pizarras negras o



Plano 2 - Afloramientos graníticos de la Comunidad Autónoma Gallega

taciones, que destinan el material que benefician preferentemente a la elaboración de tejas, de aquellos afloramientos que por sus características geológicas, no permiten la obtención de tejas y se utilizan como losas, revestimientos, muros, etc. (ver Fotografía nº 2).



Fotografía 2 - Pizarra "basta" empleada como piedra natural

Al segundo de los casos indicados pertenecen las canteras localizadas en el municipio de Mondoñedo, que benefician, en explotaciones de pequeñas dimensiones, niveles pizarrosos grises de mala calidad, pertenecientes a la Serie de Villalba, y que se emplean para techados rústicos, suelos, revestimientos, vallas, etc.

A este mismo nivel pertenecen las explotaciones localizadas en el término municipal de Lugo, paraje de Buratay, donde se extraen pizarras mosqueadas y esquistos pelíticos con destino a los mismos usos.

Otro de los niveles explotados con cierta intensidad, es el correspondiente a la formación denominada Pizarras de Cándana, que está constituida, de muro a techo, por un tramo de pizarras gris verdosas homogéneas, sobre las que reposa un paquete de pizarras negras ampelíticas, continuando por bancos de caliza, cuarcitas y pizarras, para finalizar con tramos de pizarras negras ampelíticas, pizarras gris-oscuras a gris-verdosas, alternando con limolitas y finalmente pizarras verdes a gris-verdosas.

El tramo beneficiado es el constituido por una pizarra de color verde a gris-verdosa, con superficies algo estriadas y bandeadas, con frecuentes inclusiones de cristales macroscópicos de pirita.

El destino prioritario de estas pizarras es como tejas, aunque parte del material extraído se destina a la obtención de placas para revestimientos, peldaños, etc.

Las explotaciones que benefician este tipo de material se localizan en los términos municipales de Mondoñedo y Pastoriza.

Las otras dos formaciones pizarrosas que son objeto de un intenso aprovechamiento industrial son las de Luarca y Agüeira, destinándose el producto extraído prácticamente en su totalidad a la elaboración de tejas.

Se han incluido en esta descripción, debido a que cada vez con mayor intensidad se destina parte del material a la obtención de otros productos diferentes al tradicional, aunque en la actualidad el porcentaje sea mínimo.

La primera de las formaciones -Fm. Luarca- está constituida por un conjunto de pizarras negras o

grises-azuladas, lustrosas y masivas con abundantes sulfuros de hierros diseminados en algunas zonas. En la base de la misma se presentan facies arenosas, siendo el tamaño de grano de la pizarra superior a la media; en este tramo existen niveles de pizarras que son explotadas pero que no parece que tengan continuidad.

El tramo medio está formado por pizarras grises muy duras y difíciles de exfoliar, por lo que su explotación no ha sido posible. Finalmente, el tramo superior, de características muy semejantes al inferior, presenta una mayor continuidad lateral; es este tramo el que está siendo explotado con mayor intensidad.

En cuanto a la Formación Agüeira, está esencialmente constituida por una alternancia de areniscas y pelitas, presentando localmente algún nivel de cuarcitas. Las pizarras interestratificadas son negras, de características muy parecidas a las de la Formación Luarca, presentando generalmente mayor cantidad de laminaciones que ella.

En los niveles pizarrosos de la Formación Luarca se sitúan las explotaciones localizadas en Ortigueira (La Coruña), Quiroga (Lugo) y parte de las del área de Valdeorras (Orense); una proporción menor de esta última área se sitúa en la Formación Agüeira.

## 2.10.- Otros materiales interesantes de la Comunidad Gallega

Además de los materiales que se han descrito en el punto anterior, actualmente en explotación, existen dentro de esta Comunidad otros, que o bien han sido utilizados en tiempos pasados en la construcción de edificios o bien pueden ser objeto de aprovechamiento en un futuro. Entre ellos se pueden destacar los siguientes:

### 2.10.1. *Serpentina*

Es esta una roca que ha sido intermitentemente explotada con fines ornamentales, fundamentalmente en el área de Moeche (La Coruña), pero la fracturación y diaclasado limita considerablemente el tamaño de los bloques. Sin embargo la evolución que ha experimentado la maquinaria

de elaboración, puede permitir la utilización de estos materiales, sino como roca ornamental si como piedra de construcción.

### 2.10.2. *Calizas*

Existen abundantes yacimientos de materiales carbonatados con suficiente volumen y buena calidad dentro del tercio oriental del territorio gallego.

Su potencial minero puede, por tanto, considerarse importante y así lo confirman las formaciones calcáreas de Vegadeo, Cándana, La Aquiana, etc. Las zonas conocidas presentan una gran fracturación de la roca, circunstancia que impide de forma generalizada su utilización con fines ornamentales; sin embargo, se tiene conocimiento de que en algunas zonas como Incio y Rubiana se han explotado afloramientos de calizas para su empleo como piedra natural.

### 2.10.3. *Gabros*

Los afloramientos de gabros de la Comunidad Gallega se localizan en los grandes macizos básicos situados al E de Santiago de Compostela, entre esta población y Carballo, y en un pequeño afloramiento localizado al NE de Laracha.

Petrográficamente son gabros olivínicos y por su coloración verdosa oscura, podrían utilizarse como piedra de construcción para la obtención de bordillos, peldaños, losas, etc., aunque su mayor problema viene marcado por la fuerte tectonización que presentan.

## 2.11.- Posibilidades de expansión

El potencial de la Comunidad Gallega, en cuanto a la piedra de cantería de refiere, puede considerarse como muy importante. No sólo no presenta ningún problema de reservas en los niveles actualmente explotados, que pueden incrementar sus producciones prácticamente sin "límite", tanto en las zonas actuales como en otras nuevas, sino que además, existen, por un lado, zonas vírgenes y por otro nuevos materiales que, en principio, presentan características apropiadas para su utilización.

Dentro de los materiales explotados en la actualidad, tanto las pizarras como los granitos presentan afloramientos con extensiones y potencias, que permiten afirmar que las canteras que actualmente los benefician, así como otras nuevas, no presenten problemas de reservas y además pueden incrementar en cualquier momento el ritmo de extracción.

En el caso de los gneises, como lo que se busca es la existencia de una esquistosidad que permita la obtención de planchas de grosores inferiores a los 10 cm, sería preciso la investigación de los diferentes afloramientos con objeto de delimitar las zonas que presenten facilidad de lajado, aunque hay que indicar que, a corto plazo, no parece que existan problemas de reservas. Sin embargo, si el destino de estos materiales fuera como peldaño, losa, bordillo, etc., los problemas de localización quedarían restringidos a la elección de un punto que reúna las características técnicas apropiadas, pudiéndose situar la explotación, en principio, en cualquier área de la formación.

Finalmente, en cuanto a las cuarcitas, presenta los mismos problemas que los gneises, fundamentalmente en las canteras de Viana del Bollo, donde lo que se busca es una estratificación muy marcada y en capas de 2 a 10 cm para obtener planchas comerciales.

## 3.- COMUNIDAD AUTONOMA DE ASTURIAS

### 3.1.- Explotaciones activas

En 1994 existían, dentro de la Comunidad Autónoma de Asturias, catorce explotaciones de una relativa entidad, ya que de todas ellas sólo cinco tienen una actividad continua durante todo el año, mientras que las restantes trabajan de forma intermitente, dependiendo de la demanda del mercado o de las condiciones climatológicas.

Todas son de pequeño tamaño y nivel de producción y en ellas se explotan calizas en lajas de diferente tonalidad, excepto dos de ellas, ubicadas en el término municipal de Villaviciosa, que explotan areniscas.

Sus principales características quedan recogidas en la Tabla nº 2.

La Comunidad Autónoma de Asturias con un total de 14 explotaciones activas tiene una producción total de piedra de cantería que ronda las 25.000 t/año, con un valor estimado a pie de cantera de 575 MPTA.

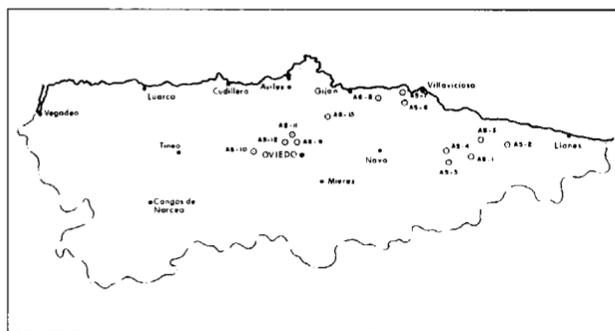
### 3.2.- Situación. Accesos

Las explotaciones asturianas se encuentran

Tabla 2. Explotaciones de piedra de cantería de Asturias

N.º	MATERIAL	NIVEL GEOLOGICO	LOCALIDAD (MUNICIPIO)	EXPLORADOR	N.º Oper.	PRODUCCION ANUAL (Aprox.)	OBSERVAC.
AS-10	Caliza	Devónico	Grado	A. Fernánd.	1	600 t	Intermit.
AS-11	Caliza	Devónico	Llanera	M. A. Suárez	3	50 m³	Intermit.
AS-12	Caliza	Devónico	Las Regeiras	E. Martínez	1	100 m³	
AS-1	Caliza	Carbon.(Visein)	Amieva	J. Redondo	1		Intermit.
AS-2	Caliza	Carbon. (Visein)	Llanes	R. Alvarez	3	10.000 m³	Intermit.
AS-3	Caliza	Carbon. (Visein)	C. de Onís	L. Solís	3	15.000 t	Intermit.
AS-4	Caliza	Carbon. (Visein)	Piloña	A. Diego	1	100 m³	Intermit.
AS-5	Caliza	Carbon. (Visein)	Piloña	H. E. Granda	1	200 t	
AS-6	Caliza	Jurásico	Villavicio.	M. R. Barro	3	1.500 m³	
AS-6b	Caliza	Jurásico	Villavicio.	R. Amandi	2	1.500 m³	Intermit.
AS-13	Caliza	Jurásico	Gijón	E. Rodríg.	2	50 m³	Intermit.
AS-9	Caliza	Cretácico	Llanera	M. Pérez	2	200 t	Intermit.
AS-7	Arenisca	Jurásico	Villavicio.	E. Rivero	2	4.500 m³	
AS-8	Arenisca	Jurásico	Villavicio.	G. Morís	2	3.600 m³	

repartidas por toda su geografía, pero siempre cercanas a algún centro potencial de consumo, de manera que el precio del transporte no incida de forma prohibitiva en el de venta; por consiguiente se ubican en la parte centro-oriental de la provincia, en los concejos más poblados, como Villaviciosa, Cangas de Onís, Gijón, etc. Su situación esquemática está reflejada en el Plano nº 3.



Plano 3 - Situación geográfica de las explotaciones de piedra de cantería de Asturias

En la zona oriental de Asturias se sitúan cuatro explotaciones, en un radio de unos 20 Km de la localidad de Cangas de Onís, en los términos municipales de Amieva, Llanes, Cangas de Onís y Piloña.

En las proximidades de la costa, en la franja que va de Villaviciosa a Gijón se sitúan otras cuatro explotaciones.

Unos 10-15 Km al norte de Oviedo se localizan cuatro explotaciones, tres de ellas al noroeste y una al noreste.

### 3.3.- Principales características de las explotaciones activas

La principal característica a destacar es la pequeña entidad que tienen la totalidad de las explotaciones de la Comunidad Autónoma de Asturias.

En la mayor parte de ellas la extracción se realiza de forma intermitente, dependiendo de la demanda (existencia de pedidos concretos) o de las inclemencias del tiempo. Todas ellas son de

pequeño tamaño y ocupan al propio dueño y como mucho a dos operarios más.

Se encuentran escasamente mecanizadas, realizando la extracción de forma prácticamente artesanal, ayudados por taladros, cuñas, palancas, cabrestantes, etc. Únicamente en las canteras AS-2, AS-3, AS-5, AS-7 y AS-13, existe una pala o retroexcavadora para ayudar en las tareas de arranque, transporte y carga.

En las canteras donde las calizas se presentan estratificadas en bancos poco potentes (calizas carboníferas, jurásicas y parcialmente devónicas), la extracción se realiza bien por medios manuales mediante palancas, pinchotes, etc., o bien mediante la introducción de la cuchara de la retroexcavadora en los planos de estratificación y procediendo a su separación. Posteriormente se les realiza una basta preparación y/o corte y se apilan en palets para su venta.

Las areniscas jurásicas, las calizas cretácicas y parcialmente las devónicas, que se presentan más masivas, precisan de la perforación de taladros para la separación de bloques, que se realiza mediante cuñas o pequeñas cargas de explosivos, como ocurre en la cantera de Los Gemelos (AS-8).

Las dimensiones de las plazas de las canteras y frentes de explotación son pequeñas y se encuentran condicionadas, en algunos casos, por la disposición de los materiales, así como por la situación topográfica. En las explotaciones donde existe maquinaria, los frentes están supeditados al alcance del brazo de la pala, por lo que no suelen superar los 4 m, realizando varios frentes sucesivos o explotando en lugares próximos. Las canteras de calizas devónicas son las que cuentan con frentes más altos que alcanzan en ocasiones los 10 m.

Las canteras que benefician la caliza carbonífera se encuentran en lugares con acceso complicado, debido a la propia naturaleza de la formación geológica, aflorando en zonas montañosas. En todos estos casos, el material tiene un buzamiento subvertical, realizándose el avance de la explotación no de forma perpendicular a la dirección de las capas, sino oblicuamente o de manera paralela, pues así el arranque se realiza con faci-

lidad. En este tipo de canteras no es problemático el desmonte, debido al escaso volumen que se mueve, que hace que se tenga que llevar a cabo en espacios dilatados de tiempo y aún así con pequeños movimientos de tierra.

El impacto ambiental producido por estas explotaciones es de escasa relevancia, debido a distintas circunstancias: en el caso de las calizas carboníferas, por estar situadas en lugares apartados, fuera de rutas de movimientos de personal importantes, aunque visualmente lo son al estar ubicadas en puntos altos, donde afloran las corridas de caliza griotte. Las demás explotaciones están en sitios donde el frente de cantera sólo es visible desde posiciones cercanas.

En estas explotaciones la preparación del material para su venta se hace en el lugar de la extracción, en rudimentarios cobertizos, o al aire libre, en donde el cantero trabaja sobre la roca extraída, quedando dispuesta para su venta en palets, o bien amontonada, en el caso de lajas o chapas. En un caso, cantera El Vivero, existe un taller en el que se realiza la preparación de la roca, con un trabajo más detallado, fabricándose también piezas bajo pedidos de clientes.

### 3.4.- Productos fabricados

Todo el material extraído en las explotaciones asturianas se transforma, generalmente mediante una simple operación de corte, unas veces con disco y otras únicamente con maza y cincel, en una serie de productos que se encuentran disponibles para su venta directa al mercado tales como: placas o chapados para revestimientos, losas para suelos rústicos, peldaños, bordillos, bloques, mampostería, sillares, etc. Sólo en algunos casos, más específicos, se realizan acabados algo más complejos dentro de su sencillez como pueden ser abujardados, escariados, labra, etc.

En el caso de placas, losas y chapas en ocasiones se cortan regularmente a medidas normalizadas, mientras que en otras se dejan con un contorno totalmente irregular.

Tanto los productos como los precios varían de unas canteras a otras.

#### 3.4.1. Areniscas

Las areniscas son de color amarillento y se extraen de las canteras AS-7 y AS-8; se venden principalmente como placas para chapados, con forma más o menos trapezoidal, con un espesor máximo de 6-7 cm. Los precios de venta oscilan entre las 1.600-3.000 PTA/m<sup>2</sup> en cantera dependiendo del acabado.

#### 3.4.2. Calizas

Los productos calizos tienen mayor variedad, tanto en tipos como en precios. Con la caliza griotte, de coloración predominantemente roja, se pueden realizar solados, revestimientos, peldaños, bordillos, chimeneas y los precios oscilan entre 2.000 PTA/m<sup>2</sup>, en bruto, con espesor de 5-10 cm, hasta 7.000 PTA/m<sup>2</sup> en chapa seleccionada, de 4-6 cm. El taller de Maré también vende chapa abujardada, o berrugada, con espesor de 3 cm, a 6.000 y 4.000 PTA/m<sup>2</sup>. Se extrae de las canteras AS-1, AS-2, AS-3, AS-4 y AS-5.

La "Piedra de Selorio" se utiliza para revestimiento y mampostería, con precios que oscilan de 4.000 a 9.000 PTA., según el espesor: placas de 1-2 cm, 3-4 cm, 5-7 cm, 8-10 cm y bloques mayores de 10 cm. Se extrae de las canteras AS-6, AS-6b y AS-13.

La caliza "Gris Oviedo" se utiliza, como las anteriores, para fabricar losas, peldaños, chapas de revestimiento, etc., y en bruto se vende a 3.000-3.500 PTA/m<sup>2</sup>. Otros precios oscilan entre 1.200 PTA/m<sup>2</sup> para solado, 2.000 PTA/m<sup>2</sup> para chapas de revestimiento, hasta 9.000 PTA/m<sup>2</sup>, cortado en tiras; también venden chapas abujardadas. Es extraída en las canteras AS-10, AS-11 y AS-12.

La "Caliza de Bonielles" (Cantera AS-9) tiene las mismas aplicaciones que las anteriores y también abujardan. Su precio de venta es de 2.500 PTA/m<sup>2</sup> el material tosco.

### 3.5.- Niveles geológicos explotados

Dentro de la Comunidad Autónoma Asturiana se benefician, en la actualidad, los siguientes niveles geológicos en las diversas litologías:

**Calizas:**

- Cretácico (Caliza de Bonielles)
- Jurásico: Hettangiense-Sinemuriense (*Piedra de Selorio*)
- Carbonífero: Viseiense (Caliza Griotte)
- Devónico: Fm. Rañeces (Gris Oviedo)

**Areniscas:**

- Jurásico

**3.6. Explotaciones de calizas****3.6.1. Devónico**

En las canteras AS-10, AS-11 y AS-12, situadas en la zona noroccidental de Oviedo y al sur de Grado, se explotan las calizas del Devónico inferior pertenecientes al Complejo Rañeces. Se trata de unas calizas cristalinas de grano fino, puntualmente fétidas, de color gris azulado a gris verdoso, en las que aparecen irregularmente distribuidas vetas de calcita o restos de fósiles. Petrográficamente se pueden clasificar como packstone rudítico formada por restos fósiles y trozos carbonatados de tamaño irregular, con escaso cuarzo (< 2%) y una incipiente dolomitización ( $\approx 3\%$  de dol.). El color oscuro se debe a la materia carbonosa que presenta. Comercialmente se conoce como "*Gris Oviedo*", habiéndose utilizado en varios monumentos y construcciones de la capital y alrededores, así como para gran parte de los bordillos de la misma.

No obstante, parte del material extraído en estas explotaciones, se destina como roca ornamental una vez pulido

En el ensayo de choque térmico, estas calizas han tenido un buen comportamiento, con una pérdida en peso entre 0,0287 y 0,009% y sin pérdidas de color apreciables.

Se presentan, por término medio, estratificadas en bancos de un espesor mayor al encontrado en otros niveles, que oscila entre los 20 y 80 cm, pero que en ninguna ocasión supera 1 m. Las superficies de estratificación se encuentran bien marcadas y entre ellas es frecuente encontrar una pátina margosa. En la Fotografía nº 3 realizada en la cantera "**Fuente de los Molinos**" en el término municipal de Gallegos (AS-12), puede observarse el aspecto típico que presentan estas calizas.



Fotografía 3 - Aspecto característico de los niveles de calizas devónicas (cantera AS-12)

La fracturación es relativamente intensa, pudiéndose observar en las explotaciones, así como en varios de los afloramientos investigados, al menos dos sistemas claros, que dificultan la posible extracción de bloques comerciales para su uso como ornamental. No obstante, parte del material extraído en estas explotaciones se destina a este empleo una vez pulido. Son numerosas, además, la presencia de pequeñas vetillas de calcita de forma y distribución irregular. La presencia de pequeñas diaclasas ("pelos") es, asimismo, una constante en esta roca.

**3.6.2. Carbonífero**

Las calizas carboníferas viseienses agrupadas bajo la denominación de *Calizas Griotte*, constituyen una de las formaciones más típicas de la Comunidad Asturiana y en las que, dada su facilidad en extracción y características peculiares, se encuentran un mayor número de explotaciones de este tipo de rocas, tanto activas como abandonadas. En la actualidad existe una explotación activa (AS-5) y cuatro en régimen intermitente (AS-1, AS-2, AS-3 y AS-4).

Están incluidas dentro de una serie muy característica en la que se encuentran radiolaritas, calizas tableadas y calizas nodulosas, con una potencia total que oscila entre los 30 y 40 m.

Presentan una estratificación muy marcada. El espesor de los bancos varía, generalmente, entre

los 20 y 60 cm y sólo en puntos muy locales se han encontrado bancos con espesor comprendido entre los 80 cm y 1 m. Separando las superficies de estratificación se encuentran delgadas capas margosas. Asimismo, dentro de los bancos calizos existen, marcando la textura nodulosa, pequeñas superficies de discontinuidad, tipo estiolítico, con una ligera pátina arcillosa.

El color de las calizas es rosado, rojizo y gris verdoso, con un predominio general de los primeros. Su distribución dentro del paquete es irregular. Estas calizas se encuentran cortadas por numerosas vetas de calcita, lo que unido a su color y textura nodulosa confieren a la roca una gran vistosidad.

Petrográficamente se trata de microesparitas fosilíferas (Mudstone), compuesta en su totalidad por calcita, con aislados restos fósiles y escasa materia orgánica.

En el ensayo de choque térmico, no se ha apreciado pérdida de color, teniendo una variación del peso de 0,0166%.

La fracturación es en algunas zonas muy acusada, existiendo además de las grandes fracturas que cortan todo el nivel, fracturas transversales a la estratificación, muy marcada en los bancos menos potentes.

La disposición subvertical que presentan en la mayoría de los afloramientos observados y su encajonamiento entre la caliza de montaña dificulta su explotación. En la Fotografía nº4, tomada en la cantera El Pason (AS-5) del término municipal de Piloña, puede observarse la disposición más característica de este nivel. Asimismo, la Figura nº 1. muestra varios cortes realizados en estos niveles.

No obstante, en la zona de Covadonga, en la cantera donde se extrajo la piedra para la construcción de la Basílica, estas calizas presentan un aspecto totalmente distinto al encontrado en el resto de los puntos observados. Siguen teniendo un color rosado-rojizo pero intercalan varias zonas cremas y se encuentran cruzadas por numerosas vetas de calcita. Han perdido su aspecto noduloso y la marcada estratificación, presentándose masivas. La fracturación y las pequeñas diaclasas son muy intensas y no per-



Fotografía 4 - Explotación típica de los niveles de caliza Griote (Cantera AS-5)

mitirían la posible extracción de bloques comerciales de tamaño regular.

En la carretera, y en la cantera abandonada de Soto de Cangas, la Caliza Griotte vuelve a encontrarse con su aspecto característico (marcada estratificación y textura nodulosa) por lo que es posible que lo observado en la cantera de Covadonga responda únicamente a un fenómeno local.

### 3.6.3. Jurásico

Las calizas Jurásicas explotadas, pertenecen al Lías inferior (Hettangiense-Sinemuriense) y se extienden ampliamente en la zona de Gijón,

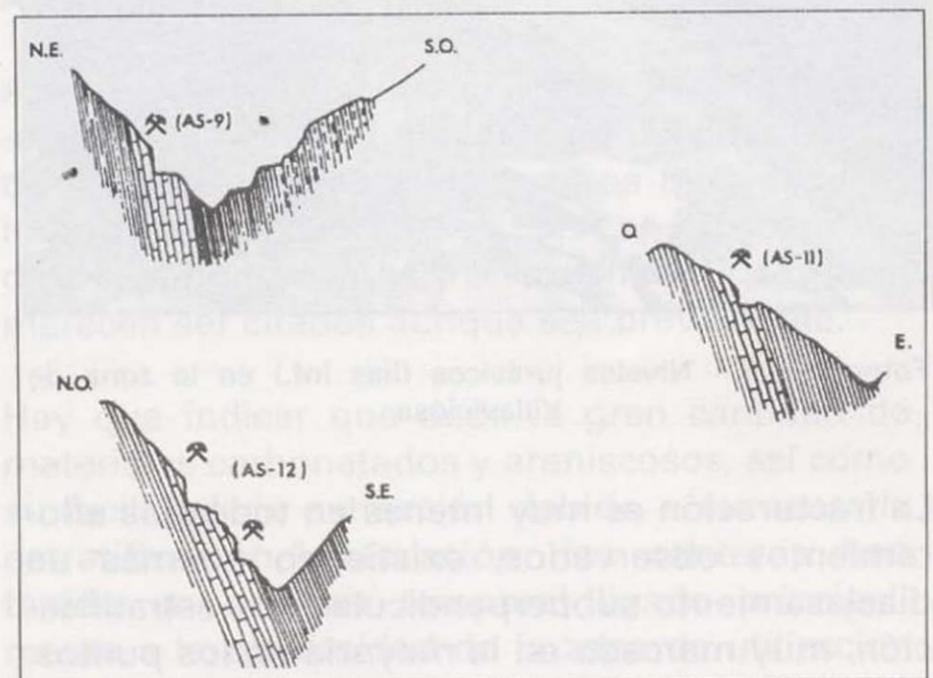


Figura 1 - Cortes esquemáticos en los niveles de caliza griotte

Villaviciosa, Lastres y norte de Oviedo. En la actualidad existe una cantera activa (AS-6) y dos en régimen intermitente (AS-6 bis y AS-13).

Son unas calizas de grano fino y color bastante uniforme, que varía entre el gris claro al gris oscuro muy negruzco. En algunos tramos se observan tonos marrones, aunque éstos son relativamente menos numerosos. Localmente se conocen bajo la denominación de "*Piedra de Selorio*".

Petrográficamente se clasifican como microesparita fosilífera bandeada (Mudstone) con cuarzo, materia carbonosa, opacos y sericita como minerales accesorios. La orientación es debida a la presencia de esporádicos y finos niveles arcilloso-micáceos.

Se presentan con una estratificación muy marcada y regular, con un espesor de los bancos que oscila, por término medio, entre los 10 y 40 cm, difícilmente se encuentran bancos con potencia superior a los 80 cm y, generalmente, estos se localizan en la base del paquete, sin que presenten una gran regularidad (ver Fotografía nº 5) tomada en la cantera AS-6 bis de Villaviciosa).



Fotografía 5 - Niveles jurásicos (lías inf.) en la zona de Villaviciosa

La fracturación es muy intensa en todos los afloramientos observados, existiendo además un diaclasamiento subperpendicular a la estratificación, muy marcado en la mayoría de los puntos. La presencia de pequeñas diaclasas irregulares ("pelos") es también frecuente de estas rocas.

### 3.6.4. Cretácico

Las calizas cretácicas afloran en la parte noroccidental de la depresión central de Oviedo, en la franja que se extiende desde Bonielles hasta el norte de Llanera y Santa Cruz. En la actualidad se explota de forma intermitente en la cantera (AS-9) existente en el paraje de Peña Merende en el término municipal de Llanera (Fotografía nº 6).



Fotografía 6 - Niveles cretácicos de Peña Merende (Cantera de Bonielles)

Parte de la producción se pule en la planta de corte existente en Bonielles.

Tienen una disposición subhorizontal, buzando ligeramente al norte. En la parte inferior se encuentran margas y calizas que pasan a calizas margosas y arenosas y finalmente en la parte superior, las calizas cristalinas que son objeto de explotación.

La potencia total del tramo calizo es aproximadamente de 20 m, no superando el paquete calizo superior en ninguno de los puntos observados 10 m.

Las calizas superiores tienen un color que varía entre el crema claro al marrón más o menos intenso. Son muy fosilíferas, presentando gran cantidad de fósiles, algunos de tamaño considerable (5 cm), recristalizados. Son asimismo frecuentes las vetas y recristalizaciones de calcita blanca y marrón, unas veces de forma irregular y otras rellenando diaclasas rectilíneas. Una vez

Villaviciosa, Lastres y norte de Oviedo. En la actualidad existe una cantera activa (AS-6) y dos en régimen intermitente (AS-6 bis y AS-13).

Son unas calizas de grano fino y color bastante uniforme, que varía entre el gris claro al gris oscuro muy negruzco. En algunos tramos se observan tonos marrones, aunque éstos son relativamente menos numerosos. Localmente se conocen bajo la denominación de "Piedra de Selorio".

Petrográficamente se clasifican como microesparita fosilífera bandeada (Mudstone) con cuarzo, materia carbonosa, opacos y sericita como minerales accesorios. La orientación es debida a la presencia de esporádicos y finos niveles arcilloso-micáceos.

Se presentan con una estratificación muy marcada y regular, con un espesor de los bancos que oscila, por término medio, entre los 10 y 40 cm, difícilmente se encuentran bancos con potencia superior a los 80 cm y, generalmente, estos se localizan en la base del paquete, sin que presenten una gran regularidad (ver Fotografía nº 5) tomada en la cantera AS-6 bis de Villaviciosa).



Fotografía 5 - Niveles jurásicos (lías inf.) en la zona de Villaviciosa

La fracturación es muy intensa en todos los afloramientos observados, existiendo además un diaclasamiento subperpendicular a la estratificación, muy marcado en la mayoría de los puntos. La presencia de pequeñas diaclasas irregulares ("pelos") es también frecuente de estas rocas.

### 3.6.4. Cretácico

Las calizas cretácicas afloran en la parte noroccidental de la depresión central de Oviedo, en la franja que se extiende desde Bonielles hasta el norte de Llanera y Santa Cruz. En la actualidad se explota de forma intermitente en la cantera (AS-9) existente en el paraje de Peña Merende en el término municipal de Llanera (Fotografía nº 6).



Fotografía 6 - Niveles cretácicos de Peña Merende (Cantera de Bonielles)

Parte de la producción se pule en la planta de corte existente en Bonielles.

Tienen una disposición subhorizontal, buzando ligeramente al norte. En la parte inferior se encuentran margas y calizas que pasan a calizas margosas y arenosas y finalmente en la parte superior, las calizas cristalinas que son objeto de explotación.

La potencia total del tramo calizo es aproximadamente de 20 m, no superando el paquete calizo superior en ninguno de los puntos observados 10 m.

Las calizas superiores tienen un color que varía entre el crema claro al marrón más o menos intenso. Son muy fosilíferas, presentando gran cantidad de fósiles, algunos de tamaño considerable (5 cm), recristalizados. Son asimismo frecuentes las vetas y recristalizaciones de calcita blanca y marrón, unas veces de forma irregular y otras rellenando diaclasas rectilíneas. Una vez

pulidas son semejantes a las calizas crema marfil que se explotan en varios puntos del país (Alicante, Santander, Granada, etc.), quizás en zonas con coloración algo más oscura.

Petrográficamente se clasifica como biomicrita (Wackestone) en la que un 10 a 15% son bioclastos. Los componentes accesorios (mineral de hierro y cuarzo) representan menos del 1% del total de la roca.

El ensayo de choque térmico no revela cambio apreciable de color, variando de peso un 0,0327%.

Se presentan estratificadas en bancos de 10 cm a 1,5 m, afectadas sobre todo en su parte superior por la karstificación. La fracturación no es muy fuerte, aunque existen, sin embargo, pequeñas diaclasas irregulares ("pelos") en puntos bastante numerosos.

### 3.7. Explotaciones de areniscas

Las areniscas explotadas se encuentran incluidas dentro de la cuenca de Gijón-Villaviciosa y pertenecen al Jurásico superior (Malm). Las dos explotaciones actualmente activas (AS-7 y AS-8) se sitúan en las proximidades a Villaviciosa. Generalmente se presentan como una roca homogénea de tamaño de grano fino con un color que varía del amarillo claro al marrón amarillento.

Petrográficamente se clasifican desde sublitarenita a subarcosas próximas a sublitarenitas con cemento silíceo, éstas últimas tienen una mayor proporción de cristales de feldespato y los cuarzos están más redondeados. Ambos tipos se encuentran bien clasificados y tienen un tamaño de grano fino a medio, resultando bastante porosas.

El ensayo de choque térmico ha revelado una ligera variación en su tonalidad, oscureciéndose o quedando más amarilla, con una variación de peso entre 0,1373 y 0,0819%.

Estas areniscas se presentan estratificadas en bancos gruesos de 1 a 5 m, con una potencia

total que no supera los 40 m en ningún punto. Se disponen subhorizontales o con buzamientos no superiores a los 15-20°. La fracturación no es intensa, encontrándose las superficies de fractura, así como las pequeñas diaclasas generalmente rellenas de pátinas arcillosas impregnadas de óxidos de hierro. La Figura nº 2 representa un corte realizado en la cantera de El Soleru (AS-7), en el que puede observarse su disposición.

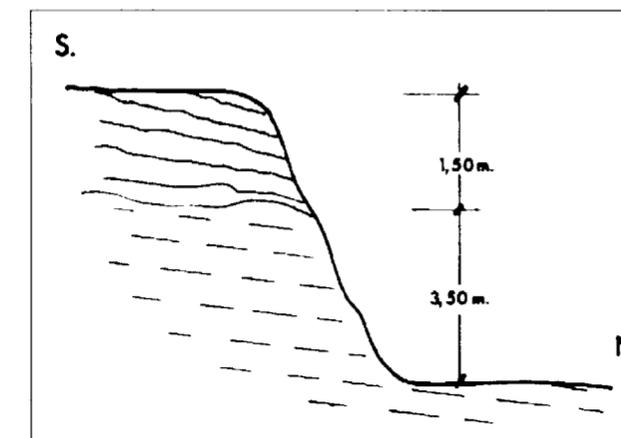


Figura 2 - Corte esquemático realizado en la cantera El Soleru (AS-7)

Estas areniscas han sido utilizadas en la construcción de numerosos monumentos y edificaciones de la zona, entre los que se puede destacar la Universidad Laboral de Gijón.

### 3.8.- Otros niveles interesantes de la Comunidad Asturiana

Además de los niveles descritos anteriormente -en la actualidad en explotación- existen dentro de la Comunidad Asturiana otros que, dada su importante utilización en la construcción de diversos monumentos y obras en otros tiempos, merecen ser citados aunque sea brevemente.

Hay que indicar que dada la gran cantidad de materiales carbonatados y areniscosos, así como su facilidad de extracción debido a su acusada estratificación-fracturación, las canteras han tenido un carácter temporal ligado principalmente a la proximidad de la zona de utilización de la piedra, así como el agotamiento de las zonas superficiales de más sencillo laboreo.

Entre estos se puede destacar los niveles de dolomías terciarias que afloran con una cierta extensión en la depresión central de Oviedo, y que fueron utilizadas, entre otros, en la construcción de la catedral de Oviedo, y que se conocen con la denominación de "*Piedra Laspra*". Se trata de una caliza o dolomía con aspecto muy arenoso, de grano fino, muy homogénea y color blanco o ligeramente amarillento, que presenta diversos grados de compactación.

Las denominadas "*Piedramuelle*" y "*Piedra de Tiñana*", también empleadas en la construcción de la Catedral de Oviedo, pertenecen geológicamente al mismo nivel que el explotado en la cantera de Llanera (AS-9), es decir, a las calizas del Cretácico superior. No obstante, los puntos de extracción, así como su aspecto, son totalmente distintos, por lo que deben corresponder a tramos diferentes. Se trata también de calizas con aspecto muy arenoso parecidas a la anterior de la que se diferencian por su color más amarillento y un tamaño de grano mayor.

Los niveles de areniscas del Carbonífero, Cámbrico, Permo-Trías y Terciario han sido, asimismo, utilizados como piedra de construcción en varios puntos de la Comunidad, aunque en la actualidad no existe ninguna cantera activa. Su potencialidad es muy importante.

### 3.9.- Posibilidades de expansión

El potencial de piedra de cantería de la Comunidad Autónoma puede considerarse como muy importante. No sólo no presenta ningún problema de reservas en los niveles actualmente explotados, que pueden incrementar sus producciones prácticamente sin "límite", tanto en las zonas actuales como en otras nuevas, sino que además, existe otra serie de niveles que presentan características apropiadas para su posible explotación.

Dentro de los niveles explotados en la actualidad, las calizas devónicas presentan afloramientos con una potencia y continuidad, que permiten pensar en que las canteras que actualmente las explotan no tengan problemas de reservas y permitan una extracción mucho más intensiva.

Únicamente en las canteras de Rañeces (AS-10) y Fuente Los Molinos (AS-12) podrían surgir problemas técnicos, ya que dado el fuerte buzamiento de las capas y la topografía abrupta, los frentes de cantera podrían alcanzar, de no planificarse adecuadamente, alturas importantes. La cantera Rañeces por su situación próxima a la carretera, presenta importantes problemas ambientales y de seguridad, que se agravarían de producirse un fuerte crecimiento.

La cantera El Fresno, al estar situada en zonas de pendiente suave, no presenta este tipo de problemas.

Las canteras que benefician la caliza "*griotte*" no tienen dificultad en continuar la explotación como lo están haciendo actualmente, pues dada la pequeña cantidad de material que mueven, con lo que tienen descubierto es suficiente para un abastecimiento de varios años. Solamente en el caso de un aumento significativo de la producción podrían tener dificultades técnicas y de incremento de costes, pues la caliza está aflorando en terrenos con notables diferencias de cota y los desmontes serían muy importantes.

Las calizas jurásicas no presentan problemas para una explotación más intensa, ya que se dispone de abundantes reservas y su disposición geológica y topográfica no implica un cambio importante de las condiciones de laboreo.

La cantera situada en la vertiente sur de Peña Merende, que explota las calizas cretácicas, tiene sus posibilidades limitadas por una falla al norte, a la vez que el desmonte puede ser relativamente importante al aumentar la pendiente del terreno muy rápidamente. No obstante, existen afloramientos cretácicos con características similares en zonas próximas.

Respecto a las areniscas, las canteras que las explotan no tendrán dificultades en la continuación de los trabajos, ya que sus afloramientos son extensos, con buzamientos mínimos y en terrenos poco accidentados.

Además de estos niveles actualmente explotados, que como ya se ha indicado son susceptibles de un aprovechamiento mucho más intensivo, tanto en las actuales canteras como en otros

puntos, existen dentro de la Comunidad Autónoma de Asturias otra serie de niveles susceptibles de explotación como piedra de construcción.

Hay que indicar que dentro de Asturias se encuentran los principales materiales utilizados para este uso como son: granitos, mármoles, calizas-dolomías, areniscas, pizarras, y cuarcitas.

Los granitos se encuentran representados por pequeños macizos que afloran principalmente en la zona occidental, como son los de Pato, Boal y Tapia-Salave. Los dos primeros tienen una composición semejante de granitos porfídicos biotíticos de grano medio-fino. Han sido utilizados localmente para la construcción rústica (tapias, muros, etc.) y su utilización como piedra de construcción, dada su fracturación diaclasamiento, no tendría problemas. Las granodioritas y granogabros de Tapia-Salave presentan coloraciones más oscuras; afloran principalmente próximas a la costa, en acantilados más o menos grandes y tampoco presentan ninguna característica geológica que impida su posible explotación. Su situación en zonas costeras podría representar la principal dificultad.

Los mármoles están representados principalmente por los denominados mármoles de Rengos y Cardes. Los primeros pertenecen al Cámbrico y tienen una coloración predominantemente blanca con vetas y manchas grises y amarillentas. Se presentan estratificados en bancos de pequeño espesor (10 a 30 cm) con lo que sería posible su utilización en chapados y suelos rústicos. Se han explotado para la fabricación de terrazos, marmolina y pequeñas obras rústicas.

Los mármoles de Cardes son de edad Carbonífera y presentan características más o menos similares a los anteriores respecto a color y estratificación, aunque presentan una mayor irregularidad. La situación de estos afloramientos en zonas de difícil acceso y alejados de los centros de consumo son los principales inconvenientes de los mismos.

De los materiales calizos, los niveles explotados son los que tienen un mayor potencial para su utilización como rocas de construcción. Otros niveles que también podrían ser explotados son las calizas-dolomías cámbricas, las Calizas de

Montaña y demás niveles calizos jurásicos y cretácicos.

Con relación a las areniscas, el mayor interés lo presentan las de edad Jurásica, dadas sus características, aunque no se pueden descartar el posible empleo del resto de niveles arenosos, algunos de los cuales han sido utilizados puntualmente. Entre estos niveles se pueden destacar las areniscas carboníferas y del Permo-Trías, por sus coloraciones rojizas y oscuras, y las terciarias por su facilidad de labra. Las posibilidades de todos los niveles de areniscas son muy grandes.

La potencialidad de la Comunidad Autónoma de Asturias respecto a pizarras para construcción rústica está lejos de toda duda, dada la gran extensión de sus afloramientos. En la actualidad se explotan intermitentemente para pequeñas obras rústicas.

En resumen, la Comunidad Autónoma de Asturias dispone, con respecto a las piedras de cantería, un interesante y variado patrimonio geológico aún sin explotar de manera racional y sistemática, lo que a tenor de la actual situación minera de la zona, con importantes conflictos laborales en la minería del carbón, podría representar una importante salida para el excedente laboral de dicha minería, con la ventaja adicional de la nula necesidad de reconversión técnica y la escasa inversión necesaria, pudiéndose acometer de manera integral un plan de beneficio racional y respetuoso con el medio ambiente de los recursos de estos materiales para el conjunto de la Comunidad.

## 4.- COMUNIDAD AUTONOMA DE CANTABRIA

### 4.1.- Explotaciones activas

Dentro de la Comunidad Autónoma de Cantabria prácticamente la totalidad de las canteras realizan su explotación en régimen intermitente, quedando recogidas sus principales características en la Tabla nº 3.

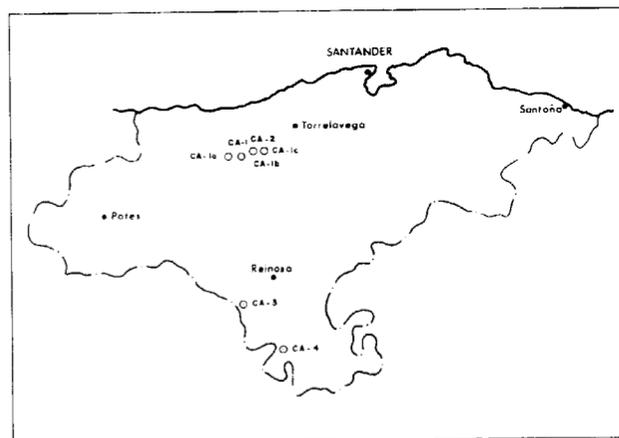
La Comunidad Autónoma de Cantabria produce anualmente alrededor de 18.000 t de piedra de cantería con un valor a pie de cantera de alrededor de 400 MPTA.

Tabla 3 - Explotaciones de piedra de cantería de Cantabria

N.º	MATERIAL	NIVEL GEOLOGICO	LOCALIDAD (MUNICIPIO)	EXPLOTADOR	N.º Oper.	PRODUCCION ANUAL (Aprox.)	OBSERVAC.
Ca-1	Arenisca	Triás Inferi.	Cabezón Sal	A. Revu. Faces	5	3.000 t	Alterna las exp. según interés
Ca-1a	Arenisca	Triás Inferi.	Cabezón Sal	A. Revu. Faces	5	3.000 t	
Ca-1b	Arenisca	Triás Inferi.	Cabezón Sal	A. Revu. Faces	5	3.000 t	
Ca-1c	Arenisca	Triás Inferi.	Cuerras	A. Revu. Faces	5	3.000 t	
Ca-2	Arenisca	Triás Inferi.	Mazcuerras	V. Mollada	1	Pequeña	Intermit.
Ca-3	Arenisca	Triás Inferi.	Valdeolea	E. Garcia	1	Pequeña	Intermit.
Ca-4	Arenisca	Cretac. Infe.	Valderredi.	T. Ca. Aguilar	3	2.500 t	Intermit.

#### 4.2.- Situación. Accesos

Las explotaciones activas e intermitentes de la Comunidad Cántabra se sitúan cinco de ellas (CA-1, CA-1a, CA-1b, CA-1c y CA-2) en las proximidades de Cabezón de la Sal y las otras dos en su extremo suroccidental, muy próximas al límite con la provincia de Palencia. El Plano nº 4 refleja la situación de las explotaciones.



Plano 4 - Situación geográfica de las explotaciones de piedra de cantería de Cantabria

Las canteras situadas al sur de Cabezón de la Sal se encuentran relativamente bien comunicadas. Se ubican en la parte media de la ladera septentrional de la Sierra del Escudo de Cabuérniga, en su parte oriental.

Las dos explotaciones del sector suroccidental, se sitúan en una zona de topografía más abrupta, tienen su acceso a partir de la carretera nacional n.º 611 Palencia Reinosa Santander.

#### 4.3.- Principales características de las explotaciones

Todas las explotaciones son de pequeño tamaño y se explotan en régimen intermitente. La más importante es la situada en Valderredible (CA-4) perteneciente a Taller de Cantería Aguilar, en la que realizan un acopio importante de material en el taller, procediendo únicamente a la extracción en la cantera cuando éste está a punto de terminarse, o por razones de operatividad del mismo.

A. Revuelta Faces posee cuatro explotaciones en las proximidades a Cabezón de la Sal, que trabajan de forma intermitente o alternativa, según las necesidades que tenga su propio taller de material de una u otra cantera, así en las canteras El Obispo (CA-1) y El Escudo (CA-1a) extraen únicamente bloques, mientras que las losas-chapas se extraen de las canteras de Cos (CA-1b) y Herrera de Ibio (CA-1c). El personal así como la maquinaria (compresor y pala retroexcavadora de cadenas) es la misma para todas las canteras.

Las otras canteras de la comunidad (CA-2 y CA-3) son igualmente pequeñas y se explotan a régimen intermitente y de forma artesanal por el propio dueño (Fotografía nº 7).

Por norma general las canteras no presentan un frente claro, sino, como en el caso de las canteras Reinosilla (CA-3), El Obispo (CA-1), Cantera de Cos (CA-1b), lo que se realiza es una extracción selectiva en las zonas más favorables del terreno. Esta extracción se hace ayudada por una pala retroexcavadora, en el caso de las canteras de A. Revuelta Faces, introduciendo la cuchara entre las superficies de estratificación y produciendo



Fotografía 7 - Plaza de cantera de explotación de areniscas triásicas en las proximidades a Cabezón de la Sal (Cantera Reinosilla)

su separación, o de forma manual mediante palancas, cuñas o pinchotes en las otras. La elaboración del material se hace en estos casos, igualmente de forma rudimentaria, a pié de cantera.

En la cantera Torrecilla (CA-4) la explotación se efectúa mediante perforación de barrenos contiguos con distancia media de 10 cm, procediéndose posteriormente a la separación del "gran bloque" mediante pólvora negra. Entre cada fila de barrenos suele existir una distancia de 1-1,5 m.

Las areniscas tienen en esta cantera un buzamiento de unos 20°, por lo que los pisos de la misma presentan esta misma inclinación, no siendo necesario la realización de barrenos de levante, sino que se aprovechan las superficies de estratificación. La Fotografía nº 8 está tomada en uno de los frentes de esta cantera. En ella no se realiza ninguna preparación-elaboración, sino que los "bloques" más o menos irregulares son enviados al Taller situado en Aguilar del Campoó (Palencia).

El impacto ambiental de esta explotación está ligado a su proximidad a la carretera local que une Quintanilla de las Torres a Navamuel y que generalmente es invadida en la realización de las distintas labores de extracción. En el resto de las

explotaciones el impacto ambiental es reducido, debido principalmente al pequeño tamaño de las mismas, aunque la forma anárquica de explotación implica la existencia de varios pequeños frentes, así como pequeños vertidos distribuidos irregularmente.

#### 4.4.- Productos fabricados

Ligados a estas canteras existen dos talleres de elaboración de una cierta entidad. Talleres de Cantería Aguilar y Taller Alfredo Revuelta. El primero de ellos se encuentra ubicado en la localidad de Aguilar del Campoó, en la provincia de Palencia, en donde elaboran otros productos procedentes de otras canteras cercanas. El taller de Alfredo Revuelta se encuentra en la localidad de Carrejo, en las proximidades a la cantera de "El Obispo" y elabora todo el material que se extrae en esta cantera, así como en las otras pequeñas explotaciones que el propietario tiene en las inmediaciones. Se encuentra actualmente en fase de modernización y ampliación y sus cuatro cinco operarios alternan este trabajo con el de extracción en las canteras.

En las explotaciones de los alrededores de



Fotografía 7 - Plaza de cantera de explotación de areniscas triásicas en las proximidades a Cabezón de la Sal (Cantera Reinosilla)

su separación, o de forma manual mediante palancas, cuñas o pinchotes en las otras. La elaboración del material se hace en estos casos, igualmente de forma rudimentaria, a pie de cantera.

En la cantera Torrecilla (CA-4) la explotación se efectúa mediante perforación de barrenos contiguos con distancia media de 10 cm, procediéndose posteriormente a la separación del "gran bloque" mediante pólvora negra. Entre cada fila de barrenos suele existir una distancia de 1-1,5 m.

Las areniscas tienen en esta cantera un buzamiento de unos 20°, por lo que los pisos de la misma presentan esta misma inclinación, no siendo necesario la realización de barrenos de levante, sino que se aprovechan las superficies de estratificación. La Fotografía nº 8 está tomada en uno de los frentes de esta cantera. En ella no se realiza ninguna preparación-elaboración, sino que los "bloques" más o menos irregulares son enviados al Taller situado en Aguilar del Campoó (Palencia).

El impacto ambiental de esta explotación está ligado a su proximidad a la carretera local que une Quintanilla de las Torres a Navamuel y que generalmente es invadida en la realización de las distintas labores de extracción. En el resto de las

explotaciones el impacto ambiental es reducido, debido principalmente al pequeño tamaño de las mismas, aunque la forma anárquica de explotación implica la existencia de varios pequeños frentes, así como pequeños vertidos distribuidos irregularmente.

#### 4.4.- Productos fabricados

Ligados a estas canteras existen dos talleres de elaboración de una cierta entidad. Talleres de Cantería Aguilar y Taller Alfredo Revuelta. El primero de ellos se encuentra ubicado en la localidad de Aguilar del Campoó, en la provincia de Palencia, en donde elaboran otros productos procedentes de otras canteras cercanas. El taller de Alfredo Revuelta se encuentra en la localidad de Carrejo, en las proximidades a la cantera de "El Obispo" y elabora todo el material que se extrae en esta cantera, así como en las otras pequeñas explotaciones que el propietario tiene en las inmediaciones. Se encuentra actualmente en fase de modernización y ampliación y sus cuatro-cinco operarios alternan este trabajo con el de extracción en las canteras.

En las explotaciones de los alrededores de



Fotografía 8 - Explotación de areniscas cretácicas (Cantera de Valderredible)

Cabezón de la Sal, el material extraído es una arenisca de grano fino-medio, de color rojo-vináceo bastante uniforme, que se elabora principalmente en forma de chapas y losas para solados y revestimientos rústicos, con distintos espesores y tamaños, oscilando su precio entre las 1.300 a 10.000 PTA/m<sup>2</sup>.

En las explotaciones "El Obispo" y "El Escudo" de A. Revuelta, se extrae una arenisca no tableada que se vende en bloques más o menos paralelepípedos, para sillería y mampostería y otras aplicaciones, al precio de 3.000 PTA/t.

La llamada "*arenisca de Aguilar*" tiene un tamaño de grano fino-medio y color amarillento en diversas tonalidades. Se extrae, como se ha indicado, en bloques que en el taller se cortan con diversos espesores, desde 3 hasta 17cm, variando el precio desde 3.950 hasta 15.900 PTA/m<sup>2</sup>. Estas placas admiten diversos tipos de acabado como abujardado, apisonado, etc., con lo que los precios también sufren variaciones. Con todo lo anterior esta piedra se utiliza en mampostería, revestimientos interiores y exteriores, solados, etc.

#### 4.5.- Niveles geológicos explotados

En la totalidad de las explotaciones activas o en régimen intermitente de la Comunidad Autónoma Cantabria, se benefician areniscas de coloraciones amarillentas o rojizas, pertenecientes al Cretácico inferior o Triásico inferior, facies Buntsandstein.

Ambos niveles afloran con bastante extensión en toda la autonomía, el primero de ellos de forma irregular por toda ella, mientras que las areniscas triásicas afloran principalmente en dos franjas, una de dirección Este-Oeste que va desde, aproximadamente, el este de Villacarriedo hasta Panes, en la provincia de Oviedo y la otra de dirección NO-SE que se extienden en la zona occidental de la Comunidad Autónoma.

#### 4.6. Explotaciones de areniscas

##### 4.6.1. Triásico (en Facies Bunt)

Las areniscas triásicas en facies Bunt, son explotadas en varias canteras existentes en las proximidades de Cabezón de la Sal, (CA-1, CA-1a, CA-1b, CA-1a y CA-2) y una existente en las proximidades a Nestares (CA-3).

Las dos primeras pertenecen a la unidad paleogeográfica-estructural de la "Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga", formada por materiales carboníferos y de facies Buntsandstein, cabalgados sobre sedimentos mesozoicos, triásicos, jurásicos y wealdicos, afectándolos en mayor o menor grado en un frente con una longitud superior a los 70 Km.

En su parte occidental, el Buntsandstein está representado por un potente tramo de unos 250 m de espesor, de limolitas rojo vinosas con intercalaciones de areniscas rojizas de grano fino-medio, bien cementadas, estratificadas en capas no mayores al metro, en ocasiones lenticulares con estratificación cruzada. Hacia el este los tramos areniscos van haciéndose más potentes adquiriendo la típica litología del Buntsandstein.

Las areniscas son principalmente de coloración rojo-vináceo, aunque se encuentran esporádicamente coloraciones grises y amarillentas. Se presenta bien estratificada, en bancos que varían entre los 3-4 cm (lajas) a 1,5-2 m (Figura nº 3).

En las zonas donde los bancos son más potentes se aprovechan para la extracción de bloques y en los que se encuentran finamente estratificados para la de lajas.

Petrográficamente se trata de arcosas con matriz arcillosa, compuestas por cuarzo (≈60%), feldes-



Fotografía 8 - Explotación de areniscas cretácicas (Cantera de Valderredible)

Cabezón de la Sal, el material extraído es una arenisca de grano fino-medio, de color rojo-vináceo bastante uniforme, que se elabora principalmente en forma de chapas y losas para solados y revestimientos rústicos, con distintos espesores y tamaños, oscilando su precio entre las 1.300 a 10.000 PTA/m<sup>2</sup>.

En las explotaciones "El Obispo" y "El Escudo" de A. Revuelta, se extrae una arenisca no tableada que se vende en bloques más o menos paralelepípedos, para sillería y mampostería y otras aplicaciones, al precio de 3.000 PTA/t.

La llamada "arenisca de Aguilar" tiene un tamaño de grano fino-medio y color amarillento en diversas tonalidades. Se extrae, como se ha indicado, en bloques que en el taller se cortan con diversos espesores, desde 3 hasta 17cm, variando el precio desde 3.950 hasta 15.900 PTA/m<sup>2</sup>. Estas placas admiten diversos tipos de acabado como abujardado, apisonado, etc., con lo que los precios también sufren variaciones. Con todo lo anterior esta piedra se utiliza en mampostería, revestimientos interiores y exteriores, solados, etc.

#### 4.5.- Niveles geológicos explotados

En la totalidad de las explotaciones activas o en régimen intermitente de la Comunidad Autónoma Cantabria, se benefician areniscas de coloraciones amarillentas o rojizas, pertenecientes al Cretácico inferior o Triásico inferior, facies Buntsandstein.

Ambos niveles afloran con bastante extensión en toda la autonomía, el primero de ellos de forma irregular por toda ella, mientras que las areniscas triásicas afloran principalmente en dos franjas, una de dirección Este-Oeste que va desde, aproximadamente, el este de Villacarriedo hasta Panes, en la provincia de Oviedo y la otra de dirección NO-SE que se extienden en la zona occidental de la Comunidad Autónoma.

#### 4.6. Explotaciones de areniscas

##### 4.6.1. Triásico (en Facies Bunt)

Las areniscas triásicas en facies Bunt, son explotadas en varias canteras existentes en las proximidades de Cabezón de la Sal, (CA-1, CA-1a, CA-1b, CA-1a y CA-2) y una existente en las proximidades a Nestares (CA-3).

Las dos primeras pertenecen a la unidad paleogeográfica-estructural de la "Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga", formada por materiales carboníferos y de facies Buntsandstein, cabalgados sobre sedimentos mesozoicos, triásicos, jurásicos y wealdicos, afectándolos en mayor o menor grado en un frente con una longitud superior a los 70 Km.

En su parte occidental, el Buntsandstein está representado por un potente tramo de unos 250 m de espesor, de limolitas rojo vinosas con intercalaciones de areniscas rojizas de grano fino-medio, bien cementadas, estratificadas en capas no mayores al metro, en ocasiones lenticulares con estratificación cruzada. Hacia el este los tramos areniscosos van haciéndose más potentes adquiriendo la típica litología del Buntsandstein.

Las areniscas son principalmente de coloración rojo-vináceo, aunque se encuentran esporádicamente coloraciones grises y amarillentas. Se presenta bien estratificada, en bancos que varían entre los 3-4 cm (lajas) a 1,5-2 m (Figura nº 3).

En las zonas donde los bancos son más potentes se aprovechan para la extracción de bloques y en los que se encuentran finamente estratificados para la de lajas.

Petrográficamente se trata de arcosas con matriz arcillosa, compuestas por cuarzo (≈60%), feldes-

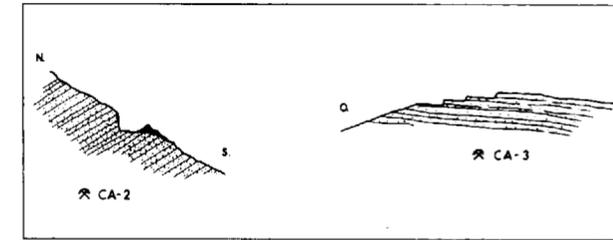


Figura 3 - Corte esquemático de los niveles de areniscas triásicas (F. Bunt) en las proximidades a Cabezón de la Sal.

patos (albita y microclina) (≈25%), fragmentos de roca (pizarras, argilitas, cherts) (≈10%) y mica blanca (≈5%) con una matriz arcilloso-micácea, que representa del 10 al 15% del total de la roca.

La otra cantera que explota las areniscas del Bunt, es la situada en las proximidades de Reinosilla. En esta zona el Triás inferior en facies Buntsandstein alcanza potencias en puntos superiores a los 500 m; en su base se encuentra, asimismo, el típico conglomerado basal en puntos con potencias próximas a los 50 m.

Las areniscas se presentan con características muy semejantes a las anteriores, estratificadas en bancos que oscilan de los 2-3 cm a los 1,5-2 m, e intercalan arcillas y limolitas. La coloración predominante es, asimismo, la rojiza, aunque también se encuentran tonalidades grisáceas y amarillentas. Petrográficamente son arcosas cuyos minerales principales son cuarzo, feldespato y mica blanca, diferenciándose las distintas variedades en la naturaleza de la matriz o cemento, que puede ser desde micáceo-arcilloso hasta silíceo.

##### 4.6.2. Cretácico (en Facies Weald)

Las areniscas cretácicas explotadas en las proximidades de Torrecilla (cantera CA-4) pertenecen al Cretácico inferior, facies Weald, que presenta en esta zona un tramo inicial (unidad detrítica inferior) en el que alternan los tramos de conglomerados, arenas y areniscas, arcillas y limolitas, con una distribución irregular tanto en potencia como en continuidad.

Las areniscas se presentan en tramos con una potencia que oscila entre los 10-15 cm a los 2-3 m y que intercalan niveles arcillosos, así como de arenas o areniscas menos consolidadas.

Tienen generalmente coloraciones amarillentas claras, en puntos marrones oscuras debido a la presencia de óxidos de hierro, en fracturas y/o zonas más porosas, y un tamaño de grano medio bastante poroso.

En la zona de la cantera se presentan buzando unos 35º al S, lo que condiciona la actual disposición de la explotación (ver Fotografía nº 8).

Petrográficamente se clasifican como cuarzoarenitas con cemento ferruginoso constituida, en un 95%, por cuarzo y un 5% por fragmentos de chert. El cemento está constituido por minerales de hierro.

El ensayo de choque térmico ha dado una ligera pérdida en el tono de color, y una pérdida en peso del 0,1205%. Datos facilitados por el Taller de Cantería Aguilar elaboradores de este tipo de piedra, le confieren un peso específico de 2,3 gr/cm<sup>3</sup>, un coeficiente de absorción el 8%, una resistencia mecánica a la compresión de 265 Kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia mecánica a la flexión de 14 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.7.- Posibilidades de expansión

##### 4.7.1. Areniscas

Los niveles geológicos actualmente explotados en la Comunidad Cantabria presentan, como ya se ha apuntado anteriormente, una gran superficie de afloramientos y unas características similares en la mayor parte de ellos, por lo que una explotación más intensiva de los mismos no representaría, en principio, ningún problema.

Puntualmente pueden presentarse dificultades técnicas de aumento excesivo del espesor de los desmontes o mala situación de los frentes, fácilmente subsanables a nivel de reservas geológicas.

Además de estos niveles explotados dentro de la Comunidad Cantabria, existen afloramientos de areniscas en el Carbonífero, Eoceno, Oligoceno y Mioceno. Su explotación no se ha realizado nada más que de forma esporádica.

##### 4.7.2. Calizas

Existen niveles de calizas en el Cámbrico,

Jurásico, Cretácico y Terciarios. De todos ellos hay que destacar las calizas cretácicas que afloran con gran extensión por toda la comunidad y que tienen, por lo tanto, unas grandes reservas. Son generalmente de coloraciones claras, cremas o grisáceas y han sido explotadas, en parte, como roca ornamental una vez pulida y, en parte, como piedra de cantería en los alrededores de Escobedo. Su explotación para este uso sólo está condicionada por factores técnicos de explotación o de viabilidad económica.

## 5.- COMUNIDAD AUTONOMA DEL PAIS VASCO

### 5.1.- Explotaciones activas

En la actualidad no existe dentro del País Vasco ninguna cantera en régimen de explotación regular dedicada exclusivamente a la extracción de piedra de cantería. No obstante, se puede afirmar que aproximadamente entre un 30 y 40% de la producción global de las canteras, cuyo producto esencial es el "bloque" para roca ornamental, se destina a la elaboración de losas para suelos y revestimientos rústicos, bordillos, adoquines, muros, sillares y demás productos encuadrados dentro de la denominación de piedra de cantería.

Las áreas más importantes de explotación de rocas ornamentales, y por lo tanto de piedra de cantería del País Vasco, son las de Markina, Mañaría y Ereño, en Guipúzcoa y Deba, Iciar, Motrico en Vizcaya, donde se extraen las variedades *Negro Markina*, *Rojo Bilbao*, *Rosa* y *Gris Deba* en diversas denominaciones comerciales, *Gris Motrico* y *Gris Paloma*, respectivamente.

Todas estas variedades están caracterizadas y comercializadas principalmente para su uso ornamental, pero conservan igual denominación para los usos como piedra de cantería.

Se puede, asimismo, citar la cantera de "Pizarras" de Arriaran (Beasain) que, aunque se trata de una explotación con escasa producción destinada principalmente a la elaboración de materiales para cuadros eléctricos y mesas de billar, también dedica un porcentaje elevado a escaleras, rodapiés, suelos rústicos y otras aplicaciones.

La producción de piedra de cantería del País

Vasco se estima en unas 10.000 t/año, con un valor a pie de cantera de alrededor de 230 MPTA.

### 5.2.- Niveles geológicos de interés

#### 5.2.1. Complejo Urganiano

Dentro del País Vasco el nivel geológico más importante desde el punto de vista de las rocas ornamentales y de cantería, está constituido, sin lugar a dudas, por las calizas arrecifales de edad Aptense-Albense (Cretácico inferior) pertenecientes al Complejo Urganiano.

En términos generales la serie cretácica está compuesta por un primer tramo de margocalizas, margas y arcillas, con inclusiones calizas y numerosos lentejones de calizas margosas. Sobre él se sitúa el "Complejo Urganiano" constituido por calizas arrecifales y pararrecifales y alternancias de calizas y margas. La separación de estos niveles es, en muchos puntos difícil, debido a la gran cantidad de cambios laterales que presentan. La parte superior del cretácico inferior está constituido por un complejo de tipo flyschoides muy potente formado por alternancia de lechos de areniscas y argilitas más o menos arenosas y cuarzoarenitas.

El cretácico superior está constituido por un conjunto flyschoides semejante al anterior pero en una facies margo-caliza-arenosa.

Las calizas objeto de explotación son las calizas arrecifales del Complejo Urganiano y de edad Aptense-Albense. Se trata de calizas masivas con una recristalización marcada y que presentan una clara estructura arrecifal con numerosos restos de Rudistas y Colorarios, que se caracteriza por presentar frecuentes cambios de potencia y facies, tanto horizontales como verticales, siendo muy difícil la separación cartográfica de las calizas recifales y pararrecifales, que únicamente se diferencian, en que las segundas presentan una estratificación más clara y en ocasiones una composición más detrítica.

Presentan, asimismo, frecuentes intercalaciones carbonosas y/o de arcillas de potencia y continuidad lateral muy variable.

El color es variable, en unas zonas negro intenso, en el que destacan las vetas de calcita y los restos fósiles siendo explotados bajo la denominación de *Negro Markina* o *Negro Mañaría*. En otros puntos la coloración es gris o rosa con diversas tonalidades, comercializándose como *Albi Gris*, *Gris Deba*, *Gris Motrico* o *Gris Paloma* y *Albi Rosa* o *Rosa Deba*. Estas tonalidades se encuentran generalmente mezcladas dentro de la misma zona de explotación.

En algunos puntos presenta coloraciones rojas más intensas (*Rojo Ereño* o *Bilbao*, *Sangre de Toro*) o texturas brechoides (*Brecha Estrella*).

La fracturación es bastante intensa en todo el nivel, complicando enormemente las explotaciones, limitando el tamaño de los bloques y condicionando la existencia de gran número de estériles. Unas veces son fracturas de gran tamaño abiertas en superficie y en otras ocasiones pequeñas diaclasas o "pelos" de forma irregular.

Las canteras para roca ornamental se sitúan, lógicamente, donde la fracturación es menor. Para los productos rústicos, sillares, bordillos, etc., se utilizan los materiales de desecho de estas explotaciones, o bien zonas donde la estratificación es más acusada y permite la extracción de pequeños bloques y losas con mayor facilidad. No obstante este tipo de explotaciones son de pequeño tamaño y funcionan de forma irregular.

La karstificación se encuentra, asimismo, bastante desarrollada en superficie.

#### 5.2.2. Otros niveles de calcáreos

Aparte de esta formación, que es sin lugar a dudas la más importante y la única parcialmente explotada, dentro del País Vasco, afloran niveles calizos del Triásico, Jurásico, Cretácico y Terciario.

##### - Triásico

Las calizas triásicas pertenecen al Muschelkalk y no tienen prácticamente interés dada la pequeña extensión de sus afloramientos.

##### - Jurásico

Las calizas jurásicas afloran en el borde nororien-

tal y tampoco tienen gran extensión. Aparecen estratificadas en bancos no muy potentes acompañadas por niveles calizo-dolomíticos, calizo-margosos y alguno mármoleo. Su color es principalmente gris claro.

##### - Cretácico

Las calizas cretácicas son las que alcanzan una mayor extensión de afloramientos, ya que se encuentran distribuidas por todo el País Vasco. Aparte de las calizas Albenses-Aptenses del Complejo Urganiano anteriormente citadas se encuentran, asimismo, calizas, calizas margosas y calcarenitas dentro del Cretácico Superior, donde aparecen intercaladas dentro de series de margocalizas, areniscas y arcillas.

Pertenecientes al Aptense existen unas calizas de tonos oscuros, preferentemente negros, finamente estratificadas, homogéneas y compactas que presentan un aspecto externo más próximo a una pizarra que a una caliza y que han sido explotadas bajo la denominación de "pizarras" para fabricación de cuadros eléctricos, mesas de billar, así como todo tipo de piezas pequeñas de construcción y revestimiento. La explotación llevada en subterráneo presentaba problemas técnicos que causaron su cierre. No obstante estos materiales pueden ser perfectamente utilizados en los usos que nos ocupan.

##### - Terciario

Dentro de los niveles terciarios se pueden destacar los niveles de calizas margosas y/o areniscas eocenas que se han explotado localmente, por su facilidad de labra, como piedra de sillería.

#### 5.2.3. Areniscas

Las areniscas afloran dentro de niveles pertenecientes al Cretácico y Terciario y han sido igualmente explotadas de forma local como piedra de construcción.

#### 5.2.4. Rocas volcánicas

Dentro del Cretácico superior afloran una serie de coladas basálticas (traquitas, basaltos espiliticos y andesíticos) que aparecen estratificados dentro

del conjunto de areniscas, calizas y arcillas que constituyen la facies flysch.

Presentan colores marrones, violáceos y verdes y unas características apropiadas para su posible utilización como piedra de construcción.

**5.3.- Posibilidades de expansión**

Como ha quedado patente en el apartado anterior las posibilidades de apertura de explotaciones dentro del País Vasco son muy elevadas. Asimismo, las actuales canteras de rocas ornamentales que destinan un porcentaje de su producción al suministro de piedras naturales de construcción, pueden incrementar la misma en el momento en que el mercado se lo demande.

En resumen, puede afirmarse que el principal factor condicionante para la apertura de explotaciones es, al igual que en gran parte del Territorio Nacional, un factor de mercado.

**6.- COMUNIDAD AUTONOMA DE NAVARRA**

**6.1.- Explotaciones activas**

En la actualidad son tres las explotaciones activas de Piedra Natural existentes en la Comunidad Autónoma de Navarra, dos de ellas situadas en el Valle de Baztán, en explotación regular, y la otra, con una explotación intermitente, se sitúa en la parte centro-meridional de la comunidad en las proximidades a la localidad de Pitillas.

En las tres, el material beneficiado es arenisca, que se comercializa bajo las denominaciones de *Piedra del Baztán* y *Piedra de Pitillas*.

La Tabla nº 4 resume sus principales datos.

Tabla 4 - Explotaciones de piedra de cantería de Navarra

N.º	MATERIAL	NIVEL GEOLOGICO	LOCALIDAD (MUNICIPIO)	EXPLOTADOR	N.º Oper.	PRODUCCION ANUAL (Aprox.)	OBSERVAC.
N-1	Arenisca	Mioceno	Santacara	J. González	2	2 cam/día	Intermit.
N-2	Arenisca	Triásico	Baztán	M. Goñi	2	10.000 m <sup>2</sup>	
N-3	Arenisca	Triásico	Elgorriaga	V. Gamio	3	20.000 m <sup>2</sup>	

Además de estas explotaciones que se dedican exclusivamente a la extracción-elaboración de Piedras Naturales de Construcción, hay que reseñar las zonas de Aldaz y Urdax, donde se extraen para su empleo como Roca Ornamental las variedades *Gris* y *Rosa Duquesa* y *Rojo Bidasoa*, pero que, al igual que sucede en otras explotaciones españolas, dedican parte de su producción a la elaboración de solados y revestimientos rústicos, bordillos, sillares, piezas de artesanía y otros productos encuadrados dentro de las Piedras de Construcción.

La producción de piedra de cantería de Navarra es de alrededor de 7.500 t/año, con un valor a pie de cantera de aproximadamente 172 MPTA.

**6.2.- Situación. Accesos**

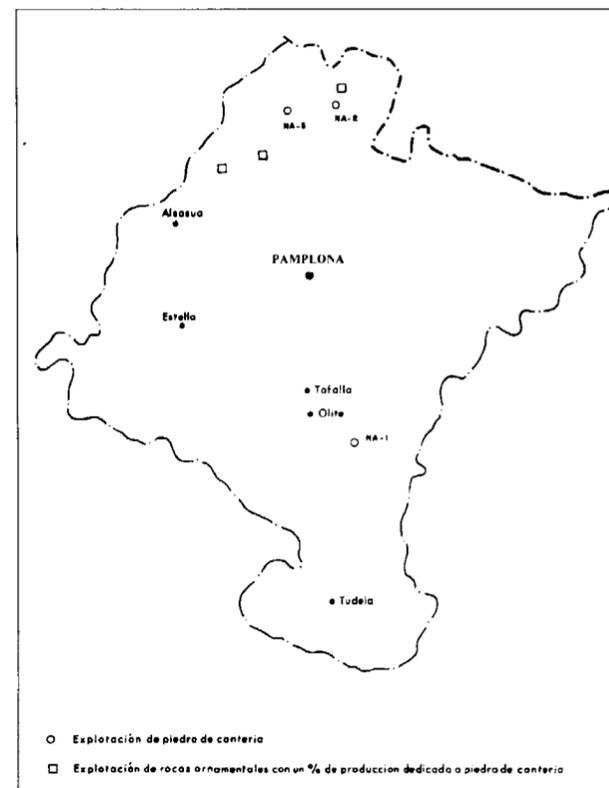
Como ya se ha indicado las dos explotaciones activas se sitúan en la zona noroccidental de la Comunidad Autónoma de Navarra en el Valle del Baztán.

La situación aproximada de estas explotaciones queda reflejada en el Plano nº 5.

**6.3.- Principales características de las explotaciones**

Las tres canteras de piedras de cantería existentes en la Comunidad Navarra son de mediano tamaño, pobremente mecanizadas, y se explotan prácticamente en régimen artesanal, ocupando 2-3 operarios.

La principal diferencia que existe entre ellas es prácticamente el producto obtenido, así en la cantera de la localidad de Santacara (N-1), se obtienen únicamente bloques, que los emplea directamente el propietario, J. González, en las obras que realiza, o los vende al taller de elabo-



Plano 5 - Situación geográfica de la explotación de piedra de cantería de Navarra

ración Mármoles Couceiro situado en la localidad de Pitillas. El material se comercializa bajo la denominación de *Piedra de Pitillas*. En la cantera Legate (N-2) se obtienen indistintamente bloques y lajas-losas irregulares, con predominio de estas últimas, y en la cantera Lachada (N-3) se obtienen únicamente lajas-losas de distintos espesores que tras apilarlos en palets de 1 m<sup>2</sup> de base, los almacena en un terreno de la localidad de Irurita donde, al igual que en el caso anterior, son vendidos directamente, sin mayor elaboración y bajo la denominación de *Piedra del Baztán*.

La primera cantera citada (N-1) trabaja en régimen intermitente siempre que su propio dueño necesita material, mientras que las otras dos se explotan regularmente, aunque la cantera Legate (N-2) tiene su acceso cortado gran parte del año por las condiciones meteorológicas.

En las tres canteras el frente tiene pequeñas dimensiones. En la cantera de Santacara (N-1) se explota un banco de arenisca de aproximada-

mente 1,20 m, mediante el empleo de barrenos contiguos aproximadamente cada 15-20 cm, procediendo posteriormente su separación con pólvora negra, para terminar de recuadrar el bloque, una vez separados mediante cuñas y barrenos. No es necesario la realización de planos de levante por la existencia de superficies de estratificación netamente marcadas, prácticamente horizontales, que facilitan la separación. Sobre este banco de areniscas existe un nivel de areniscas no consolidadas, arenas, margas y limos de aproximadamente 1-2 m en esta cantera, que debe ser desmontado antes de llegar al banco explotable. La poca dureza de los mismos facilita esta operación, que se realiza mediante pala retroexcavadora. La Fotografía nº 9 muestra un aspecto de esta cantera.

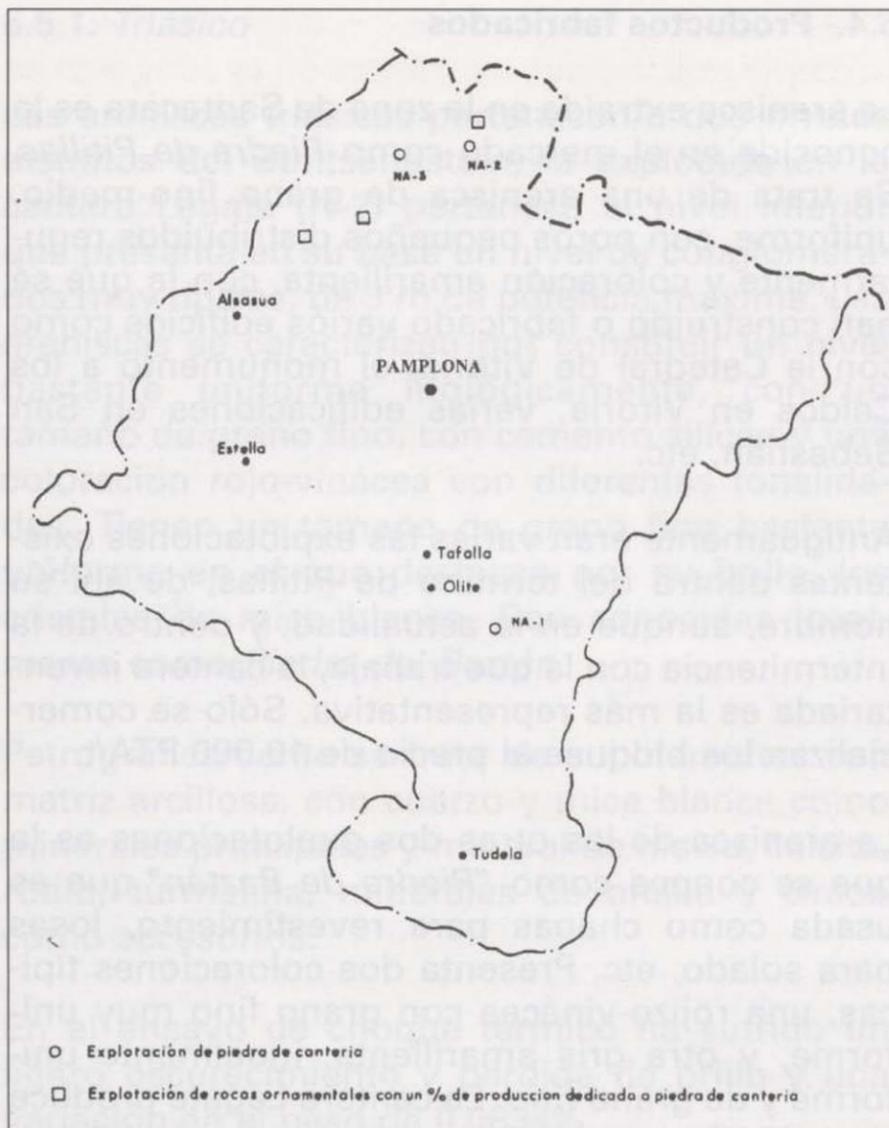


Fotografía 9 - Areniscas terciarias en la zona de Santacara

La cantera Legate (N-2) tiene, a pesar de explotar arenisca triásica, una disposición similar, con una montera de unos 3-4 m de la misma arenisca pero muy fracturada y poco compacta y por lo tanto no utilizable, y bajo ella los bancos de arenisca, en este caso con una mayor potencia, ya que la cantera tiene un frente de unos 3 m y no corta la base del nivel. En el corte de la Figura nº 4 puede observarse la disposición de la cantera.

El método de explotación es igualmente mediante barrenos, cuñas y el empleo esporádico de pólvora negra.

En las proximidades a esta explotación existe otra cantera del mismo dueño en la que se benefician, de forma muy esporádica, los mismos



Plano 5 - Situación geográfica de la explotación de piedra de cantería de Navarra

ración Mármoles Couceiro situado en la localidad de Pitillas. El material se comercializa bajo la denominación de *Piedra de Pitillas*. En la cantera Legate (N-2) se obtienen indistintamente bloques y lajas-losas irregulares, con predominio de estas últimas, y en la cantera Lachada (N-3) se obtienen únicamente lajas-losas de distintos espesores que tras apilarlos en palets de 1 m<sup>2</sup> de base, los almacena en un terreno de la localidad de Irurita donde, al igual que en el caso anterior, son vendidos directamente, sin mayor elaboración y bajo la denominación de *Piedra del Baztán*.

La primera cantera citada (N-1) trabaja en régimen intermitente siempre que su propio dueño necesita material, mientras que las otras dos se explotan regularmente, aunque la cantera Legate (N-2) tiene su acceso cortado gran parte del año por las condiciones meteorológicas.

En las tres canteras el frente tiene pequeñas dimensiones. En la cantera de Santacara (N-1) se explota un banco de arenisca de aproximada-

mente 1,20 m, mediante el empleo de barrenos contiguos aproximadamente cada 15-20 cm, procediendo posteriormente su separación con pólvora negra, para terminar de recuadrar el bloque, una vez separados mediante cuñas y barrenos. No es necesario la realización de planos de levante por la existencia de superficies de estratificación netamente marcadas, prácticamente horizontales, que facilitan la separación. Sobre este banco de areniscas existe un nivel de areniscas no consolidadas, arenas, margas y limos de aproximadamente 1-2 m en esta cantera, que debe ser desmontado antes de llegar al banco explotable. La poca dureza de los mismos facilita esta operación, que se realiza mediante pala retroexcavadora. La Fotografía nº 9 muestra un aspecto de esta cantera.



Fotografía 9 - Areniscas terciarias en la zona de Santacara

La cantera Legate (N-2) tiene, a pesar de explotar arenisca triásica, una disposición similar, con una montera de unos 3-4 m de la misma arenisca pero muy fracturada y poco compacta y por lo tanto no utilizable, y bajo ella los bancos de arenisca, en este caso con una mayor potencia, ya que la cantera tiene un frente de unos 3 m y no corta la base del nivel. En el corte de la Figura nº 4 puede observarse la disposición de la cantera.

El método de explotación es igualmente mediante barrenos, cuñas y el empleo esporádico de pólvora negra.

En las proximidades a esta explotación existe otra cantera del mismo dueño en la que se benefician, de forma muy esporádica, los mismos

niveles con características semejantes, pero con una coloración más roja.

La cantera Lachada (N-3) tiene características similares en sus dimensiones y forma de trabajar. En esta la arenisca buza unos 25° contra la explotación y la montera, igualmente de areniscas no utilizables, tiene un espesor de 4-5 m, mientras que el tramo aprovechado no sobrepasa los 2,5 m. En conjunto tanto el frente como la plaza de cantera son de dimensiones igualmente pequeñas.

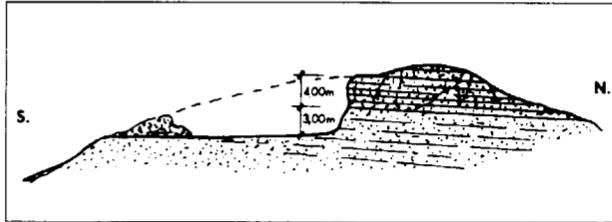


Figura 4 - Corte esquemático realizado en la cantera de Legate (N-2)

La explotación se realiza, asimismo, mediante barrenos, cuñas y el empleo esporádico de explosivos.

El impacto medioambiental causado por estas explotaciones es diferente de unas a otras: en la de Santacara (N-1) no existen problemas dignos de mención, pues está muy escondida y la vaguada que hay a su pie sólo lleva agua en contadas ocasiones, con lo que no existe contaminación. Por otra parte, como de ella sólo se extraen bloques, sin más elaboración, los desperdicios tampoco son abundantes, prácticamente sólo de montera y no ocupan espacios excesivos.

Las otras dos canteras producen un impacto visual importante: la Legate (N-2) se ve a muchos kilómetros de distancia y, además, el escombros producido que es considerable, pues se suma el de la explotación y el de la elaboración del material, es tirado ladera abajo afectando a cotas muy bajas.

Igual puede decirse sobre la cantera Lachada (N-3) aunque en menor proporción, pues sus dimensiones son inferiores y la cota de trabajo es menor.

#### 6.4.- Productos fabricados

La arenisca extraída en la zona de Santacara es la conocida en el mercado como *Piedra de Pitillas*. Se trata de una arenisca de grano fino-medio, uniforme, con poros pequeños distribuidos regularmente y coloración amarillenta, con la que se han construido o fabricado varios edificios como son la Catedral de Vitoria, el monumento a los Caídos en Vitoria, varias edificaciones en San Sebastián, etc.

Antiguamente eran varias las explotaciones existentes dentro del término de Pitillas, de ahí su nombre, aunque en la actualidad, y dentro de la intermitencia con la que trabaja, la cantera inventariada es la más representativa. Sólo se comercializan los bloques al precio de 10.000 PTA/t.

La arenisca de las otras dos explotaciones es la que se conoce como "*Piedra de Baztán*" que es usada como chapas para revestimiento, losas para solado, etc. Presenta dos coloraciones típicas, una rojizo-vinácea con grano fino muy uniforme, y otra gris amarillenta, igualmente uniforme y de grano fino. La cantera Legate produce unos 10.000 m<sup>2</sup> anuales, en espesores de 1-3 cm, 2-4 cm y 4-7 cm que vende en palets en los que caben de 20-32 m<sup>2</sup>, con un precio medio de 7.000 PTA/m<sup>2</sup> a pie de cantera; los bloques que puedan extraerse se venden a 8.000 PTA/t.

La cantera Lachada vende los mismos productos que la anterior en espesores de aproximadamente 3 a 6 cm, con un precio de venta de 800 PTA/m<sup>2</sup> puestos los palets en la Campa de Trurita, ó 1.000 PTA/m<sup>2</sup> si se los lleva el propietario en su camión.

La *Piedra de Baztán* tiene una gran aceptación en Francia, que es donde se vende prácticamente toda la producción de sus canteras, si bien cada vez es más conocida y apreciada en España.

#### 6.5.- Niveles geológicos explotados

Los niveles geológicos explotados en la actualidad como piedra de cantería en la Comunidad Navarra son los siguientes:

Areniscas

- Terciario: Mioceno inf-med. Piedra de Pitillas
- Triásico: Facies Buntsandstein. Piedra del Baztán

#### 6.5.1. Triásico

Las areniscas triásicas pertenecen a dos niveles distintos del Buntsandstein, la explotada en la cantera Legate (N-2) pertenece al nivel inferior que presenta en su base un nivel de conglomerados muy típicos, de 3 m de potencia máxima. Las areniscas se caracterizan por constituir un nivel bastante uniforme litológicamente, con un tamaño de grano fino, con cemento silíceo y una coloración rojo-vinácea con diferentes tonalidades. Tienen un tamaño de grano fino bastante uniforme en el que destacan por su brillo, los cristales de mica blanca. Son conocidas localmente como *Piedra del Baztán*.

Petrográficamente se trata de sublitarenitas con matriz arcillosa, con cuarzo y mica blanca como minerales principales y mineral de hierro, calcita, rutilo, turmalina, minerales de arcilla y circón como accesorios.

En el ensayo de choque térmico ha sufrido un ligero oscurecimiento y pérdida de brillo y una variación en el peso de 0,0834%.

La potencia total de esta formación puede ser superior, en algunos puntos, a los 100 m, aunque en el área de la cantera el nivel explotable tiene unas dimensiones de unos 10-20 m. Dentro de esta formación los materiales finos, limos y algo de arcilla, están prácticamente ausentes y sólo hay algún nivel de unos 20 cm como máximo que no suele tener gran extensión lateral.

Las areniscas se presentan estratificadas en bancos con una potencia irregular que oscila, generalmente, entre los 10 cm y los 1,5 m. Las superficies de estratificación suelen ser muy irregulares, abundando los niveles erosivos. Son frecuentes las estructuras de estratificación cruzada, laminaciones, etc., que introducen un elemento de irregularidad dentro de la formación. Es de destacar el contenido en micas que suele disponerse en planos paralelos a la estratificación y que facilita enormemente su lajamiento.

En el nivel superior a este, perteneciente al Buntsandstein medio-superior, se explota en la cantera Lachada (N-3). En este caso las areniscas se presentan alternantes con niveles de areniscas fácilmente deleznable, limos y arcillas. La poten-

cia de estas alternancias varía de 1 a 10 m. En el conjunto predominan las areniscas de coloraciones rojizas, aunque en varias zonas, como es el caso de esta cantera, se encuentran areniscas grisáceas. El tamaño de grano es fino-medio bastante uniforme, aunque son frecuentes todas las estructuras típicas de este tipo de rocas. En la zona de la explotación las areniscas se presentan con una dirección N 35 E y buzamiento 15 E, contrario al frente de cantera.

La fracturación es irregular a nivel de afloramiento. Se encuentra generalmente más marcada en el piso inferior que en el superior, donde los bancos de areniscas son algo más gruesos. El nivel se encuentra cortado por numerosas fallas normales e inversas.

#### 6.5.2. Terciario

La cantera de Santacara (N-1) beneficia una arenisca de edad miocena, granuda, de color crema o beige, que aflora en bancos métricos en disposición prácticamente horizontal, intercalados entre capas de arcillas y limos. Esta disposición hace que al erosionarse más fácilmente estos tramos, aparezcan las areniscas en las zonas más altas. El nivel de la cantera tiene una potencia de 1,2 m estando coronado por estratos de arcillas, margas y limos.

En la Fotografía nº 9, puede observarse la disposición de los niveles de areniscas en esta cantera, así como la relación entre el banco explotado y la montera.

La fracturación es prácticamente nula, estando limitado el tamaño de los bloques por las superficies de estratificación.

Se trata petrográficamente de litarenitas formadas por clastos subangulosos de tamaño arena fina-media de cuarzo (≈25%), líticos de cherts y argilitas (≈15%) y carbonatados. El cemento carbonatado es escaso, siendo frecuentes los minerales accesorios de alteración (caolines, micritas, glauconita).

En el ensayo de choque térmico se ha observado un ligero oscurecimiento y potenciación de los puntos blanquecinos y una ligera variación en peso.

### 6.6.- Posibilidades de expansión

En principio no existe ninguna característica negativa que limite el posible incremento de producción de las explotaciones actualmente activas. Puntualmente, puede surgir algún pequeño problema técnico, debido principalmente al aumento del espesor de los recubrimientos, o al impacto visual de las explotaciones.

Igualmente los niveles explotados en la actualidad presentan potencia, corrida y afloramientos con posibilidades para instalación de nuevas explotaciones.

Los niveles de areniscas en Facies Bunt se extienden en toda la zona noroccidental de la comunidad, siendo abundantes en los alrededores a las explotaciones actuales. La implantación de nuevas explotaciones no representaría, en principio, ningún problema.

La explotación "Legate" (N-2) puede tener problemas por el gran impacto visual que produce, y dada su posición topográfica, deberá iniciar la explotación a un nivel a cota inferior una vez acabado el actual.

En la explotación "Lachada" (N-3) los problemas pueden surgir por el aumento relativo de los materiales a desmontar conforme avanza la explotación, lo que puede acarrear un aumento de los costes. Como ya se ha indicado no parecen existir dificultades para la situación de un frente alternativo.

Un comentario similar puede hacerse para las areniscas terciarias, con numerosos afloramientos, en toda la zona central de la comunidad. En el área próxima a la actual explotación son numerosos los valles con afloramientos similares al actualmente explotado, por lo que su aprovechamiento más intensivo no parece difícil.

Además de estos niveles actualmente en explotación, existen dentro de la Comunidad Autónoma de Navarra otros susceptibles de ser explotados

como piedra de cantería. Pueden citarse, por ejemplo, los niveles existentes en la zona noroccidental, continuación de los que afloran en el País Vasco. Entre los que se pueden destacar los Mármoles del Devónico superior-Carbonífero inferior de Lesaca-Yanci, que tienen una coloración blanco grisácea y han sido utilizados localmente.

Igualmente al Norte del Valle del Baztán, existen una serie de niveles del Devónico Med-Sup que se presentan con una estratificación muy marcada y que podrían ser utilizados como piedra de construcción rústica, dada su facilidad de extracción.

Los niveles jurásicos y cretácicos, son asimismo susceptibles de explotación. Cabe citar los niveles de mármol gris claro blanco existentes en Leiza, Escurra, Erasun, Igoa y que han sido puntualmente explotados como roca ornamental y/o de cantería, así como los mármoles grises de Almandoz.

Los mármoles rojos de Aldaz pertenecientes a la facies urgoniana (Aptense-Albense), muy semejantes al *Rojo Ereño*, también han sido localmente utilizados.

Dentro de la potente serie carbonatada del Macizo de Quinto Real, donde aparecen las magnesitas, existen niveles dolomíticos muy cristalinos de coloración negra, con vetas blancas que han sido utilizados localmente, en construcciones rústicas, así como en pequeñas labores de artesanía (chimeneas, mesas, etc.).

Aunque dentro de la Comunidad Navarra existen afloramientos de granito y pizarras estos materiales no han sido utilizados para la construcción, ni siquiera a nivel local.

### REFERENCIAS

ITGE. Centro de Documentación. *Potencial Minero de los Recursos de Piedra Natural para la Construcción*. Informe inédito. 1994.

Original recibido: Junio 1996.  
Original aceptado: Diciembre 1996.

# INFORMACION

## MEMORIA SOBRE LA ORGANIZACION, DESARROLLO Y TRABAJOS REALIZADOS EN EL XLII CAMPAMENTO PARA PRACTICAS DE GEOLOGIA "PIRINEO CENTRAL 1996"

Por L. M.<sup>º</sup> RIOS, J. M. CHARLET y F. BODEGA

### INTRODUCCION

Del 3 al 22 de Julio de 1996 transcurrió el Campamento de Geología en el Pirineo, ya en su 42ª versión (cf. J.M.<sup>º</sup> Ríos García, 1955).

Con bases sucesivamente en Hecho, Morillo de Tou y Benasque, fuimos recorriendo otras tantas transversales de la vertiente sur del Pirineo Central.

Las tareas de investigación que nos fueron encomendadas desde 1973, en esta región, al Grupo de Geología de la Escuela T. S. de Ingenieros de Minas (Universidad Politécnica de Madrid), con la jefatura del primero de los firmantes de esta nota, completaron 6 Hojas del Mapa Geológico Nacional escala 1/50.000 y partes sustanciales de otras (cf. L.M.<sup>º</sup> Ríos Aragüés *et al.*, 1991). La última de éstas fue la Hoja 180-Benasque que se entregó terminada en 1991.

Desde el XXXV Campamento en 1989 esta actividad, que anteriormente se realizaba desde una base fija, se hizo itinerante con cambios de alojamiento para cubrir las transversales antes indicadas. De modo que (cf. L.M.<sup>º</sup> Ríos Aragüés *et al.*, 1991) actualmente ha venido a ser un cursillo sobre el terreno en el que la Geología se muestra y se aprende en preciosos aflora-

mientos y magníficas panorámicas, al mismo tiempo que se proponen al alumno algunos problemas y ejercicios a realizar personalmente sobre objetos reales.

La vertiente sur del Pirineo Central es un escenario modélico para estos propósitos. Así se puede obtener en el propio campo una comprensión de procesos y fenomenología patentes en los terrenos del ciclo alpino (cuencas pre-tectónicas marinas de medio profundo o de plataforma, y cuencas molásicas posteriores), así como los que afectaron a los materiales de ciclo hercínico en el basamento, incluyendo sus granitos y metamorfismo.

Este año llegó a haber 28 solicitudes para 16 plazas previstas, con una lista de espera por lo tanto de 12 aspirantes. Finalmente los alumnos participantes han sido 12 de la Escuela de Minas de Madrid y 4 de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid. Esta composición en el alumnado ha sido de lo más beneficiosa para el mutuo estímulo y convivencia, logrados en un excelente ambiente de sano humor y compañerismo.

Pocos días antes de su incorporación al Grupo, el profesor Charlet estando con su martillo y lupa estudiando un nuevo afloramiento en el valle de

Benasque, sufrió una aparatosa avalancha de piedras que pudo serle fatal. Aunque con una brecha en la cabeza y otras lesiones menores, y tras su traslado, internamiento y observación en el hospital del INSALUD de Zaragoza volvió al cabo de unos días a terminar su estancia en Benasque. Todavía a principios de Septiembre, soportaba un enyesado parcial de su mano derecha para terminar de curar una rotura del dedo meñique.

A pesar del percance, aún tuvo ánimos Jean Marie Charlet de darnos una brillante conferencia sobre el macizo granítico de La Maladeta-Bohí, didácticamente ilustrada con numerosas diapositivas, que mereció nutridos aplausos. Esta vez, no obstante, no pudimos gozar de su compañía y enseñanzas en el campo. Queremos dedicarle este año un especial agradecimiento así como a la señora Charlet copartícipe del susto.

Desde el punto de vista logístico contamos con el muy estimable apoyo del Instituto Tecnológico GeoMinero de España que nos prestó un todo-terreno de ocho plazas más conductor, en la persona de Antonio Lara veterano ya de anteriores campamentos siempre atento y dispuesto.

Julián Vega Esteban, Maestro de

Laboratorio, cumplió una vez más una importante labor de secretariado: correspondencia, contabilidad, preparación de material documental e instrumental, etc.

José Miguel Galera y Daniel Baretino no pudieron asistir como en otras ocasiones, debido a sus ocupaciones de trabajo. Sin embargo sabemos que contamos con su apoyo moral así como el de Fernando Bodega.

Para los que proseguimos esta actividad docente voluntaria, es una inyección de moral el recibir el aliento y ánimo por parte del alumnado que "otro año más" concurre. Al filo del difícil equilibrio entre la humildad y la falsa modestia, no hay quien se resista a transcribir algunas de las dedicatorias-recuerdo que es costumbre intercambiar en la cena de despedida:

- Muchas gracias por enseñarnos tanto en tan poco tiempo.
- Ha sido toda una experiencia increíble. Y además nos hemos conocido un poco Geólogos e Ingenieros de Minas, cosa que hacía falta. Muchas gracias.
- ¡Enhorabuena por un Campamento tan didáctico como divertido!
- ¡Que éste Campamento dure otros 42 años!

El importe de los gastos de este Campamento, una vez cerradas las cuentas, es de 1.996.787.-ptas que dividido entre dieciséis resulta un costo de 124.799.-ptas por alumno.

Por ello es esencial el apoyo por parte de la Escuela y del Instituto Tecnológico Geominero de España así como de las Empresas que vienen contribuyendo sustancialmente con su ayuda, para que el costo de matriculación del alumno sea sufragado en una parte importante de esa cantidad.

Vaya nuestro agradecimiento a todas las personas y entidades, aun las no mencionadas, que de un modo u otro hacen posible que estas actividades prosigan.

#### DESARROLLO DEL CAMPAMENTO.

**1º día. Miércoles 3.** Recepción y alojamiento en Hecho.

**2º día. Jueves 4.** Jornada de aclimatación a la montaña tras el período de exámenes finales. Recorrido por el valle del río Aragón Subordán. Dispositivo discordante de la cuenca pérmica intramontañosa tardihercínica y composición de su serie estratigráfica. Carbonífero plegado infradiscordante: calizas basales y facies Culm. Aspectos de la morfología del valle. Comida de *pic-nic* en la Selva de Oza.

Siguiendo aguas abajo, travesía por el cañón en la serie calcárea del Cretáceo Superior y Paleoceno; sus rasgos más sobresalientes. Continuación por el flysch eoceno hasta las proximidades de San Pedro de Siresa: dentro del flysch, megacapa calcárea con base olistotrómica.

**3º día. Viernes 5.** Empezando por las molas del ciclo alpino más externas: conglomerados miocenos de Riglos y su discordancia basal en la ladera sur de las Sierras Marginales borde de la cuenca del Ebro. Recorrido por el sinclinorio en capas continentales fluviales del Oligoceno desde el embalse de La Peña hasta el puerto de Peña Oroel.

**4º día. Sábado 6.** Facies transicionales de continental a marinas en el Eoceno Superior entre Puente La Reina y Jaca. Cerca de Atares, sección de cono-abanico de desembocadura de canal de delta (considerable PIG, "punto de interés geológico" merecedor de protección). Margas marinas "azules" de la Canal de Berdún. Subida a la cota 2000 m en el flanco sur del macizo del Aspe, en las Sierras Surpirenaicas, esculpido en la serie estratigráfica de Cretáceo Superior y Calizas de base del Terciario. Sección panorámica por el valle de Ip y Collarada. Introducción a las fases tectónicas de plegamiento coetáneas del corrimiento de la Unidad de Gavarnie en cuya continuación nos encontramos.

Flysch eoceno con enormes olistolitos dispersos en el paisaje, prolongación de la megacapa vista el primer día en el valle de Hecho.

Estudio de un tramo de serie turbidítica y de la secuencia unitaria tipo. Introducción al análisis de cuencas de tipo flysch.

**5º día. Domingo 7.** Por la mañana en el Hostal construcción por equipos del corte tectónico escala 1/100.000 a través del Oligoceno según las anotaciones del Viernes anterior. Entrenamiento en el uso de los pares estereoscópicos de foto aérea.

Por la tarde descanso discrecional. Visita optativa al monasterio románico de San Juan de la Peña.

**6º día. Lunes 8.** Carretera de Aragüés del Puerto. Ejercicio por equipos para levantar dos segmentos de corte transversales a los pliegues en el flysch: sendos diferentes estilos de pliegues. Utilización de polaridades estructural y sedimentológica de capas. Adecuación del detalle de las descripciones a la escala pedida para su representación final.

Comida en Hecho y, por la tarde, dibujo de los cortes a escala 1/2500, con aplicación a la previsión geométrica de la profundidad de posibles objetivos.

**7º día. Martes 9.** Subida, desde el valle de Aragüés del Puerto, a pie (400 m) al collado del Foratón al Sur del macizo del Visaurín. Ejercicio de cartografía geológica, directamente sobre fotografías aéreas de los flancos meridionales de los macizos, en materiales cretáceo-paleocenos, de Agüerri, Visaurín y Bernera. El tiempo nos acompaña con un espléndido día. De bajada entramos en el cañón de la parte alta del valle para ver de cerca uno de los cabalgamientos que constituyen el apilamiento tectónico de la Sierra.

**8º día. Miércoles 10.** Cambio de base. Viaje de traslado a Morillo de Tou. En el camino, breve entrada al Valle de Tena. Visión panorámica, desde los pastizales altos de Piedrafita, del conjunto de sus principales rasgos geológicos. Picos del plutón granítico de Panticosa; pliegues hercínicos en el Devoniano de la Montaña del Verde y del monte Mandillar; Cretáceo Superior discordante de la Sierra de Tendeñera.

Comida de *pic-nic* en el aparcamiento del cañón de Ordesa. Introducción a la tectónica de mantos. Unidad de Monte Perdido sobre Unidad de Gavarnie

mediante superficie de cabalgamiento bien visible a la entrada del valle.

Prosecución del viaje por Fanlo y Buerba. Con luz de tarde, vista panorámica hacia el Este a la superposición de la Unidad del Cotiella sobre la Unidad de Monte Perdido-Boltaña.

**9º día. Jueves 11.** Descanso a discreción.

**10º día. Viernes 12.** En el río Cinca, análisis y significado de las mini-discontinuidades en el Bunt basal de la parte trasera de los mantos de corrimiento.

Visita al valle de Pineta. En Espierba: constatación de la conjunción de las respectivas bases tectónicas de las Unidades de Monte Perdido y de Gavarnie en su descenso hacia el Sur. Subida (200 m) a la pequeña ventana tectónica correspondiente al circo de La Larri (PIG muy considerable); autóctono de Gavarnie: migmatitas.

Al atardecer, ya de regreso a Morillo y en su aula, charla sobre el Pirineo desde el punto de vista geológico: "su estructura como consecuencia de su historia sedimentaria durante el ciclo alpídico".

**11º día. Sábado 13.** Río Ara. Flanco oeste del anticlinal de Boltaña prolongación continua de la Unidad de Monte Perdido: discordancia progresiva al formarse el anticlinal en el Eoceno medio y visita a parte del abanico de serie correspondiente. Pliegues de eje vertical senestros en las margas de Jánovas. Debate sobre su explicación.

Ida a Yeba. Calizas de plataforma marina cuiense (1000 m) verticalizadas en el flanco oeste del anticlinal de Boltaña: talud de erosión borde sur de la cuenca del flysch en sus inicios (durante unos 1900 m de turbiditas) hasta la sedimentación de la "serie del tipo Bolave-Mondiciero" de la Hoja de

Broto (cf. L.M.<sup>a</sup> Ríos Aragüés *et al.*, 1978-1980).

**12º día. Domingo 14.** Cañón de Añisclo. Recorrido a pie por la cuerda divisoria de aguas entre el río Vellos (Añisclo) y el rincón de Escuaín. Cuello Viceto: relaciones de antecedenencia entre las miniestructuras ("esquistosidad" de disolución) ligadas a la fase Monte Perdido-Boltaña y a la fase Gavarnie. Pared oriental del macizo de las Tres Sorores en la cabecera del Cañón de Añisclo: estudio de su estructuración por equipos.

**13º día. Lunes 15.** Cambio de base. Traslado a Benasque. En el camino, travesía de la potente serie del Cretáceo Superior de la Unidad del Cotiella con el flysch campano-maestrichtense, brecha de Campo, y calizas de Aguasalenz. Parada en Seira: vista hacia el circo de Armeña del gran anticlinal girado a sinforme sobre la superficie de corrimiento del manto, y en la base y en continuidad con la serie de la Unidad del Cotiella, que acabamos de atravesar descendiendo estratigráficamente.

Visita al collado de Sahún: panorámica introductoria a la Alta Cadena (Paleozoico y macizos graníticos hercínicos del basamento).

**14º día. Martes 16.** Pista por el Siluriano y Devoniano al N del pueblo de Cerler, flanco sur volcado del anticlinorio de la Sierra Negra. Criterios de polaridad tectónica; necesidad de dos fases de deformación.

Por la tarde, charla introductoria al ciclo hercínico en el Pirineo Central: rasgos estratigráficos, estructurales y su relación con los granitos.

Planteamiento del ejercicio del día siguiente.

**15º día. Miércoles 17.** Corte de las estructuras en el Devoniano, ascendiendo a pie 400 m por la cuerda al Norte del collado de Gelada divisoria

de aguas entre los ríos Noguera Ribagorzana y Noguera de Tort.

Por la tarde, en Benasque, dibujo del corte por cada equipo.

**16º día. Jueves 18.** Descendemos a cotas bajas para visitar afloramientos escogidos entre las facies deltáicas y fluviales del Eoceno surpirenaico. Ríos Esera, Isábena y Noguera Ribagorzana. Hace calor.

Por la tarde, conferencia del profesor Charlet sobre la Geología de los macizos graníticos de La Maladeta y Bohí y las facies del metamorfismo de contacto.

**17º día. Viernes 19.** Macizo de La Maladeta. Recorrido por el río Vallibierna desde el contacto sur del macizo, en el final de la pista, hasta el lago superior de Vallibierna cortando las diferentes facies de la estructura zonada-concéntrica del macizo.

**18º día. Sábado 20.** Alto río Isábena. Serie del Devoniano tipo Baliera. Interferencia cartográfica de pliegues y control de las mini-estructuras correspondientes.

Por la tarde, dibujo sobre *estereonet* de las medidas y estimación del buzamiento del flanco inverso del gran pliegue, previo, de la fase principal.

**19º día. Domingo 21.** Por la mañana, visita a la serie jurásica de la cuenca de Graus-Tremp (corte de Bonansa) y de sus dolomías fértidas como las productoras de gas en la cuenca de Aquitania. Visita y estudio del anticlinal zambullente de Las Paules, (zona geológica de los Noguerras). Evidencia de tectónica rotacional intracutánea durante el deslizamiento de los mantos de corrimiento surpirenaicos.

Por la tarde, recogida del material. Cena de despedida.

**20º día. Lunes 22.** Salida de Benasque y respectivos retornos.

# NOTICIAS

## Emilio Custodio Gimena

### Director General del Instituto Tecnológico Geominero de España

A propuesta de la Ministra de Medio Ambiente y previa deliberación del Consejo de Ministros, en su reunión del día 14 de Febrero de 1997, fue aprobado el Real Decreto 230/1997 mediante el cual se nombró Director General del Instituto Tecnológico Geominero de España a D. Emilio Custodio Gimena.

Emilio Custodio, Dr. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña, titular de la Cátedra de Hidrología Subterránea adscrita al Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartografía Geológica y Minera en la E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, y funcionario del Cuerpo de Ingenieros Industriales del MOPU, ha dedicado más de 33 años de vida profesional a la enseñanza y a la investigación científica y técnica, como lo demuestra su participación, en los últimos 10 años, en más de 22 proyectos y numerosas publicaciones de artículos en revistas de reconocido prestigio, además

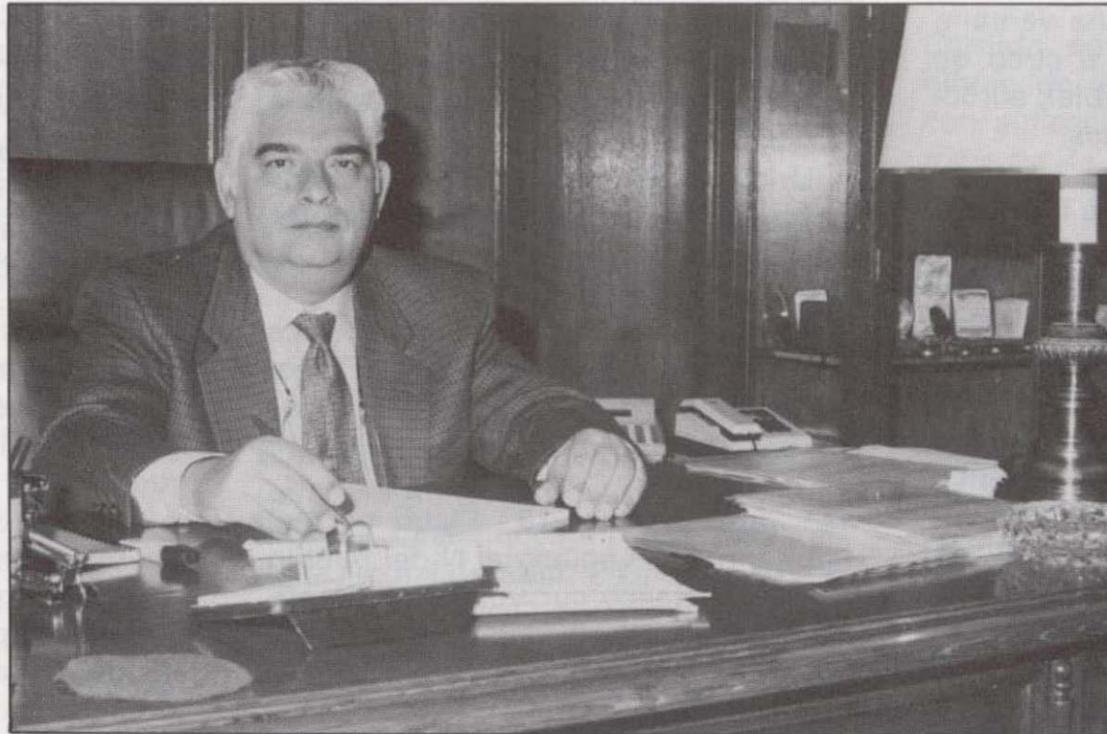
de ser autor y editor de varios libros; asimismo ha participado y organizado nueve congresos nacionales e internacionales e impartido varias conferencias y cursos durante sus estancias en centros extranjeros.

Como docente e investigador ha dirigido 11 tesis doctorales y ha colaborado en el Curso Internacional de Hidrología Subterránea, siendo Director durante 15 años y Coordinador de la fundación

privada Universitaria Centro Internacional de Hidrología Subterránea.

Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales desde 1989; en 1995 fue nombrado Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina); Gestor del Programa Nacional de Recursos Hídricos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) desde 1996, miembro de la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos y de la Asociación Española de Hidrología Subterránea, de la cual fue presidente durante 4 años, entre 1983 y 1993 fue miembro del Comité Asesor del Instituto Europeo.

Desde estas páginas, nuestros mejores deseos a D. Emilio Custodio Gimena en la Dirección de un Organismo de casi 150 años de historia dedicados íntegramente al estudio de las Ciencias de la Tierra y le damos nuestra sincera enhorabuena.



### Euromin'97: Los Minerales Industriales en el Mercado Europeo

El Instituto Tecnológico Geominero de España, está colaborando con la prestigiosa organización internacional Industrial Minerals Information Ltd. en la organización de **Euromin'97: Los Minerales Industriales en el Mercado Europeo**, conferencia internacional a celebrar en Barcelona, del 8 al 11 de Junio de 1997.

**Euromin'97** será un foro para productores y consumidores de minerales y rocas industriales, donde presentar y debatir las tendencias actuales del sec-

tor, a la par que una oportunidad única para reunirse con suministradores, clientes, investigadores y amigos y establecer nuevas relaciones y contactos comerciales. Su carácter fundamentalmente europeo no excluye la asistencia de empresarios de todo el mundo, como es habitual en este tipo de conferencias técnico-comerciales.

El variado programa incluye 20 ponencias, presentadas por expertos en minerales industriales de reconocido prestigio internacional, durante dos días y

medio. Tras las conferencias se organizarán dos mesas redondas sobre Planificación del Territorio y la Gestión del Medio Ambiente y su impacto en el futuro de la minería en Europa y Normalización y Certificación en el sector de las Rocas y Minerales Industriales. El idioma oficial de la conferencia será el inglés. Se contará con traducción simultánea al español. Tras el congreso se harán una serie de viajes a minas y fábricas de interés relevante. Simultáneamente a la conferencia se celebrará una exposición para la promoción de productos y actividades empresariales.

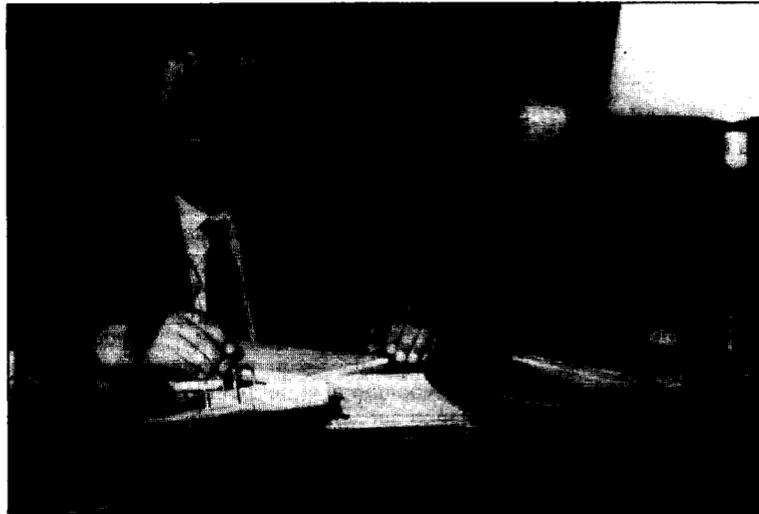
## NOTICIAS

**Emilio Custodio Gimena**

**Director General del Instituto Tecnológico Geominero de España**

A propuesta de la Ministra de Medio Ambiente y previa deliberación del Consejo de Ministros, en su reunión del día 14 de Febrero de 1997, fue aprobado el Real Decreto 230/1997 mediante el cual se nombró Director General del Instituto Tecnológico Geominero de España a D. Emilio Custodio Gimena.

Emilio Custodio, Dr. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña, titular de la Cátedra de Hidrología Subterránea adscrita al Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartografía Geológica y Minera en la E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, y funcionario del Cuerpo de Ingenieros Industriales del MOPU, ha dedicado más de 33 años de vida profesional a la enseñanza y a la investigación científica y técnica, como lo demuestra su participación, en los últimos 10 años, en más de 22 proyectos y numerosas publicaciones de artículos en revistas de reconocido prestigio, además



### Euromin'97: Los Minerales Industriales en el Mercado Europeo

El Instituto Tecnológico Geominero de España, está colaborando con la prestigiosa organización internacional Industrial Minerals Information Ltd. en la organización de **Euromin'97: Los Minerales Industriales en el Mercado Europeo**, conferencia internacional a celebrar en Barcelona, del 8 al 11 de Junio de 1997.

**Euromin'97** será un foro para productores y consumidores de minerales y rocas industriales, donde presentar y debatir las tendencias actuales del sec-

tor, a la par que una oportunidad única para reunirse con suministradores, clientes, investigadores y amigos y establecer nuevas relaciones y contactos comerciales. Su carácter fundamentalmente europeo no excluye la asistencia de empresarios de todo el mundo, como es habitual en este tipo de conferencias técnico-comerciales.

Como docente e investigador ha dirigido 11 tesis doctorales y ha colaborado en el Curso Internacional de Hidrología Subterránea, siendo Director durante 15 años y Coordinador de la fundación

privada Universitaria Centro Internacional de Hidrología Subterránea.

Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales desde 1989; en 1995 fue nombrado Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina); Gestor del Programa Nacional de Recursos Hídricos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) desde 1996, miembro de la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos y de la Asociación Española de Hidrología Subterránea, de la cual fue presidente durante 4 años, entre 1983 y 1993 fue miembro del Comité Asesor del Instituto Europeo.

Desde estas páginas, nuestros mejores deseos a D. Emilio Custodio Gimena en la Dirección de un Organismo de casi 150 años de historia dedicados íntegramente al estudio de las Ciencias de la Tierra y le damos nuestra sincera enhorabuena.

Desde estas páginas, nuestros mejores deseos a D. Emilio Custodio Gimena en la Dirección de un Organismo de casi 150 años de historia dedicados íntegramente al estudio de las Ciencias de la Tierra y le damos nuestra sincera enhorabuena.

Tras las conferencias se organizarán dos mesas redondas sobre Planificación del Territorio y la Gestión del Medio Ambiente y su impacto en el futuro de la minería en Europa y Normalización y Certificación en el sector de las Rocas y Minerales Industriales. El idioma oficial de la conferencia será el inglés. Se contará con traducción simultánea al español. Tras el congreso se harán una serie de viajes a minas y fábricas de interés relevante. Simultáneamente a la conferencia se celebrará una exposición para la promoción de productos y actividades empresariales.

## The Carboniferous of the World, III: The former USSR, Mongolia, Middle Eastern Platform, Afghanistan & Iran

Acaba de aparecer el tercer tomo de esta serie patrocinada por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), con el número 33 de las publicaciones de la IUGS. La publicación es una coedición del Instituto Tecnológico Geominero de España y el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Leiden, Holanda.

La serie sobre "The Carboniferous of the World" se inició en 1983 con motivo del 10º Congreso Internacional sobre Estratigrafía y Geología del Carbonífero que se celebró en Madrid, y fue iniciativa del Ingeniero de Minas y Micro-paleontólogo Carlos Martínez Díaz quien tuvo la feliz idea de aprovechar la efeméride y el considerable interés que suscitaba la estratigrafía del Carbonífero en España para involucrar a la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Carbonífero que se iba a reunir en Madrid con motivo del congreso. Efectivamente, la Subcomisión aceptó el reto y asumió el compromiso de organizar los equipos internacionales que tenían que facilitar la información científica. La edición de los libros corría a cargo del entonces Instituto Geológico y Minero de España y de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones

Mineras (ENADIMSA). Desaparecida esta, fue el Nationaal Natuurhistorisch Museum de Holanda el que asumiera la coedición junto con el ITGE de este III volumen.

La tarea de organizar los equipos que facilitaban la información científica recayó en R.H. Wagner y C.F. Winkler Prins por parte de la Subcomisión y en L.F. Granados en sustitución de Carlos Martínez, cuando éste cayó gravemente enfermo en 1983. Se tomó la decisión de dividir el mundo en cuatro grandes áreas para los tomos correspondientes, es decir, China, Corea, Japón y el Sureste asiático para el tomo I, las partes constituyentes del Continente Gondwánico (Australia, India Peninsular, África, Suramérica) para el II, la ex URSS, Mongolia, Afganistán, Irán y Oriente Medio para el III, y el grueso de Europa, Asia Menor y Norteamérica para el IV. Después habrá un volumen de síntesis.

El tomo I salió en 1983 con motivo del Congreso en Madrid. La eficaz ayuda de la Sociedad Geológica de China facilitó sobremanera la tarea de coordinar la información sobre el inmenso territorio implicado. Para el resto del tomo I, y

### Panorama Minero 1994-95

Fiel a la cita de todos los años, en el mes de Enero de 1997 aparece el Panorama Minero 1994-95 publicado por el ITGE dentro de su programa de ediciones periódicas.

Este año aumenta su información de manera muy notable, lo que se traduce en alrededor de 100 páginas más. Estas

corresponden a la introducción de nuevas sustancias y aguas mineromedicinales y a la consideración de aspectos ligados a la minería, tales como el panorama de su investigación, la minería y los programas ambientales y la minería y las Comunidades Autónomas.

También se ha incrementado la calidad

### Reimpresión de Hojas y Memorias del Mapa Geológico de España, E. 1:50.000

Siguiendo el programa anual de reimpresión que tiene establecido el Servicio de Publicaciones del ITGE, para aquellas publicaciones cartográficas que hayan quedado agotadas, han sido realizadas y quedan a disposición del público las Hojas y Memorias del Mapa Geológico

de España, E. 1:50.000 siguientes: 32, Ribadesella; 50, Cangas de Narcea; 363, Manresa; 508, Cercedilla; 545, Morella y 664, Enguñados.

En proceso de reimpresión, y correspondiendo al Programa Editorial de

para el conjunto del tomo II, publicado en 1985, se contó con la infraestructura de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Carbonífero, a través de sus miembros titulares y corresponsables.

Desgraciadamente, tuvieron que pasar once años hasta que el tomo III estuviera en condiciones para su publicación. Aunque la coordinación general fue buena, diversas vicisitudes retrasaron la terminación del manuscrito. Sin embargo, esta es la primera vez que se ha podido reunir toda la información preparada por los especialistas más prestigiosos sobre el Carbonífero de la ex URSS, en un solo tomo y en inglés. Se completa esta información con los datos de Mongolia y del Oriente Medio, incluidos Irán y Afganistán.

El Instituto Tecnológico Geominero de España se complace en poder ofrecer este III tomo así como los tomos I y II ya aparecidos, a las instituciones e investigadores, que podrán disponer de una información global con amplio material gráfico, incluidas muchas láminas ilustrativas de las faunas y floras del Carbonífero.

y contenido del mundo de las sustancias minerales descritas.

Todo ello hace del Panorama Minero un documento a la altura de las principales ediciones mundiales de anuarios de minería, y claro está, un elemento indispensable para comprender nuestra situación nacional.

1997, se encuentran las Hojas y Memorias siguientes: 105, Riaño; 535, Algete; 606, Chinchón; 640, Segorbe; 696, Burjasot y 720, Requena, y cuya aparición está prevista para finales del próximo mes de Abril.

# 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.

Cuando 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.

## TARJETA DE SUSCRIPCION AL BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

### Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología, minería  
y ciencias conexas

Precio suscripción anual (6 números). Año 1997:  
6.000 ptas. Igual precio para años anteriores

### DIRECCION Y ADMINISTRACION

Instituto Tecnológico Geominero de España

Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid. España

Fax (91) 349 57 62

Nombre .....

Organismo o Empresa .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad ..... C.P. ....

País ..... FIRMA

Fecha .....

## BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

### ACUSE DE RECIBO

HEMOS RECIBIDO  
WE HAVE RECEIVED  
NOUS AVONS RECU

NOS FALTA  
WE ARE IN WANT OF  
IL NOUS MANQUE

FECHA ..... FIRMA  
DATE ..... SIGNATURE .....

NOMBRE  
NAME  
NOM .....

DIRECCION  
ADDRESS  
ADRESSE .....

ROGAMOS DEVUELVAN ESTE ACUSE DE RECIBO, NECESARIO PARA NUESTRO CONTROL, DIRIGIDO EXCLUSIVAMENTE A AQUELLOS CENTROS QUE RECIBEN ESTA PUBLICACION CON CARACTER GRATUITO EN REGIMEN DE INTERCAMBIO.

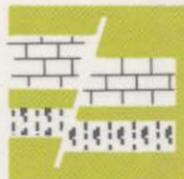
Toda la correspondencia referente a las publicaciones  
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio Ladrón de Guevara  
Jefe del Servicio de Publicaciones  
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  
Agua subterráneas, y Disciplinas conexas*



### GEOLOGIA

MAPA GEOLOGICO NACIONAL (MAGNA)  
ESTUDIOS GEOLOGICOS Y CARTOGRAFIA TEMATICA  
GEOLOGIA MARINA



### RECURSOS MINERALES

EXPLORACION MINERA E INVESTIGACION DE YACIMIENTOS  
METALOGENIA Y CARTOGRAFIA METALOGENETICA  
EVALUACION DE RESERVAS E INVENTARIO DE RECURSOS  
PROCESOS, TECNOLOGIA Y ECONOMIA MINERAS  
NORMATIVA Y SEGURIDAD MINERA



### AGUAS SUBTERRANEAS

CARTOGRAFIA HIDROGEOLOGICA  
PROTECCION DE RECURSOS HIDROGEOLOGICOS  
EVALUACION Y CONTROL DE ACUIFEROS SUBTERRANEOS  
RECURSOS GEOTERMICOS



### INGENIERIA GEOAMBIENTAL

RIESGOS GEOLOGICOS  
RESTAURACION DEL MEDIO AMBIENTE MINERO  
GEOTECNIA Y GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA  
ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES



### LABORATORIOS Y ENSAYOS

ANALISIS QUIMICOS Y MINERALOGICOS  
GEOQUIMICA BASICA Y APLICADA  
GEOFISICA Y TELEDETECCION APLICADA  
ENSAYOS MINERALURGICOS Y GEOTECNICOS  
CARACTERIZACION DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES  
SONDEOS MECANICOS Y ENSAYOS DE BOMBEO



### INFORMACION, DOCUMENTACION Y BANCO DE DATOS

FONDOS DOCUMENTALES Y BASES DE DATOS  
LITOTECA  
SISTEMAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES



### SERVICIO DE PUBLICACIONES

CARTOGRAFIA TEMATICA A DIVERSAS ESCALAS  
PUBLICACIONES SOBRE GEOLOGIA, MINERIA Y CIENCIAS CONEXAS  
«BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO»  
«REVISTA ESPAÑOLA DE MICROPALAEONTOLOGIA»



### MUSEO GEOMINERO

PALEONTOLOGIA Y MINERALOGIA  
CATALOGACION Y GESTION DE COLECCIONES GEOLOGICAS  
EXPOSICIONES: TEMPORALES Y PERMANENTES  
DIVULGACION CIENTIFICA

#### Sede Central:

C/Ríos Rosas, 23 - 28003 MADRID  
☎: 91/349 57 00. Fax: 91/349 57 62

#### Centro de Laboratorios:

C/La Calera, 1 - 28760 TRES CANTOS (MADRID)  
☎: 803 22 00