

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

boletín

geológico

y minero

VOLUMEN 101

Mayo - Junio 1990

NUMERO 3



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

Volumen 101
Número 3
Mayo - Junio 1990

Boletín
Geológico
y Minero

Vol II, 3-4-1



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

SUMARIO

Geología	J. TOSQUELLA, J. M. SAMSO y J. SERRA-KIEL: Los géneros Alveolina y Nummulites (Macroforaminíferos) del Ilerdiense Medio-Cuisiense Medio de la Cuenca de Graus, Huesca. II. Sistemática de Nummulites. 3
	A. V. MAZO, A. PEREZ-GONZALEZ y E. AGUIRRE: Las faunas pleistocenas de Fuensanta del Júcar y El Provencio y su significado en la evolución del Cuaternario de la Llanura manchega ... 56
Minería	J. M. ALONSO BLANCO, A. L. MOLINA MOLINA y M. RUIZ MONTES: Geología de los yacimientos de azufre de Benahadux y Las Balsas de Gádor (Almería) ... 71
Geoestadística	A. LOPEZ BENITO y B. CALVO PEREZ: Aplicación de algunas técnicas estadísticas al estudio de la distribución de los elementos del grupo de las tierras raras en el macizo granítico de Lugo ... 82
Geoquímica	R. J. BALLESTA, V. CALA, R. GARCIA y M. T. MARTIN PATIÑO: Diferenciación textural en suelos de la cuenca de Madrid. Alteración y génesis mineral ... 94
Ingeniería GeoAmbiental	F. J. AYALA CARCEDO: Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos ... 108
Estudio de minerales y rocas	A. APARICIO, A. GRACHEV, E. DRUBETSKOY e I. NOVITSKY: Dataciones K/Ar en la unidad magmática de Toledo ... 120
	F. TREVIÑO V., N. AYALA M., F. GARCIA C., y D. SIGUIN, D. D.: Determinación de especies presentes en un mineral de magnesita por diferentes técnicas analíticas ... 125
Información	J. M. LOPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX: Luis Mariano Bolisario Ramón Vidal y Carreras (1842-1922) ... 135
	Noticias y Notas bibliográficas ... 144

DIRECCION, REDACCION
Y PUBLICACION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid
Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION, DISTRIBUCION
Y SUSCRIPCION

Doctor Fleming, 7, 2.º - 28036-Madrid
Teléfono 250 02 03

INSTITUTO TECNOLÓGICO
GEOMINERO DE ESPAÑA

CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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 géneros *Alveolina* y *Nummulites* (Macroforaminíferos) del Ilerdiense Medio-Cuisiense Medio de la Cuenca de Graus, Huesca.

II. Sistemática de *Nummulites* (*).

Por J. TOSQUELLA (**), J. M. SAMSO (***) & J. SERRA-KIEL (**)

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 LA PORTADA

Anticlinal de Goritz, Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Huesca.

Foto: L. M. Ríos

Depósito legal: M. 3.279 - 1958
ISSN 0366 - 0176
NIPO 232 - 90 - 001 - X

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

RESUMEN

El estudio cartográfico y estratigráfico de los sedimentos marinos del Ilerdiense y del Cuisiense de la Cuenca de Graus, en la zona comprendida entre los ríos Isábena y Esera, ha permitido establecer la relación geométrica entre las diferentes unidades litoestratigráficas.

En la zona de estudio la transgresión ilerdiense se sitúa encima de sedimentos marinos (calizas del Thanetiense) y continentales (facies Garumniense), y está representada por el desarrollo de una extensa plataforma carbonatada de carácter somero con alveolinas (Formación Ager), que pasa en la vertical progresivamente a margas más profundas (Margas de Riguala o parte inferior de las Margas de Morillo), el techo de la transgresión está marcado por el Nivel de la Poba, que presenta gran continuidad lateral.

A continuación, en el sector oriental (valle del Isábena), se desarrollaron aparatos progradantes de «fan delta» con intercalaciones marinas. Todo el conjunto pasa progresivamente a facies de plataforma marina y talud (parte superior de las Margas de Morillo) en el sector occidental (valle del Esera).

La anterior fase regresiva generalizada se encuentra limitada a techo por un intervalo transgresivo (Nivel de Eroles) que se sigue en toda la cuenca y presenta carácter más marino en dirección SO.

Seguidamente, la Formación Sant Esteve del Mall representa otra fase progradante de «fan delta» que se desarrolló tanto en el sector oriental como en el occidental. Esta unidad presenta pequeñas intercalaciones marinas con macroforaminíferos en el valle del Esera.

Por último, en la Formación Castissent de carácter fluvial, únicamente se localizan niveles de retrabajamiento marino con macroforaminíferos en el valle del Esera. A techo de esta unidad, y en el mismo sector, se localizan los niveles margosos marinos de la base de la Formación Campanúe.

A partir del estudio estratigráfico se ha efectuado un muestreo de los géneros *Alveolina* y *Nummulites* del intervalo comprendido entre el Ilerdiense Medio-Cuisiense Medio, que corresponde estratigráficamente a los sedimentos situados entre el Nivel de la Poba y las margas de la base de la Formación Campanúe inclusive.

El estudio de *Alveolina* (SAMSO, 1988) y *Nummulites* (TOSQUELLA, 1988), ha permitido establecer la relación entre las formas características de plataforma somera (alveolínidos) con las de plataforma abierta (nummulítidos). Hemos centrado el estudio en el Ilerdiense Medio-Cuisiense Medio por ser los macroforaminíferos de este intervalo los menos estudiados de la Cuenca Eocena Pirenaica.

Las especies que caracterizan cada biozona son las siguientes (SAMSO, 1988, y TOSQUELLA, 1988):
Para el género *Alveolina*:

ILERDIENSE MEDIO ALTO: Biozona A. (A.) *corbarica*: A. (A.) *corbarica*, A. (A.) *leupoldi*, A. (A.) *ilerdensis*.

ILERDIENSE SUPERIOR: Biozona A. (A.) *trepina*: sin representación.

CUISIENSE INFERIOR: Biozona A. (A.) *oblonga*: A. (A.) *oblonga*, A. (A.) *coudurensis*, A. (A.) *sicula*, A. (A.) *fornasinii*, A. (A.) *canavarii*, A. (A.) *cosinensis*, A. (A.) *schwageri*, A. (A.) *indicatrix*, A. (A.) *aff. rotundata*.

(*) Este trabajo forma parte del proyecto CAICYT PB 85-0089.

(**) Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Universitat de Barcelona. 08071-BARCELONA.

(***) Divisió Geologia y Geofísica ITGE. Proyecto Pirineos. 22700-JACA.

CUISIENSE MEDIO: Biozona *A. (A.) dainelli*, *A. (A.) oblonga*, *A. (A.) aff. lehneri*, *A. (A.) schwageri*, *A. (A.) decastrói*, *A. (A.) di-stefanoi*, *A. (A.) rütimeyeri*.

Para el género *Nummulites*:

ILERDIENSE MEDIO ALTO: Biozona *N. exilis*: *N. exilis*, *N. globulus nanus*, *N. atacicus*.

ILERDIENSE SUPERIOR: Biozona *N. involutus*: *N. globulus laxiformis*, *N. subramondi*, *N. soerenbergensis*, *N. increscens*, *N. pernotus*.

CUISIENSE INFERIOR: Biozona *N. planulatus*: *N. planulatus*, *N. pernotus*, *N. subramondi*, *N. increscens*, *N. soerenbergensis*, *N. leupoldi*, *N. escheri*, *N. bombitus*, *N. pavloveci*, *N. rotularius*, *N. praelucasí*.

CUISIENSE MEDIO: Biozona *N. praelaevigatus*: *N. planulatus*, *N. vonderschmitti*, *N. rotularius*, *N. aquitanicus*, *N. aff. manfredi*, *N. burdigalensis cantabricus*, *N. praelaevigatus*.

Palabras clave: Sistemática, Bioestratigrafía, Nummulites, Ilerdiense, Cuisiense, Pirineo.

R É S U M É

L'étude cartographique et stratigraphique des sédiments marins de l'Ilerdien et du Cuisien dans le Bassin de Graus, dans la zone comprise entre les fleuves Isábena et Esera, a permis d'établir la relation géométrique entre les différentes unités lithostratigraphiques.

Dans la zone étudiée la transgression ilerdiennne est située sur des sédiments marins (Calcaires du Thanetien) et continentaux (faciès Garumnien), et est représentée par le développement d'une grande plate-forme carbonatée peu profonde avec des alveolines (Formation Ager), qui passe progressivement dans la verticale à des marnes plus profondes (Marnes de Riguala ou partie inférieure des Marnes de Morillo), le sommet de la transgression est marquée par le Niveau de la Pobra, qui présente une grande continuité latérale.

Au dessus de ce niveau, dans le secteur oriental (vallée du Isábena), se sont développés des appareils progradants de «fan delta» avec intercalations marines. Tout l'ensemble passe progressivement aux faciès de plate-forme marine et talus (partie supérieure des Marnes de Morillo) dans le secteur occidental (vallée du Esera).

L'antérieure phase régressive généralisée se trouve limitée au sommet par un intervalle transgressif (Niveau d'Eroles), qui continue dans tout le bassin et présente un caractère plus marin vers le SO.

Sur les niveaux antérieurs, la Formation Sant Esteve del Mall représente une autre phase progradante de «fan delta» qui se développe dans toute la zone étudiée. Cette unité présente des petits intervalles avec macroforaminifères dans la vallée du Esera.

Enfin dans la Formation Castissent de caractère fluvial on trouve uniquement des niveaux marins avec macroforaminifères remaniés dans la vallée du Esera. Au sommet de cette unité et dans le même secteur on trouve les niveaux marneux de la base de la Formation Campanée.

Sur base de l'étude stratigraphique nous avons effectué un échantillonnage des genres *Alveolina* et *Nummulites* de l'intervalle compris entre l'Ilerdien Moyen-Cuisien Moyen, qui correspond stratigraphiquement aux sédiments situés entre le Niveau de la Pobra et les marnes de la base de la Formation Campanée, incluant celles-ci.

L'étude d'*Alveolina* (SAMSO, 1988) et *Nummulites* (TOSQUELLA, 1988) a permis d'établir la relation entre des faunes caractéristiques de plate-forme peu profonde (alvéolinidés) et celles de la plate-forme ouverte (nummulitidés). L'étude de l'intervalle Ilerdien Moyen-Cuisien Moyen a été spécialement approfondi, étant donné que ce sont les macroforaminifères de cet intervalle les moins connus du Bassin Eocène Pyrénéen.

Les espèces qui caractérisent chaque biozone sont les suivantes (SAMSO, 1988, et TOSQUELLA, 1988):

Pour le genre *Alveolina*:

ILERDIEN MOYEN HAUT: Biozone *A. (A.) corbarica*: *A. (A.) corbarica*, *A. (A.) leupoldi*, *A. (A.) ilerdensis*.

ILERDIEN SUPERIEUR: Biozone *A. (A.) trempina*: sans représentation.

CUISIEN INFERIEUR: Biozone *A. (A.) oblonga*: *A. (A.) oblonga*, *A. (A.) coudurensis*, *A. (A.) sicula*, *A. (A.) fornasinii*, *A. (A.) canavarii*, *A. (A.) cosinensis*, *A. (A.) schwageri*, *A. (A.) indicatrix*, *A. (A.) aff. rotundata*.

CUISIEN MOYEN: Biozone *A. (A.) dainelli*: *A. (A.) oblonga*, *A. (A.) aff. lehneri*, *A. (A.) schwageri*, *A. (A.) decastrói*, *A. (A.) di-stefanoi*, *A. (A.) rütimeyeri*.

Pour le genre *Nummulites*:

ILERDIEN MOYEN HAUT: Biozone *N. exilis*: *N. exilis*, *N. globulus nanus*, *N. atacicus*.

ILERDIEN SUPERIEUR: Biozone *N. involutus*: *N. globulus laxiformis*, *N. subramondi*, *N. soerenbergensis*, *N. increscens*, *N. pernotus*.

CUISIEN INFERIEUR: Biozone *N. planulatus*: *N. planulatus*, *N. pernotus*, *N. subramondi*, *N. increscens*, *N. soerenbergensis*, *N. leupoldi*, *N. escheri*, *N. bombitus*, *N. pavloveci*, *N. rotularius*, *N. praelucasí*.

CUISIEN MOYEN: Biozone *N. praelaevigatus*: *N. planulatus*, *N. vonderschmitti*, *N. rotularius*, *N. aquitanicus*, *N. aff. manfredi*, *N. burdigalensis cantabricus*, *N. praelaevigatus*.

Mots clef: Systématique, Biostratigraphie, Nummulites, Ilerdien, Cuisien, Pyrénées.

INTRODUCCION

La cuenca terciaria surpirenaica central es una gran unidad paleogeográfica que se extiende en dirección ESE-ONO entre la región de Tremp (Lleida) y la de Pamplona (Navarra). Esta cuenca se divide en dos grandes sectores: la cuenca de Tremp-Graus al este, cuyo límite occidental es el manto del Cotiella, y la fosa de Jaca-Pamplona al oeste.

El área estudiada, comprendida entre los valles del Isábena y Esera (provincia de Huesca), forma parte de la cuenca de Tremp-Graus, zona en donde se encuentra el estratotipo del Ilerdiense (Tremp, HOTTINGER & SCHAUB, 1960), así como su paraestratotipo en el perfil de Campo (SCHAUB, 1969).

En este trabajo se describen las especies de macroforaminíferos correspondientes al género *Nummulites*, y se toman los datos de SAMSO (1988) para el género *Alveolina*. La descripción de las especies del género *Alveolina* ha sido publicada en esta misma colección con el título «Los géneros *Alveolina* y *Nummulites* (Macroforaminíferos) del Ilerdiense Medio-Cuisiense Medio de la Cuenca de Graus. I. Sistemática de *Alveolina*». Si bien los alveolinidos del Ilerdiense de Tremp han sido exhaustivamente estudiados por HOTTINGER (1960), y los del Cuisiense en las facies carbonatadas de Yugoslavia por DROBNE (1977), los alveolinidos de facies detríticas proximales del Cuisiense de la cuenca pirenaica no se habían estudiado, así como su correlación con los nummulitidos de las facies de plataforma siliciclástica, estudiados por SCHAUB (1966, 1973, 1981) en Tremp y en el perfil de Campo.

Se amplía el conocimiento de los nummulitidos en este intervalo de tiempo, al estudiar perfiles estratigráficos situados entre las facies someras

con *Alveolina* y las de plataforma con *Nummulites*.

A fin de precisar el límite de las biozonas que caracterizan el Ilerdiense Superior y el Cuisiense Inferior, se han estudiado los especímenes del Ilerdiense Medio y Cuisiense Medio, para verificar los límites inferior y superior, respectivamente, de dichas biozonas.

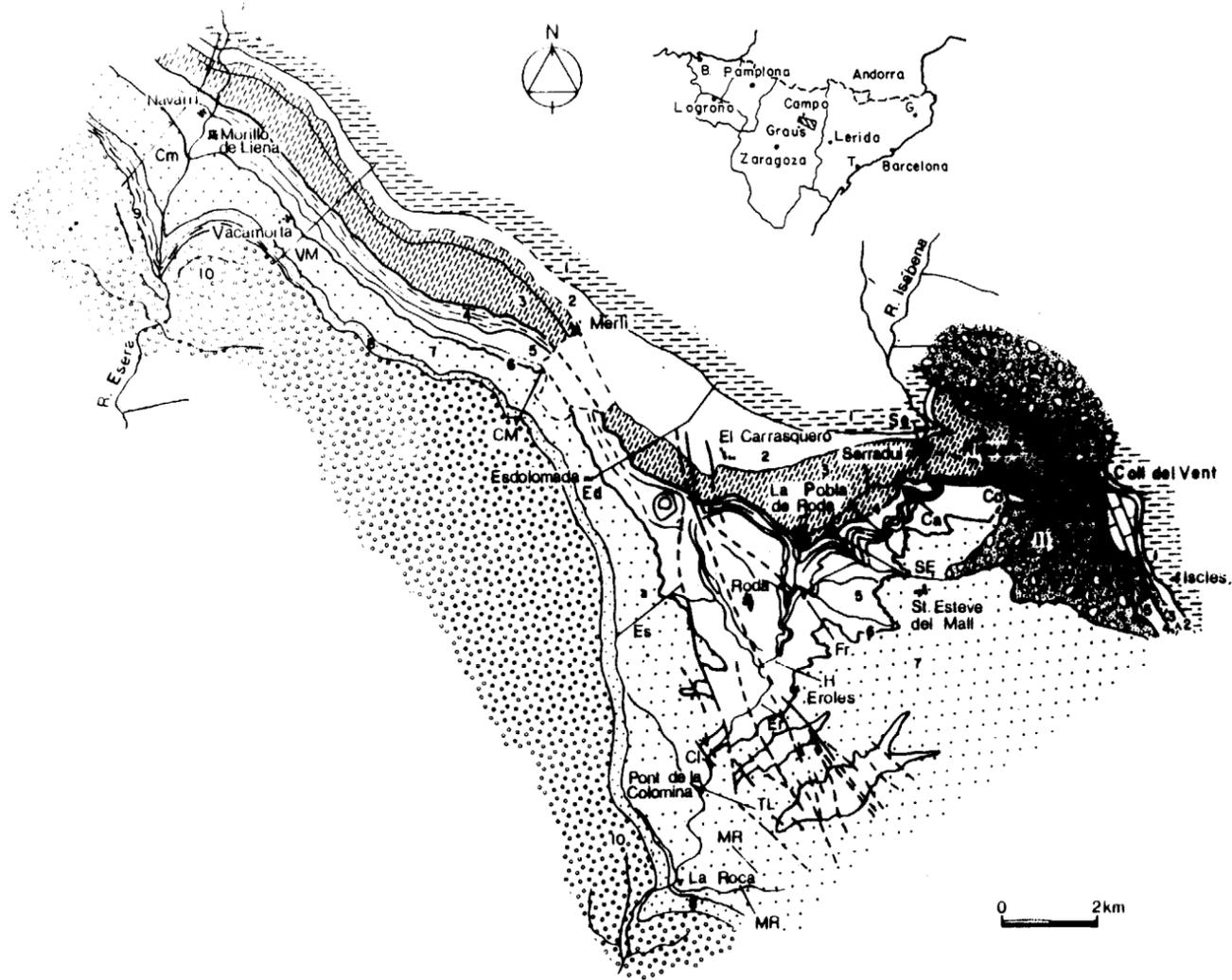
El muestreo se ha efectuado previa elaboración de una cartografía y de perfiles estratigráficos que han permitido la correlación de las unidades estratigráficas.

ESBOZO ESTRATIGRAFICO

En la zona estudiada, la transgresión ilerdiense se sitúa encima de sedimentos marinos (calizas del Thanetiense) y continentales (facies Garumnense), y está representada por calizas de alveolinas de carácter somero, definidas por LUTERBACHER (1969) como Formación Ager en la zona de Tremp. En la vertical las calizas de alveolinas gradan a margas de carácter marino más profundo; SAMSO (1988) y TOSQUELLA (1988) las han denominado Margas de Riguala y equivalen al tramo inferior de las Margas de Morillo (Fm. de Morillo, GARRIDO & RIOS, 1972).

Estas dos unidades pertenecen al Ilerdiense Inferior y base del Ilerdiense Medio, según datos de HOTTINGER (1960) y SCHAUB (1966, 1973 y 1981); en este trabajo su contenido en *Nummulites* y *Alveolina* no se ha estudiado por considerarse suficientemente conocido.

A techo de las Margas de Riguala se desarrolla un tramo limolítico carbonatado rico en fauna, que representa un nivel de estabilización. SAMSO (1988) y TOSQUELLA (1988) lo han definido



UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

- | | |
|---|---|
| 1. Sedimentos continentales (facies Garumniense) y calizas marinas del Thanetiense. | 8. Formación Castissent. |
| 2. Formación Ager (Calizas de alveolinas). | 9. Margas basales de la Formación Campanúe. |
| 3. Margas de Riguala. | 10. Formación Campanúe. |
| 4. Nivel de la Pobla. | 11. Conglomerados de Queixigar. |
| 5. Formación Areniscas de Roda y equivalentes laterales. | Perfiles: Co, Codonyeres; Ca, Canudes; Se, Serradui; SE, St. Esteve; Fr, Forques; H, Horta; Er, Eroles; Cl, Colomina; TL, Tozal Lino; MR, Mont de Roda; Es, Esplans; Ed, Esdolomada; CM, Coll de Merli; VM, Vacamorta; Cm, Campo. |
| 6. Nivel de Eroles. | |
| 7. Formación St. Esteve del Mall. | |

Figura 1.—Mapa geológico del área estudiada y situación de los perfiles estratigráficos.

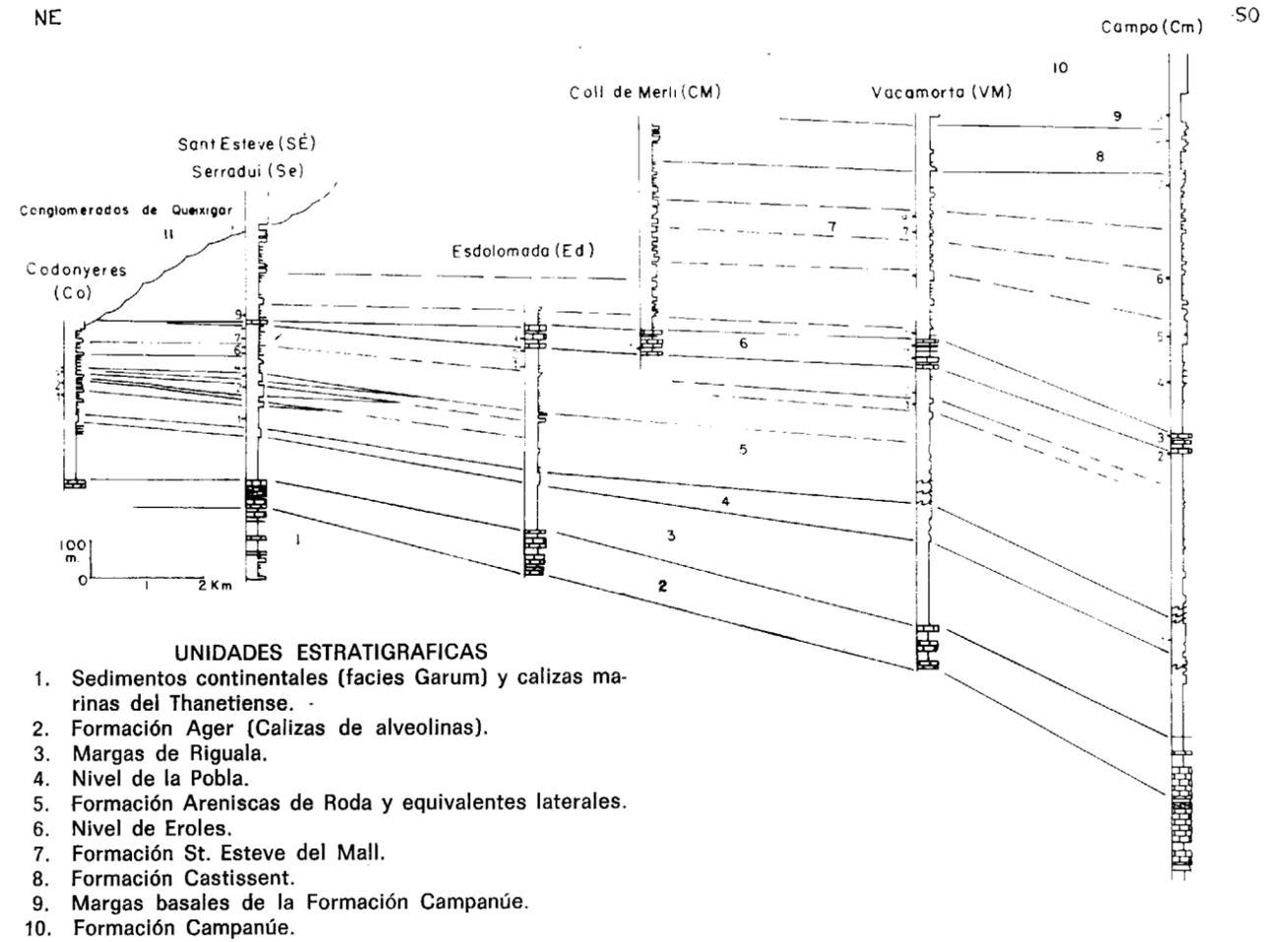


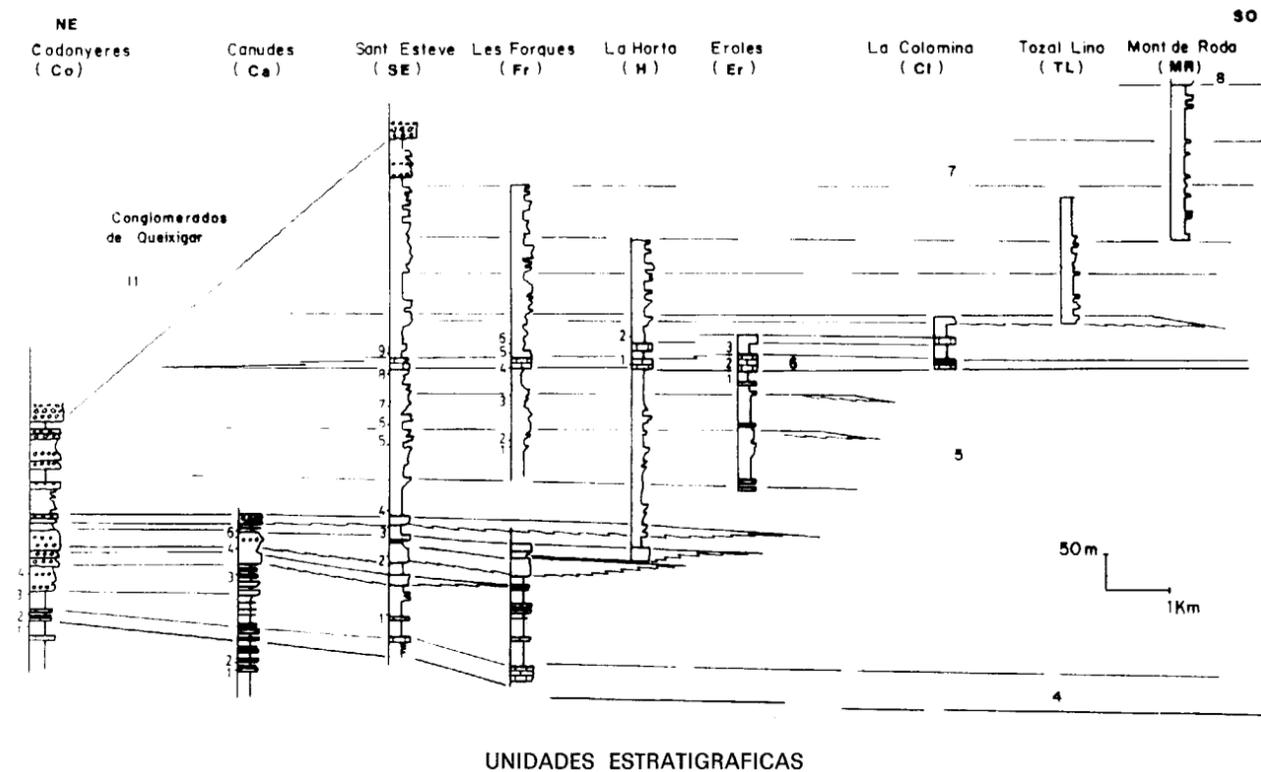
Figura 2.—Correlación de los perfiles estratigráficos entre el valle del Isábena y el valle del Esera, indicándose la relación geométrica de las unidades litoestratigráficas y la situación de las muestras estudiadas.

y denominado Nivel de la Pobla; presenta una gran continuidad lateral pasando desde facies de plataforma somera en el valle del Isábena a facies de talud con «slumps» en el valle del Esera.

A continuación, en el sector oriental de la zona estudiada, se deposita la Formación Areniscas de Roda (NIO, 1976), que representa una fase regresiva generalizada con la sedimentación de cuerpos detríticos, que corresponden ambientalmente a aparatos de «fan delta»; intercalados a estos cuerpos progradantes se desarrollan intervalos marinos (PUIGDEFABREGAS, SAMSO, SERRA-KIEL & TOSQUELLA, 1985, 1987). Todo el conjunto pasa progresivamente en dirección SO a margas de plataforma y de talud con «slumps».

El techo de la Formación Areniscas de Roda viene marcado por un intervalo transgresivo, que en las facies proximales está representado por calizas con miliólidos y alveolínidos, pasando gradualmente en dirección SO a limos carbonatados de plataforma externa con nummulítidos y discociclínidos; este nivel ha sido definido por SAMSO (1988) y TOSQUELLA (1988) como Nivel de Eroles.

Seguidamente se deposita la Formación San Esteban (NIO, 1976), redefinida por PUIGDEFABREGAS, SAMSO, SERRA-KIEL & TOSQUELLA (1987), SAMSO (1988) y TOSQUELLA (1988) como Formación St. Esteve del Mall, y según estos autores equivalente a la Formación Castigaleu (NIJMAN & NIO, 1975). La Formación St. Esteve re-



4. Nivel de la Pobra. 7. Formación St. Esteve del Mall.
 5. Formación Areniscas de Roda y equivalentes laterales. 8. Formación Castissent.
 6. Nivel de Eroles.

Figura 3.—Correlación de los perfiles estratigráficos en el valle del Isábena, indicándose la relación geométrica de las unidades litoestratigráficas y la situación de las muestras estudiadas.

presenta otra fase regresiva formada por un «fan delta» con un retrabajamiento mareal muy importante. Esta unidad detrítica se desarrolla en toda la zona estudiada, en el sector del río Esera y al sur del valle del Isábena (Pont de la Colomina); presenta intercalaciones marinas con macroforaminíferos.

A continuación se deposita la Formación Castissent (NIJMAN & NIO, 1975), de carácter fluvial meandriforme, que sólo en el valle del Esera presenta niveles de retrabajamiento marino con macroforaminíferos. Encima de esta formación en la zona del Esera se desarrolla un tramo marginal con abundantes macroforaminíferos, que han permitido la datación de la base de la Formación Campanúe (GARRIDO, 1968), no estudiada en este trabajo.

Por último, en el sector oriental se emplazan

discordantemente los conglomerados postorogénicos de Queixigor.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *Nummulites*

La agrupación de las diferentes especies y subespecies de *Nummulites* se ha efectuado siguiendo los criterios de SCHAUB (1981). Este autor diferencia grupos formados por todas aquellas especies que parten de una especie ancestral común. Dentro de cada grupo define una serie de filum, en el sentido de especies que se sitúan en una misma línea filética; el hecho de encontrar numerosas formas intermedias entre las sucesivas especies, así como el carácter gradual en sus modificaciones, indica que se trata de especies evolutivas, con una serie de

morfotipos característicos que se suceden a lo largo del tiempo. No es propósito de este trabajo la revisión de los criterios filogenéticos; por tanto, utilizaremos la sistemática anagenética clásica.

Filum	Protista HAECKEL
Subfilum	Sarcodina SCHMARDA, 1871
Orden	Foraminiferida EICHWALD, 1830
Suborden	Rotaliina DELAGE & HEROUARD, 1896
Superfamilia	Rotaliacea EHRENBERG, 1839
Familia	Nummulitidae DE BLAINVILLE, 1825
Subfamilia	Nummulitinae DE BLAINVILLE, 1825
Género	<i>Nummulites</i> LAMARCK, 1801
Especie tipo	<i>Nummulites laevigatus</i> (BRUGUIERE, 1789) (= <i>Camerina laevigata</i> BRUGUIERE, 1789)

Grupo de *Nummulites burdigalensis* - *N. perforatus*

Las especies más representativas de este grupo son: *N. burdigalensis* del Cuisiense Inferior y Medio, *N. campesinus* del Cuisiense Superior, *N. gallensis*, *N. verneuili*, *N. obesus* del Luteciense Inferior, *N. taveretensis*, *N. crusafonti*, *N. crassus* del Luteciense Medio, *N. puigsecensis*, *N. aturicus* del Luteciense Superior y *N. perforatus*, *N. biedai* del Bartonense.

El grupo se caracteriza por presentar pilares que se agrupan en el centro en las especies más primitivas y se desarrollan radialmente hacia la periferia; las especies más altas estratigráficamente presentan muchos pilares situados tanto sobre los filamentos como entre ellos; éstos se modifican progresivamente de radiales en las formas más primitivas, a sinuosos, flexuosos y meandriformes en las especies más evolucionadas. Las cámaras son inicialmente isométricas, tanto en las especies primitivas como en los estadios iniciales de las estratigráficamente más altas, siendo en estas últimas más largas que altas. Los septos son rectos, que pasan a inclinados en las especies más evolucionadas; en la misma pauta el prolóculus pasa de isolepidino a anisolepidino. Las formas B de las especies del Luteciense y del Bartonense presentan los tres

estadios de desarrollo de la espira característicos del grupo. La morfología de la concha varía desde globosa a ovalada y lenticular, y las dimensiones de escala milimétrica a centimétrica, según la especie.

Nummulites pernotus SCHAUB, 1951 (Lám. 1, figs. 1-4)

- 1951 *N. pernotus* n. sp.; Schaub: 108-111; Pl. 1, figs. 7-11.
 1966 *N. pernotus* SCHAUB; Schaub: 360, figs. 3a-b; Pl. 1, figs. 1-4.
 1972 *N. pernotus* SCHAUB; Blondeau: 158; Pl. XXXII, figs. 5-10.
 1981 *N. pernotus* SCHAUB; Schaub: 78-79, figs. 71a-g; Pl. 4, figs. 25-42; tb. 2, fig. b.
 1984 *N. pernotus* SCHAUB; Serra-Kiel: 60-62, fig. IV: 1-4.

Material estudiado

Especímenes procedentes de las muestras Co 3, Ca 4, SE 1, SE 3, SE 5, SE 6, Vm 4, Vm 5 y Cm 2.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 7,0 mm. en las formas B, y de 3,0 mm. en las formas A, y con espesores máximos de 3,0 y 1,7 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha bicónica con filamentos radiales, a menudo con un botón central irregular, más o menos desarrollado. La espira presenta un crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,0-1,3 mm., 4 vueltas 1,4-1,7 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, y se distribuyen regularmente (4-6 septos por 1/4 de vuelta en la tercera y 5-6 en la cuarta). Las cámaras presentan una morfología isométrica característica, ligeramente romboidal. El prolóculus isolepidino presenta diámetros entre 150 y 225 μ .

Formas B.—Concha globosa, casi bicónica, con filamentos radiales, a menudo con tendencia sinuosa en la zona central, en donde se encuentra un botón central que tiende a reducirse con el aumento del tamaño de la concha. La espira es

de crecimiento regular y apretado (5 vueltas con radios de 1,0-1,4 mm., 6 vueltas 1,4-1,8 mm., 7 vueltas 1,7-2,2 mm., y 8 alrededor de 2,5 mm.). Los septos son algo inclinados o ligeramente arqueados y se distribuyen regularmente (6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro). Las cámaras presentan una morfología isométrica semiromboidal característica. La cuerda marginal puede llegar a representar 1/3 de la altura total de la cámara.

N. pernotus puede confundirse con *N. globulus* por sus reducidas dimensiones, espira apretada y presencia de botón central. Se diferencian por presentar *N. globulus* cámaras más altas que largas y mayor número de septos por vuelta que *N. pernotus*.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio - Base del Cuisiense.

Nummulites burdigalensis kuepperi
SCHAUB, 1981
(Lám. 10, fig. 5)

- 1951 *N. burdigalensis minor* DE LA HARPE; Schaub: 118, figs. 89-91; tb. 3, núm. 8-9.
- 1981 *N. burdigalensis kuepperi* n. ssp.; Schaub: 81, figs. 72, 84; Pl. 4, figs. 13-24; tb. 2, fig. c.
- 1984 *N. burdigalensis* var. *minor* DE LA HARPE; Serra-Kiel: 63.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 8.

Descripción

Especímenes con diámetros máximos de la concha de 4,0 mm. en las formas B, y de 2,5 mm. en las formas A, y con espesores máximos de 2,0 y 1,5 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular abombada con bordes agudos. Filamentos radiales, ligeramente sinuosos y gran agrupación de pilares relativamente grandes en la zona central. Espira de crecimiento regular y apretado (3 vueltas con radios alrededor de 1,0 mm., 4 vueltas 1,2 mm. y 5 vueltas 1,5 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados y espaciados (3 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 3-4 en la tercera, 4 en la cuarta y 5-6 en la quinta). Las cámaras son isométricas o ligeramente más largas que altas. La cuerda marginal representa entre 1/3 y 1/2 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino, con un diámetro que oscila entre 120 y 150 μ.

N. burdigalensis kuepperi presenta muchas afinidades con *N. burdigalensis burdigalensis* y *N. burdigalensis cantabricus*, sólo las dimensiones más pequeñas de la concha y el diámetro del prolóculus más reducido permiten diferenciar esta subespecie.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

N. burdigalensis cantabricus SCHAUB, 1981
(Lám. 1, figs. 6-9; lám. 11, figs. 1-2)

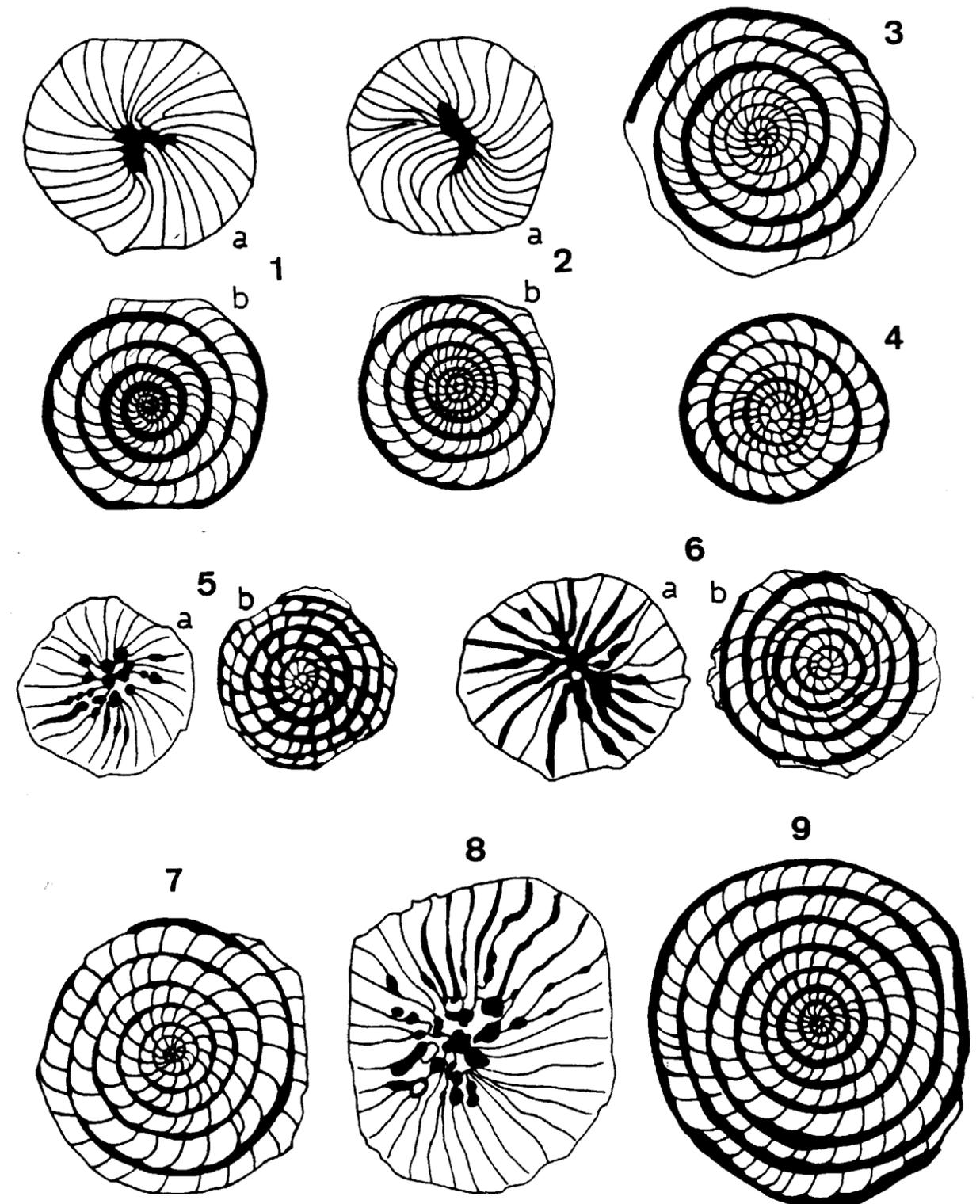
- 1951 *N. burdigalensis* ssp. a; Schaub: 119, partim, figs. 96, 98; Pl. 2, fig. 14.

Lámina 1

- 1. Forma B de la muestra SE 1. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
 - 2. Forma B de la muestra SE 6. 2a: aspecto externo; 2b: sección ecuatorial.
 - 3. Forma B de la muestra SE 3 en sección ecuatorial.
 - 4. Forma A de la muestra SE 5 en sección ecuatorial.
- Nummulites burdigalensis kuepperi* SCHAUB, 1981.
- 5. Forma A de la muestra Cm 8. 5a: aspecto externo; 5b: sección ecuatorial.

- Nummulites burdigalensis cantabricus* SCHAUB, 1981.
- 6-8. Formas A (6) y B (8) de la muestra Cm 8. 6a, 8: aspecto externo; 6b: secciones ecuatoriales.
 - 7. Forma B de la muestra Vm 8 en sección ecuatorial.
 - 9. Forma B de la muestra Cm 7 en sección ecuatorial.
- Todas las figuras, ×15.

LAMINA 1



- 1951 *N. burdigalensis* ssp. b; Schaub: 121, figs. 102-104, 108-110; Pl. 2, figs. 4, 9; Pl. 3, fig. 7.
 1966 *N. burdigalensis* ssp.; Schaub: 361, figs. 3h-i; Pl. 1, figs. 13, 14, 16-21.
 1973 *N. burdigalensis* n. ssp. Kapellos & Schaub: 721.
 1981 *N. burdigalensis cantabricus* n. ssp.; Schaub: 82-83, figs. 72, Pl. 4, fig. 9; Pl. 5, figs. 19-26, 33-45; tb. 2, fig. e.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Vm 8, Cm 7 y Cm 8.

Descripción

Especímenes con diámetros máximos de la concha de 7,5 mm. en las formas B y de 3,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,2 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular algo abombada, según el diámetro, y bordes agudos. Filamentos radiales o ligeramente sinuosos, pilares agrupados en la zona central y perfectamente individualizados. Espira de crecimiento regular y apretada (3 vueltas con radios de 0,9 a 1,1 mm., 4 vueltas 1,2-1,4 mm. y 5 vueltas 1,5-1,7 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados y se distribuyen muy regularmente (3-4 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 4 en la tercera, 4-5 en la cuarta, 5-6 en la quinta y 6 en la sexta). Las cámaras son isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus, isolepidino, presenta diámetros entre 200 y 400 μ .

Formas B.—Las características morfológicas externas son semejantes a las formas A. La espira es de crecimiento muy regular (7 vueltas con un radio de 1,7-2,1 mm., 8 vueltas 2,2-2,7 mm., 9 vueltas 2,7 mm., 10 vueltas 3,0 mm.). Septos rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados y distribuidos regularmente (5-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y unos 10 a 2 mm.). Las cámaras son isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara.

Esta subespecie se diferencia de *N. burdigalensis burdigalensis* y de *N. burdigalensis kuepperi* por las dimensiones de la concha y por el mayor tamaño del prolóculus de las formas A.

Distribución estratigráfica

Cuasiense Medio.

Nummulites kapellosi SCHAUB, 1981 (Lám. 2, figs. 3-5)

- 1966 *N. aff. campesinus* SCHAUB; Schaub: 361, figs. 3h-i; Pl. 1, figs. 13, 14, 16-21.
 1981 *N. kapellosi* n. sp.; Schaub: 83, figs. 72, 73a-b; Pl. 7, figs. 1-22; tb. 2, fig. f.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Vm 8 y Cm 8.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 6,5 mm. en las formas B y de 4,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,5 y 2,0 mm., respectivamente.

Lámina 2

Nummulites burdigalensis cantabricus SCHAUB, 1981

1. Forma B de la muestra Cm 7. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
 2. Forma A de la muestra Cm 8 en sección ecuatorial.

Nummulites kapellosi SCHAUB, 1981.

- 3, 4. Formas A (3) y B (4) de la muestra Cm 8. Secciones ecuatoriales.

Figuras 1, 2, 3, 4 y 5. $\times 15$.

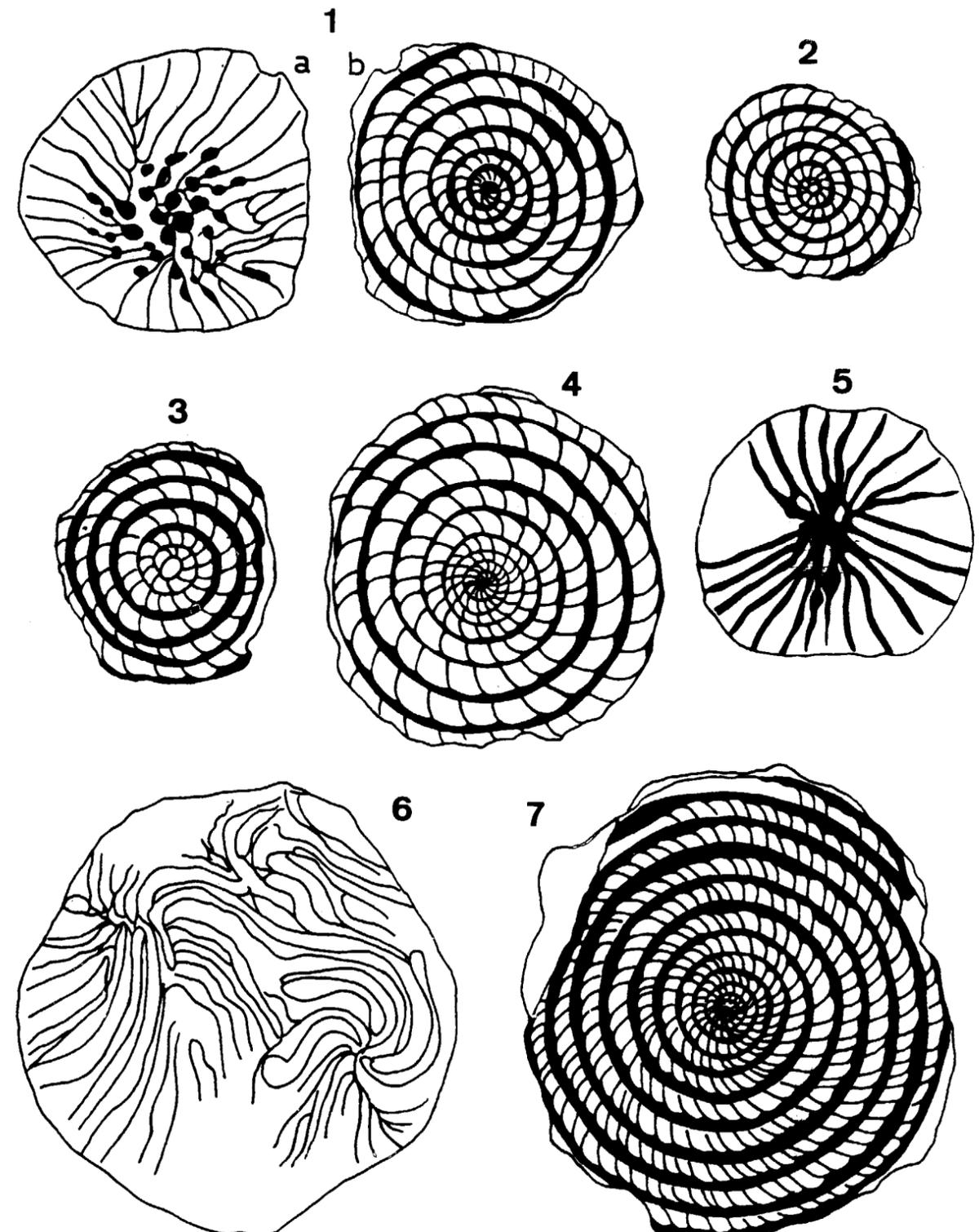
5. Forma A de la muestra Vm 8. Aspecto externo.

Nummulites atacicus LEYMERIE, 1846.

6. Forma B de la muestra Ca 1. Aspecto externo.
 7. Forma B de la muestra Co 1 en sección ecuatorial. Morfotipo A.

Figuras 6 y 7. $\times 7,5$.

LAMINA 2



Formas A.—Concha lenticular abombada con bordes agudos. Los filamentos son radiales o ligeramente curvos, presenta una agrupación de pilares en la zona central, muy semejantes a *N. burdigalensis cantabricus*, pero con mayor número de pilares y de mayores dimensiones. La espira es regular (3 vueltas con radios de 1,2-1,3 mm., 4 vueltas 1,6 mm., 5 vueltas 1,9-2,0 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, se distribuyen algo más espaciados que en *N. burdigalensis cantabricus*. El número de septos por 1/4 de vuelta es de 4 en la segunda vuelta, 4-5 en la tercera, 5 en la cuarta y 6-7 en la quinta. Las cámaras son isométricas o ligeramente más largas que altas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino y presenta diámetros entre 250 y 300 μ .

Formas B.—Las características morfológicas externas son semejantes a las formas A. La espira es de crecimiento regular (7 vueltas con un radio alrededor de 1,8 mm., 8 vueltas 2,3 mm. y 9 vueltas 2,7 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados y se distribuyen más espaciados que en *N. burdigalensis cantabricus*. Se han contado de 5-6 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 8 septos a 2 mm. Las cámaras son isométricas con una tendencia a ser más largas que altas en las vueltas exteriores. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara.

N. burdigalensis cantabricus y *N. kapelloi* presentan gran semejanza, la distribución más espaciada de los septos y la ornamentación más acusada, tanto en el número como en las dimensiones de los pilares, permiten caracterizar *N. kapelloi* y diferenciarlo de *N. burdigalensis cantabricus*.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Medio.

Precursores del Grupo de *Nummulites partschi*

Formas análogas a *N. partschi* del Cuisiense, con una ornamentación caracterizada por la distribución en espiral de los pilares, no se encuentran en el Ilerdiense. SCHAUB (1951) considera que las especies del Grupo *N. praecursor* son las antecesoras del grupo. Las principales especies son: *N. praecursor* del Ilerdiense Medio, *N. atacicus* del Ilerdiense Medio alto y *N. ornatus* del Ilerdiense Superior. Estas especies presentan unas dimensiones que superan frecuentemente 1 cm. de diámetro, con una espira de crecimiento regular y apretada, así como una distribución de los septos y de las cámaras regular. Del material estudiado sólo hemos encontrado *N. atacicus* entre las especies que pueden considerarse antecesoras del Grupo de *N. partschi*. Hemos integrado en este grupo a *N. aff. pomeli* y *N. pavloveci*, por la relación filética de estas especies con *N. atacicus*, a pesar de que no se puedan considerar como formas primitivas del Grupo de *N. partschi*.

Nummulites atacicus LEYMERIE, 1846
(Lám. 2, figs. 6-7; lám. 12, figs. 1-2)

- 1919 *N. atacicus* LEYMERIE; Douvillé: 38, fig. 2; Pl. III, figs. 3-6.
1926 *N. atacicus* LEYMERIE; Doncieux: 29, figs. 9-14; Pl. III, figs. 20-28; Pl. IV, figs. 1-5.
1951 *N. atacicus* LEYMERIE; Schaub: 133, figs. 137-139.
1959 *N. atacicus* LEYMERIE; Belmustakov: 16; tb. I, figs. 4-8.

Lámina 3

Nummulites atacicus LEYMERIE, 1846.

1, 2. Formas B de la muestra Co 1. Secciones ecuatoriales.

1 Morfotipo B.

2 Morfotipo C.

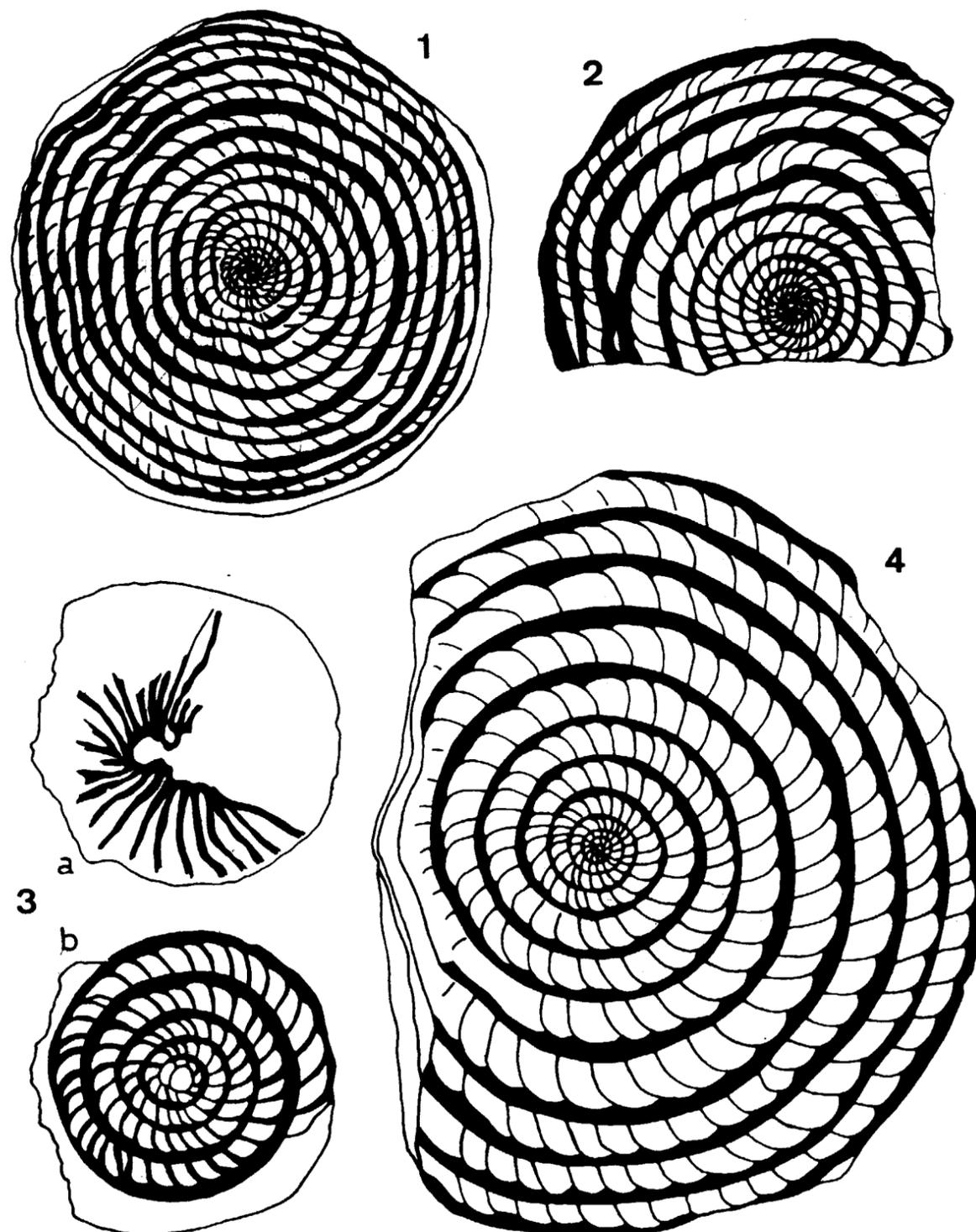
Figuras 1 y 2, $\times 7,5$.

Nummulites sp. aff. *pomeli* FICHEUR, 1890.

3, 4. Formas A (3) y B (4) de la muestra SE 9. 3a: aspecto externo; 3b, 4: secciones ecuatoriales.

Figuras 3 y 4, $\times 15$.

LAMINA 3



- 1972 *N. atacicus* LEYMERIE; Blondeau: 148, partim; Pl. XVIII, figs. 4-8.
 1973 *N. atacicus* LEYMERIE; Massieux: 91; Pl. XIV, figs. 1-9.
 1981 *N. atacicus* LEYMERIE; Schaub: 119-120; Pl. 25, figs. 1-51; tb. 14, fig. 1.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 1, Co 2 y Ca 1.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 19,0 mm. en las formas B y de 5,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 7,0 y 2,5 milímetros, respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular, casi bicónica, con bordes agudos. Filamentos radiales y botón central marcado. Espira de crecimiento regular y apretado. Septos rectos e inclinados. Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. El prolóculus, anisolepidino, presenta un diámetro entre 375 y 550 μ .

Formas B.—Concha lenticular abombada con bordes semiagudos y filamentos de tipo meandriforme. Basándonos en la morfología de las cámaras se han caracterizado tres morfotipos:

Morfotipo A. Espira apretada, crecimiento regular y septos ligeramente inclinados, con una altura de las cámaras mayor a la longitud. La relación vuelta-radio es: 8 vueltas con un radio alrededor de 4,0 mm., 10 vueltas 5,5 mm. y 12 vueltas 7,0 mm. La cuerda marginal no alcanza nunca 1/2 de la altura total de la cámara. El número de septos por 1/4 de vuelta a 2 mm. del centro es de 8, a 4 mm. de 13-14 y a 6 mm. de 18.

Morfotipo B. Espira apretada y crecimiento regular con septos ligeramente inclinados y una altura de las cámaras igual o más pequeña que la longitud; esto se refleja en la relación vuelta-radio (8 vueltas con radios alrededor de 3,5 mm., 10 vueltas 5 mm., y 12 vueltas 6,2 mm.). La cuerda marginal, ocupa a menudo de 1/3 a 1/2 de la altura total de la cámara. El número de septos por 1/4 de vuelta a 2 mm. del centro es de 6-7, a 4 mm. es de 8 mm. y a 6 mm. es de 18-19; puede observarse una disminución del número de septos respecto al morfotipo anterior.

Morfotipo C. Presenta una espira más laxa y crecimiento más irregular que en los morfotipos anteriores. La relación altura-longitud de las cámaras es variable y puede pasar en un mismo ejemplar de un tipo a otro de los anteriormente caracterizados. Los septos, de tipo oblicuo-flexuoso, no se distribuyen tan regularmente como en los morfotipos precedentes. La relación vuelta-radio es: 8 vueltas con un radio de 4,0 mm., 10 vueltas 6,0 mm. y 12 vueltas 7,5 mm. El número de septos por 1/4 de vuelta es intermedio entre los dos morfotipos anteriores (8 septos a 2 mm. del centro, 10 a 4 mm. y 18 a 6 mm.). La cuerda marginal presenta un grosor variable entre 1/4 y 1/2 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio alto.

Nummulites sp. aff. *pomeli* FICHEUR in Schaub, 1981
(Lám. 3, figs. 3-4)

1981 *N.* sp. aff. *pomeli* FICHEUR; Schaub, Pl. 27, figs. 18-24.

Material estudiado

Especímenes de las muestras SE 8 y SE 9.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 11,0 mm. en las formas B y de 4,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,5 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos radiales, sin pilares en la superficie. Espira de crecimiento regular ligeramente laxa (3 vueltas con radios de 1-3-1,5 mm., 4 vueltas 1,7-2,0 mm. y 5 vueltas 2,2-2,5 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente curvos y presentan una distribución densa (4 septos por 1/4 de vuelta en la segunda vuelta, 5-6 en la tercera, 7 en la cuarta y 8-9 en la quinta). Las cámaras son más altas que largas en todos los estadios de crecimiento. El prolóculus es iso-

lepidino, con diámetros entre 275 y 325 μ . La cuerda marginal representa entre 1/3 y 1/4 de la altura total de la cámara.

Formas B.—Concha lenticular abombada con bordes agudos. Filamentos de radiales a flexuosos, incluso anastomosados en los especímenes de mayores dimensiones. Sin pilares en la superficie. Espira de crecimiento regular (6 vueltas con radios de 2,0-2,5 mm., 7 vueltas 2,7-3,0 mm., 9 vueltas 4,0-4,5 mm. y 11 vueltas 5,3-5,6 mm.). Los septos son rectos, en algunos ejemplares presentan tendencia a ser inclinados o arqueados; se han contado 6-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 9-10 a 2 mm., 11-12 a 3 mm. y 16 a 4 mm. Las cámaras son más altas que largas, excepto en las últimas vueltas, donde tienden a la isometría. La cuerda marginal representa entre 1/3 y 1/4 de la altura total de la cámara.

Esta forma es similar a la representada por SCHAUB (1981) sin describir y denominada *N.* sp. aff. *pomeli*. Por nuestras observaciones se diferencia de *N. atacicus* por las dimensiones más pequeñas, el carácter más laxo de la espira y cámaras más altas que largas.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Nummulites pavloveci SCHAUB, 1981
(Lám. 4, figs. 1-4)

1981 *N. pavloveci* n. sp.; Schaub: 120-121; Pl. 27, figs. 26-52; tb. 5, figs. m-n.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Vm 3.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 17,0 mm. en las formas B y de 6,0 mm. en las formas A, y con espesores máximos respectivos de 6,0 y 3,0 mm.

Formas A.—Morfología de la concha variable

entre bicónica con bordes agudos y lenticular-ovalada con bordes agudos o semiagudos. Puede presentar un pilar central prominente. Filamentos de tipo radial, con tendencia flexuoso-meandriforme, algo marcada en la zona central. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 2,0-2,3 mm., 4 vueltas 2,4-3,0 mm. y 5 vueltas 2,75-3,4 mm.). Los septos son rectos y ligeramente inclinados, encorvándose en la parte superior de la cámara; su distribución es regular y densa (3-4 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 4-6 en la tercera y 6-7 en la cuarta). La cuerda marginal puede llegar a representar hasta la 1/2 de la altura total de la cámara. El prolóculus, isolepidino, presenta diámetros entre 500 y 675 μ .

Formas B.—Concha lenticular ovalada con bordes ligeramente agudos. Filamentos flexuosos con tendencia meandriforme. Espira de crecimiento regular y apretada (8 vueltas con radios de 2,5-3,5 mm., 10 vueltas 4,2-5,0 mm., 12 vueltas 5,7-6,7 mm., 14 vueltas 6,8-8,0 mm. y 16 vueltas alrededor de 8,8 mm.). Septos rectos con tendencia a ser inclinados en las vueltas externas; se han contado 6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 7-9 a 2 mm., 10-15 a 4 mm., y alrededor de 18 a 6 mm. Las cámaras son algo más altas que largas en las vueltas iniciales y son ligeramente más largas que altas en las más externas, donde la inclinación de los septos determina la morfología romboidal de las mismas. La cuerda marginal puede llegar a ser 1/2 de la altura de las cámaras.

Esta especie se diferencia de *N. atacicus* por la tendencia más laxa y regular de la espira, así como por las mayores dimensiones de la concha. Se diferencia de *N.* sp. aff. *pomeli* por el tipo de cámaras y espira menos apretada.

Distribución estratigráfica

Cuisiense.

Grupo de *N. partschi*

Las especies más representativas son: *N. partschi* del Cuisiense Inferior y Medio, *N. tauricus* del Cuisiense Medio y Superior, *N. praelorioli* del Luteciense Inferior, *N. boussaci* del Luteciense

se Medio, *N. lorioli* del Luteciense Medio y Superior y *N. hottingeri* del Bartonense.

Se caracteriza por presentar los pilares en la intersección de los filamentos con la cuerda marginal, lo que determina su distribución en espiral. Los filamentos son sinuosos y/o flexuosos. Las cámaras en las especies más primitivas (*N. partschi*, *N. tauricus*) son isométricas o ligeramente más altas que largas y en las especies más altas estratigráficamente (*N. praelorioli*, *N. boussaci*, *N. lorioli*) son más largas que altas. La espira es de crecimiento regular. Prolóculus isolepidino y septos casi perpendiculares a la base de la cámara.

Nummulites partschi DE LA HARPE, 1880
(Lám. 4, fig. 5)

1951 *N. partschi* DE LA HARPE; Schaub: 140, fig 12, 159-183; Pl. 3, figs. 16-18; Pl. 4, figs. 1-9, 13-15.

1972 *N. partschi* DE LA HARPE; Blondeau: 151; Pl. XXV, figs. 7-9, no figs. 10-15.

1981 *N. partschi* DE LA HARPE; Schaub: 108-109, figs. 80, 87; Pl. 28, figs. 1-20; Pl. 29, figs. 1-14; tb. 5, fig. c.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 9.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 13,0 mm. en las formas B y de 5,0 mm. en las formas A, con espesores máximos respectivos de 4,5 y 2,5 mm.

Formas A.—Concha lenticular plana con bordes agudos. Filamentos radiales poco visibles por

la presencia de numerosos pilares distribuidos en espiral. Espira de crecimiento regular y apretado. Septos rectos o ligeramente inclinados y cámaras isométricas. Prolóculus isolepidino, con un diámetro que oscila entre 300 y 500 μ .

Formas B.—Las características morfológicas externas son semejantes a las formas A. Espira de crecimiento regular, que se abre progresivamente en las últimas vueltas (6 vueltas con un radio de 1,65 mm., 7 vueltas 2,3 mm. y 8 vueltas 2,8 mm.). Los septos son rectos en las primeras vueltas, encorvándose en el tercio o cuarto superior de la cámara; se han contado 5 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 6 a 2 mm. Las cámaras tienen una tendencia isométrica en toda la espira. La cuerda marginal puede llegar a ocupar más de 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Filum de *N. leupoldi*

Las especies más características son: *N. praelucasi* del Cuisiense Inferior, *N. leupoldi* del Cuisiense Inferior y Medio, *N. biarriztiensis* del Bartonense.

Este filum se caracteriza por la morfología lenticular de la concha. Espira de crecimiento regular. Septos rectos, con una pequeña inflexión anterior en la base, y encorvándose en la mitad o tercio superior de la cámara, formando un ángulo muy pequeño con la cuerda marginal. Filamentos radiales que pasan a sinuosos en la periferia.

Lámina 4

Nummulites pavloveci SCHAUB, 1981.

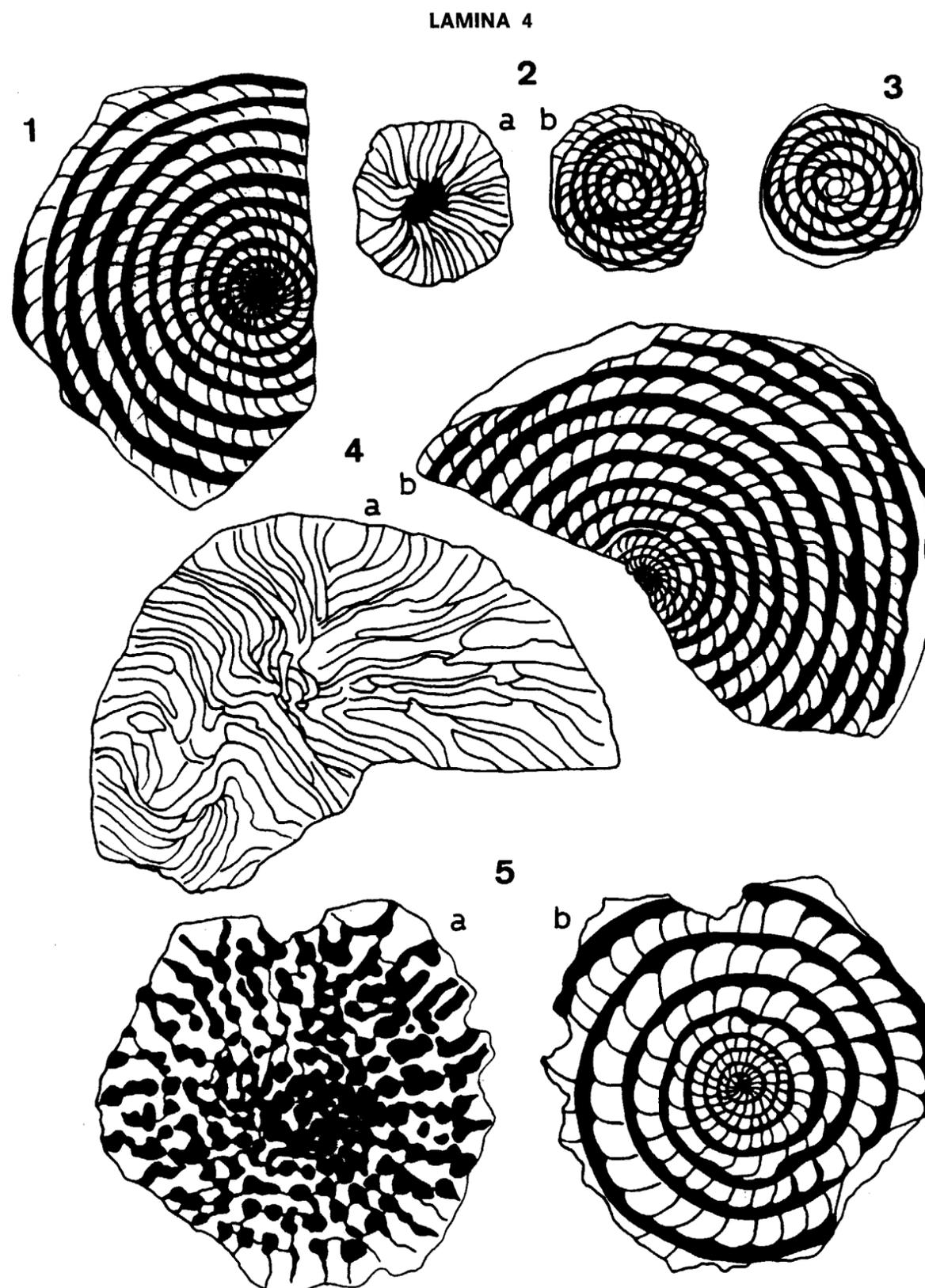
1-4. Formas A (2, 3) y B (1, 4) de la muestra Vm 3. 2a, 4a: aspecto externo; 1, 2b, 3, 4b: secciones ecuatoriales.

Figuras 1, 2, 3 y 4, $\times 7,5$.

Nummulites partschi DE LA HARPE, 1880.

5. Forma B de la muestra Cm 9. 5a: aspecto externo; 5b: sección ecuatorial.

Figura 5, $\times 15$.



Nummulites praelucasi DOUVILLE, 1924
(Lám. 5, figs. 1-4)

- 1924 *N. praelucasi* n. sp.; Douvillé: 39, fig. 10.
1951 *N. praelucasi* DOUVILLE; Schaub, 156, figs. 197-205; Pl. 5, fig. 12.
1961 *N. praelucasi* DOUVILLE; Nemkov & Barkhatova: 26; Pl. 1, figs. 7-10.
1967 *N. praelucasi* DOUVILLE; Nemkov: 158, Pl. XVI, figs. 1-13.
1981 *N. praelucasi* DOUVILLE; Schaub: 121-122; Pl. 51, figs. 1-13; tb. 15, fig. a.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Vm 2, Vm 5, Cm 2 y Cm 3.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 6,0 mm. en las formas B y de 2,3 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,5 y 1,5 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular bicónica y bordes agudos. Filamentos radiales. Puede observarse un botón central algo desarrollado. Espira de crecimiento variable (2 vueltas con radios de 0,5-0,6 mm. y 3 vueltas 0,7-1,0 mm.). Los septos son curvos y distribuidos irregularmente (7 septos por 1/4 de vuelta en la segunda vuelta y 7-8 en la tercera). Las cámaras presentan una morfología variable a lo largo del crecimiento de la espira, con una tendencia a que la altura y la longitud sean semejantes. El grosor de la cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. Prolóculus isolepidino con un diámetro variable entre 100 y 250 μ .

Formas B.—Concha lenticular o bicónica con bor-

des agudos. Filamentos radiales o ligeramente flexuosos. Pueden presentar algunos pequeños pilares en la zona central de la concha. Espira de crecimiento variable (6 vueltas con radios de 1,5-1,7 mm. y 7 vueltas con radios de 1,8-2,3 mm.). Los septos son arqueados en las primeras vueltas y pasan a ser rectos pero inclinados en las últimas vueltas, ligeramente falciformes en el tercio superior de la cámara. La distribución de los septos es variable, se han contado 6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 7-8 a 2 mm. La cuerda marginal puede llegar a representar 1/3 de la altura total de la cámara.

Esta especie se diferencia de *N. leupoldi* por sus dimensiones más reducidas.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior a Cuisiense Medio.

Nummulites leupoldi SCHAUB, 1951
(Lám. 5, figs. 5-7)

- 1951 *N. leupoldi* n. sp.; Schaub: 159, figs. 206-214; Pl. 5, figs. 3-7.
1967 *N. leupoldi* SCHAUB; Nemkov: 159, Pl. XVII, figs. 1-11.
1981 *N. leupoldi* SCHAUB; Schaub: 122-123; Pl. 51, figs. 15-29; tb. 15, fig. b.

Material estudiado

Especímenes de la muestra SE 6.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de

Lámina 5

Nummulites praelucasi DOUVILLE, 1924.

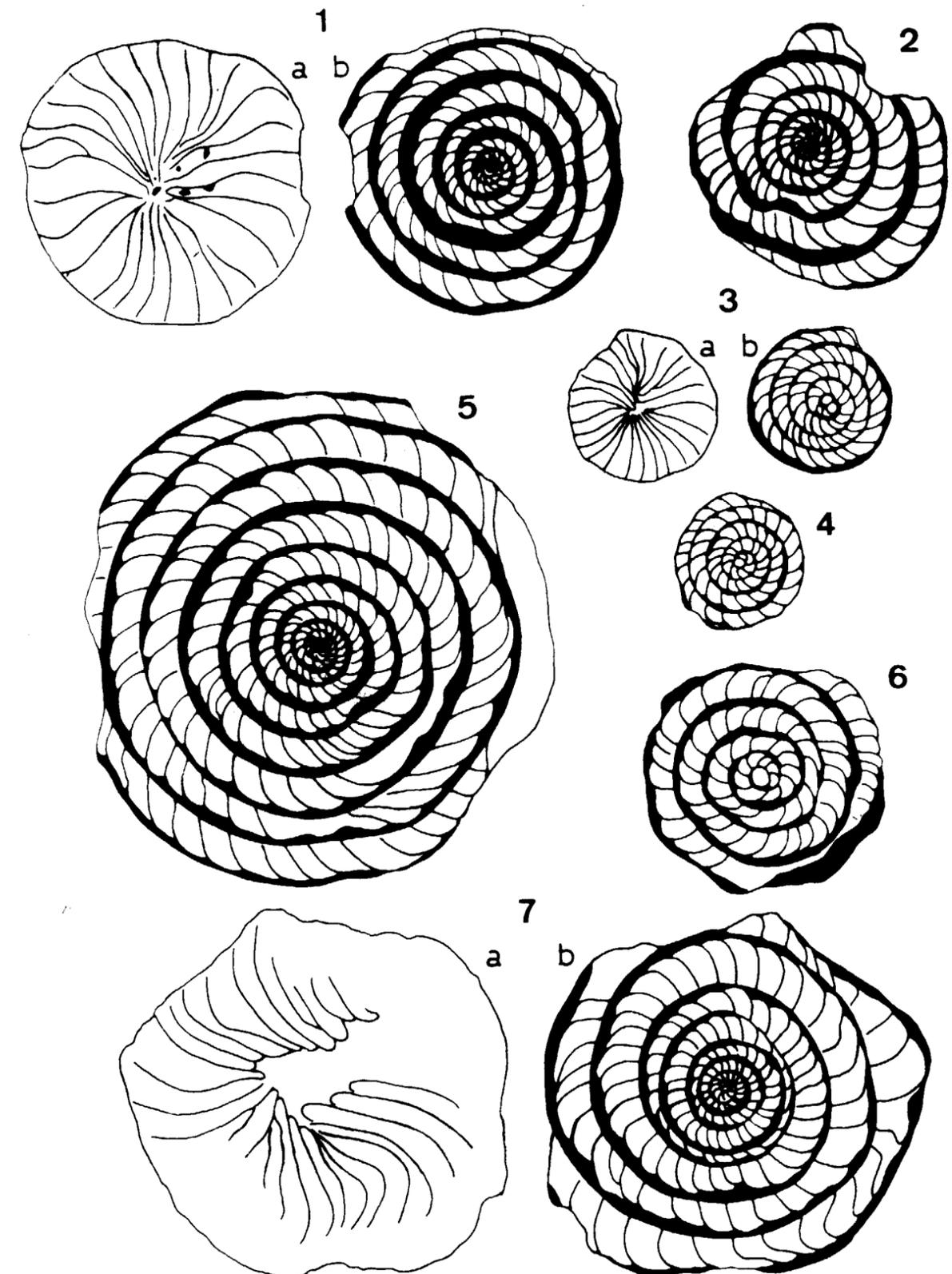
1. Formas B de la muestra Vm 5. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
2. Forma B de la muestra Cm 2 en sección ecuatorial.
3, 4. Formas A de la muestra Cm 3. 3a: aspecto externo; 3b, 4: secciones ecuatoriales.

Nummulites leupoldi SCHAUB, 1951.

- 5-7. Formas A (6) y B (5, 7) de la muestra SE 6. 7a: aspecto externo; 5, 6, 7b: secciones ecuatoriales.

Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 5



9,0 mm. en las formas B y de 3,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 4,0 y 1,8 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos de radiales a sinuosos. Espira de crecimiento laxo y ligeramente irregular (3 vueltas con un radio alrededor de 1,5 mm. y 4 vueltas 1,7-1,8 mm.). Los septos, distribuidos irregularmente, son rectos o ligeramente arqueados; en la mitad o tercio superior de la cámara se inflexionan bruscamente llegando a ser falciformes. Se han contado 3 septos por 1/4 de vuelta en la segunda vuelta, 5-6 en la tercera y 7 en la cuarta. Las cámaras son inicialmente isométricas, pasando a ser más altas que largas en las últimas vueltas. La cuerda marginal representa de 1/4 a 1/3 de la altura total de la cámara. Prolóculus isolepidino con diámetros entre 150 y 250 μ .

Formas B.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos flexuosos. Espira laxa de crecimiento inicial regular, irregular en las últimas vueltas (7 vueltas con radios de 2,0-2,1 mm., 8 vueltas 2,7-2,8 mm., 9 vueltas 3,3-3,4 mm. y 10 vueltas 3,8 mm.). Los septos se distribuyen apretados en las vueltas iniciales y más espaciados en el resto de la espira; son rectos o ligeramente inclinados y se encorvan en la mitad o tercio superior de la cámara, pasando a ser falciformes. Se han contado 6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 10-11 a 2 mm. En los estadios iniciales las cámaras son más altas que largas y pasan progresivamente a ser isométricas.

N. leupoldi presenta muchas afinidades con *N. praelucasi*, se diferencia por las dimensiones mayores y por la presencia más marcada de los caracteres definidores del filum (septos encorvados a partir de la mitad superior de la cámara y espira de crecimiento con tendencia a la irregularidad).

Distribución estratigráfica

Cuisiense Medio y Superior.

Filum de *N. rotularius*

Representado esencialmente por las siguientes especies: *N. bigurdensis* del Ilerdiense Inferior, *N. praevis* del Ilerdiense Superior, *N. rotularius* del Cuisiense Inferior y *N. perplexus* de la base del Luteciense.

Presentan conchas de morfología muy variable, desde lenticular a ovalada e incluso globosa. Filamentos de radiales a flexuosos, con un botón central en las especies más primitivas. La espira presenta un crecimiento regular. Cámaras algo más altas que largas en las vueltas iniciales, que pasan a isométricas o más largas que altas en las últimas vueltas. Los septos son rectos, poco inclinados o ligeramente curvos y se distribuyen regularmente.

Nummulites rotularius (DESHAYES, 1838) (Lám. 6, figs. 1-4)

- 1929 *Nummulina rotularia* DESHAYES; Rozloz-nik: 103, part.; Pl. III, figs. 14, 19 y 28.
1951 *Nummulites rotularius* (DESHAYES); Schaub: 125, figs. 112-116.
1961 *Nummulites rotularius* (DESHAYES); Nemkov & Barkhatova: 69, Pl. VI, figs. 12-21.
1972 *Nummulites rotularius* (DESHAYES); Blondeau: 152; Pl. XVII, figs. 9-12.
1981 *Nummulites rotularius* (DESHAYES); Schaub: 131-132; Pl. 26, figs. 1-36; Pl. 27, figs. 1-11, 25; tb. 14, figs. c-d.

Material estudiado

Especímenes de las muestras SE 8, SE 9, Ed 1, Vm 3, Vm 4, Vm 6 y Vm 7.

Lámina 6

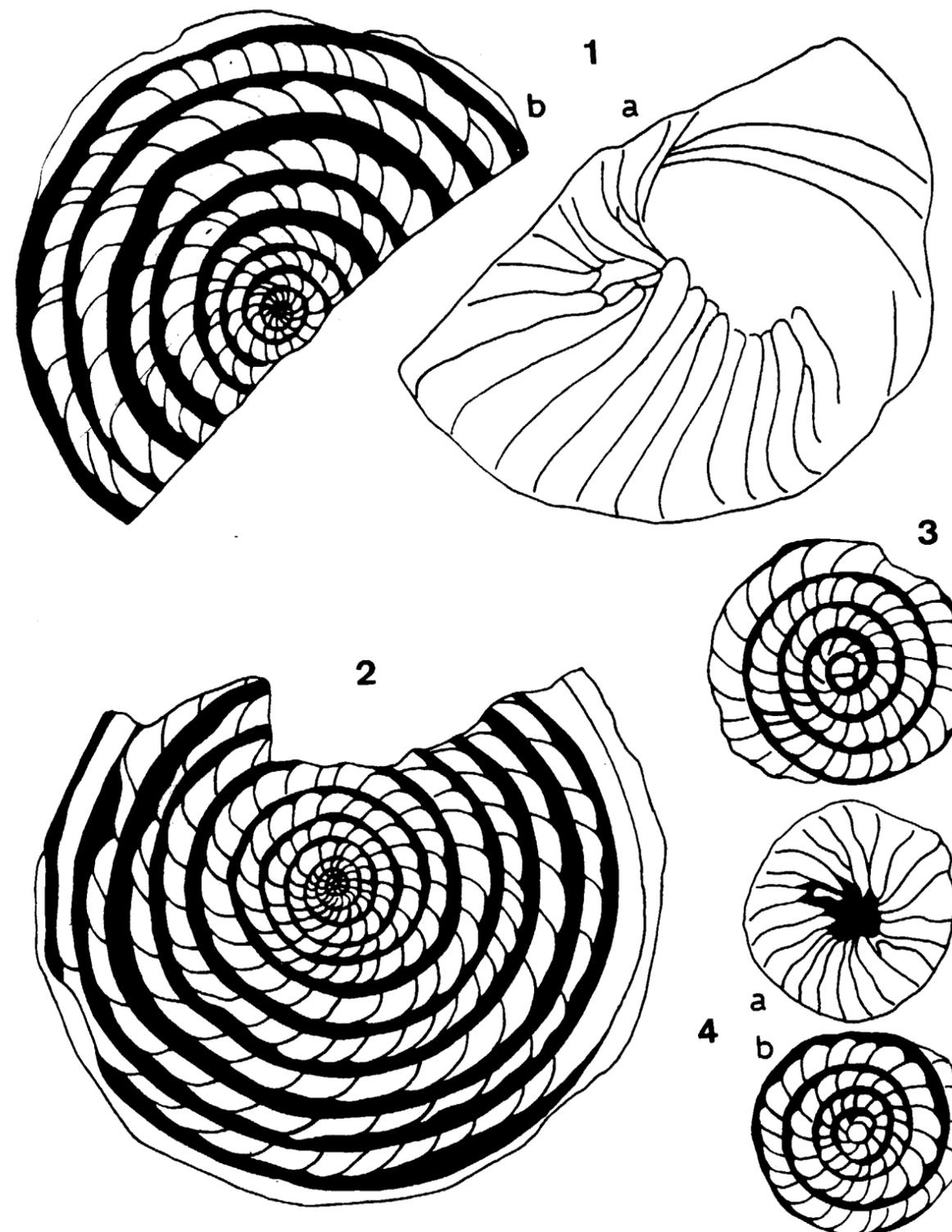
Nummulites rotularius DESHAYES, 1838.

1, 3, 4. Formas A (3, 4) y B (1) de la muestra Vm 6. 1a, 4a: aspecto externo; 1b, 3, 4b: secciones ecuatoriales.

2. Forma B de la muestra Vm 3 en sección ecuatorial.

Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 6



Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 10,0 mm. en las formas B y de 5,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 5,5 y 2,5 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales, ligeramente sinuosos, con una agrupación de pilares en la zona central. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,4-1,7 mm. y 4 vueltas 1,9 mm.). Septos inclinados distribuidos regularmente (4 septos por por 1/4 de vuelta en la segunda, 5-6 en la tercera y 6 en la cuarta). Las cámaras son isométricas y la cuerda marginal puede representar hasta 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus, isolepidino, presenta diámetros entre 350 y 450 μ.

Formas B.—Concha lenticular muy abombada, casi subglobosa, con bordes semiromos. Los filamentos son de tipo radial-sinuoso, localmente con una cierta tendencia flexuoso-meandriforme. Espira de crecimiento regular (7 vueltas con radios de 2,0-3,0 mm., 8 vueltas 2,6-3,6 mm., 10 vueltas 3,7-4,4 mm., 12 vueltas 4,6-5,0 mm., y 14 vueltas 5,5 mm.). Los septos son inclinados, rectos o ligeramente flexuosos y espaciados (7 septos por 1/4 de vuelta a 2 mm. del centro y 10-12 a 3 mm.). Las cámaras son isométricas en las vueltas iniciales y más largas que altas en el resto. La cuerda marginal ocupa a menudo de 1/3 a 1/2 de la altura total de la cámara.

Esta especie presenta afinidades con *N. pavlovici* pero tiene una cuerda marginal más gruesa, las cámaras tienen una relación longitud-alura mayor, así como diámetros de la concha más pequeños y espesores más gruesos para el mismo número de vueltas.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Grupo de *N. globulus*

Caracterizado por especies de morfología bicónica a lenticular abombada. Filamentos radiales con un botón central prominente. Espira de crecimiento regular y apretada (*N. globulus globulus*, *N. globulus nanus*), que evoluciona a laxa (*N. globulus laxiformis*, *N. soerenbergensis*). Prolóculus isolepidino. Cámaras isométricas o más altas que largas.

Históricamente se han considerado dentro de este grupo formas que SCHAUB (1981) diferencia a nivel específico, como son: *N. deserti*, *N. minervensis*, *N. carcasonensis*, *N. increscens*, *N. globulus*, y toda una serie de formas que, según este autor, tendrían en *N. globulus* la especie ancestral; sería el caso de *N. globulus nanus*, *N. crimensis*, *N. globulus laxiformis*, *N. soerenbergensis*, *N. globulus latior*, *N. laxus*, *N. subramondi*..., todas ellas con un tipo de espira y morfología de las cámaras muy diferentes.

Nummulites globulus nanus SCHAUB, 1981 (Lám. 7, figs. 1-2)

1981 *N. globulus nanus* n. ssp.; Schaub: 138; Pl. 41, figs. 21-36; tb. 1, fig. k.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3 y Cm 1.

Lámina 7

Nummulites globulus nanus SCHAUB, 1981.

- 1. Forma B de la muestra Cm 1. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
- 2. Forma B de la muestra Co 3 en sección ecuatorial.

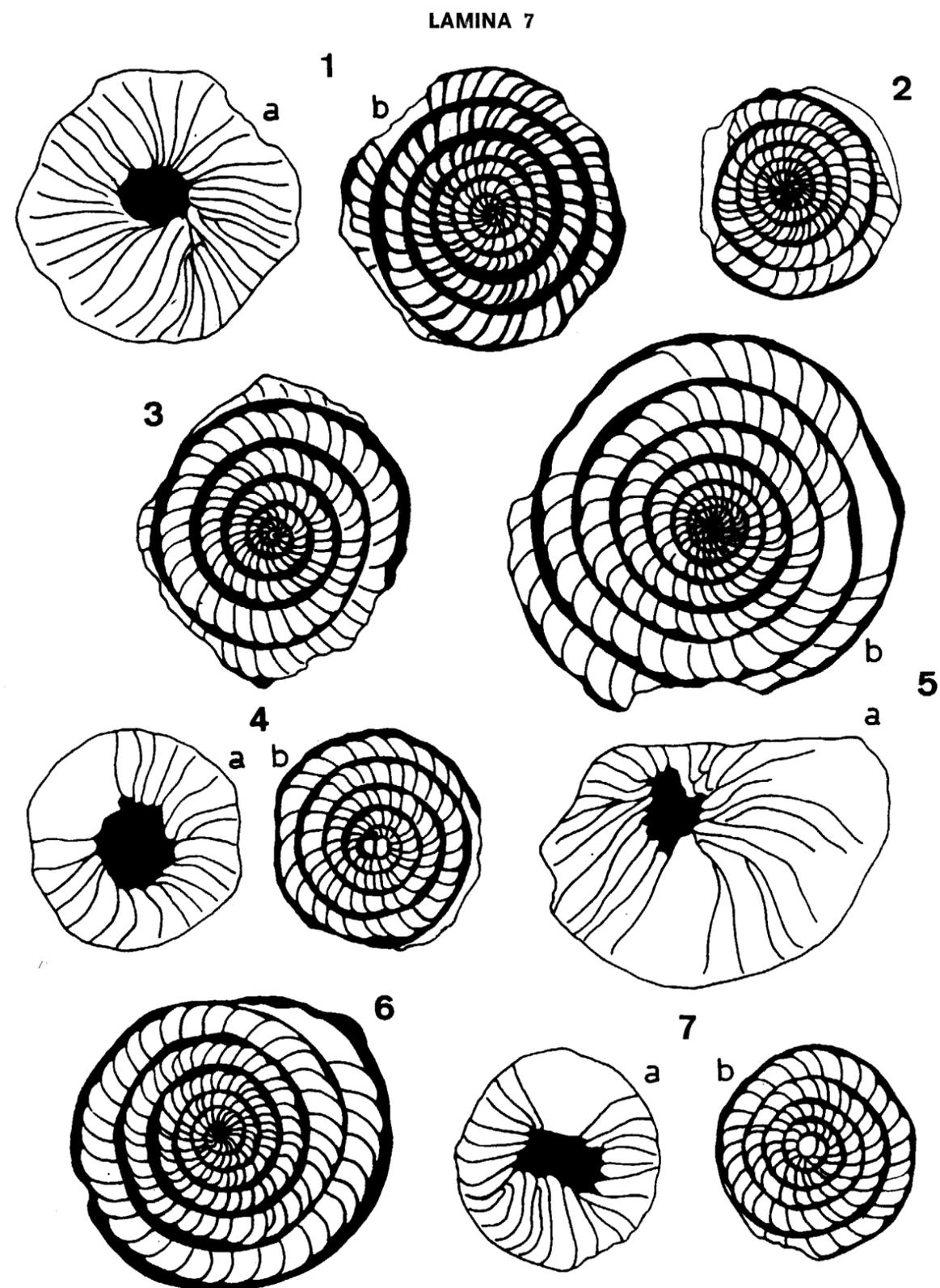
Nummulites globulus latior SCHAUB, 1981.

- 3. Forma B de la muestra Ca 2 en sección ecuatorial.

Nummulites globulus laxiformis SCHAUB, 1981.

- 4-6. Formas A (4) y B (5, 6) de la muestra Co 3. 4a, 5a: aspecto externo; 4b, 5b, 6: secciones ecuatoriales.
- 7. Forma A de la muestra Ca 3. 7a: aspecto externo; 7b: sección ecuatorial.

Todas las figuras, ×15.



Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 3,5 mm. en las formas B y de 2,0 mm. en las formas A, con espesores máximos respectivos de 2,0 y 1,0 mm.

Formas A.—Concha lenticular, casi bicónica, con bordes agudos, filamentos radiales y botón central. Espira de crecimiento regular y apretado. Septos rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, y de distribución densa. Las cámaras son más altas que largas. El prolóculus es isolepidino y presenta diámetros entre 100 y 150 μ .

Formas B.—Concha bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales y presencia de un prominente botón central. Espira de crecimiento regular y apretado (5 vueltas con radios de 1,2-1,5 mm. y 6 vueltas alrededor de 2,0 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados y se distribuyen de forma regular y apretada (6-7 septos por 1/4 de vuelta a 0,5 mm. del centro y 7-10 a 1 mm.). Las cámaras son más altas que largas, aunque pueden ser prácticamente isométricas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio alto.

Nummulites globulus latior SCHAUB, 1981
(Lám. 7, fig. 3)

1981 *N. globulus latior* n. ssp.; Schaub: 138-139; Pl. 41, figs. 1-20; tb. 1, fig. g.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Ca 2.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 5,0 mm. en las formas B y de 3,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,5 y 1,7 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos radiales y botón central. Espira de crecimiento regular, algo laxo. Septos rectos

o ligeramente arqueados. Cámaras más altas que largas. Prolóculus isolepidino, con diámetros entre 150 y 250 μ .

Formas B.—Concha de bicónica a lenticular con bordes agudos. Filamentos radiales y presencia de un botón central. Espira de crecimiento regular que se hace más laxa en las vueltas externas (5 vueltas con radios de 1,2-1,3 mm. y 6 vueltas 1,9-2,0 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, y se disponen de forma regular y apretada (7-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 10-12 a 1,5 mm.). Las cámaras son más altas que largas, en una relación que a menudo es el doble. La cuerda marginal puede llegar a representar 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio y Superior.

Nummulites globulus laxiformis SCHAUB, 1981
(Lám. 7, figs. 4-7)

1981 *N. globulus laxiformis* n. ssp.; Schaub: 138; Pl. 41, figs. 37-62; tb. 1, fig. h.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3, Ca 3, Ca 4, SE 3 y SE 6.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 6,0 mm. en las formas B y 3,8 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,0 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha de lenticular a bicónica con los bordes agudos. Filamentos radiales y botón central menos prominente que en las otras subespecies de *N. globulus*. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,1-1,4 mm., 4 vueltas 1,4-1,8 mm. y 5 vueltas alrededor de 2,0 mm.). Septos rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, y distribuidos regularmente (4-6 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 5-6 en la tercera, 5-7 en la cuarta y 6-8 en la quinta). Las cámaras son ligeramente más altas que lar-

gas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus isolepidino presenta unas dimensiones medias del diámetro de 300 μ .

Formas B.—Concha lenticular, algo abombada, con bordes agudos. Filamentos radiales y botón central poco marcado. Espira de crecimiento regular (6 vueltas con radios de 1,0-1,5 mm., 8 vueltas 2,0-2,5 mm. y 10 vueltas 3,2-3,5 mm.). Septos rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados; su distribución es regular (7-9 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y alrededor de 10 a 2 mm.). Las cámaras son más altas que largas, a menudo con una relación de 3 a 2, pudiendo ser la altura el doble de su longitud. La cuerda marginal puede llegar a representar 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior.

Nummulites cf. crimensis
NEMKOV & BARKHATOVA, 1960
(Lám. 8, figs. 1-2)

1961 *N. crimensis* NEMKOV & BARKHATOVA; Nemkov & Barkhatova: 30; Pl. 1, figs. 11-16.

1981 *N. crimensis* NEMKOV & BARKHATOVA; Schaub: 139; Pl. 41, figs. 64-68; tb. 1, fig. n.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Ca 2 y Cm 1.

Descripción

Especie con diámetros y espesores máximos de la concha de 5,0 y 2,0 mm., respectivamente, por lo que hace referencia a las formas B. No se dispone de formas A.

Formas B.—Concha lenticular abombada, ligeramente bicónica, con bordes agudos. Filamentos radiales o ligeramente sinuosos. El resalte de la cuerda marginal en la periferia de la concha, que algunos autores consideran como característico de la especie tipo, se encuentra muy po-

co desarrollado en nuestros especímenes. Espira de crecimiento regular y apretado (5 vueltas con radios de 1,2-1,5 mm., 6 vueltas 1,6-1,8 mm., 7 vueltas 2,2-2,5 mm., y 8 vueltas 2,7-2,8 mm.). Septos rectos, marcadamente inclinados a lo largo de la espira y espaciados (5-6 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 6-7 septos a 2 mm.). Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa a menudo 1/3 de la altura total de la cámara.

Esta especie presenta muchas analogías con *N. praelucasi*. Se diferencia por la ornamentación y la tendencia isométrica de las cámaras desde las vueltas iniciales. Los especímenes estudiados por nosotros se han considerado afines por el carácter poco marcado de la cuerda marginal en la periferia de la concha y por la falta de material de comparación.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior.

Nummulites soerenbergensis SCHAUB, 1951
(Lám. 8, figs. 3-5)

1951 *N. subplanulatus soerenbergensis* n. ssp.; Schaub: 101, figs. 37-41; Pl. 1, figs. 4-6.

1951 *N. subplanulatus* HANTKEN & MADARASZ; Schaub: 99, partim, figs. 34-36.

1981 *N. soerenbergensis* SCHAUB; Schaub: 139-140, figs. 90 a-p; Pl. 41, figs. 68-69; tb. 1, fig. i.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3, Ca 4, SE 3, SE 6 y Ed 1.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 6,5 mm. en las formas B y 4,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,8 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular a ovalada con bordes semiromos a romos. Filamentos radiales con un botón o pequeños pilares agrupados en la

zona central. Espira regular y apretada en las vueltas iniciales, que pasa a laxa a partir de la tercera o cuarta vuelta (3 vueltas con radios de 1,3-1,6 mm. y 4 vueltas 1,8-2,0 mm.). Los septos son rectos y se encorvan en el cuarto superior de la cámara; se distribuyen de forma regular y apretada (4-5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 6-7 en la tercera y 7 en la cuarta). Las cámaras son siempre más altas que largas. Próculus isolepidino, con diámetros entre 150 y 250 μ . La cuerda marginal representa alrededor de 1/4 de la altura de la cámara.

Formas B.—Concha lenticular con bordes semi-agudos, puede presentar un botón central, que desaparece en los ejemplares más grandes. Los filamentos van de radiales a flexuosos o flexuoso-meandriformes con el aumento de las dimensiones de la concha. Espira de crecimiento regular y apretado en las primeras vueltas, volviéndose laxa rápidamente a partir de la sexta o séptima vuelta (6 vueltas con radios de 1,3-2,0 mm., 7 vueltas 2,0-2,8 mm., y 8 vueltas 2,5-3,0 mm.). Los septos son generalmente rectos, encorvándose en el tercio superior de la cámara, o pueden ser ligeramente arqueados desde las vueltas iniciales; su distribución es regular en la mayor parte de los ejemplares, con 7-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 9-10 a 2 mm. Las cámaras son más altas que largas en toda la espira, principalmente en las vueltas más laxas, en este tramo la altura de las cámaras puede doblar su longitud. La cuerda marginal puede alcanzar 1/3 de la altura total de la cámara.

Presenta grandes analogías con *N. globulus latior* del Ilerdiense Medio y Superior; las diferencias se centran en las dimensiones más grandes, el crecimiento más rápido de la espira, así como

una densidad menor de septos por vuelta en *N. soerenbergensis*.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior - Base del Cuisiense.

Nummulites increscens SCHAUB, 1951 (Lám. 9, figs. 1-5)

- 1951 *N. globulus increscens* n. ssp.; Schaub: 107, figs. 53-58; Pl. 1, figs. 1-3.
1951 *N. globulus* LEYMERIE; Schaub: 113-117, figs. 44-46, 48, 49 y 51.
1981 *N. increscens* SCHAUB; Schaub: 142-143, figs. 92a-v, Pl. 46, figs. 39-56; tb. 1, fig. e.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3, Ca 3, Ca 4, SE 3, SE 6, Vm 8 y Cm 3.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 6,0 mm. en las formas B y 3,8 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,5 y 1,8 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha de lenticular a bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales, con una pequeña agrupación de pilares en la zona central, sin llegar a formarse un botón central. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,2-1,6 mm., 4 vueltas 1,6-1,8 mm. y 5 vueltas

Lámina 8

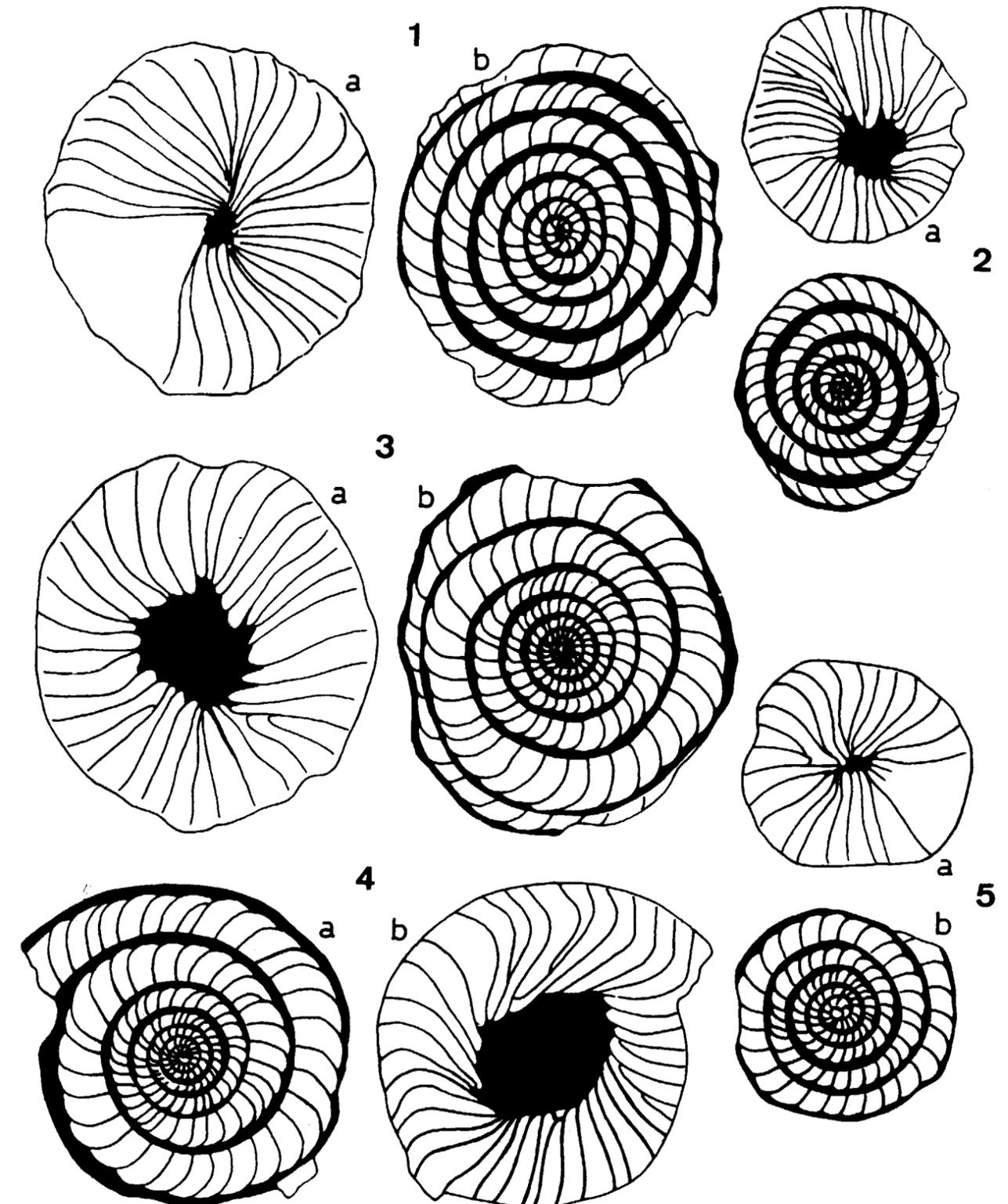
Nummulites cf. crimensis NEMKOV & BARKHATOVA, 1961.

1. Forma B de la muestra Cm 1. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
2. Forma B de la muestra Ca 2. 2a: aspecto externo; 2b: sección ecuatorial.

Nummulites soerenbergensis SCHAUB, 1951.

3. Forma B de la muestra SE 3. 3a: aspecto externo; 3b: sección ecuatorial.
 4. Forma B de la muestra SE 6. 4b: aspecto externo; 4a: sección ecuatorial.
 5. Forma A de la muestra Ca 4. 5a: aspecto externo; 5b: sección ecuatorial.
- Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 8



alrededor de 2,0 mm.). La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. Septos rectos o ligeramente arqueados (6 septos por 1/4 de vuelta en la tercera, 6-7 en la cuarta y 7 en la quinta). Cámaras más altas que largas. Prolóculus isolepidino con un diámetro que oscila entre 275 y 375 μ .

Formas B.—Concha lenticular, ligeramente bicónica en los ejemplares más pequeños, y bordes agudos. Filamentos radiales que pasan a flexuosos en las formas más grandes, puede observarse una agrupación de pilares en la zona central, sin llegar a formar un botón central. Espira de crecimiento regular (6 vueltas con radios entre 1,5-2,0 mm., 7 vueltas 2,0-2,5 mm., y 8 vueltas 2,5-2,8 mm.). Septos apretados, casi rectos o ligeramente inclinados en los 2/3 inferiores de la cámara y encorvándose en el tercio superior de la cámara; se han contado 7-9 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y alrededor de 10 a 2 mm. Las cámaras son más altas que largas, algunas veces isométricas en las últimas vueltas. El grosor de la cuerda marginal puede alcanzar 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior - Base del Cuisiense.

Filum *N. pustulosus*

Formado por las siguientes especies: *N. subramondi subramondi* del Ilerdiense Superior a base del Cuisiense, *N. subramondi thalmanni* del Cuisiense Inferior, *N. pustulosus* del Cuisiense Inferior y Medio, y *N. escheri* del Cuisiense Medio. Se caracteriza por un crecimiento regular de la espira, cámaras con tendencias a la isometría, septos rectos y encorvados en su parte superior.

En la evolución del filum se observa un incremento de las dimensiones de la concha, una tendencia a espiras más laxas e incremento de la curvatura de los septos a partir de la mitad o tercio superior de la cámara, y un paso gradual de las cámaras desde isométricas a más altas que largas.

Nummulites subramondi subramondi DE LA HARPE, 1883 (Lám. 9, fig. 6; lám. 19, figs. 1-3)

1951 *N. subramondi* DE LA HARPE; Schaub: 128, figs. 119-127.

1981 *N. subramondi* DE LA HARPE; Schaub: 149-150, figs. 95 a-o; Pl. 47, figs. 1-30; tb. 1, figs. o-q.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3, Ca 3, Ca 4, SE 3, SE 5, SE 6, SE 9, Vm 1, Vm 3, Vm 4, Vm 5 y Cm 2.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 8,0 mm. en las formas B y 4,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 4,0 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha de lenticular a bicónica con bordes agudos y semiagudos. Filamentos radiales que se encorvan en la zona central, en la cual se observa un botón muy marcado. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,2-1,5 mm., 4 vueltas 1,5-1,9 mm., y 5 vueltas 1,8-2,1 mm.). Septos rectos, o casi rectos, distribuidos regularmente (4-5 septos por 1/4 de

Lámina 9

Nummulites increscens SCHAUB, 1951.

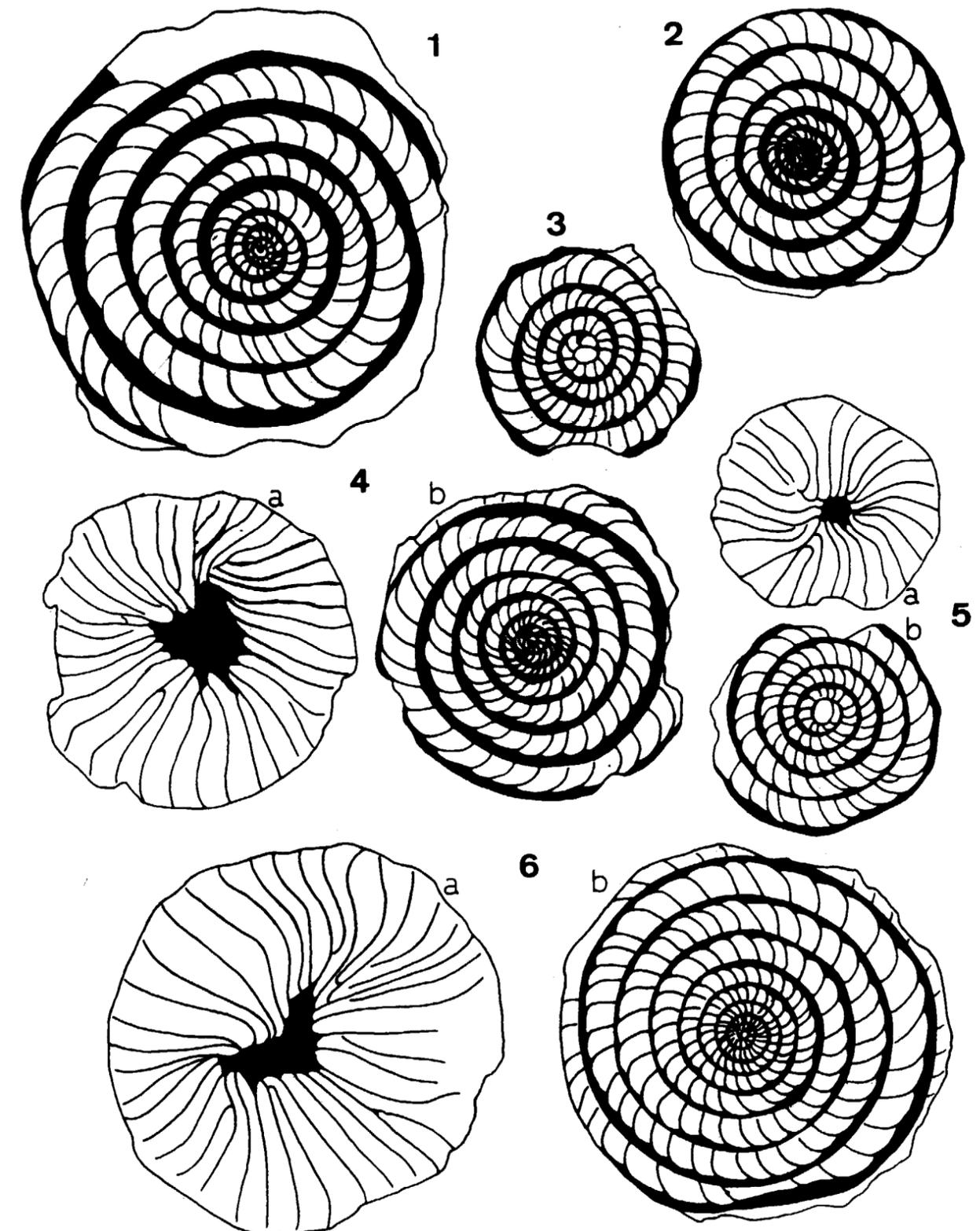
1. Forma B de la muestra SE 3 en sección ecuatorial.
- 2, 4. Formas B de la muestra SE 6. 4a: aspecto externo; 2, 4b: secciones ecuatoriales.
3. Forma A de la muestra Co 3 en sección ecuatorial.

5. Forma A de la muestra Ca 3. 5a: aspecto externo; 5b: sección ecuatorial.

Nummulites subramondi subramondi DE LA HARPE, 1883.

6. Forma B de la muestra Vm 5. 6a: aspecto externo; 6b: sección ecuatorial.
- Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 9



vuelta en la segunda, 5-6 en la tercera, 6 en la cuarta y 6-7 en la quinta), sólo se encorvan en las últimas vueltas. La cuerda marginal representa de 1/4 a 1/3 de la altura total de la cámara. Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. Prolóculus isolepidino, presenta un diámetro entre 250 y 350 μ .

Formas B.—Concha lenticular con bordes semiromos. Presencia de un botón central que tiende a desaparecer en los ejemplares más grandes. Filamentos radiales curvos hacia el centro. Espira de crecimiento regular (6 vueltas con radios de 1,3-1,8 mm., 8 vueltas 2,3-2,7 mm., y 10 vueltas 2,9-3,2 mm.). Los septos son rectos o ligeramente arqueados y se encorvan en la parte superior de la cámara, su distribución es regular (6-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 8 a 2 mm.). Las cámaras pasan de ligeramente más altas que largas en las vueltas iniciales, a isométricas (casi cuadradas) o incluso más largas que altas en las últimas vueltas. El grosor de la cuerda marginal puede alcanzar 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Superior - Base del Cuisiense.

Nummulites subramondi thalmanni
SCHAUB, 1981
(Lám. 10, figs. 4-5)

- 1951 *N. subramondi maior* n. ssp.; Schaub: 130, figs. 128a-b, 131a-b, 132a-c.
- 1981 *N. subramondi thalmanni* n. nom.; Schaub: 150, figs. 96a-h.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Co 3, Ca 3, Ca 4, SE 5 y SE 9.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 8,0 mm. en las formas B y 4,2 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,5 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—De acuerdo con SCHAUB (1981), se han diferenciado dos morfotipos dentro de la subespecie: a) formas intermedias entre *N. subramondi subramondi* y *N. subramondi thalmanni*, con unas dimensiones de la concha más reducidas (entre 2,5-3,8 mm. de diámetro y de 1,5-2,2 mm. de espesor), y b) formas que representarían *N. subramondi thalmanni* en sentido estricto, con unas dimensiones más grandes de la concha (3,2-4,3 mm. de diámetro y 1,5-2,0 mm. de espesor). Ambos morfotipos se diferenciarían de *N. subramondi subramondi* por el diámetro mayor del prolóculus. En general se caracterizan por una concha bicónica a lenticular, con bordes agudos. Filamentos radiales, algo curvos en el centro, y un botón central marcado. Estas características son comunes en ambos morfotipos, los cuales se diferencian por la espira:

Vuelta	Radio por vuelta en las formas intermedias de <i>N. subramondi</i> a <i>N. subramondi thalmanni</i> (mm.)	Radio por vuelta en las formas de <i>N. subramondi thalmanni</i> «s.s.»
2	1,0-1,1	1,1-1,2
3	1,2-1,5	1,5-1,7
4	1,6-2,0	1,8-2,2
5	—	2,6

Lámina 10

Nummulites subramondi subramondi DE LA HARPE, 1883.

- 1. Forma B de la muestra SE 5 en sección ecuatorial.
- 2. Forma A de la muestra Ca 4. 2a: aspecto externo; 2b: sección ecuatorial.
- 3. Forma B de la muestra SE 3 en sección ecuatorial.

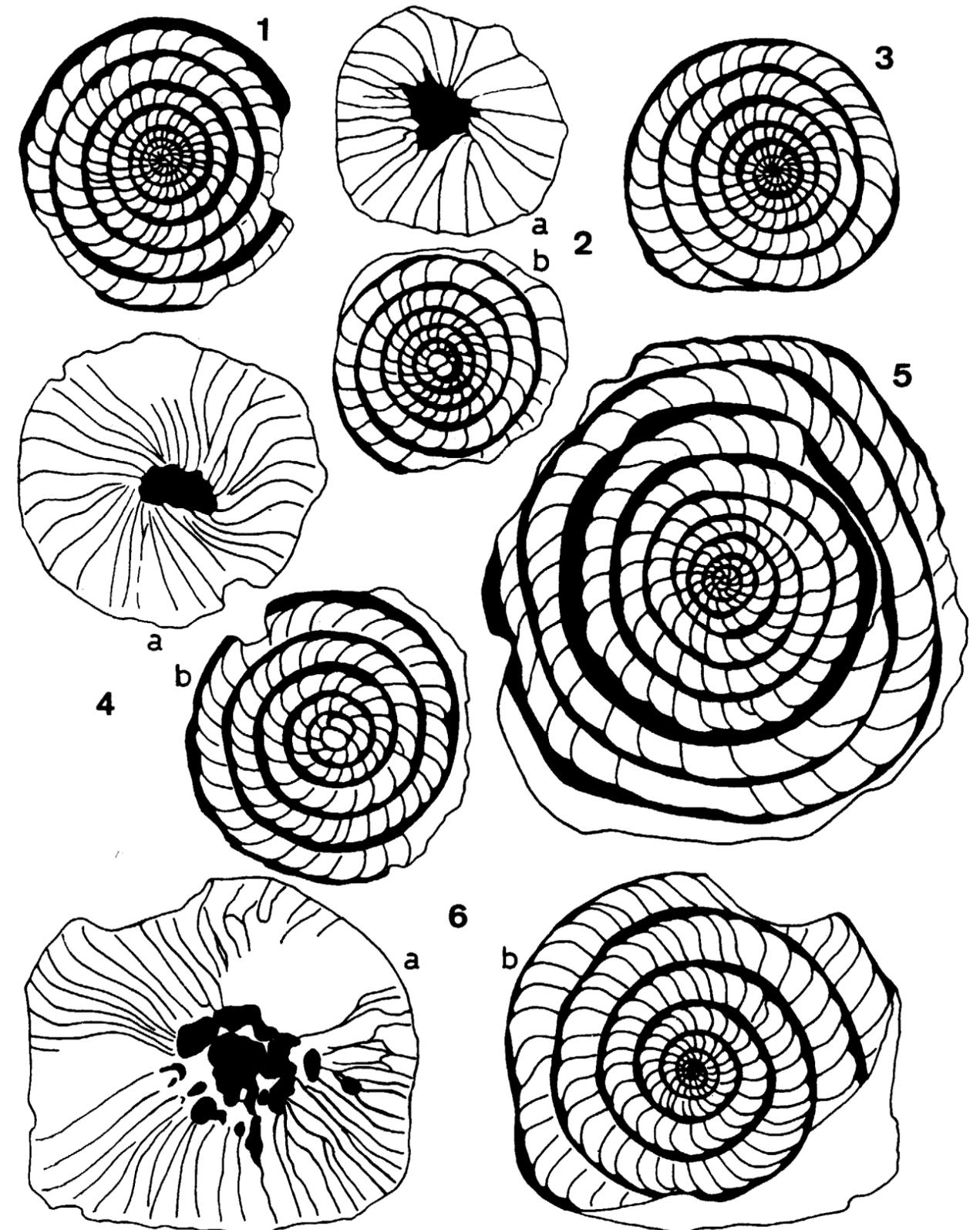
Nummulites subramondi thalmanni SCHAUB, 1981.

- 4. Forma A de la muestra SE 9. 4a: aspecto externo; 4b: sección ecuatorial.
- 5. Forma B de la muestra Co 3 en sección ecuatorial.

Nummulites escheri SCHAUB, 1981.

- 6. Forma B de la muestra Vm 2. 6a: aspecto externo; 6b: sección ecuatorial.
- Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 10



Puede observarse que *N. subramondi thalmanni* presenta un crecimiento más laxo respecto a la subespecie tipo. En ambos morfotipos los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados y se disponen de forma regular y espaciada, contándose el siguiente número de septos por 1/4 de vuelta:

Vuelta	Septos por 1/4 de vuelta en las formas intermedias de <i>N. subramondi</i> a <i>N. subramondi thalmanni</i>	Septos por 1/4 de vuelta en las formas de <i>N. subramondi thalmanni</i> «S.S.»
2	4-5	4
3	5-6	5
4	6-7	6
5	—	7-8

Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. Pro-lóculus isolepidino, mantiene en los dos morfotipos la misma variabilidad de su diámetro mayor entre 300 y 400 μ .

Formas B.—Concha lenticular a abombada, con bordes agudos. Filamentos radiales, sin botón en la zona central. Espira de crecimiento regular (6 vueltas con un radio alrededor de 1,7 mm., 8 vueltas 3,0 mm. y 10 vueltas 4,3 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados, y se disponen de forma regular y espaciada (5 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 7-8 septos a 2 mm., y 9 septos a 3 mm.). El grosor de la cuerda marginal puede llegar a sobrepasar 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Techo del Ilerdiense Superior y Cuisiense Inferior.

Nummulites escheri SCHAUB, 1981 (Lám. 10, fig. 6)

1981 *N. escheri* n. sp.; Schaub: 151-152; Pl. 48, figs. 1, 17-30; tb. 1, fig. u.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Vm 2.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 10,0 mm. en las formas B y de 4,2 mm. en las formas A, con espesores máximos respectivos de 3,5 y 1,5 mm.

Formas A.—Concha lenticular bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales y agrupación de pilares de morfología irregular en la zona central. Espira de crecimiento regular y laxo. Septos rectos y espaciados, falciformes en la parte superior de la cámara. El prolóculus es isolepidino y presenta unos diámetros entre 200 y 225 μ .

Formas B.—Concha de morfología bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales, ligeramente sinuosos en la periferia, con pequeños pilares alrededor de un marcado botón central. Espira de crecimiento regular y laxo (5 vueltas con un radio alrededor de 1,0 mm., 6 vueltas 2,5 mm. y 7 vueltas 3,5 mm.). Los septos son rectos, apretados y se encorvan en la mitad o tercio superior de la cámara; su distribución es regular (7-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 11 a 2 mm.). Las cámaras son más altas que largas. La cuerda marginal representa alrededor de 1/4 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Grupo de *N. praelaevigatus*

Según SCHAUB (1981), la especie ancestral de este grupo es *N. fraasi*, del Ilerdiense Inferior.

El grupo de *N. praelaevigatus* se compone del filum de *N. puschi*, que está caracterizado por el crecimiento más o menos laxo de la espira y cámaras más altas que largas, el filum de *N. brongniarti*, caracterizado por un crecimiento más apretado de la espira y la tendencia más isométrica de las cámaras, y las pequeñas ramas laterales de *N. carpenteri*, de *N. jacquoti*, de *N. robustus* y de *N. vonderschmitti*, cada una de ellas con características propias, que se especifican en la descripción de las diferentes especies.

Nummulites exilis DOUVILLE, 1919 (Lám. 11, figs. 1-2)

- 1919 *N. exilis* n. sp.; Douvillé: 62, figs. 10-12; Pl. I, fig. 42.
1919 *N. subexilis* n. sp.; Douvillé: 65, fig. 13; Pl. I, figs. 43-45.
1926 *N. exilis* DOUVILLE; Doncieux: 41; Pl. V, figs. 13-26.
1951 *N. exilis* DOUVILLE; Schaub: 165, partim., figs. 221-223.
1972 *N. exilis* DOUVILLE; Blondeau: 122; Pl. II, figs. 5-10.
1973 *N. exilis* DOUVILLE; Massieux: 88, partim.; Pl. XII, figs. 10-16; Pl. XIII, figs. 1-11, 14 y 15.
1981 *N. exilis* DOUVILLE; Schaub: 157-158, figura 98; Pl. 56, figs. 1-33, 35; tb. 7, fig. d.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 1.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 9,5 mm. en las formas B y 4,5 mm. en las formas A, con espesores máximos respectivos de 3,5 y 1,5 mm.

Forma A.—Concha aplanada con filamentos radiales. Espira de crecimiento operculiniforme irregular (2 vueltas con un radio alrededor de 1,3 mm. y 2,5 vueltas 1,7 mm.). Septos rectos, falciformes en el tercio superior de la cámara y espaciados (4 septos por 1/4 de vuelta en la segunda y 5 en la tercera). Las cámaras son más altas que largas (la altura suele ser el doble de la longitud). La cuerda marginal representa entre 1/4 y 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino y presenta diámetros entre 200 y 300 μ .

Formas B.—Concha aplanada de carácter semi-evolutivo. Espira de crecimiento semioperculiforme (5 vueltas con radios de 2,5 mm., 6 vueltas 3,5 mm. y 7 vueltas 4,8 mm.). Septos rectos, falciformes en la parte superior de la cámara, y apretados (7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 11 a 2 mm. y 12 a 3 mm.). Las cámaras son, como mínimo, el doble de altas que largas. La cuerda marginal puede llegar a representar de 1/3 a 1/2 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio alto.

Nummulites aff. *exilis* DOUVILLE, 1919 (Lám. 11, fig. 3)

Material estudiado

Especímenes de la muestra Ca 1.

Descripción

Especie de dimensiones muy pequeñas, alrededor de 2,0 mm. de diámetro y morfología muy plana, alrededor de 1,0 mm. de espesor, para las formas A. No se dispone de formas B.

Formas A.—Concha de morfología aplanada. Los filamentos son radiales y sufren una ligera inflexión en su intersección con la cuerda marginal, en ocasiones llegando a interrumpirse. Espira de crecimiento semioperculiforme regular, en contraposición a la tendencia irregular y mucho más laxa de *N. exilis* (3 vueltas con radios alrededor de 0,8 mm. y 4 vueltas 1,3 mm.). Septos rectos, falciformes en el tercio superior de la cámara y distribuidos más apretados que en *N. exilis* (4-5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 6-7 en la tercera, 7-8 en la cuarta y 8 en la quinta). Las cámaras son más altas que largas, pero en una proporción menor que en *N. exilis*. La cuerda marginal representa, como mucho, 1/4 de la altura total de la cámara. El prolóculus isolepidino presenta un diámetro alrededor de 150 μ , menor que en *N. exilis*.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio alto.

Nummulites planulatus (LAMARCK, 1804) (Lám. 11, figs. 4-8; Lám. 21, fig. 1)

- 1853 *N. planulata* D'ORBIGNY; D'Archiac & Haime: 142; Pl. IX, figs. 5-10.
1883 *N. planulata* (LAMARCK); De La Harpe: 171; Pl. VII, figs. 1-9.

- 1883 *N. elegans* SOWERBY; De La Harpe: 175; Pl. VII, figs. 12-23.
- 1911 *N. planulatus* (LAMARCK); Boussac: 13; Pl. 1, figs. I, 8-9; Pl. II, figs. 23-25.
- 1951 *N. planulatus planissimus* n. ssp.; Schaub: 181, figs. 151a-c.
- 1959 *N. planulatus* (LAMARCK); Belmustakov: 29-20; tb. V, figs. 16-19.
- 1966 *N. planulatus* (LAMARCK); Schaub: 367, figs. 6k-l, o-p, 8; Pl. III, figs. 1-15.
- 1972 *N. planulatus* (LAMARCK); Blondeau: 123; Pl. III, figs. 1-11, Pl. IV, fig. 13.
- 1981 *N. planulatus* (LAMARCK); Schaub: 159-161, figs. 98-99; Pl. 57, figs. 1-29; Pl. 58, figs. 1-9, 11-15, 18; tb. 7, figs. f-g.

Material estudiado

Especímenes de las muestras H 2, Vm 2, Vm 4, Vm 6, Vm 7, Vm 8 y Cm 1.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 10,0 mm. en las formas B y de 5,0 mm. en las formas A, con espesores máximos respectivos de 3,5 y 2,0 mm.

Formas A.—Concha bicónica con bordes agudos. Filamentos radiales y sinuosos en la parte externa de la concha y con un pequeño botón central. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,1-1,5 mm., 4 vueltas 1,5-2,0 mm. y 5 vueltas 2,0-2,5 mm.). Los septos pueden ser rectos, ligeramente inclinados —sólo curvos en el tercio superior de la cámara— o arqueados, su distribución es apretada y regular (4-5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 5-6 en la tercera y 6-7 en la cuarta). Las cámaras son más altas que largas, casi isométricas en las vueltas iniciales. La cuerda marginal representa 1/4 o me-

nos de la altura total de la cámara. El prolóculus isolepidino presenta diámetros entre 250 y 350 μ .

Formas B.—Morfología de lenticular a bicónica en los ejemplares menos desarrollados, y plana en el resto. Los filamentos varían, según el estado de crecimiento de los especímenes, entre perfectamente radiales a flexuosos y meandriformes; no se observa ningún tipo de botón central. Espira de crecimiento variable. Se observa: a) formas con un crecimiento regular laxo de la espira (7 vueltas con radios de 2,1-2,4 mm., 8 vueltas 2,8-3,1 mm. y 9 vueltas 3,5-4,0 mm.), con cámaras más altas que largas dispuestas regularmente a lo largo de la espira, y con septos rectos, sólo encorvados en la parte superior de la cámara; b) formas con crecimiento laxo irregular, casi operculiniforme (8 vueltas con radios de 3,0-3,5 mm., 9 vueltas 3,8-4,3 mm., 10 vueltas 4,3-5,0 mm., y 11 vueltas 5,3-5,5 mm.). Septos distribuidos regularmente que varían entre arqueados, oblicuos y falciformes; el número de septos por 1/4 de vuelta es:

	Morfotipo a)	Morfotipo b)
A 1 mm. del centro.	7-10	8
A 2 mm. del centro.	9-12	12
A 3 mm. del centro.	10-11	11-12

La cuerda marginal de ambos morfotipos representa de 1/4 a 1/3 de la altura total de la cámara.

Señalar que esta especie no se encuentra muy bien caracterizada. SCHAUB (1981) incluye formas de morfologías muy diferentes, incluso a menudo difíciles de separar de especies próximas como *N. aquitanicus*.

Distribución estratigráfica

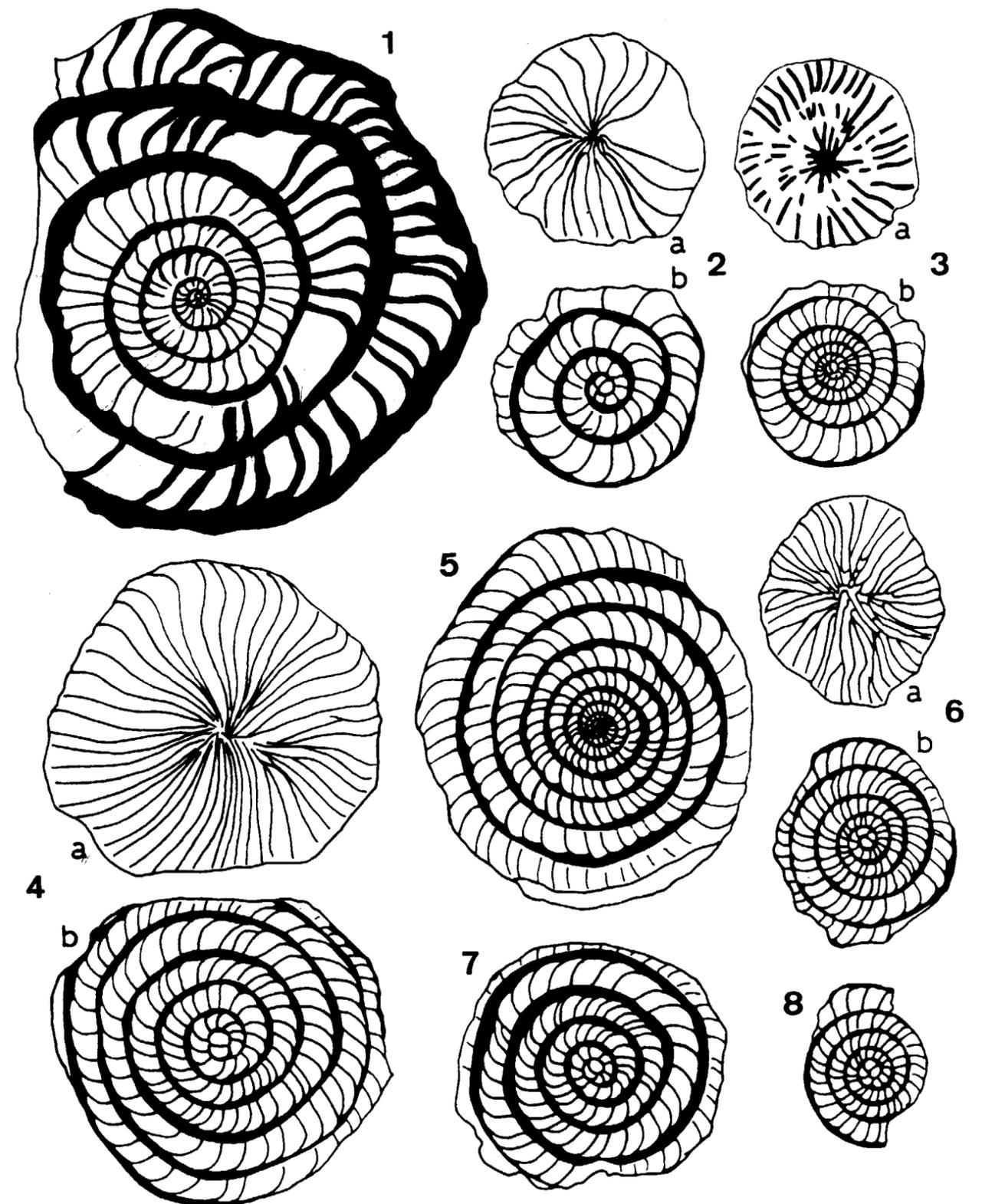
Cuasiense Inferior y Medio.

Lámina 11

- Nummulites exilis* DOUVILLE, 1919.
- 1, 2. Formas A (2) y B (1) de la muestra Cm 1. 2a: aspecto externo; 1: sección ecuatorial (algo tangencial); 2b: sección ecuatorial.
- Nummulites* aff. *exilis* DOUVILLE, 1919.
- 3. Forma A de la muestra Ca 1. 3a: aspecto externo; 3b: sección ecuatorial.

- Nummulites planulatus* (LAMARCK, 1804).
 - 4, 7. Formas A de la muestra Vm 2. 4a: aspecto externo; 4b, 7: secciones ecuatoriales.
 - 5. Forma B de la muestra Vm 4 en sección ecuatorial.
 - 6, 8. Formas A de la muestra H 2. 6a: aspecto externo; 6b, 8: secciones ecuatoriales.
- Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 11



Nummulites aff. *manfredi* SCHAUB, 1966
(Lám. 12, fig. 2)

1981 *N.* aff. *manfredi* SCHAUB; Schaub: Pl. 58, figs. 21-30.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Cm 7 y Cm 8.

Descripción

Especie con un diámetro y espesores máximos de la concha de 11,7 y 3,7 mm., respectivamente. No se dispone de formas A.

Formas B.—Concha lenticular aplanada, con bordes agudos. Filamentos con una morfología que varía desde flexuosa y meandriforme a radial irregular subreticulada; es característica la presencia de muchos y pequeños pilares distribuidos irregularmente en la superficie de la concha, superponiéndose a los filamentos. Espira de crecimiento variable, los especímenes estudiados presentan zonas más apretadas o laxas en el desarrollo de la espira. Los septos son rectos o ligeramente arqueados, y fuertemente encorvados a partir del tercio superior de la cámara, y se distribuyen regularmente (7-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 7-10 a 2 mm., y 9-11 a 3 mm.). La cuerda marginal representa a menudo 1/3 de la altura total de la cámara.

Las dimensiones más pequeñas y la ornamentación menos desarrollada nos hace considerar la forma descrita como afín a *N. manfredi*, y representaría una forma intermedia en la línea filética que une *N. planulatus*-*N. aquitanicus*, especies del Cuisiense Inferior, y *N. manfredi* del Cuisiense Superior-Luteciense.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Medio.

Nummulites aff. *aquitanicus* BENOIST, 1889
(Lám. 13, figs. 1-3)

1966 *N.* aff. *aquitanicus* BENOIST; Schaub: 371, figs. 6h-i; tb. IV, figs. 6, 8-10.

Material estudiado

Especímenes de las muestras SE 6, SE 8, H 2, Ed 1, Vm 3, Vm 4, Vm 5, Cm 2 y Cm 3.

Descripción

Especie de diámetros máximos de la concha de 7,0 mm. en las formas B y de 2,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,5 y 0,5 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular con bordes agudos y filamentos radiales. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,0-1,2 mm., y 4 vueltas 1,5 mm.). Septos rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, distribuidos regularmente (5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 6-7 en la tercera y 7-8 en la cuarta). Cámaras ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal puede representar hasta 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus isolepidino presenta diámetros entre 250 y 375 μ .

Formas B.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos radiales o ligeramente sinuosos. Únicamente presenta pilares en la zona central. Espira de crecimiento regular, en algunos especímenes se observan irregularidades en las vueltas externas (6 vueltas con radios entre 1,3-1,7 mm., 7 vueltas 1,8-2,3 mm., 8 vueltas 2,2-3,0 mm. y 9 vueltas 2,8-3,6 mm.). Los septos son rectos, algo inclinados o ligeramente arqueados, y apretados (entre 7-10 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 10-11 a 2 mm.). Los especímenes con crecimiento irregular en las últimas vueltas presentan a su vez septos de morfología irregular y ligeramente falciforme en el tercio

LAMINA 12

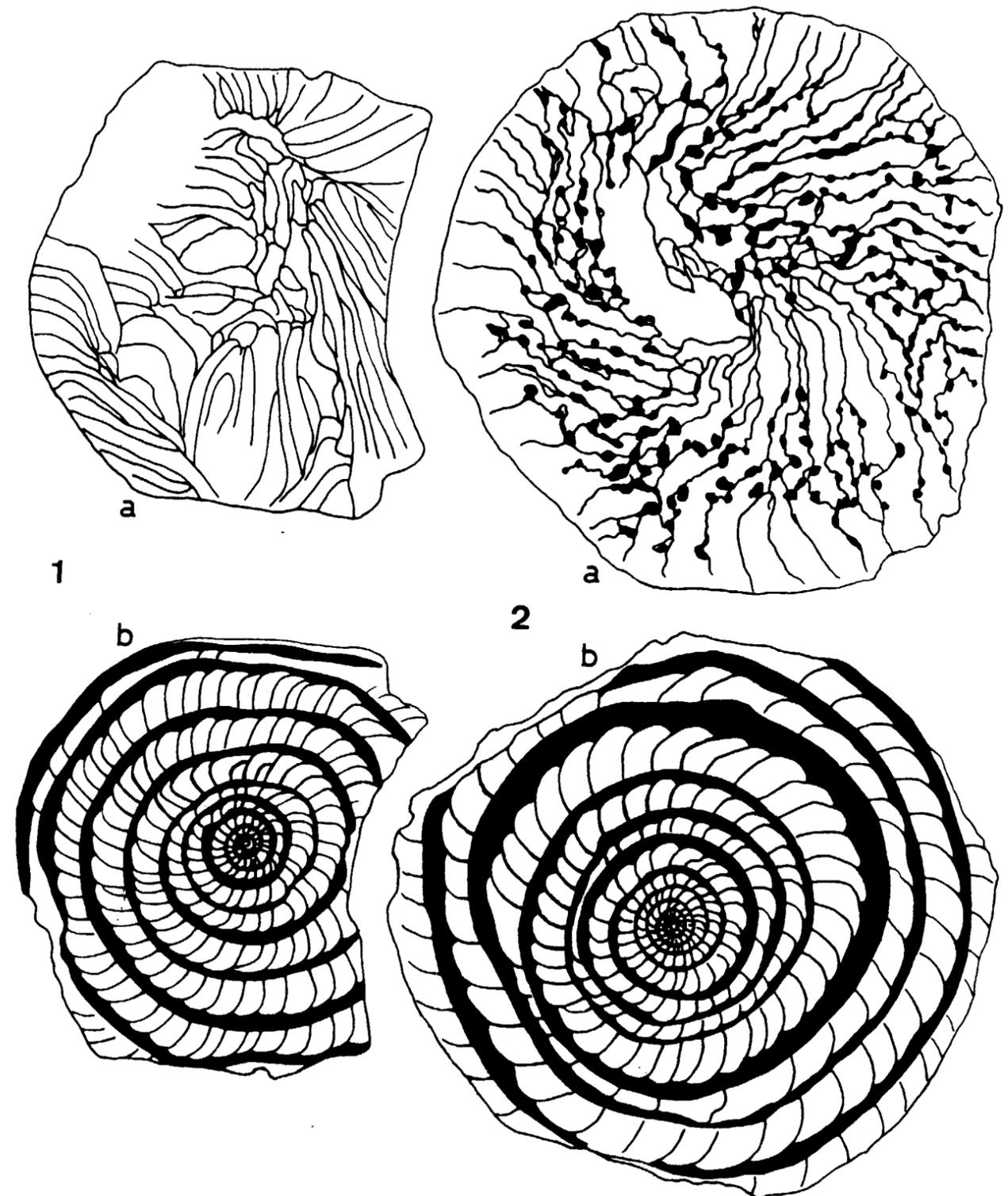


Lámina 12

Nummulites planulatus (LAMARCK, 1804).

1. Forma B de la muestra Vm 4. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.

Nummulites aff. *manfredi* SCHAUB, 1966.

2. Forma B de la muestra Cm 8. 2a: aspecto externo; 2b: sección ecuatorial.

Todas las figuras, $\times 15$.

superior de la cámara. Las cámaras son más altas que largas. La cuerda marginal puede representar hasta 1/3 de la altura total de la cámara.

Por las dimensiones más reducidas respecto a la especie tipo, consideramos a estos especímenes como afines a *N. aquitanicus*.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Nummulites aquitanicus BENOIST, 1889
(Lám. 13, figs. 4-8)

- 1883 *N. planulata* (LAMARCK) var. *incrassata* DE LA HARPE; De La Harpe, Pl. VII, figs. 10-11.
- 1889 *N. laevigata* var. *Aquitana* BENOIST; Benoist: 14; Pl. I, figs. 1-2; Pl. II, figs. 6-7.
- 1889 *N. lamarcki* var. *Girondica* BENOIST; Benoist: 16; Pl. II, figs. 1-5.
- 1951 *N. aquitanicus* BENOIST; Schaub: 182, figuras 257, 258-265; Pl. 7, figs. 1, 3-13.
- 1966 *N. aquitanicus* BENOIST; Schaub: 371, figs. 6q, 6r; Pl. III, figs. 16-22.
- 1972 *N. aquitanicus* BENOIST; Blondeau: 127; Pl. V, figs. 1-13.
- 1981 *N. aquitanicus* BENOIST; Schaub: 161, fig. 98; Pl. 57, figs. 30-34; Pl. 58, figs. 10, 16, 17; tb. 7, figs. h-i.

Material estudiado

Especímenes de las muestras SE 8, Vm 5, Vm 7, Vm 8, Cm 7 y Cm 8.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 15,0 mm. en las formas B y de 6,0 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,5 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha bicónica con bordes agudos. Filamentos de radiales a sinuosos, y con una agrupación de pequeños pilares en la zona central. Espira de crecimiento regular y ligeramente apretada (3 vueltas con radios de 1,4-1,8 mm., 4 vueltas 2,0-2,4 mm., 5 vueltas 2,5-3,0 mm., y 6 vueltas 3,1 mm.). Los septos son rectos, y sólo se encorvan en la parte superior de la cámara, se distribuyen regularmente (4-5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 5-8 en la tercera, 6-8 en la cuarta y 7-8 en la quinta). Cámaras más altas que largas, con una relación variable entre 3 : 2 y 2 : 1. La cuerda marginal puede llegar a representar hasta 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus es anisolepidino, con diámetros entre 375 y 500 µ.

Formas B.—Concha lenticular aplanada, o plana con una zona central prominente. Filamentos radiales, débilmente sinuosos en la periferia, con una marcada agrupación de pequeños pilares en la zona central. Esta granulación central señala, según SCHAUB (1981), el paso a las formas más evolucionadas dentro de la línea filética de *N. planulatus*, y es uno de los principales caracteres distintivos. Espira de crecimiento regular y laxo (7 vueltas con radios de 2,0-3,0 mm., 8 vueltas 2,7-3,8 mm., y 9 vueltas 4,0-4,5 mm.). Septos rectos o ligeramente arqueados, distribuidos regularmente (6-9 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 8-10 a 2 mm.). Cámaras más altas que largas con la misma relación que en las formas A. La cuerda marginal puede llegar a repre-

LAMINA 13

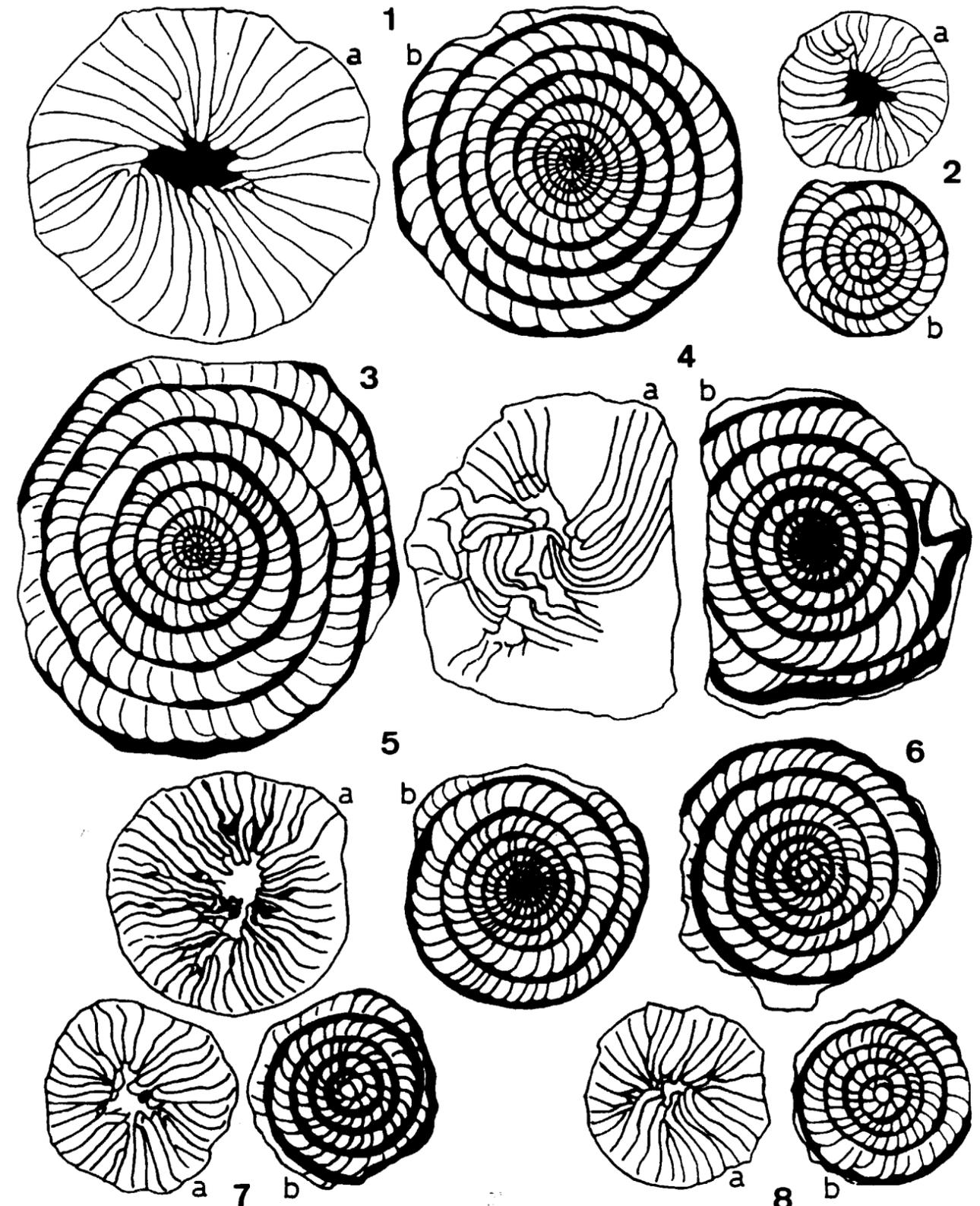


Lámina 13

Nummulites aff. aquitanicus BENOIST, 1889.

- 1. Forma B de la muestra SE 6. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.
- 2. Forma A de la muestra H 2. 2a: aspecto externo; 2b: sección ecuatorial.
- 3. Forma B de la muestra Vm 4 en sección ecuatorial. Figuras 1, 2 y 3, ×15.

Nummulites aquitanicus BENOIST, 1889.

- 4, 6-8. Formas A (6-8) y B (4) de la muestra Vm 7. 4a, 7a, 8a: aspecto externo; 4b, 6, 7b, 8b: secciones ecuatoriales.
- 5. Forma B de la muestra Cm 7. 5a: aspecto externo; 5b: sección ecuatorial. Figuras 4, 5, 6, 7 y 8, ×10.

sentar hasta 1/3 de la altura total de la cámara. Esta especie presenta muchas afinidades con *N. planulatus* y, a menudo, se encuentran juntas. *N. aquitanicus* se diferencia por la presencia de pequeños pilares en la zona central y por un crecimiento de la espira más regular y con una relación altura-longitud de las cámaras menor que *N. planulatus*.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior y Medio.

Nummulites praelaevigatus SCHAUB, 1951
(Lám. 14, figs. 1-5)

- 1951 *N. praelaevigatus* n. sp.; Schaub: 188, figs. 257, 273-275; Pl. 8, figs. 1-2.
- 1966 *N. praelaevigatus* SCHAUB; Schaub: 371, figs. 6h-i; Pl. IV, figs. 6, 8-10.
- 1972 *N. praelaevigatus* SCHAUB; Blondeau: 60, 79; Pl. VII, figs. 1-10.
- 1981 *N. praelaevigatus* SCHAUB; Schaub: 170-171, figs. 104a-g; Pl. 60, figs. 1-3, 5; tb. 7, fig. u.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Vm 8, Cm 7 y Cm 8.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 14,0 mm. en las formas B y de 4,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 3,5 y 2,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular con bordes agudos. Filamentos radiales, con un trazado algo irregular; se observa gran número de pilares superpuestos a los filamentos, principalmente en la zona central de la concha, dando a la ornamenta-

ción un aspecto subreticulado; en el resto de la superficie se distribuyen irregularmente. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con radios de 1,3-1,5 mm., 4 vueltas 1,7-2,0 mm., y 5 vueltas 2,1-2,2 mm.). Los septos son rectos o ligeramente inclinados, y se distribuyen regularmente (4-5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 6 en la tercera, 6-8 en la cuarta, 7-9 en la quinta y 7-8 en la sexta). Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa 1/3 de la altura total de la cámara. Pro-lóculus anisolepidino, con un diámetro que varía entre 300 y 450 μ.

Formas B.—Concha lenticular aplanada con bordes agudos. Los filamentos varían de flexuosos a anastomosados, localmente subreticulados. Presentan muchos pilares, distribuidos irregularmente en la superficie, con una agrupación de ellos en la zona central y superponiéndose a los filamentos. Espira de crecimiento regular (7 vueltas con radios alrededor de 2,5 mm., 9 vueltas 3,5-4,5 mm., 11 vueltas 4,6-5,8 mm., 13 vueltas 6,0-6,8 m., 15 vueltas 7,2 mm., y 16 vueltas 7,5 mm.). Septos rectos ligeramente inclinados o arqueados, se distribuyen regularmente (5-8 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro, 8-10 a 2 mm., 10-12 a 3 mm., 14-15 a 4 mm., y unos 20 a 5 mm.). Cámaras isométricas o ligeramente más altas que largas. La cuerda marginal representa 1/3 o más de la altura total de la cámara.

N. praelaevigatus presenta afinidades con algunas formas de *N. aquitanicus*, principalmente en aquellas formas en que la isometría de las cámaras de *N. praelaevigatus* es menor. SCHAUB (1981) considera que *N. praelaevigatus* podría representar la evolución de *N. aquitanicus* hacia formas de espira más apretada y cámaras más bajas.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Medio.

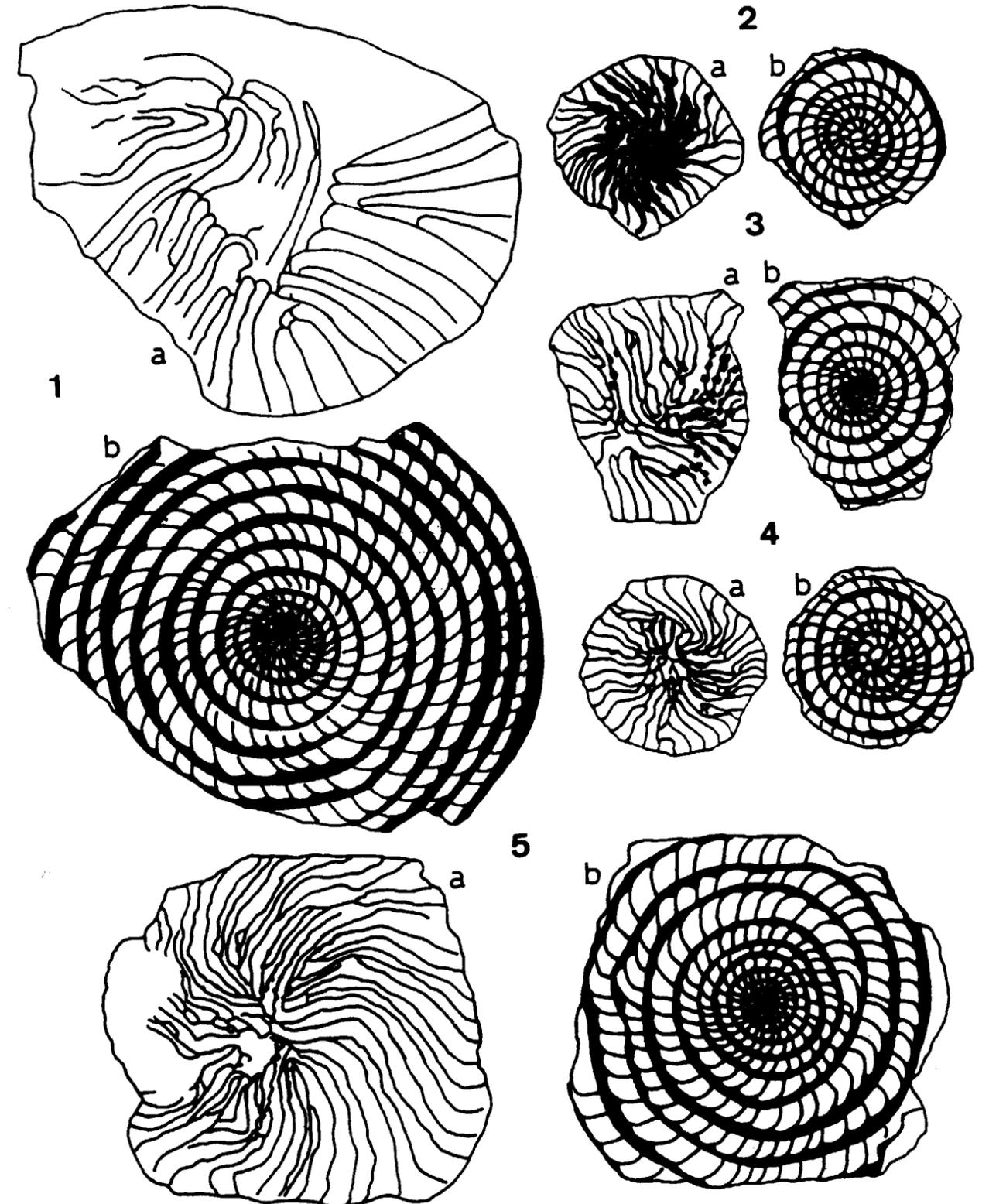
Lámina 14

Nummulites praelaevigatus SCHAUB, 1951.

1. Forma B de la muestra Vm 8. 1a: aspecto externo; 1b: sección ecuatorial.

2-5. Formas A (2-4) y B (5) de la muestra Cm 8. 2a-5a: aspecto externo; 2b-5b: secciones ecuatoriales. Todas las figuras, ×10.

LAMINA 14



Nummulites cf. *jacquoti* DE LA HARPE, 1883
(Lám. 15, figs. 1-2)

1981 *N.* cf. *jacquoti* DE LA HARPE; Schaub: 169, figs. 103b-g.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 8.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 7,5 mm. en las formas B y de 3,5 mm. en las formas A, con espesores máximos de 2,2 y 1,0 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular aplanada. Filamentos flexuosos, subreticulados en la zona central, donde también presenta pequeños pilares. Espira de crecimiento regular (3 vueltas con un radio alrededor de 1,4 mm. y 4 vueltas 1,8 mm.). Septos rectos, encorvados en el tercio superior de la cámara, y espaciados (3-4 septos por 1/4 de vuelta en la segunda, 4-5 en la tercera y alrededor de 6 en la cuarta). Cámaras isométricas. La cuerda marginal representa 1/3 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino, con diámetros alrededor de 225 μ .

Formas B.—Concha plana con una zona central prominente. Filamentos flexuosos, subreticulados en la zona central, donde a menudo se observa una agrupación de pilares. Espira laxa de crecimiento irregular (6 vueltas con radios de 1,5-2,0 mm., 7 vueltas 2,4-2,5 mm., 8 vueltas 3,0-3,5 mm., y 9 vueltas 4,0 mm.). Septos rectos o ligeramente arqueados, encorvándose fuertemente en el tercio superior de la cámara, su distribución es espaciada (6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 8 a 2 mm.). Cámaras isométricas en las vueltas iniciales que pasan a ser más altas que largas en las externas. La

cuerda marginal representa 1/3 o más de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior.

Nummulites cf. *buxtorfi* SCHAUB, 1951
(Lám. 15, figs. 3-4)

1951 *N.* *buxtorfi* n. sp.; Schaub: 190-192, figs. 277-284; tb. 8, Nr. 6-14.

1981 *N.* *buxtorfi* SCHAUB; Schaub, tb. 7, fig. q.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 8.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 8,0 mm. en las formas B y de 3,2 mm. en las formas A, con espesores máximos de 4,0 y 1,5 mm., respectivamente.

Formas A.—Concha lenticular abombada, con bordes agudos. Filamentos flexuosos, subreticulados en la zona central. Espira de crecimiento regular y algo laxa (2 vueltas con radios de 1,3 mm., y 3 vueltas 1,7 mm.). Septos rectos o algo arqueados, sólo se encorvan en la parte superior de la cámara, y de distribución espaciada (3-4 septos por 1/4 de vuelta en la primera, 6-7 en la segunda y 8-9 en la tercera). Cámaras más altas que largas en una relación variable entre 3 : 2 y 2 : 1. La cuerda marginal representa entre 1/5 y 1/4 de la altura total de la cámara. Prolóculus anisolepidino con diámetros entre 500 y 600 μ .

Formas B.—Concha lenticular abombada, con bordes agudos. Filamentos flexuoso-meandriiformes,

Lámina 15

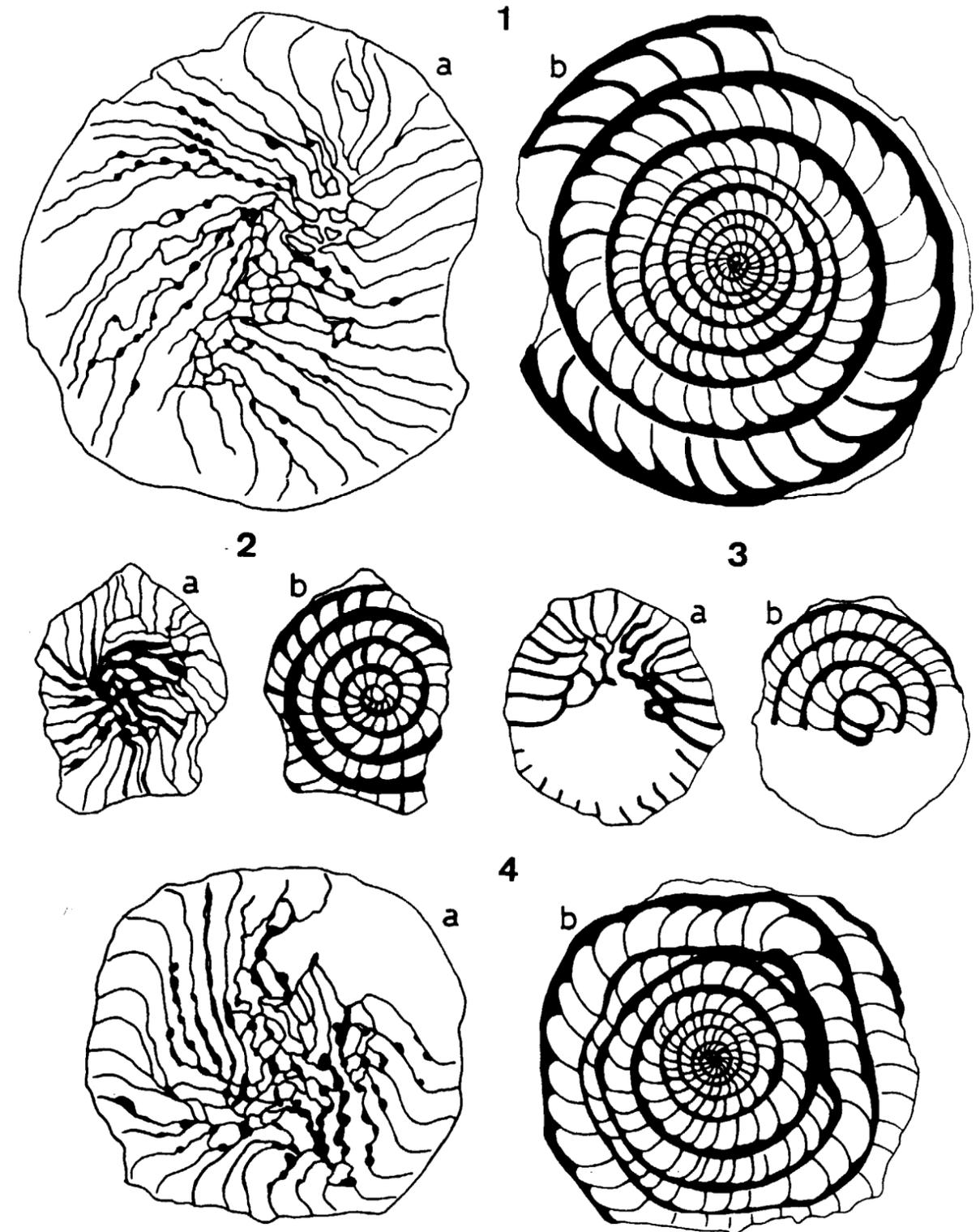
Nummulites cf. *jacquoti* DE LA HARPE, 1883.

1, 2. Formas A (2) y B (1) de la muestra Cm 8. 1a, 2a: aspecto externo; 1b, 2b: secciones ecuatoriales.

Nummulites cf. *buxtorfi* SCHAUB, 1951.

3, 4. Formas A (3) y B (4) de la muestra Cm 8. 3a, 4a: aspecto externo; 3b, 4b: secciones ecuatoriales. Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 15



subreticulados en la zona central. Pilares dispersos en toda la superficie, presentando una agrupación en la zona central. Espira de crecimiento regular, aumentando el radio de la espira rápidamente (6 vueltas con radios alrededor de 1,5 mm., 8 vueltas 2,5 mm., 10 vueltas 3,5 mm., y 12 vueltas 4,5 mm.). Septos rectos en las vueltas iniciales, encorvándose en la parte superior de la cámara, y de distribución espaciada (6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 7 a 2 mm.). Cámaras más altas que largas. La cuerda marginal representa alrededor de 1/4 de la altura total de la cámara.

Se diferencia de *N. cf. jacquoti* y de *N. praelaevigatus* por la morfología más abombada de la concha y por el mayor diámetro del prolóculus.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Medio.

Nummulites vonderschmitti SCHAUB, 1951 (Lám. 16, figs. 1-2)

- 1951 *N. vonderschmitti* n. sp.; Schaub: 171-173, figs. 233-240, 257; tb. 5, Nr. 12-19.
1972 *N. vonderschmitti* SCHAUB; Blondeau: 59, 79, 124; Pl. VI, figs. 1-7.
1981 *N. vonderschmitti* SCHAUB; Schaub: tb. 7, figs. r-s.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Vm 6, Vm 8 y Cm 7.

Descripción

Especie con diámetros máximos de la concha de 7,0 mm. en las formas B y de 3,5 mm. en las for-

mas A, con espesores máximos respectivos de 2,0 y 1,0 mm.

Formas A.—Concha de morfología muy plana. Filamentos flexuosos. Espira de crecimiento regular semioperculiniforme (2 vueltas con radios de 1,7 mm.). Septos rectos o ligeramente arqueados, distribución espaciada y regular (5 septos por 1/4 de vuelta en la segunda vuelta). Cámaras más altas que largas, en una relación variable entre 3 : 2 y 2 : 1. La cuerda marginal representa de 1/4 a 1/3 de la altura total de la cámara. Prolóculus anisolepidino con diámetros entre 225 y 325 μ .

Formas B.—Concha muy plana con una pequeña zona central prominente en donde se agrupan pequeños pilares característicos. Los filamentos son flexuosos, ligeramente anastomosados. Espira semioperculiniforme (6 vueltas con radios de 2,2-2,7 mm. y 7 vueltas 2,8-3,3 mm.). Los septos son rectos o ligeramente arqueados, encorvándose a partir del tercio superior de la cámara. Se distribuyen de forma regular y espaciada (6-7 septos por 1/4 de vuelta a 1 mm. del centro y 8-10 a 2 mm.). Las cámaras son más altas que largas, a menudo la altura dobla la longitud. La cuerda marginal representa de 1/4 a 1/3 de la altura total de la cámara.

Distribución estratigráfica

Cuisiense Inferior.

Filum de *N. spirectypus*

Este filum comprende las siguientes especies:

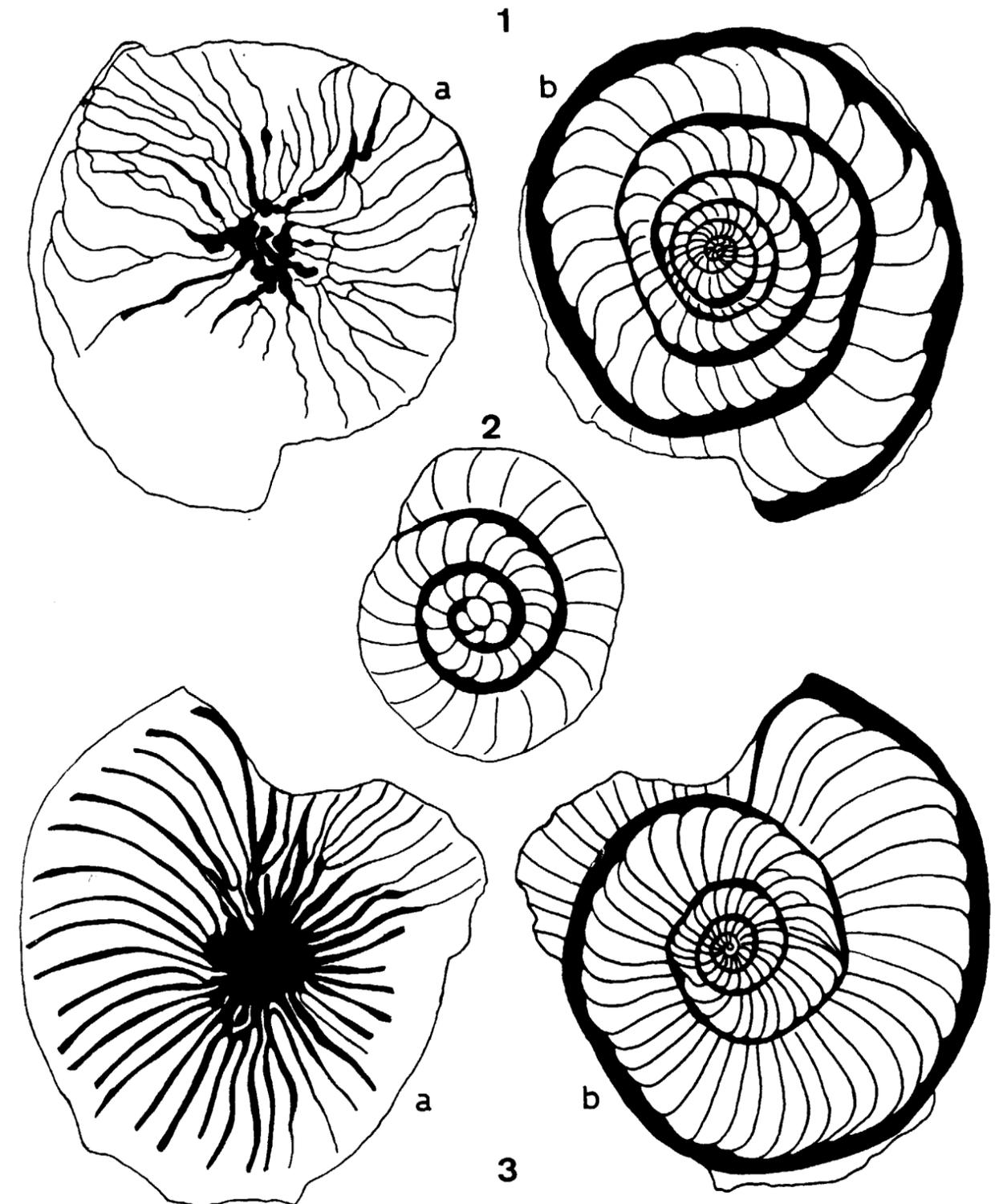
N. pontis de la base del Ilerdiense, *N. rockallensis* del Ilerdiense Inferior, *N. spirectypus* del Ilerdiense Medio y Superior, y *N. bombitus* del Cuisiense. HOTTINGER (1977) no considera a *N. pontis* como especie ancestral de esta línea filogenética, y duda que *N. oblatius* sea una especie

Lámina 16

- Nummulites vonderschmitti* SCHAUB, 1951.
1. 2. Formas A (2) y B (1) de la muestra Vm 6. 1a: aspecto externo; 1b, 2: secciones ecuatoriales.

- Nummulites spirectypus* DONCIEUX, 1926.
3. Forma B de la muestra Ca 1. 3a: aspecto externo; 3b: sección ecuatorial.
Todas las figuras, $\times 15$.

LAMINA 16



intermedia entre *N. rockallensis* y *N. spirectypus*, o si forma una línea filética distinta; incluye en este filum a *Operculina gigantea* del Cuisiense, única especie totalmente evoluta con trabéculas (carácter distintivo, según el mismo autor, del género *Nummulites* respecto al género *Operculina*), por ello la denomina *Nummulites gigantea*. Este filum, denominado por HOTTINGER (1977) como «línea filogenética de los *Nummulites* operculiniformes del Paleógeno», se caracteriza por su espira laxa y por la tendencia de los septos a ser rectos y fuertemente encorvados en la parte superior de la cámara, formando un ángulo muy agudo con respecto a la cuerda marginal. Todos estos caracteres son prácticamente idénticos a los del género *Operculina*; sólo la presencia de trabéculas transversales, así como el carácter más o menos involuto de la ornamentación, basado en la continuidad de los filamentos desde el centro hasta la periferia, permite incluir estas formas dentro del género *Nummulites*. La evolución de este filum se produce en el sentido de un aumento de las dimensiones de la concha y un incremento en el número de septos por vuelta.

Nummulites spirectypus DONCIEUX, 1926
(Lám. 16, fig. 3)

- 1926 *N. spirectypus* n. sp.; Doncieux: 45, figs. 11-17; Pl. VI, fig. 8.
- 1973 *N. exilis* DOUVILLE; Massieux: 91; Pl. 13, fig. 12; no. Pl. 13, figs. 1-11, 13-15.
- 1977 *N. spirectypus* DONCIEUX; Hottinger: 125-127, figs. 52 C-E, 53; Pl. 58, figs. 1-2, 7; Pl. 59, figs. 1-3, 8; Pl. 60, figs. 1-2.
- 1981 *N. spirectypus* DONCIEUX; Schaub: 179; Pl. 55, figs. 10-11, 16-18; tb. 15, fig. r.

Material estudiado

Especímenes de las muestras Ca 1 y Ca 2.

Descripción

Especie de morfología muy plana, con diámetros máximos de la concha de 18,0 mm. en las formas B y 8,0 mm. en las formas A.

Formas A.—Concha plana con una zona central ligeramente umbonada. Filamentos radiales, ligeramente sinuosos hacia la zona central, y que

sufren una pequeña inflexión en su intersección con la cuerda marginal, hecho bien marcado en superficie, dado el carácter evolutivo de la especie en gran parte de su espira. Presenta un botón central, única parte realmente involuta de la concha. Espira de crecimiento operculiniforme. Septos rectos y falciformes en la parte superior de la cámara, distribuidos de modo bastante denso (alrededor de 25 septos en la segunda vuelta entre unos radios de 1,3 y 2,7 mm.). La cuerda marginal puede llegar a representar hasta 1/4 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino y presenta un diámetro alrededor de 250 µ.

Formas B.—Concha muy plana y de crecimiento operculiforme, casi totalmente evoluta, sólo la zona central prominente puede considerarse involuta. Filamentos radiales, ligeramente sinuosos, con un botón en la zona central. Septos muy apretados y rectos que se inflexionan fuertemente en la parte superior de la cámara tomando una morfología falciforme que tiende a cubrir una parte de la cámara precedente; se han contado 38 septos en la quinta y última vuelta, con radios entre 1,6-3,2 mm. La cuerda marginal representa como mucho 1/4 de la altura total de la cámara.

Se diferencia de *N. bombitus* por sus dimensiones menores y menor número de septos por vuelta.

Distribución estratigráfica

Ilerdiense Medio y Superior.

Nummulites bombitus HOTTINGER, 1977
(Lám. 17, fig. 3)

- 1977 *N. bombitus* n. sp.; Hottinger: 128-129, figs. 52A-B, 54; Pl. 61, figs. 1, 5-8.
- 1981 *N. bombitus* HOTTINGER; Schaub: 179; Pl. 45, figs. 27, 29, 31-35; tb. 15, fig. s.

Material estudiado

Especímenes de la muestra Vm 5.

Descripción

Especie de morfología muy plana, con diámetros

máximos de la concha de 25,0 mm. en las formas B y de 15,0 mm. en las formas A.

Formas A.—Concha plana con una zona central ligeramente umbonada. Los filamentos son radiales a sinuosos, y sufren una pequeña inflexión en su intersección con la cuerda espiral, bien marcada por el carácter marcadamente evolutivo de la concha. Presenta un botón central, única zona de la concha que muestra un carácter involuto. Espira de crecimiento operculiniforme. Septos rectos y falciformes superiormente distribuidos de modo bastante semejante a *N. spirectypus* (entre 22 y 25 septos en la segunda vuelta entre unos radios de 1,0 y 2,5 mm.). La cuerda marginal puede llegar a representar entre 1/5 y 1/4 de la altura total de la cámara. El prolóculus es isolepidino, con diámetros entre 250 y 350 µ.

Formas B.—Concha muy plana con un pequeño abombamiento en la zona central, única zona involuta de la espira. Numerosos filamentos radiales, muy delgados y ligeramente sinuosos hacia la periferia, con una pequeña inflexión en las zonas de intersección con la cuerda marginal. Presenta un botón formado por la agrupación de pilares en la zona central. Espira de crecimiento operculiniforme, muy laxa desde el estadio inicial, pero menos acentuado en las últimas vueltas que *N. spirectypus*; el índice de crecimiento de las vueltas separa ambas especies:

<i>N. spirectypus</i>		
Vuelta	Radio	Incremento de radio
2	0,3 mm.	100 %
3	0,6 mm.	100 %
4	1,2 mm.	133,3%
<i>N. bombitus</i>		
Vuelta	Radio	Incremento de radio
2	0,4 mm.	125 %
3	0,9 mm.	133,3%
4	2,1 mm.	100 %

Como puede observarse, *N. bombitus* presenta un crecimiento más laxo en las primeras vueltas;

en cambio, *N. spirectypus* lo presenta más laxo en las últimas. Los septos son rectos, falciformes superiormente, llegando a cubrir hasta la mitad de la cámara anterior; la densidad de los septos es mayor en esta especie que en *N. spirectypus*, contándose hasta 45 septos en la quinta y última vuelta, con radios entre 2,2 y 4,3 mm. La cuerda marginal alcanza un espesor como mucho de 1/4 de la altura total de la cámara.

Como se ha comentado anteriormente, *N. bombitus* está relacionado filogenéticamente con *N. spirectypus*, que sería su predecesor, del cual se diferencia por sus dimensiones mayores, por la ornamentación, por el tipo de crecimiento de la espira y por el mayor número de septos.

Distribución estratigráfica

Cuisiense.

Nummulites aff. bombitus HOTTINGER, 1977
(Lám. 17, figs. 1-2)

Material estudiado

Especímenes de la muestra Cm 3.

Descripción

Especie de morfología plana con un ligero abombamiento en la zona central, mayor que en la especie tipo, y diámetros máximos de la concha de 6,0 mm. en las formas B y de 3,0 mm. en las formas A.

Formas A.—Concha plana. Filamentos radiales y ligeramente sinuosos que se inflexionan en la intersección con la cuerda marginal, lo cual se observa en la superficie dado el carácter evolutivo de la mayor parte de la espira. Presenta un botón central formado por una agrupación de pilares. Espira de crecimiento operculiniforme, con un incremento del radio por vuelta mayor que en las formas B de *N. bombitus*. Septos rectos y falciformes en la parte superior de la cámara, pudiendo cubrir gran parte de la cámara precedente; se han contado 20 septos en la segunda vuelta entre unos radios de 0,6-1,4 mm. La cuerda marginal representa como mucho 1/4 de la altura total de la cámara. Prolóculus de tipo isolepidino, con un diámetro aproximado de 250 µ.

Formas B.—Concha plana con una zona central prominente, de dimensiones mayores que en *N. spirectypus* y *N. bombitus*, manifestando por ello un carácter más involuto. Los filamentos son flexuosos, y se inflexionan o interrumpen en la zona de intersección con la cuerda marginal. Espira de crecimiento operculiniforme, muy laxa desde el estadio inicial, con un índice de crecimiento por vuelta más bajo en relación a *N. spirectypus* y *N. bombitus*.

N. aff. bombitus		
Vuelta	Radio	Incremento de crecimiento
2	0,25 mm.	74,0%
3	0,40 mm.	107,5%
4	0,85 mm.	108,4%
5	1,73 mm.	61,8%
6	2,80 mm.	

Los septos son rectos y falciformes en la parte superior de la cámara, y análogamente a *N. bombitus*, apretados; se han contado hasta 33 septos en la quinta vuelta, con un radio entre 1,7-2,8 mm. El grosor de la cuerda marginal alcanza como mucho 1/4 de la altura total de la cámara.

Se ha considerado esta forma como afín a *N. bombitus*, por presentar un carácter más involuto y un crecimiento menos operculiniforme de la espira.

Distribución estratigráfica

Cuisiense.

BIOCRONOESTRATIGRAFIA

La elaboración sistemática de columnas estratigráficas y el muestreo de los principales niveles

fosilíferos ha permitido disponer de un elevado número de especímenes del género *Alveolina* en las facies proximales, y del género *Nummulites* en los sedimentos margosos de plataforma. A su vez, las buenas condiciones de afloramiento han facilitado la correlación entre las especies de ambos géneros y, en consecuencia, de las biozonas correspondientes.

Los rangos cronoestratigráficos de las especies de *Alveolina* se basan en HOTTINGER (1960), DI SCOTTO (1966), DROBNE (1977), comunicaciones personales del Dr. L. HOTTINGER y datos propios. Para las especies de *Nummulites* el rango cronoestratigráfico se basa esencialmente en SCHAUB (1951, 1966, 1981) y en datos propios.

La subdivisión de los pisos Ilerdiense y Cuisiense se ha efectuado según los criterios de HOTTINGER (1960) respecto las biozonas de alveolínidos y SCHAUB (1981) para las biozonas de nummulítidos. Las tablas I y II indican la relación de las especies de *Alveolina* y *Nummulites* en las muestras estudiadas y su rango cronoestratigráfico.

Las Calizas de Alveolinas (Fm. Ager) de la base de la serie paleógena han sido estudiadas en el valle del río Esera (perfil de Campo) por HOTTINGER (1960); este autor cita materiales desde el Thanetiense Inferior al Ilerdiense Medio basal, con las biozonas siguientes:

- Biozona de *Alveolina (Glomalveolina) primaeva*, del Thanetiense Inferior.
- Biozona de *Alveolina (Glomalveolina) levis*, del Thanetiense Superior.
- Biozona de *Alveolina (Alveolina) cucumiformis*, del Ilerdiense Inferior 1.
- Biozona de *Alveolina (Alveolina) ellipsoidalis*, del Ilerdiense Inferior 2.
- Biozona de *Alveolina (Alveolina) moussoulensis*, del Ilerdiense Medio 1.

Lámina 17

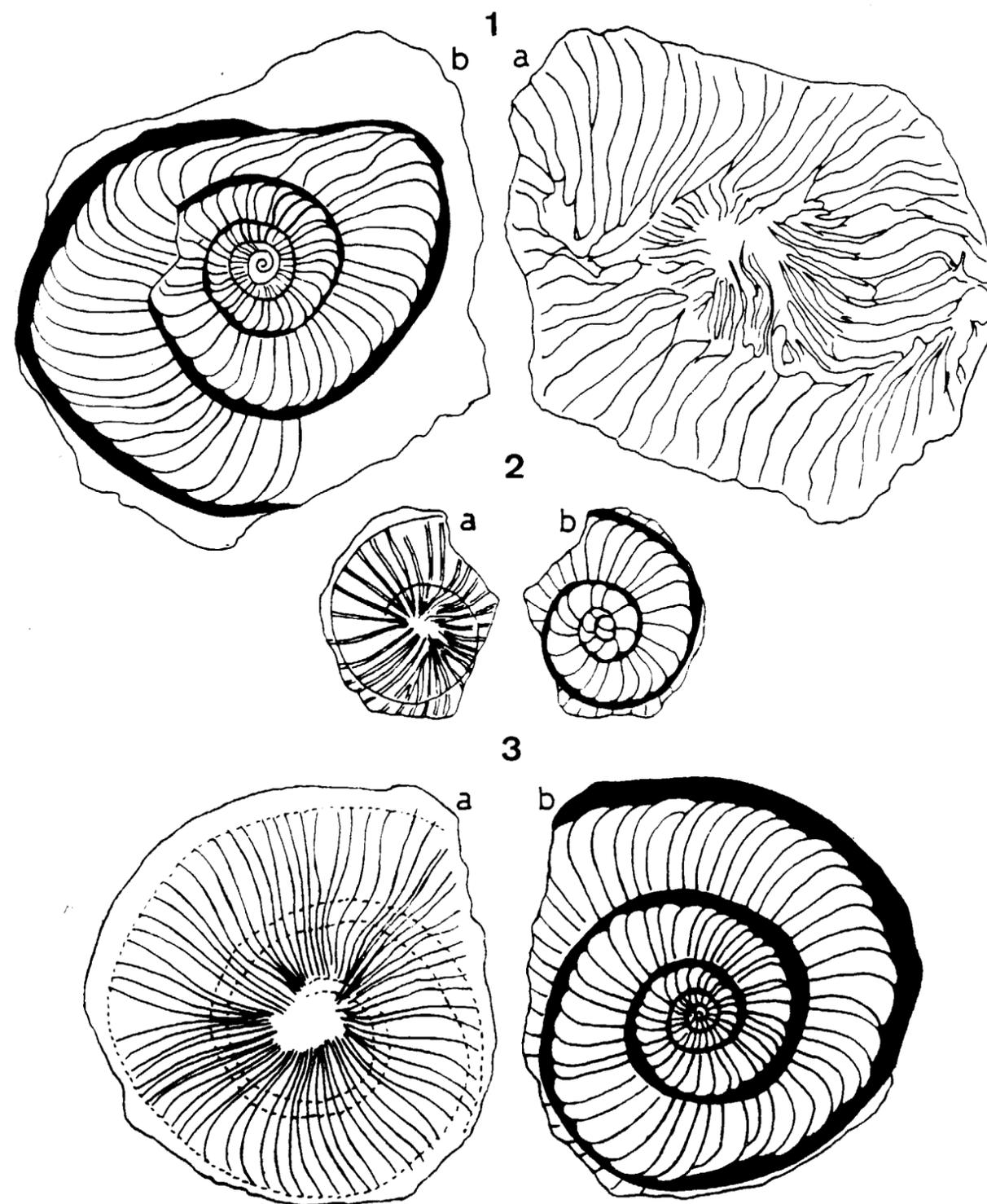
Nummulites aff. *bombitus* HOTTINGER, 1977.

1, 2. Formas A (2) y B (1) de la muestra Cm 3. 1a, 2a: aspecto externo; 1b, 2b: secciones ecuatoriales. Figuras 1 y 2, ×15.

Nummulites bombitus HOTTINGER, 1977.

3. Forma B de la muestra Vm 5. 3a: aspecto externo; 3b: sección ecuatorial. Figura 3, ×10.

LAMINA 17



A. (A.) di-stefanoi y *A. (A.) rütimeyerii*; en esta asociación la presencia de *A. (A.) decastroii* nos indica la Biozona de *A. (A.) dainelli* del Cuisiense Medio.

Por último, las facies retrabajadas de la Formación Castissent, y las margas de la base de la Formación Campanúe presentan en el perfil de Campo las siguientes asociaciones de nummulítidos: *N. vonderschmitti*, *N. aquitanicus*, *N. burdigalensis cantabricus*, *N. praelaevigatus*, *N. aff. manfredi* y *N. aquitanicus*, *N. burdigalensis cantabricus*, *N. kapellosi*, *N. praelaevigatus*, *N. aff. manfredi*, respectivamente, correspondientes a la Biozona de *N. praelaevigatus* del Cuisiense Medio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Cai Puigdefábregas, del Servei Geològic del Servei de Catalunya su aportación y discusión sobre los datos estratigráficos.

REFERENCIAS

- ARCHIAC, A. D' & HAIME, J. (1853): *Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*. Gide & Baudry. Libr. (éd.), 164 pp., láms. I-XI.
- BELMUSTAKOV, E. (1959): *Les fossiles de Bulgarie*. VI. Paléogène. *Grandes foraminifères*. Acad. des Sciences de Bulgarie, 81 pp., láms. I-XX.
- BENOIST, E. (1889): *Etude sur les Nummulites et les Assilina du sud-ouest de la France*. Bull. Soc. Borda, 8, pp. 1-22, láms. I-II.
- BLONDEAU, A. (1972): *Les Nummulites*. De l'Enseignement à la Recherche. *Sciences de la Terre*. Vuibert (éd.), Paris, 254 pp., 25 figs., láms. I-XXXVII.
- BOUSSAC, J. (1911): *Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin*. Mém. Explic. Carte géol. dét. France, 457 pp., láms. I-XXII.
- DONCIEUX, L. (1926): *Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault*. Fasc. 45, 2ème partie, *Corbières septentrionales*. Ann. Univ. Lyon, I, 45, 80 pp., láms. I-VIII.
- DOUVILLE, H. (1919): *L'Eocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées*. Mém. Explic. Carte géol. dét. France, 84 pp., 4 figs., láms. 1-8.
- DOUVILLE, H. (1924): *Les premières Nummulites dans l'Eocène du Béarn*. C. R. hebd. séance Acad. Scienc., 178, 1, pp. 36-41, 14 figs.

DROBNE, K. (1977): *Alvéolines paléogènes de la Slovaquie et de l'Istrie*. Mém. Suisses de Paléontologie, vol. 99, 132 pp., 96 figs., láms. 1-21.

GARRIDO, A. (1968): *Sobre la estratigrafía de los conglomerados de Campanúe (Santa Liestra) y formaciones superiores del Eoceno (extremo occidental) de la Cuenca Tremp-Graus, Pirineo Central (provincia de Huesca)*. Dpto. Geol. Fac. Ciencias Univ. Zaragoza, 5 pp., 2 figs.

GARRIDO-MEGIAS, A. & RIOS, L. M. (1972): *Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre (Pirineo central de la vertiente sur pirenaica, provincias de Huesca y Lérida)*. Bol. Geol. y Min., 83, 1, pp. 1-47.

HARPE, Ph. DE LA (1883): *Etude des Nummulites de la Suisse et révision des espèces éocènes des genres Nummulites et Assilina*. Mém. Soc. Paléont. Suisse, VIII, X, 180 pp., láms. I-VII.

HOTTINGER, L. (1977): *Foraminifères operculiniformes*. Mém. Mus. Natl. Hist. Nat., Paris, C, Sci. de la terre, 40, 159 pp., 57 figs. láms. 1-66.

HOTTINGER, L. & SCHAUB, H. (1960): *División en pisos del Paleoceno y del Eoceno. Introducción de los pisos Ilerdiense y Biarritziense*. Traducción de J. M. Ríos. *Notas y Com. Inst. Geol. y Min. España*, 61, pp. 199-234.

KAPELLOS, C. & SCHAUB, H. (1973): *Zur Korrelation von Biozonier ungen mit Grossforaminiferen und Nannoplankton im Paläogen der Pyrenäen*. Eclog. géol. Helvetiae, 66, 3, pp. 687-737, 11 figs., láms. I-XIII.

LUTERBACHER, H. P. (1969): *Remarques sur la position stratigraphique de la Formation de Ager (Pyrénées méridionales)*. Mém. Bureau Recherches Géol. et Min., 69, pp. 225-232.

MASSIEUX, M. (1973): *Micropaléontologie stratigraphique de l'Eocène des Corbières septentrionales*. Cahiers de Paléontologie, XX, 45 pp., 17 figs., láms. I-XXIX.

NEMKOV, G. I. (1967): *Nummulitides of the Soviet Union and their Biostratigraphic Significance* (versión en ruso). Acad. Ciencias U. R. S. S. Ed. Nauka, 312 pp., 15 figs., láms. I-XLIV.

NEMKOV, G. I. & BARKHATOVA, N. N. (1961): *Nummulites, Assilina i Operculina de Crimea* (versión original en ruso). Acad. Ciencias U. R. S. S. Ed. Nauka, 124 pp., 3 figs., láms. I-XI.

NIJMAN, W. & NIO, S. D. (1975): *The Eocene Montañana delta*. In: *Sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin*. IX Congress Intern. Assoc. Sediment, Nice, France, 1975. Excursion guide no. 19, pp. 1-20, 25 figs.

NIO, S. D. (1976): *Marine transgressions as a factor in the formation of sandwave complexes*. Geol. Mijnbouw, 55 (1-2), pp. 18-40.

PUIGDEFABREGAS, C.; SAMSO, J. M.; SERRA-KIEL, J. & TOSQUELLA, J. (1985): *Facies Analysis and Faunal Assemblages of the Roda Sandstone Formation, Eocene of the Southern Pyrenees*. 6th European Regional Meeting of Sedimentology I. A. S. Lleida (Spain), pp. 639-642.

PUIGDEFABREGAS, C.; SAMSO, J. M.; SERRA-KIEL, J. & TOSQUELLA, J. (1987): *An Early Eocene tidal fan-delta, Roda and San Esteban formations, southern Pyrenees*. International Symposium Fan Deltas, Sedimentology & Tectonic settings. Bergen (Norway), pp. 143-144.

ROZLOZSNIK, P. (1929): *Studien über Nummulinen*. Geologica Hungarica (Paleont.), 2, 248 pp., láms. I-VIII.

SAMSO, J. M. (1988): *Estudi sedimentològic i biostratigràfic de la Formació St. Esteve del Mall (Eocè, Conca Tremp-Graus)*. Tesi de Llicenciatura. Fac. Geologia, Univ. Barcelona. Inédita.

SCHAUB, H. (1951): *Stratigraphie und Paläontologie des Schlierentflyches*. Schw. Paläont. Abhand., 68, 222 pp., 336 figs., láms. I-IX.

SCHAUB, H. (1966): *Über die Grossforaminiferen im Untereocaen von Campo (Ober-Aragonien)*. Eclog. geol. Helvetiae, 59, 1, pp. 355-377, 9 figs., láms. I-VI.

SCHAUB, H. (1969): *L'Ilerdien, état actuel du problème*. Mém. B. R. G. M., 69, pp. 259-266.

SCHAUB, H. (1973): *La sección de Campo (provincia de Huesca)*. XIII Coloquio Europeo de Micropaleontología, páginas 151-171, 5 figs.

SCHAUB, H. (1981): *Nummulites et Assilines de la Téthys Paléogène. Taxinomie, phylogénèse et biostratigraphie*. Mém. Suiss. Paléont., 104, 105, 106, 236 pp., 18 tabl., 116 figuras, láms. 1-97.

SCOTTO DI, C. B. (1966): *Le alveoline del Gargano Nord-Orientale*. Palaeontographia italica, vol. LXI, pp. 65-73, láminas 49-60.

SERRA-KIEL, J. (1984): *Estudi dels Nummulites del grup de N. perforatus (Montfort) (Conques aquitana, catalana i balear)*. Treb. Inst. Cat. Hist. Nat., 11, 244 pp., láms. I-XXVII.

TOSQUELLA, J. (1988): *Estudi sedimentològic i biostratigràfic de la Formació Gresos de Roda (Eocè, Conca Tremp-Graus)*. Tesi de Llicenciatura, Fac. Geologia, Univ. Barcelona. Inédita.

Original recibido: Octubre de 1989.

Original aceptado: Diciembre de 1989.

GEOLOGIA

Las faunas pleistocenas de Fuensanta del Júcar y El Provencio y su significado en la evolución del Cuaternario de la Llanura manchega.

Por A. V. MAZO (*), A. PEREZ-GONZALEZ (**) y E. AGUIRRE (**)

RESUMEN

Las terrazas fluviales de +60 m de Fuensanta del Júcar (Sistema aluvial del río Júcar) y de +15-16 m de El Provencio, perteneciente al Sistema fluvial del Guadiana, han proporcionado restos de vertebrados del Pleistoceno. En la primera localidad, que se encuentra en Albacete, se han identificado: *Mammuthus meridionalis* NESTI, forma progresiva, *Hippopotamus major* CUVIER y Cervidae ind. En El Provencio (Cuenca): *Mammuthus meridionalis* NESTI y Bovidae ind. (*Bos* o *Bison*). El grado de evolución de los elefantes de Fuensanta permite situar este yacimiento en el tercio final del Pleistoceno inferior y enmarcar cronológicamente en este tiempo la pérdida de los canales distribuidores atlánticos del río Júcar.

Palabras clave: Terrazas fluviales, Vertebrados, Pleistoceno inferior, Fuensanta (Albacete), El Provencio (Cuenca), España.

ABSTRACT

A few Pleistocene vertebrate remains have been collected from the fluvial terraces of Fuensanta del Júcar (+60 m, Aluvial system of the Júcar river) and El Provencio (+15-16 m, Fluvial system of the Guadiana river).

Fuensanta del Júcar (Albacete) has provided a progressive form of *Mammuthus meridionalis* NESTI, *Hippopotamus major* CUVIER y Cervidae ind. At El Provencio site (Cuenca) *Mammuthus meridionalis* NESTI and Bovidae ind. (*Bos/Bison*) have been found. The evolutive degree of the elephants from Fuensanta allow us to include this site within the latest Lower Pleistocene.

The loss of the atlantic tributary channels of the Júcar river is also dated in this period.

Key words: Fluvial terraces, Vertebrates, Lower Pleistocene, Fuensanta (Albacete), El Provencio (Cuenca), Spain.

INTRODUCCION

La existencia de vertebrados pleistocenos en las terrazas fluviales de los ríos Júcar y Guadiana en Fuensanta y El Provencio, respectivamente, es conocida desde el año 1976. Los primeros ejemplares fueron encontrados por PEREZ-GONZALEZ y determinados por AGUIRRE, MAZO y MORALES. Nuevas prospecciones han aumentado el re-

gistro fósil del yacimiento de Fuensanta de Júcar en varios molares de elefante y un canino de hipopótamo, recogido por CABRA y otros autores de la cartografía geológica a E. 1:50.000 de las Hojas de Quintanar del Rey (717) y La Roda (742).

El mayor número de restos nos permite ahora tener una mejor apreciación de la variabilidad y, por ende, mayor fiabilidad en la identificación taxonómica de los elefantes y ajustar la cronología de estos yacimientos en relación a la evolución de los procesos fluviales Júcar-Guadiana, acaecidos en este sector de la Llanura manchega.

EL CONTEXTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Ambos yacimientos (fig. 1) se encuentran situados en depósitos aluvionares pleistocenos, uno perteneciente al río Júcar en Fuensanta y el otro al río Guadiana (hoy río Zancara), en las proximidades de El Provencio.

Fuensanta

La posición geológica y significado geomorfológico de los depósitos fluviales de Fuensanta (figura 1 A) han estado sujetas a diversas interpretaciones dentro del marco geodinámico de la cuenca terciaria del Júcar. Para ROBLES (1974) estos depósitos son una unidad litoestratigráfica que denomina Formación Fuensanta (pp. 127 y 128), en contacto erosivo y discordante sobre una unidad inferior pliocena que es la Formación Villagordo. Este punto de vista de incluir los depósitos fluviales de Fuensanta bien en la secuencia pliocena o en la plio-pleistocena de la región es mantenido por ORDÓÑEZ *et al.* (1975, 1976), que engloban a estos depósitos, como Unidad Fuensanta, a techo de su Complejo superior y los relacionan con la Unidad de Casas del Conde, al este de la Cuenca del Júcar, formada por arcillas rojas, calizas, areniscas y conglomerados. MEIN *et al.* (1978) discuten la posición de los depósitos fluviales de Fuensanta y concluyen que pueden relacionarse con los aluviones plio-pleistocenos de Casas Ibáñez. Más recientemente, SANTOS (1984) considera que Fuensanta pertenece a su Unidad Tectosedimentaria 4, que cronológicamente abarca (p. 34, fig. 12) desde el límite plio-cuaternario hasta al menos hace un millón de años.

Otros autores, sin embargo, han mantenido que los depósitos fluviales de Fuensanta forman parte de la evolución pleistocena del río Júcar en la Llanura manchega central y oriental (AGUIRRE *et al.*, 1976; HERNANDEZ-URROZ y PEREZ-GONZALEZ, 1978; PEREZ-GONZALEZ, 1982; PEREZ-GONZALEZ y LOPEZ MARTINEZ, 1983; CABRA *et al.*, 1988). Esto ha sido bien documentado por cartografías geológicas y geomorfológicas y por el descubrimiento, ya en el año 1976 (AGUIRRE *et al.*, *o. c.*, p. 16) de restos de molares de elefantes en las canteras de Fuensanta. En síntesis, los depósitos fluviales en Fuensanta representan una alta terraza del río Júcar (foto 1), encajada, su techo, unos 7 u 8 m

en la Superficie inferior de la Llanura manchega y colgada +60 m sobre el cauce actual del río, siendo su espesor máximo no menor de 8 m. A este cuerpo fluvial que en planta bordea el valle encajado del Júcar y se extiende hacia el oeste hasta el meridiano de Villarrobledo-El Provencio, se le ha denominado por uno de nosotros (A. P. G.) Sistema aluvial del río Júcar en las cartografías geológicas a escala 1:50.000 de Villarrobledo (740) y Minaya (741), Hojas realizadas por HERNANDEZ-URROZ y PEREZ-GONZALEZ en 1974 y publicadas en 1978.

El Provencio

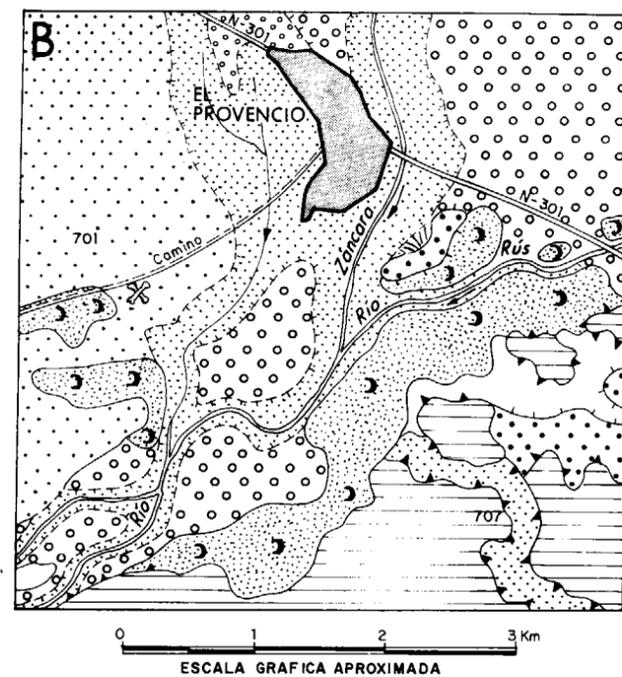
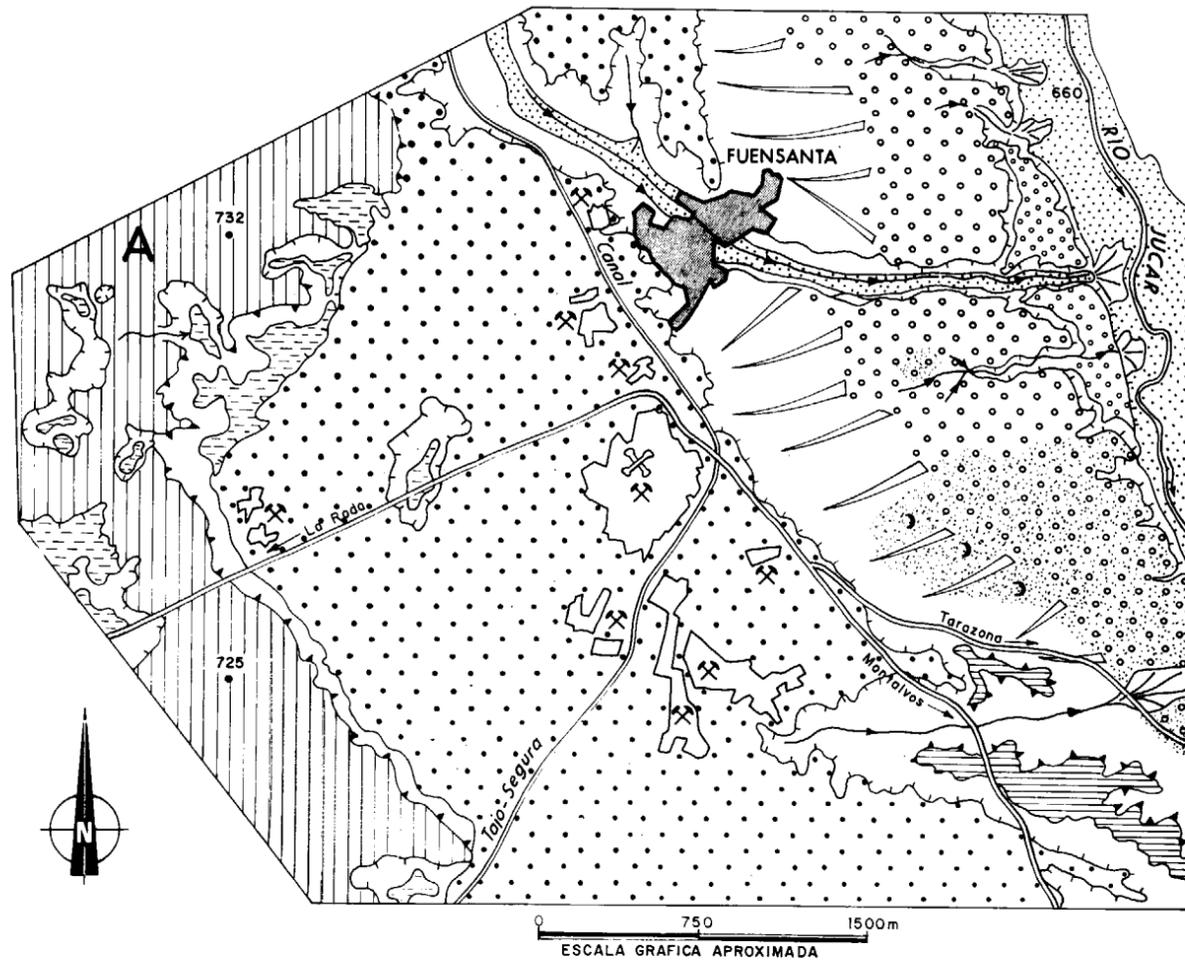
Los depósitos aluvionares en la zona de El Provencio forman un complejo sistema de terrazas del antiguo río Guadiana (hoy río Zancara) y del río Rus. El yacimiento paleontológico de El Provencio (PEREZ-GONZALEZ, 1982) se localizó en los términos fluviales basales (foto 2) de la terraza de +15-16 m (fig. 1 B), en una cantera abierta al sur del Cerro de la Perala, a unos 1.700 m al suroeste de El Provencio, en el camino de El Provencio a Cerro del Pinar-Socuéllamos. La particularidad de este depósito fluvial de 7 a 8 m de espesor máximo es que en la secuencia fluvial superior del corte se reconocen enriquecimientos de elementos litológicos, en el tamaño grava, de cuarcita y cuarzo que provienen del Sistema aluvial del río Júcar, hecho además confirmado por criterios cartográficos, lo que demuestra una zona de confluencia entre el Sistema aluvial del río Júcar (terracea de +60 m en Fuensanta) y la terraza de +15-16 m de El Provencio, que forma parte del Sistema fluvial del río Guadiana; esto significa, además, que en este tiempo el río Júcar vertía aguas al Atlántico a través del Sistema fluvial del río Guadiana.

PALEONTOLOGIA: DESCRIPCIONES E IDENTIFICACIONES SISTEMATICAS

De Fuensanta del Júcar proceden varios molares de elefante, un canino de hipopótamo y un molar de cérvido. En El Provencio se recogieron cuatro dientes lacteales de elefante y un molar de bóvido.

(*) Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

(**) Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.



LEYENDA

PLIOCENO	1	12
PLIO(?) - PLEISTOCENO	2	13
	3	14
PLEISTOCENO	4	15
	5	16
	6	17
	7	18
	8	19
	9	20
HOLOCENO	10	21
	11	22

Figura 1.—Marcos geológicos-geomorfológicos de los yacimientos pleistocenos de Fuensanta (A) y de El Provencio (B).

Leyenda: 1, calizas y margas; 2 y 3, superficies superior e inferior de la Llanura manchega; 4, terraza a +60 m de Fuensanta (Sistema aluvial del río Júcar); 5, terraza a +15-16 m de El Provencio (forma parte del Sistema fluvial del río Guadiana); 6, glacis; 7, 8 y 9, terrazas a +25-30 m, +6-10 m y +2-5 m; 10, llanura aluvial y fondo de valle; 11, manto eólico y dunas; 12, dolinas; 13, replano estructural; 14 y 15, coluviones y conos aluviales; 16, borde de terraza; 17, escarpe; 18, río permanente o semipermanente y dirección de flujo; 19, arroyo, barranco; 20, cota en metros; 21, cantera; 22, yacimientos paleontológicos.

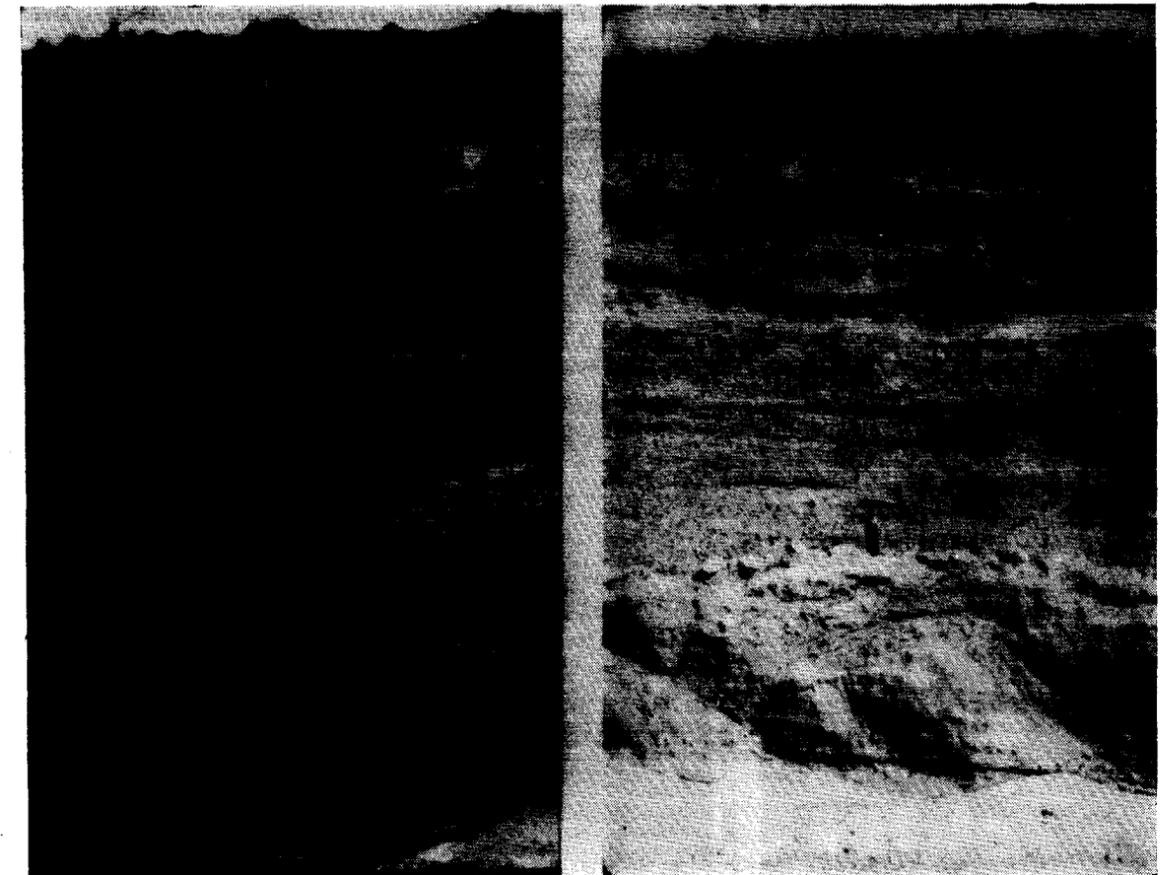


Foto 1.—Depósitos fluviales de la terraza a +60 m de Fuensanta. Gravas poligénicas y arenas con gravilla con estructuras internas mayores de estratificación cruzada de surco y planar (paleocanales, barras y formas de lecho de canal). A techo fangos de llanura de inundación, un horizonte K y restos de un suelo rojo (10 R).

Foto 2.—Terraza de +15-16 m de El Provencio. En la base, barras de gravas y arenas con gravilla. Encima, y sobre una cicatriz tapizada de clastos calizos de fondo de lecho de canal, barras de gravas poligénicas y arena con gravilla. A techo, parcialmente conservado, un manto eólico y un suelo rojo (2,5 YR) o pardo-rojizo (5 YR), según los casos.

Yacimiento de Fuensanta

Orden: Proboscidea ILLIGER, 1822
 Familia: Elephantidae GRAY, 1821
 Género: *Mammuthus* BURNETT, 1830
Mammuthus meridionalis NESTI, 1825

Descripción del material

(Las medidas e índices de todas las piezas figuran en el cuadro 1).

— Sin sigla. M³ izquierdo. Propiedad del Museo Provincial de Albacete.

Casi completo; se conservan trece láminas y parece verosímil que falte sólo una o una y media. Nueve funcionales. Anchura máxima a nivel de la tercera lámina conservada y figuras de abrasión rectangulares. Esmalte cuyo grosor en los bordes laterales no difiere significativamente del de la parte media. Lámina I, figura 2.

— Sin sigla. M³ derecho. Propiedad del Museo Provincial de Albacete.

Simétrico del anterior. Por rotura presenta sólo doce láminas. Anchura máxima cercana a la base, a nivel de la tercera lámina conservada.

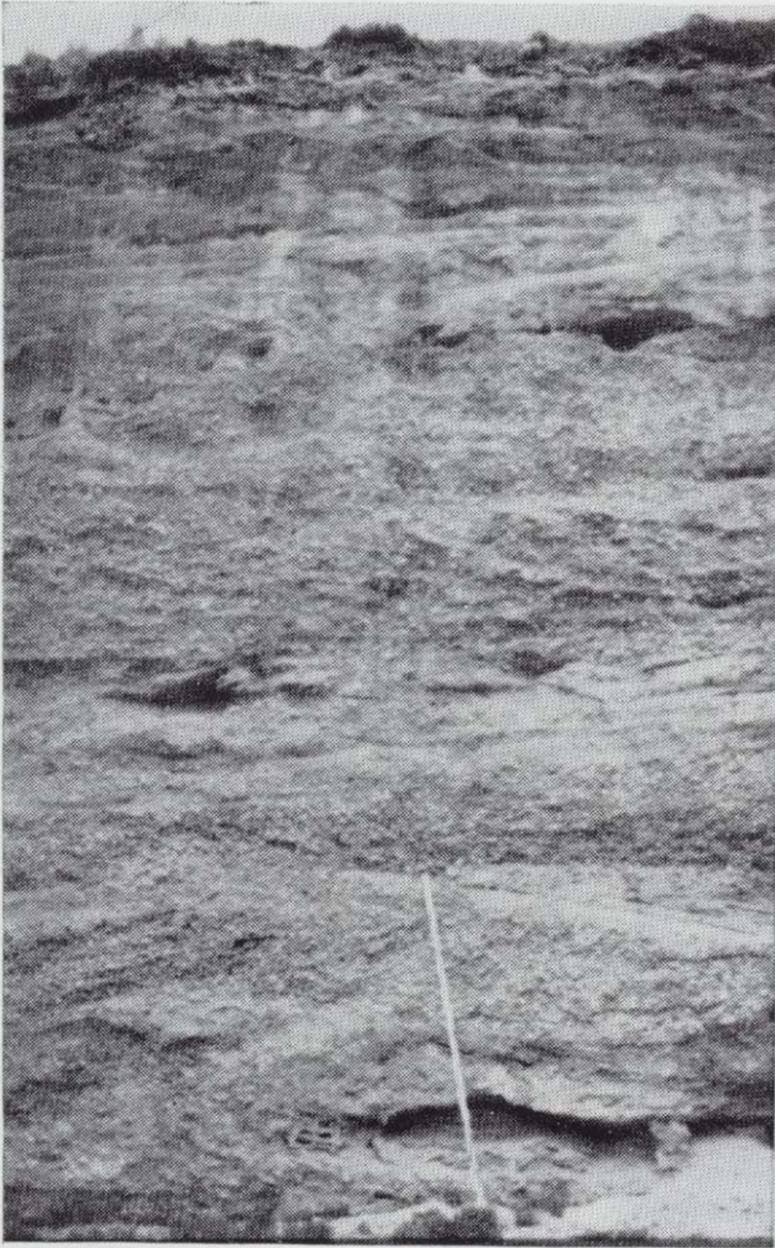


Foto 1.—Depósitos fluviales de la terraza a +60 m de Fuensanta. Gravas poligénicas y arenas con gravilla con estructuras internas mayores de estratificación cruzada de surco y planar (paleocanales, barras y formas de lecho de canal). A techo fangos de llanura de inundación, un horizonte K y restos de un suelo rojo (10 R).



Foto 2.—Terraza de +15-16 m de El Provencio. En la base, barras de gravas y arenas con gravilla. Encima, y sobre una cicatriz tapizada de clastos calizos de fondo de lecho de canal, barras de gravas poligénicas y arena con grava. A techo, parcialmente conservado, un manto eólico y un suelo rojo (2,5 YR) o pardo-rojizo (5 YR), según los casos.

Yacimiento de Fuensanta

Orden: Proboscidea ILLIGER, 1822
 Familia: Elephantidae GRAY, 1821
 Género: *Mammuthus* BURNETT, 1830
Mammuthus meridionalis NESTI, 1825

Descripción del material

(Las medidas e índices de todas las piezas figuran en el cuadro 1).

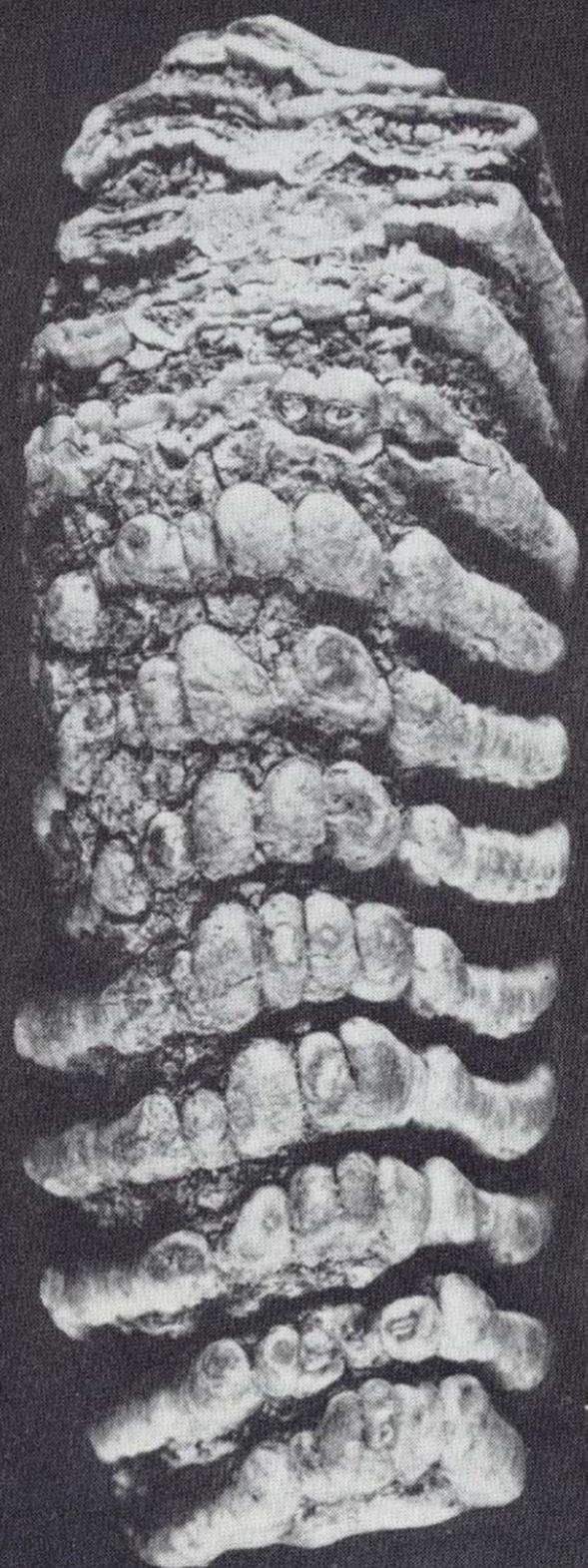
— Sin sigla. M³ izquierdo. Propiedad del Museo Provincial de Albacete.

Casi completo; se conservan trece láminas y parece verosímil que falte sólo una o una y media. Nueve funcionales. Anchura máxima a nivel de la tercera lámina conservada y figuras de abrasión rectangulares. Esmalte cuyo grosor en los bordes laterales no difiere significativamente del de la parte media. Lámina I, figura 2.

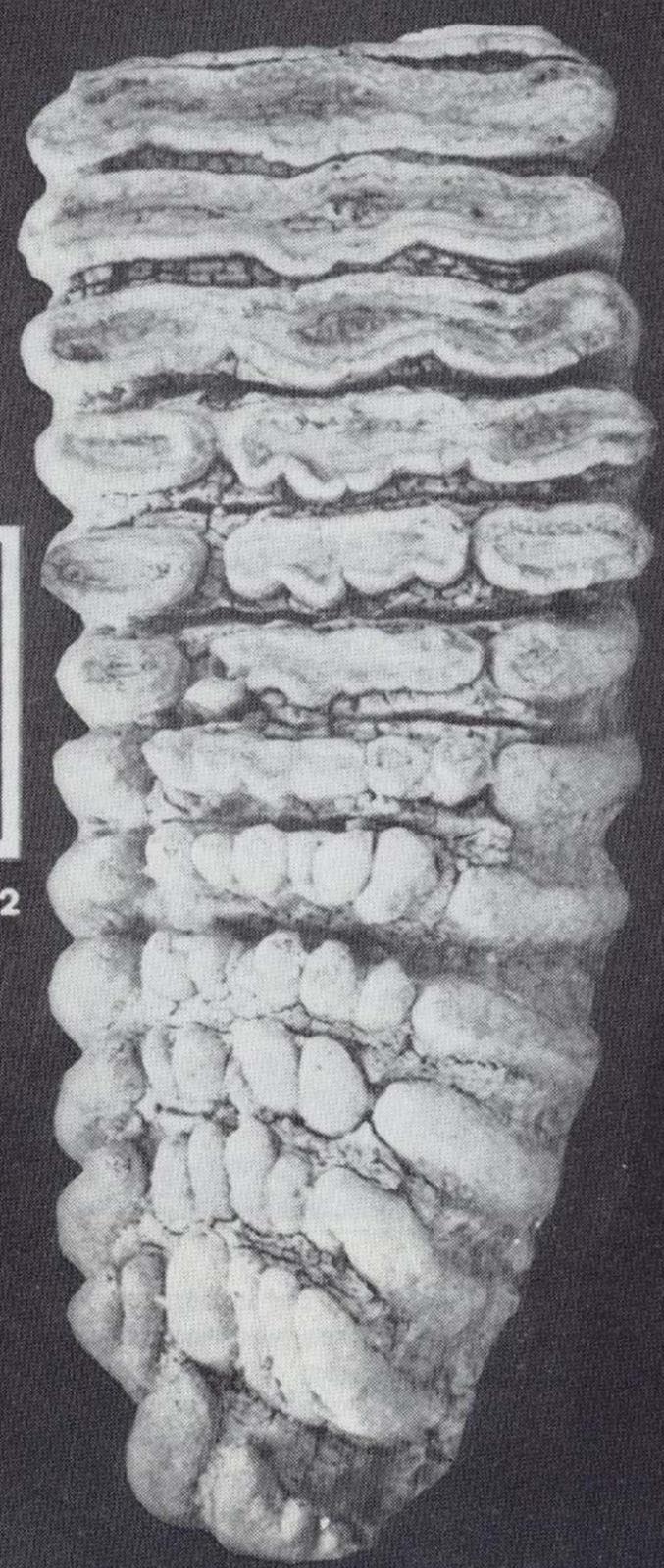
— Sin sigla. M³ derecho. Propiedad del Museo Provincial de Albacete.

Simétrico del anterior. Por rotura presenta sólo doce láminas. Anchura máxima cercana a la base, a nivel de la tercera lámina conservada.

LAMINA I



1

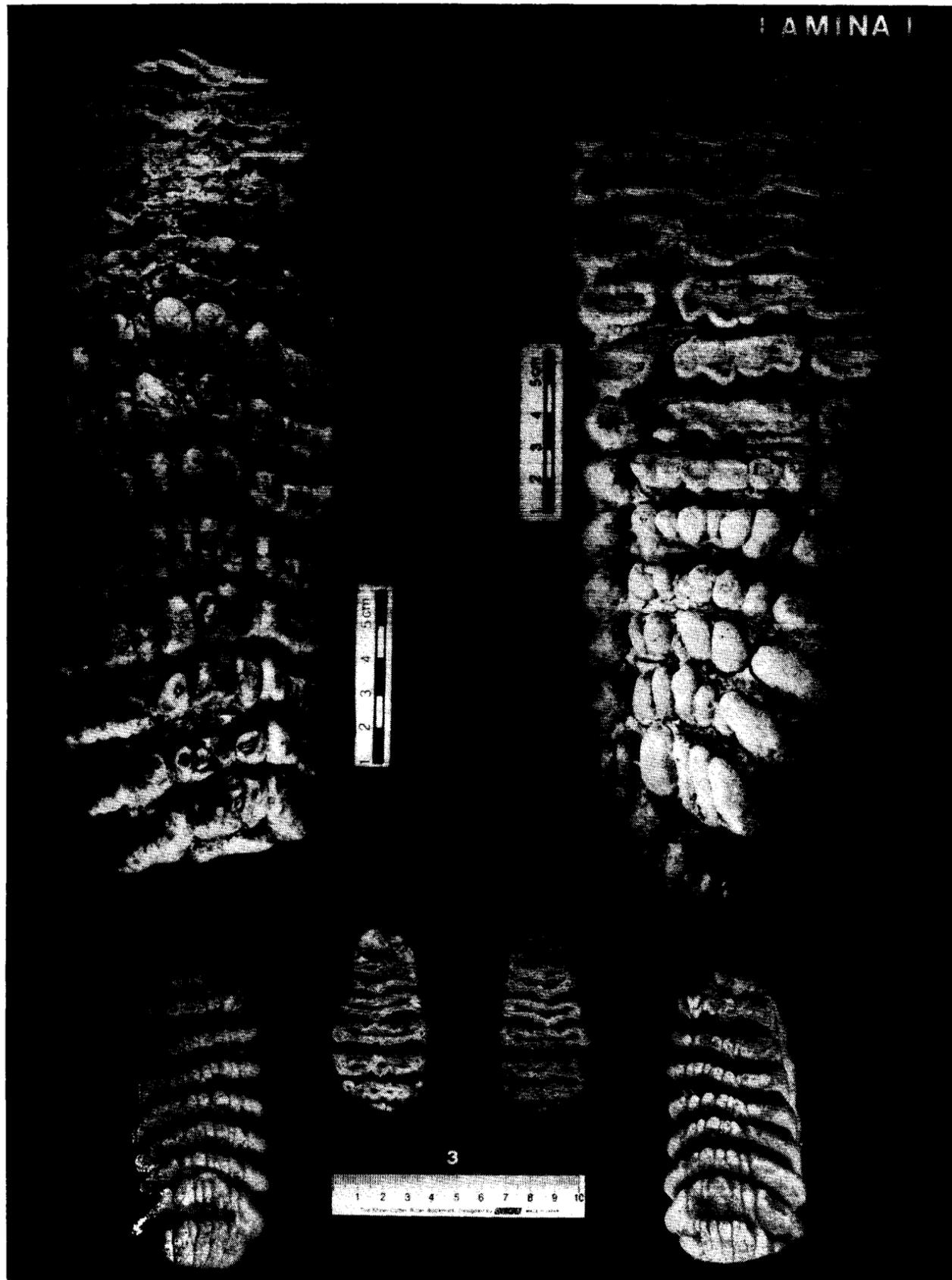


2



3

Fig. 1. Fossil specimens 1-6. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. 11, mantle; 12, rostrum; 13, rostrum; 14 and 15, cephalon; 16, cephalon; 17, cephalon; 18, cephalon; 19, cephalon; 20, cephalon; 21, cephalon; 22, cephalon; 23, cephalon; 24, cephalon; 25, cephalon; 26, cephalon; 27, cephalon; 28, cephalon; 29, cephalon; 30, cephalon; 31, cephalon; 32, cephalon; 33, cephalon; 34, cephalon; 35, cephalon; 36, cephalon; 37, cephalon; 38, cephalon; 39, cephalon; 40, cephalon; 41, cephalon; 42, cephalon; 43, cephalon; 44, cephalon; 45, cephalon; 46, cephalon; 47, cephalon; 48, cephalon; 49, cephalon; 50, cephalon; 51, cephalon; 52, cephalon; 53, cephalon; 54, cephalon; 55, cephalon; 56, cephalon; 57, cephalon; 58, cephalon; 59, cephalon; 60, cephalon; 61, cephalon; 62, cephalon; 63, cephalon; 64, cephalon; 65, cephalon; 66, cephalon; 67, cephalon; 68, cephalon; 69, cephalon; 70, cephalon; 71, cephalon; 72, cephalon; 73, cephalon; 74, cephalon; 75, cephalon; 76, cephalon; 77, cephalon; 78, cephalon; 79, cephalon; 80, cephalon; 81, cephalon; 82, cephalon; 83, cephalon; 84, cephalon; 85, cephalon; 86, cephalon; 87, cephalon; 88, cephalon; 89, cephalon; 90, cephalon; 91, cephalon; 92, cephalon; 93, cephalon; 94, cephalon; 95, cephalon; 96, cephalon; 97, cephalon; 98, cephalon; 99, cephalon; 100, cephalon.



— Sin sigla. M³ derecho. Propiedad particular. La Roda, Albacete.

Pieza incompleta que conserva nueve láminas de la zona media, de las que cinco son funcionales. Las láminas están bastante separadas entre sí y presentan digitaciones cilíndricas. Esmalte con repliegues poco numerosos y de grosor similar en el centro y en los lados. Anchura máxima en la última de las láminas conservadas, cercana a la base.

— Fu-1. M³ derecho. Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Incompleto, conserva trece láminas y parte de otra; pero el número total podría estar alrededor de las dieciséis. Poco gastado. Anchura máxima retrasada, a nivel de la décima lámina, próxima a la base del molar. Digitaciones laminares casi cilíndricas separadas por surcos profundos. Esmalte con repliegues poco numerosos, amplios y redondos, cuyo grosor es similar en las diferentes partes de la lámina. Lámina I, figura 1.

— Fu-2. M³ izquierdo. Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Incompleto y poco gastado. Por rotura distal sólo pueden contabilizarse nueve láminas, de las que son funcionales siete. Anchura máxima retrasada, a nivel de la séptima lámina y próxima a la base.

— Fu-3. M₂ izquierdo. Propiedad de Adrián Martínez, La Roda.

Molar casi completo que sería el único funcional de la hemiserie. Abrasión media. Se conservan siete láminas, de las que cinco son funcionales; el número total podría ser de once. Anchura má-

xima cercana a la base y en la segunda lámina conservada.

— Fu-4. M₃ derecho. Propiedad del Museo de Ciencias Naturales.

Fragmento que consiste en ocho láminas que corresponden al tercio anterior y medio del molar. Cinco láminas funcionales con abrasión escasa, por lo que el esmalte sólo puede medirse en las dos primeras. Digitaciones cilíndricas bien individualizadas. Anchura máxima, como mínimo, en la última lámina conservada.

— Fu-5. Posiblemente M². Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Fragmento que comprende cuatro láminas de la zona media. Abrasión escasa y roturas superficiales que permiten medir los grosores de esmalte.

— Fu-6. Posiblemente M². Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Fragmento que se reduce a seis láminas de la zona anterior. Abrasión media y, en general, mal estado de conservación.

— Fu-7. Posiblemente M². Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Fragmento que comprende cinco láminas de la zona media. Roturas superficiales y mal estado de conservación.

— Fu-8 y Fu-9. M₃. Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Dos fragmentos que se reducen a tres láminas cada uno. Fu-8 es izquierdo y Fu-9 derecho, pero de distintos individuos.

Lámina I

Figura 1.—*Mammuthus meridionalis*. M³ derecho en norma oclusal. Fuensanta del Júcar (Albacete). Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Figura 2.—*Mammuthus meridionalis*. M³ izquierdo en norma oclusal. Fuensanta del Júcar (Albacete). Propiedad del Museo Provincial de Albacete.

Figura 3.—*Mammuthus meridionalis*. D₃ y D₁ de un mismo individuo en norma oclusal. El Provencio (Cuenca). Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Discusión

Los elementos dentarios de Fuensanta son, en general, proporcionalmente anchos, con número total de láminas moderado, hipsodoncia media a alta, digitaciones individualizadas, esmalte no muy grueso y anchura máxima tendente a situarse en el tercio inferior o medio de la corona.

Algunas de estas características son claramente progresivas respecto a las de los *M. meridionalis* típicos, aunque la imposibilidad de cuantificar en varios molares la longitud total o el número completo de láminas significa no poder conocer con rigurosidad coeficientes tan importantes para las contrastaciones como el índice de anchura.

Partiendo de estas limitaciones, el cuadro 1 resume los parámetros que pueden ser evaluados en las piezas de Fuensanta comparados con las medias y recorridos de las mismas magnitudes en *M. meridionalis* y *M. trogontherii* (datos de AGUIRRE, 1969). Obviamente, se han omitido la longitud total y el índice de anchura; debiendo entenderse las restantes variables sólo como referidas al fragmento de molar sobre el que fueron tomadas.

En las figuras 2 y 3 los valores de los M3 superiores e inferiores de Fuensanta se han contrastado no sólo con los mencionados datos de AGUIRRE, sino también con los indicados por DUBROVO (1977, tabla 1) referentes a *M. meridionalis tamanensis* y a las poblaciones de *M. meridionalis* de Italia y la Unión Soviética y *M. trogontherii* de Süssenborn y la URSS (*).

La subespecie *Mammuthus meridionalis tamanensis*, considerada progresiva respecto a *M. meridionalis meridionalis*, fue establecida por DUBROVO (o. c.) tras el estudio de unos 250 molares de la URSS, que, comparados con la especie tipo, presentaban coronas más altas y estrechas, mayor número de láminas y esmalte considerablemente adelgazado.

(*) DUBROVO (1977) no especifica valores medios ni tiene en cuenta los grados de desgaste. Esto último podría ser la causa de las diferencias observables con la dispersión de valores indicada por AGUIRRE (1969) para *M. trogontherii*, basada, según este autor, en molares precedentes casi exclusivamente de Süssenborn y Mosbach; la reseñada por DUBROVO (o. c.) para esta misma especie en Süssenborn, podría corresponder a ejemplares distintos.

Del cuadro 1 y de las figuras 2 y 3 se desprende que las piezas de Fuensanta están hacia los máximos de anchura de *M. meridionalis*. En cuanto a altura exceden netamente las conocidas en *M. meridionalis* y, mientras que los M³ son más bajos que la media de los de *M. trogontherii*, la media de los M₃ coincide prácticamente con la de esta especie. En consecuencia, el índice de hipsodoncia de los M³ está mucho más próximo a *M. meridionalis* que a *M. trogontherii*, mientras que en los M₃ sucede lo contrario. A este respecto, conviene tener en cuenta que la fiabilidad de la hipsodoncia es menor en las piezas inferiores que en las superiores, pero, aun así, la hipsodoncia de los molares de Fuensanta puede considerarse alta. En cambio, la frecuencia laminar de los M³, única que ha podido ser evaluada, es baja, con una media incluso inferior a la de *Mammuthus meridionalis*. Los repliegues del esmalte son poco numerosos, amplios y redondeados.

En la representación bivariada (fig. 4) que refleja dispersión de los M³ funcionalmente solos, conforme a la hipsodoncia y al índice laminar funcional (AGUIRRE, 1969, fig. 34), nuestros M³ se sitúan entre los *meridionalis* o muy próximos a ellos, y bastante alejados de los *trogontherii*. El diagrama de dispersión realizado en base a la anchura máxima e índice laminar de los M³ funcionalmente solos (AGUIRRE, 1969, fig. 27) refleja una situación similar.

Las deducciones que pudieran obtenerse en base a los fragmentos de segundos molares resultarían de bastante menor fiabilidad, por lo que hemos omitido su valoración.

Por lo que se refiere a los datos de DUBROVO (1977, cuadro 1), la dispersión de valores de las distintas poblaciones es grande, lo que genera zonas de solapamiento que no facilitan las identificaciones.

Los recorridos de varios parámetros de las piezas de Fuensanta, especialmente la altura, ponen de manifiesto un avance respecto a los *Mammuthus meridionalis*, pero también se constata una frecuencia laminar baja, cuya media es semejante a la de *M. meridionalis sensu stricto* y que, en algunos casos, es inferior a los mínimos admitidos para *M. meridionalis tamanensis*. No existe pues unanimidad respecto a los criterios consi-

el
en

	<i>M. trogontherii</i>			<i>M. tamanensis</i>			
	M ₃	M ²	M ₂	M ³	M ₃	M ²	M ₂
	—	—	—	—	—	—	—
4)	(78-114) 91,5	(88-100) 93,1	—	(85-115)	(82-122)	—	—
	(71-110) 85	(75-95) 84-8	—	—	—	—	—
1)	(109-152) 131	(103-126) 115	—	(127-185)	(115-150)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
1)	(1,2-1,7) 1,39	(1,2-1,3) 1,23	—	—	—	—	—
Q)	(5,7-7,9) 6,65	(5,7-8,9) 7,03	(5,5-7,5) 6,75	(4,5-6,5)	(4-6)	—	—
	(2,1-2,9) 2,55	—	—	(2,5-3,5)	(2,5-4)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—

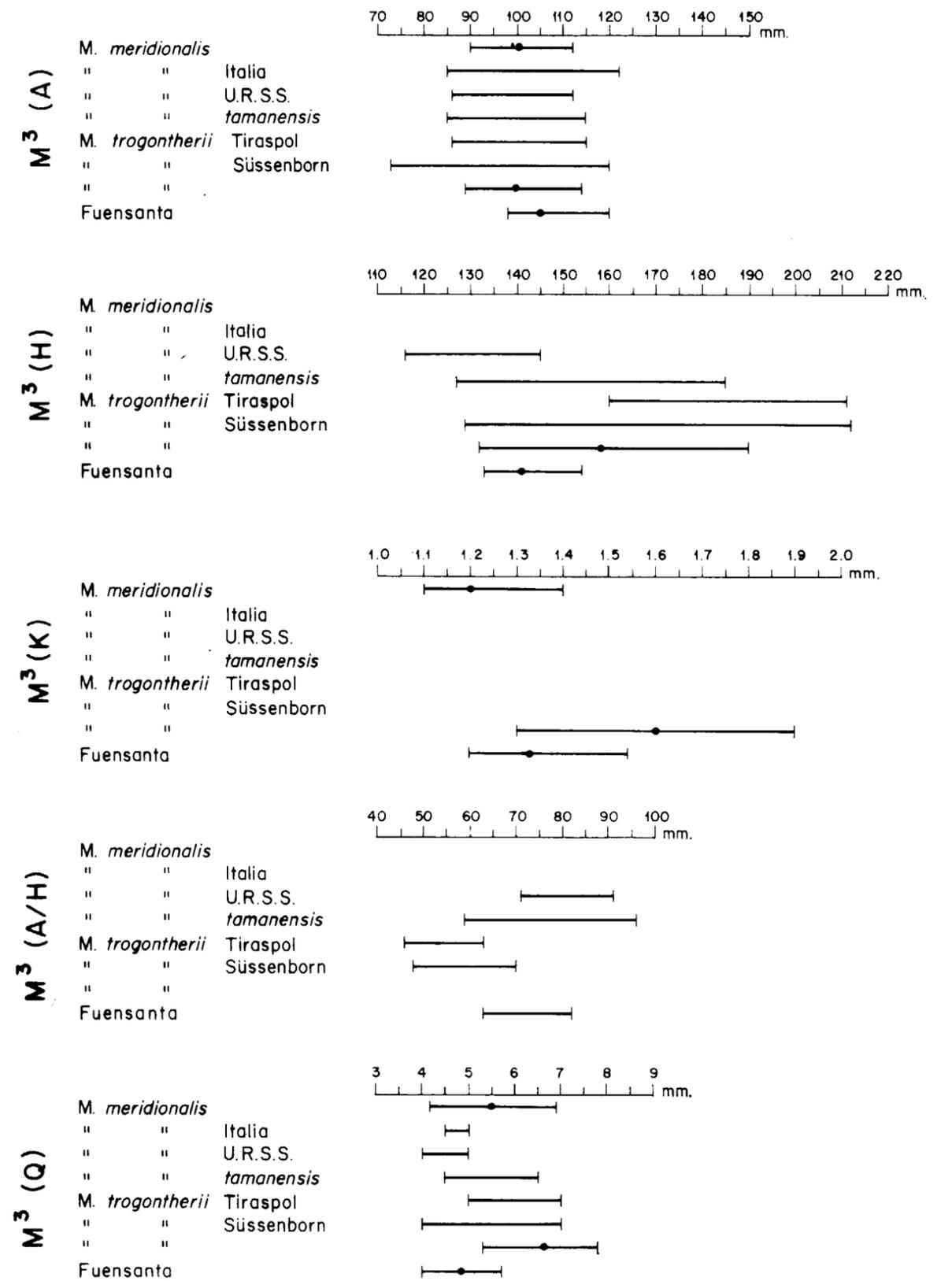


Figura 2.—Recorridos y medias de los parámetros de los M³ de los elefantes de Fuensanta comparados con los de *M. meridionalis* (datos AGUIRRE, 1969); *M. meridionalis* de Italia y la URSS (datos DUBROVO, 1977); *M. meridionalis tamanensis* (DUBROVO, o. c.); *M. trogontherii* de Süssenborn y Tiraspol (DUBROVO, o. c.) y *M. trogontherii* (AGUIRRE, o. c.).

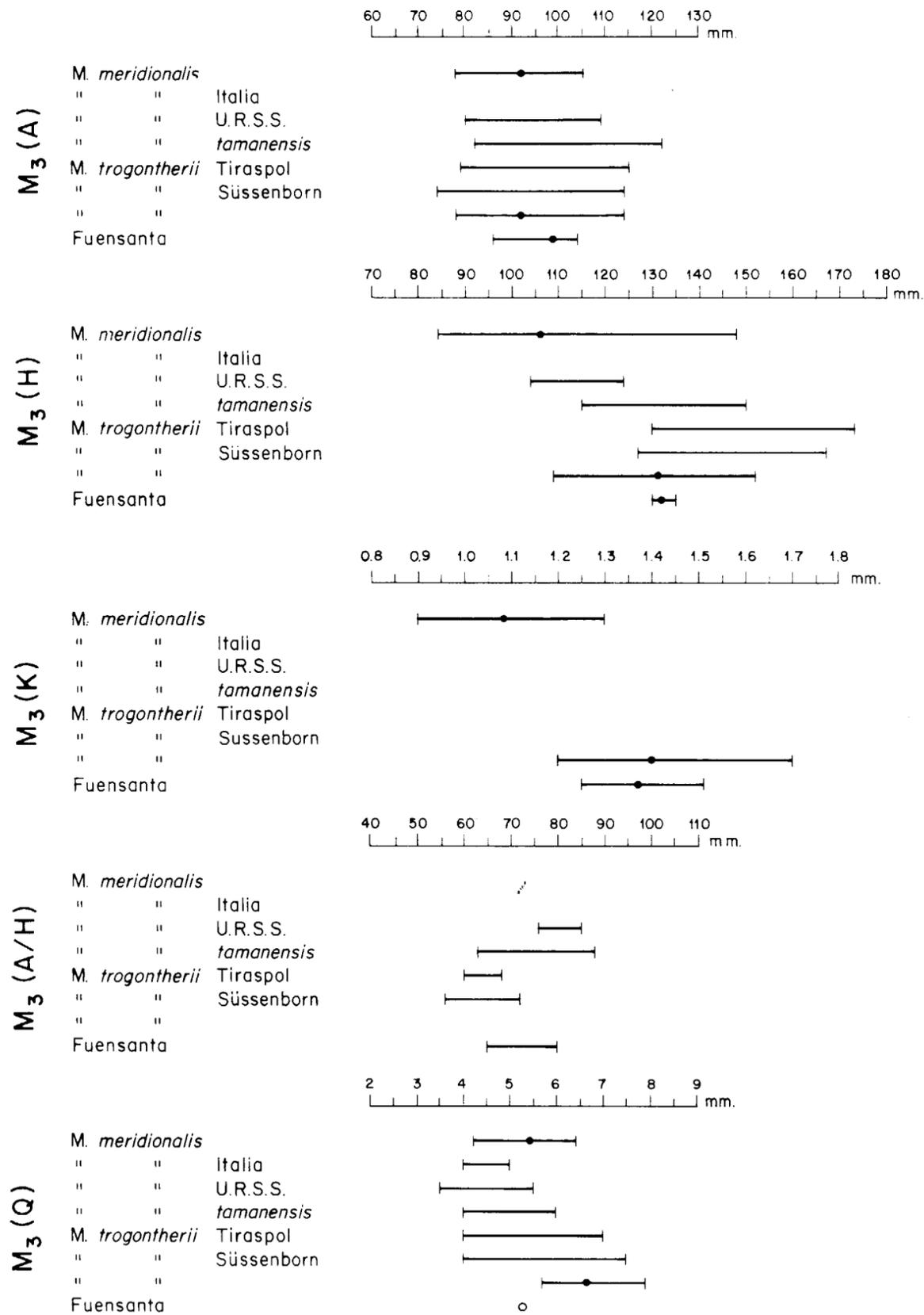


Figura 3.—Recorridos y medias de los parámetros de los M₃ de los elefantes de Fuensanta comparados con los de *M. meridionalis*, *M. meridionalis tamanensis*, *M. trogontherii* de Süssenborn y Tiraspol, y *M. trogontherii* (datos igualmente procedentes de los autores citados en la figura 2).

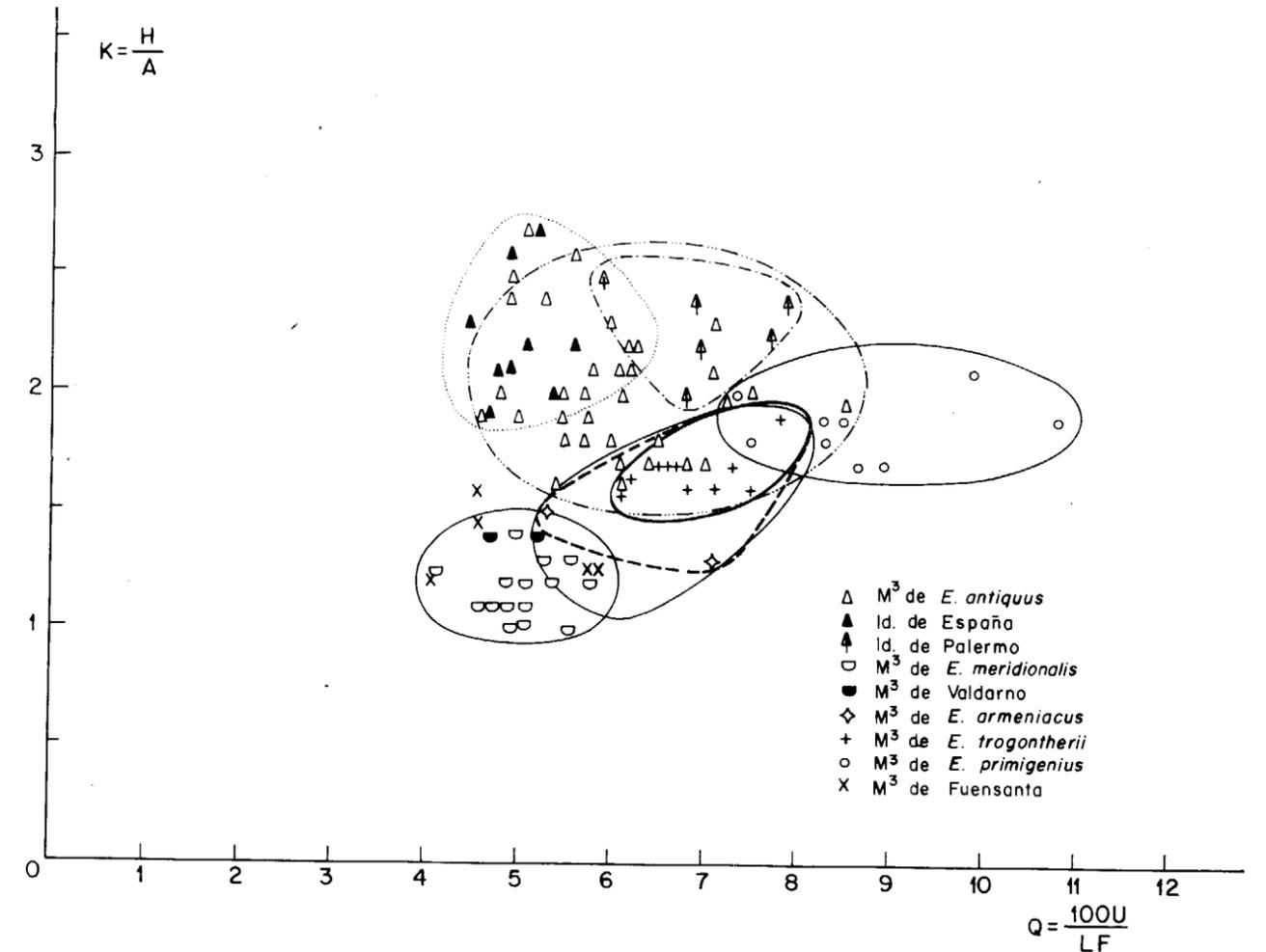


Figura 4.—Dispersión, según el índice de hipsodondia (K) y el índice laminar funcional (Q) de los M₃ de elefante de Fuensanta comparada con la de otros elefantes fósiles. (Modificado de AGUIRRE, 1969, figura 34).

derados como indicadores de progresión evolutiva.

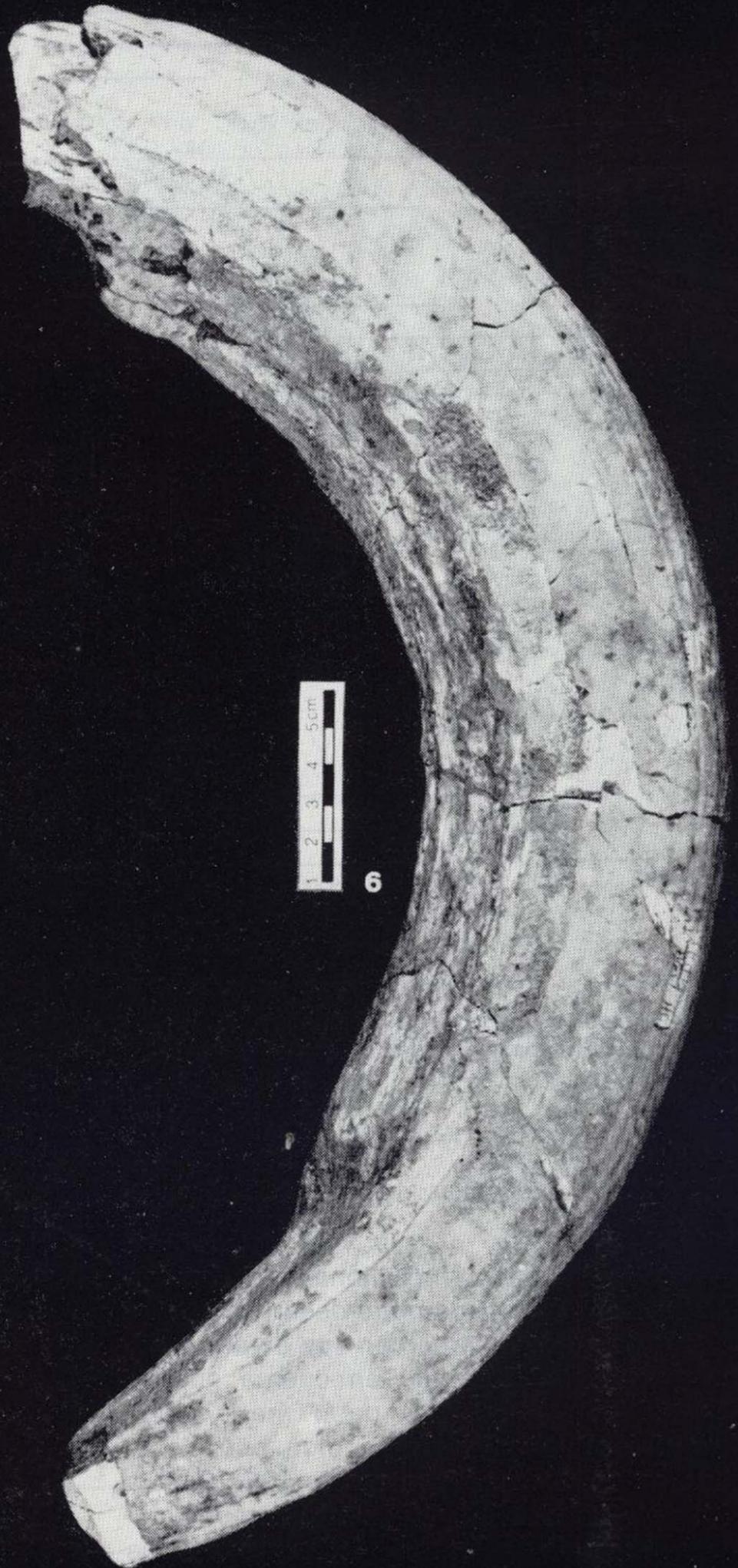
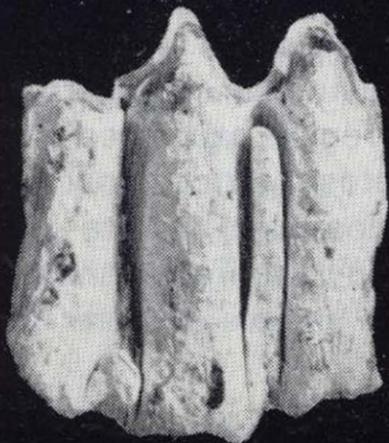
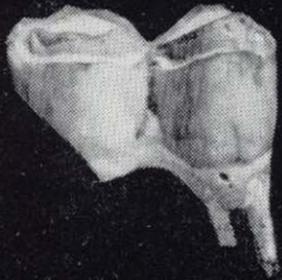
La progresión del mamut meridional hacia las formas del mamut de estepa pudo desarrollarse en mosaico y de modo holístico en sus diversos núcleos geográficos. Teniendo en cuenta que se constatan formas progresivas de *M. meridionalis* desde quizá el Jaramillo hasta bien entrado el Brunhes en un Cromeriense medio (0,9 M. a. a 0,55 M. a.) resulta difícil aplicar una nomenclatura lineana trinomial a las variedades progresivas del mamut meridional. En cualquier caso, se advierte una cierta aproximación a valores de la

variedad *M. meridionalis tamanensis* de la URSS; aunque no en todos los parámetros.

Formas progresivas de *M. meridionalis* se citan, con relativa frecuencia, en Europa occidental, centroeuropa y región caucásica de la URSS. Sin embargo, los datos métricos concretos son escasos, y cuando los hay, la falta de metodología unificada disminuye sobremanera su utilidad, por lo que no ha sido posible efectuar comparaciones más precisas.

La contrastación de las piezas que discutimos con algunos molares de los niveles inferiores de

LAMINA II





Voigstedt y Mosbach (Mosbach I, datos inéditos de AGUIRRE) pone en cambio de manifiesto que los ejemplares de Fuensanta no alcanzan el grado de evolución que los del nivel de Mosbach I.

Orden: Artiodactyla OWEN, 1848
 Familia: Hippopotamidae GRAY, 1821
 Género: *Hippopotamus* LINNEO
Hippopotamus major CUVIER, 1824

Descripción del material

Un canino inferior izquierdo de gran tamaño. La pieza, a la que le falta el ápice, conserva bastante bien el esmalte, con numerosas estrías paralelas entre sí. La longitud total conforme a la curvatura externa es de unos 620 mm, siendo sus diámetros máximos 88 y 56 mm. Estas dimensiones permiten determinarlo como *Hippopotamus major*. Lámina II, figura 6.

La especie *major* es conocida en Europa occidental, por ejemplo, en los yacimientos de Isoire y Sainzelles (Francia), mientras que en Europa central ha sido encontrada en Figline, Tasso, Malpasso, Vachereccia y Renacci (FAURE, 1985: 53). Para FAURE (o. c.), en los restantes yacimientos italianos, como Isernia, Venosa y Torreimpietra, no existiría ya *H. major*, sino *H. incognitus* FAURE. Este último taxón es también el citado en la localidad francesa de Solilhac. En Inglaterra, FAURE (o. c.) confirma la presencia de *H. major* en las palinozonas del Cromer: Cr IIIb y Cr IV; subrayando, en cambio, que la especie no se conoce en el Upper Freshwater Bed of West Runtton, nivel tipo del Cromeriense.

Apenas existen en la literatura datos métricos sobre caninos de hipopótamos, puesto que al

verse afectados por una fuerte variabilidad sexual, las identificaciones se basan mayoritariamente en dientes yugales. No obstante, hemos podido comprobar que las dimensiones del canino inferior de Fuensanta son muy similares a cinco caninos procedentes de Fligine y también a las de uno de Renacci (datos de BLANDAMURA y AZZAROLI, 1977).

Orden: Artiodactyla OWEN, 1848
 Familia: Cervidae GRAY, 1821
 Cervidae gen. sp. indet.

Descripción del material

Un $M_{1,2}$ inferior, cuyas medidas son 26,8 mm de longitud y 17,6 mm de anchura. Estas dimensiones permiten su atribución a un cérvido de talla grande, pero el avanzado grado de desgaste impide cualquier otra precisión (com. pers. de J. MORALES). Lámina II, figura 4.

Yacimiento de El Provencio

De las cercanías del pueblo de El Provencio (Cuenca) (ver fig. 1) proceden cuatro piezas deciduas de elefante y un molar de un bóvido.

Orden: Proboscidea ILLIGER, 1822
 Familia: Elephantidae GRAY, 1821
 Género: *Mammuthus* BURNETT, 1830
Mammuthus meridionalis NESTI, 1825

Descripción del material

Cuatro últimos premolares inferiores lacteales de un mismo individuo (D_3 y D_4 de ambos lados).

Lámina II

Figura 4.—Cervidae indet. $M_{1,2}$ en norma oclusal y lateral. Fuensanta del Júcar (Albacete). Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Figura 5.—Bovidae indet. (*Bos* o *Bison*). M_3 en norma oclusal y lateral. El Provencio (Cuenca). Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Figura 6.—*Hippopotamus major*. Canino inferior izquierdo en norma lateral. Fuensanta del Júcar (Albacete). Propiedad del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

Los D₃, con abrasión avanzada, están constituidos por ocho láminas bastante separadas entre sí, que presentan expansión mediana más acusada en la mitad anterior del diente y esmalte rizado y proporcionalmente delgado (medidas en el cuadro 2).

Los D₄ presentan huellas de uso apenas iniciadas en las tres primeras colinas. Están compuestos por nueve láminas, proporcionalmente estrechas, con digitaciones numerosas e individualizadas. Al igual que en los D₃, la anchura máxima está situada en el tercio inferior de la corona.

Discusión

Los datos sobre piezas deciduas son escasos; no obstante, los molares de El Provencio pue-

den determinarse, conforme a su número de láminas, frecuencia laminar y altura, como *Mammuthus meridionalis* NESTI. También la anchura es decisiva para identificar estas piezas como *Mammuthus*, y diferenciarlos de *Elephas antiquus*.

Más difícil resulta comparar estos dientes con otros materiales de *M. meridionalis*, ya que los únicos datos que hemos podido encontrar son las referencias sobre un D₄ del Valdarno —concretamente, de Oscuragnolo— y sobre un D₃+D₄ en relevo de Tamán (datos de AGUIRRE, inéditos).

El cuadro 2 refleja estas contrastaciones y permite observar que tanto el D₄ del Valdarno como el de Tamán tienen una lámina más que el D₄ que discutimos (en el caso de Tamán, incluso en

CUADRO 2

Valores de los principales parámetros de los D₃ y D₄ en relevo del elefante de El Provencio, comparados con un D₄ de *M. meridionalis* de Oscuragnolo (Valdarno) y con un D₃ y D₄ en relevo de *M. meridionalis tamanensis* de Tamán (datos de AGUIRRE, inéditos).

	El Provencio					Oscurnagnolo (Valdarno)	Tamán
	D ₃ d	D ₃ i	D ₄ d	D ₄ i	D ₃ +D ₄	D ₄	D ₃ +D ₄
T	8	8	9	9	—	10	7 10
U	—	—	—	—	10	6	9
L	73,5	75	120	125	—	125	117
LF	73,5	75	—	—	95	—	86
A	41,5	41,5	61	60	—	56	46
AF	—	—	—	—	37,2	38	37
H	—	—	63	64	—	69	74
$K = \frac{H}{A}$	—	—	1,03	1,06	—	—	—
$Q = \frac{U}{LF}$	—	—	—	—	10,52	—	10,46

menor longitud total que la de El Provencio). No obstante las frecuencias laminares son coincidentes. La altura, parámetro importante en estas contrastaciones, es ligeramente superior en el premolar de Oscuragnolo, y más en la pieza del Tamán. En cuanto a anchura, la del D₄ de El Provencio es casi la misma que la del Valdarno, mientras que el D₃ y el D₄ de Tamán son considerablemente más estrechos.

Tanto las piezas de El Provencio como las de Fuensanta del Júcar pertenecen a *Mammuthus meridionalis*, pero el hecho de que unas sean piezas lacteales y otras definitivas, impide cualquier comparación.

Orden: Artiodactyla OWEN, 1848

Familia: Bovidae GRAY, 1821

Bovidae gen. sp. indet.

Descripción del material

Un tercer molar inferior cuyas dimensiones son L=37 mm. y A=17,5 mm.

El molar pertenece a un bóvido de gran talla, presumiblemente *Bos* o *Bison*, pero sólo con esta pieza no es posible una identificación genérica (com. pers. de J. MORALES). Lámina II, figura 5.

CONCLUSIONES

Los elefantes de Fuensanta reflejan, como ya hemos dicho, una progresión evolutiva respecto a las poblaciones de *Mammuthus meridionalis* (*sensu stricto*) de Europa occidental y central. Este avance se refleja, sobre todo, en una mayor hipodondia, y en el adelgazamiento del esmalte; si bien las piezas tienen gran anchura, frecuencia laminar baja y esmalte moderadamente plegado, características conservadoras todas ellas.

Estos molares no alcanzan el grado evolutivo de los *M. meridionalis tamanensis*, pero sí pueden ser interpretados como una forma progresiva situable en esta tendencia.

Teniendo en cuenta que en el tramo inferior del complejo Tamán se ha identificado el Jaramillo, datado entre 0,9 y 0,95 M. a., hay razones suficientes para pensar que el yacimiento de Fuensanta sea verosímilmente más antiguo, por lo que su edad podría estar alrededor de 1 M. a.

La similitud entre el canino de hipopótamo de Fuensanta y los de los yacimientos italianos de Figline y Renacci, refuerza nuestra opinión de que Fuensanta del Júcar pertenezca al Pleistoceno inferior.

Tanto los molares de los elefantes de Fuensanta como los de El Provencio pueden ser adscritos a *Mammuthus meridionalis*, pero el hecho de que unos sean definitivos y otros lacteales, no permite afinar las conclusiones.

Respecto a la posibilidad de que ambas localidades tengan una datación similar, las piezas paleontológicas encontradas hasta ahora no constituyen en sí mismas una evidencia a favor, si bien tampoco suponen ninguna objeción para ello.

Los datos geomorfológicos vienen también a insinuar una edad del Pleistoceno inferior para estos dos yacimientos. La terraza de Fuensanta es la segunda conservada de una secuencia de 7 niveles fluviales con cotas relativas de: +3-5 m (llanura aluvial), +7-10 m, +25-30 m, +40-50 m, +50-60 m, +80-100 m y +100-120 m. La cota de la terraza de +80-100 m está referida a la zona de El Picazo-Alarcón y, aguas abajo de El Picazo, la terraza pierde cota relativa progresivamente hasta los +60 m, en Fuensanta. La terraza de +100-120 m tan sólo está representada en los alrededores del pueblo de Alarcón y a uno y otro lado del cañón excavado en el Cretácico por el Júcar.

En El Provencio la posición geomorfológica del yacimiento de la terraza de +15-16 m, es similar a la de Fuensanta dentro de la secuencia de terrazas del Guadiana (hoy río Záncara). Aquí la secuencia de terrazas es más corta que en el Júcar y los niveles fluviales se disponen a altitudes relativas de: +0,50-1 m (llanura aluvial), +2-3 m, +6-8 m, +15-16 m y +35 m.

La cronología propuesta de alrededor de 1 M. a. para los yacimientos de Fuensanta del Júcar y de El Provencio permite situar la pérdida de los canales distribuidores atlánticos del río Júcar y su encajamiento en la Llanura manchega oriental en el Pleistoceno inferior tardío y, desde luego, en un tiempo anterior a la deposición de las terrazas de +50-60 m y +40-50 m (preservadas en el Picazo), que podrían señalar, sobre todo la más alta, el límite Pleistoceno inferior-medio.

AGRADECIMIENTOS

A Dña. Rubí Sanz, Directora del Museo Provincial de Albacete, y a José Talavera. Las fotografías fueron realizadas por J. González y L. Manzanares; los gráficos por J. Arroyo, y la mecanografía por M. T. Montero (*).

REFERENCIAS

AGUIRRE, E. (1969): *Revisión sistemática de los Elephantidae por su morfología y morfometría dentaria*. Estudios Geológicos, 24 (3-4): 109-167; 25 (1-2): 123-177 y 25 (3-4): 317-387.

AGUIRRE, E.; DIAZ MOLINA, M., y PEREZ-GONZALEZ, A. (1976): *Datos paleontológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur Española*. Trabajos sobre Neógeno Cuaternario, 5: 7-29.

BLANDAMURA, F., y AZZAROLI, A. (1977): *L'Ippopotamo Maggiore di Filippo Nesti*. Atti Acad. Naz. Lincei, Roma, 14: 169-188.

CABRA, P.; DIAZ DE NEIRA, A.; ENRILE, A.; GALLEGU, C., y LOPEZ OLMEDO, F. (1988): *Memorias de las Hojas geológicas a escala 1:50.000. Quintanar del Rey (717: 24-28) y La Roda (742: 24-29)*. IGME, Madrid.

(*) N.B.—El yacimiento a que hace referencia este artículo ha sido designado en otros trabajos de uno de los firmantes (E. A.) con el nombre «Loma de Taberneros», con la intención de evitar el equívoco con otro yacimiento llamado «Fuensanta», y publicado anteriormente, de la provincia de Granada, donde se citan *Mammuthus meridionalis* y *Equus stenonis*.

DUBROVO, I. (1977): *A history of elephants of the Archidiskodon Mammuthus phylogenetic line on the territory of the URSS*. Journal of Paleont. Soc. of India, 20: 33-40.

FAURE, M. (1985): *Les Hippopotames Quaternaires non insulaires d'Europe occidentale*. Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon, 23: 13-79.

HERNANDEZ URROZ, J., y PEREZ GONZALEZ, A. (1978): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000. Hojas de Villarrobledo (740) y Minaya (741)*. IGME, Madrid.

MEIN, P.; MOISSENET, E., et TRUC, G. (1978): *Les formations continentales du Néogène supérieur des vallées du Júcar et du Cabriel au NE d'Albacete (Espagne)*. Biostratigraphie et environnement. Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, 72: 99-147.

ORDÓÑEZ, S.; SANTOS, J. A., y GARCIA DEL CURA, M.ª A. (1975): *Contribución al conocimiento de la evolución de la cuenca del río Júcar (España) durante el Neógeno-Cuaternario*. II Congreso Ib.-Amer. Geol. Econm., tomo 1, III: 579-596, Buenos Aires, Argentina.

ORDÓÑEZ, S.; SANTOS, J., y GARCIA DEL CURA, M.ª A. (1976): *Estudio sedimentológico de la cuenca del Júcar. I. Rocas carbonáticas*. Estudios Geol., 32: 535-545.

PEREZ-GONZALEZ, A. (1982): *Neógeno y Cuaternario de la Llanura manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Edit. Universidad Complutense de Madrid, 179/82, 787 pp.

PEREZ-GONZALEZ, A., y LOPEZ MARTINEZ, N. (1983): *Cuencas del Júcar y Cabriel y Depresión de la Llanura manchega*. Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España, 2: 564-568, IGME.

ROBLES, F. (1974): *Levante: IV Cuenca del río Júcar*. Coloquio Internacional sobre biostratigrafía continental del Neógeno Superior y Cuaternario Inferior. Libro-Guía, 125-133.

SANTOS, J. A. (1984): *Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tecto-sedimentario*. Boletín Geológico y Minero, 95: 429-439.

Original recibido: Diciembre de 1989.

Original aceptado: Enero de 1990.

Geología de los yacimientos de azufre de Benahadux y Las Balsas de Gádor (Almería).

Por J. M. ALONSO BLANCO (*); A. L. MOLINA MOLINA (**); y M. RUIZ MONTES (**)

RESUMEN

Los depósitos de azufre de Benahadux y Las Balsas de Gádor presentan morfología estratiforme y encajan en filitas del Triás Inferior, próximos a la base de la formación carbonatada del Triás Medio-Superior de tipo alpino. También aparecen pequeños depósitos de relleno de fracturas en la base de la formación carbonatada y en rocas postorogénicas adyacentes que abarcan desde el Tortonense Superior al Plioceno Superior.

El azufre se encuentra en niveles de arcillas negras o grises asociado a yeso, pirita/marcasita, alunite y pequeñas cantidades intersticiales de sustancias bituminosas. Los horizontes mineralizados alcanzan varios metros de espesor con leyes medias del 40 por 100, y alternan con niveles de arcillas blancas aluníticas, producto de la alteración de las filitas encajantes.

Los datos estratigráficos de que disponemos sugieren que estos yacimientos se han formado por reemplazamiento bioepigenético de masas de yeso triásico, probablemente durante el Plioceno. De acuerdo con esta interpretación el yeso sufre una reducción bacteriana en presencia de hidrocarburos procedentes de margas tortonienses, y el H₂S resultante se oxida posteriormente debido a la penetración de aguas meteóricas en el acuífero carbonatado suprayacente.

Palabras clave: Azufre, Alunite, Estratiforme, Triás Inferior, Yacimientos bioepigenéticos, Benahadux, Las Balsas de Gádor, Sierra de Gádor, Almería.

ABSTRACT

The Benahadux and Las Balsas sulfur deposits occur as stratiform masses hosted in Lower Triassic phyllites, close to the bottom of alpine-type Middle and Upper Triassic carbonate formation. Small cross-cutting vein deposits are also found in the Triassic carbonate formation and in neighbouring post-orogenic rocks, ranging in age from Upper Tortonian to Upper Pliocene.

The ore is located in black and grey clay horizons associated with gypsum, pyrite/marcasite, alunite and minor interstitial bituminous matter. Major concentrations occur as meter sized horizons averaging 40 per 100 in grade, interbedded with phyllites altered to white alunitic clays.

Stratigraphical criteria suggest that these deposits have been formed by bioepigenetic replacement of Triassic gypsum masses, probably during the Pliocene, in two stages: a) bacterial reduction of gypsum, with hydrocarbons proceeding from Tortonian marls, and b) later oxidation of resulting H₂S by meteoric waters, penetrated into the overlying carbonate aquifer.

Key words: Sulfur, Alunite, Lower Triassic, Bioepigenetic deposits, Benahadux, Las Balsas de Gádor, Almería (Spain).

INTRODUCCION

El inicio de la minería de azufre en la comarca se remonta aproximadamente a 1874, año en el que se registraron las primeras concesiones en

(*) Geólogo Consultor, Almería.

(**) Servicio de Infraestructura Metalogenética y Minera del ITGE, Granada.

el paraje de Las Balsas de Gádor con los nombres de «La Familia» y «La Gracia» (GIL, 1883). Las explotaciones se multiplicaron en los años siguientes, alrededor del mencionado coto minero de Las Balsas.

A principios del siglo XX comienzan las labores mineras en el coto de Benahadux, en una pequeña

concesión denominada «El Trovador». Esta zona conoció pronto un auge importante de las explotaciones de alunita (MARIN, 1911), tomando más tarde importancia el azufre hacia los años 1920-1930 (VARGAS, 1919, y WILLIAMS, 1936). La producción de azufre estuvo ligada en gran medida al consumo local, con destino a los parrales de la provincia de Almería. En determinados años la demanda de los viticultores fue incluso superior a la producción de las minas (VARGAS, 1919).

La minería de azufre en la Sierra de Gádor quedó totalmente abandonada en 1952, habiéndose extraído alrededor de 400.000 Tm. en Benahadux y una cantidad algo mayor en Las Balsas.

La revisión del Mapa Metalogenético de España, realizada por el ITGE, y la reciente campaña de sondeos de MINELFA, S. A., han aportado nuevos datos geológico-mineros que justifican el nuevo interés por el establecimiento de las condiciones genéticas a la luz de los conocimientos actuales.

ESTRATIGRAFIA

Las mineralizaciones de azufre de Gádor y Benahadux se sitúan en el borde nororiental de la Sierra de Gádor (fig. 1) y encajan tanto en rocas preorogénicas pertenecientes al Complejo Alpujárride, como en sedimentos neógenos de la Depresión de Almería.

Alpujárride

Los materiales alpujárrides de la Sierra de Gádor se estructuran en dos grandes mantos de corrimiento superpuestos: Unidad de Gádor (inferior) y Unidad de Félix (superior), definidos por JACQUIN (1970), equivalentes respectivamente a las unidades de Lújar y Murtas de OROZCO (1972). Ambas unidades comprenden sucesiones litoestratigráficas similares, por lo que se describirán conjuntamente.

La serie (fig. 2) comienza con una formación permotriásica o triásica inferior de filitas azuladas y violáceas, a menudo alternantes con niveles decimétricos de cuarcitas micáceas. Hacia la parte alta puede contener lentejones de rocas car-

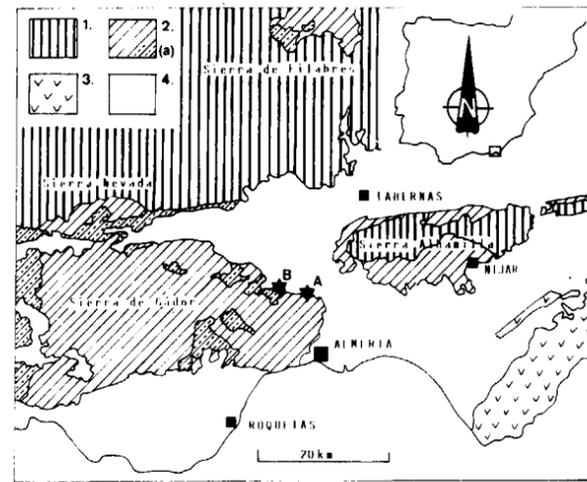


Figura 1.—Situación geológica de los yacimientos de azufre de Almería: A. Benahadux.—B. Las Balsas de Gádor. 1: Complejo Nevado-Filábride.—2: Complejo Alpujárride, Manto de Gádor y unidades equivalentes.—(a): Manto de Félix y unidades equivalentes.—3: Vulcanitas neógenas del cabo de Gata.—4: Sedimentos neógenos y cuaternarios.

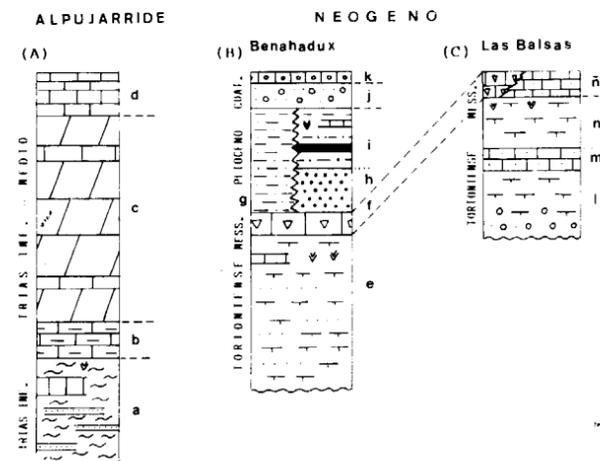


Figura 2.—Series estratigráficas del borde NE de la Sierra de Gádor. A) Serie alpujárride común a las unidades de Gádor y Félix: a) filitas y cuarcitas; b) calizas margosas y argilitas inferiores; c) dolomías masivas oscuras; d) calizas margosas superiores.—B) Neógeno de Benahadux: e) margas grises y negras arenosas; f) calizas arrecifales blancas; g) argilitas y limos arenosos; h) conglomerados y arenas cuarzosas; i) argilitas continentales con yesos y lignitos; j) conglomerados arenosos rojos; k) costras calcáreas.—C) Neógeno de Las Balsas de Gádor: 1) margas gris-negras arenosas y conglomeráticas en la base; m) calcarenitas bioclásticas; n) margas arenosas grises y amarillentas; ñ) calcarenitas bioclásticas y calizas arrecifales.

bonatadas amarillentas y, localmente, enclaves de yeso. Su potencia es débil y muy variable como consecuencia de las numerosas superficies de despegue que se producen en la base de los mantos; no obstante, llegan a alcanzar 200 m. en el Manto de Félix (IGME, 1977).

La parte más moderna de la serie en ambas unidades comprende una potente formación carbonatada de edad Triás Medio-Superior, poco o nada afectada por el metamorfismo alpino. Esta formación presenta un gran desarrollo vertical en el Manto de Gádor (más de 1.000 m. de potencia) que se ve incrementada debido a la tectónica de pliegues. Por el contrario, en la unidad de Félix no se supera nunca el centenar de metros, probablemente debido al adelgazamiento tectónico.

Los miembros en que se subdivide la formación carbonatada tienen desarrollo desigual en las distintas unidades alpujárrides. En la Unidad de Gádor se distinguen clásicamente tres miembros (JACQUIN, 1970, y OROZCO, 1972) que de muro a techo son los siguientes (fig. 2):

1. «Calizas y dolomías inferiores»: calizas tableadas margosas de probable edad Anisiense, alternantes con argilitas y eventuales intercalaciones de filitas; hacia la parte alta son menos arcillosas y alternan con bancos de dolomías.
2. «Dolomías y calizas intermedias»: dolomías masivas gris-oscuras, en bancos de espesor métrico, con escasas intercalaciones de niveles calizos y argilíticos. Son frecuentes los horizontes de brechas intraformacionales, cherts y, especialmente, hacia techo, los niveles de ritmitas de cristalización diagenética (DCR's), llamadas tradicionalmente «franciscanas», a las que se asocian mineralizaciones estratoligadas de F-Pb-Zn. Este miembro es el más potente de los tres y el que aflora con mayor extensión. Se le atribuye edad Anisiense Superior-Ladiniense.
3. «Calizas y dolomías superiores»: Calizas en bancos de espesor decimétrico con niveles margosos y argilíticos alternantes y escasos bancos de dolomías; su edad se estima Ladiense-Carniense.

En el sector NE de la Sierra de Gádor, según JACQUIN (1970) e IGME (1977), la Unidad de

Félix cabalda a la Unidad de Gádor, constituyendo pequeñas escamas aisladas cuyas superficies de cabalgamiento buzan hacia el Norte y se hunden bajo la depresión neógena. De acuerdo con la cartografía de estos mismos autores, los depósitos de azufre se hallan en escamas pertenecientes a la Unidad de Félix. Este hecho no ha sido verificado suficientemente, puesto que no se han establecido criterios convincentes para distinguir entre las series de Gádor y Félix; por tal motivo, no se distinguen cartográficamente (fig. 3).

De los dos yacimientos estudiados, únicamente en el de Las Balsas de Gádor pueden observarse rocas alpujárrides aflorantes, en tanto que en Benahadux éstas se encuentran completamente cubiertas por depósitos postorogénicos. JACQUIN (1970) describe la serie alpujárride de Las Balsas y esboza la geometría de los materiales en las inmediaciones de las minas. Este autor distingue una formación inferior de filitas azuladas, rosadas o violáceas, acompañadas de cuarcitas rosadas y areniscas cuarzosas ferruginosas, con intercalaciones lenticulares de yesos en los últimos 10 m. antes del paso a la formación carbonatada. Esta se inicia con un pequeño episodio de argilitas y margas (1), que pasan rápidamente a dolomías negras con facies «franciscanas», a menudo fértidas y piritosas (2); a techo de la formación carbonatada aparecen calizas grises con gasterópodos (3). Estos tres conjuntos litológicos, que no superan juntos los 100 m. de espesor, son correlacionados por JACQUIN (1970), en base a sus características litológicas, con los tres miembros antes descritos (fig. 2), en que clásicamente se subdivide la Unidad de Gádor. Aunque no se puedan determinar con precisión las edades de los materiales, parecen razonables estas equivalencias.

Los materiales alpujárrides del yacimiento de Benahadux son conocidos únicamente a partir de las descripciones de WILLIAMS (1936) y de la reciente campaña de sondeos de MINELFA, S. A. (fig. 4). No se dispone de criterios que permitan asignarlos a la Unidad de Félix. No obstante, la formación basal de filitas y cuarcitas presenta grandes similitudes con la que aparece en Gádor.

Los materiales más profundos reconocidos son filitas grises, azuladas o blanquecinas, general-

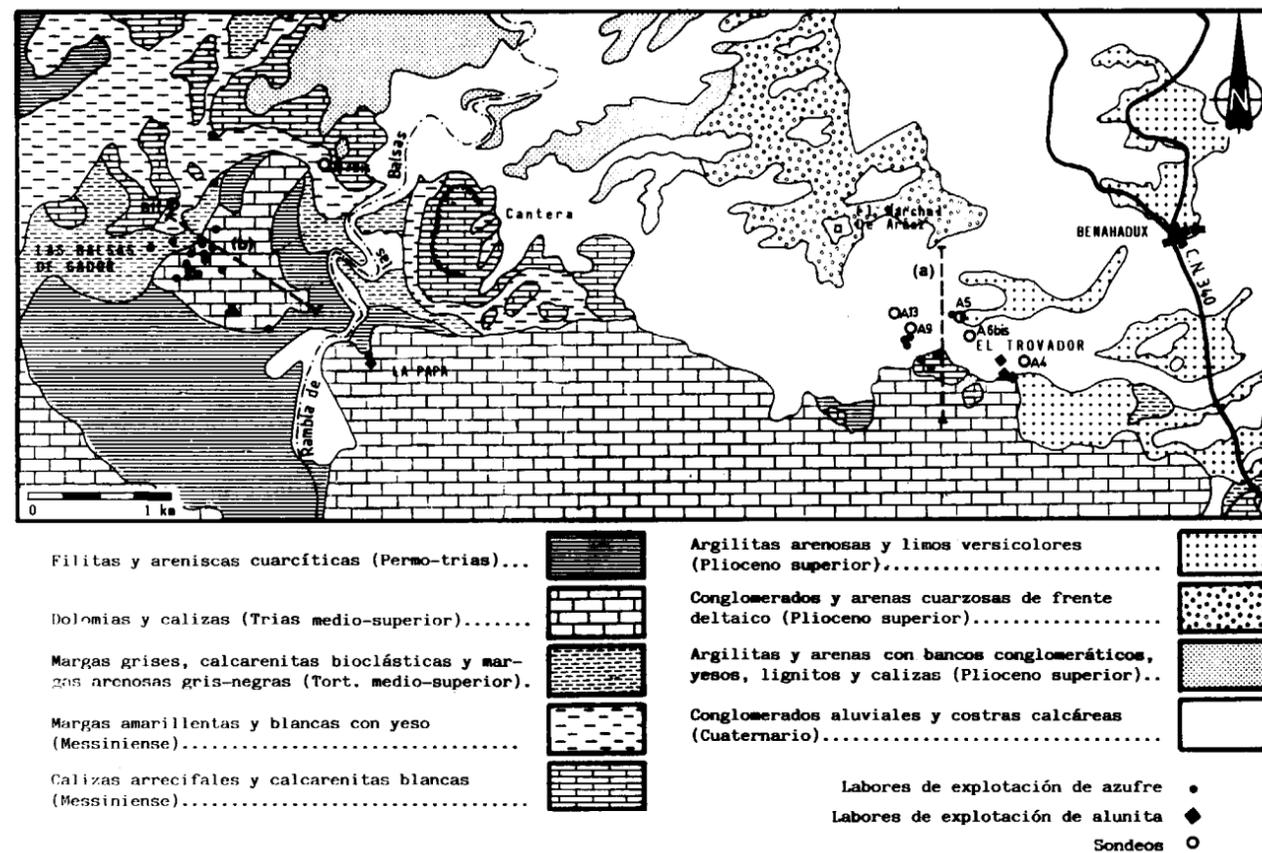


Figura 3.—Mapa geológico del borde NE de la Sierra de Gádor (modificado de IGME, 1977), con la situación de las antiguas explotaciones de azufre y alunita y de los sondeos de la figura 5. En las líneas de trazos se señala la situación aproximada de los cortes de la figura 4: a) Benahadux; b) Las Balsas de Gádor.

mente alteradas y con cierto contenido en alunita, que en ocasiones forma niveles masivos. Es frecuente la aparición de areniscas cuarzosas grises, piritosas y, próximas al tránsito con la formación carbonatada, de intercalaciones de bancos dolomíticos. Por encima, y con un espesor máximo en sondeo de 90 m., se encuentran dolomías grises y negras fuertemente silicificadas en la base y con eventuales diseminaciones de pirita.

Neógeno

Los materiales neógenos de la Depresión de Almería pertenecen al conjunto de rellenos de depresiones tectónicas (fig. 1), generadas con posterioridad a la tectónica de mantos de la Cadena

Bética. La Depresión de Almería, continuada hacia el O por el Corredor del Andarax, se configuró inicialmente durante el Serravalliense (SANZ DE GALDEANO et al., 1985; RODRIGUEZ-FERNANDEZ y SANZ DE GALDEANO, 1988) mediante un sistema principal de fracturas transcurrentes de dirección N 70-90 E. Participan también otros dos sistemas de fracturas, ligeramente posteriores, de dirección NO-SE y NNE-SSO, con cierto componente de salto en dirección. Todos estos sistemas prolongan su actividad hasta el Cuaternario, con un probable máximo de actividad durante el Tortoniense coincidente con la acumulación de mayores espesores de sedimentos marinos. Las cuencas neógenas próximas (Níjar, Tabernas y Sorbas) se explican con modelos tectónicos similares (OTT d'ESTEVOU et al.,

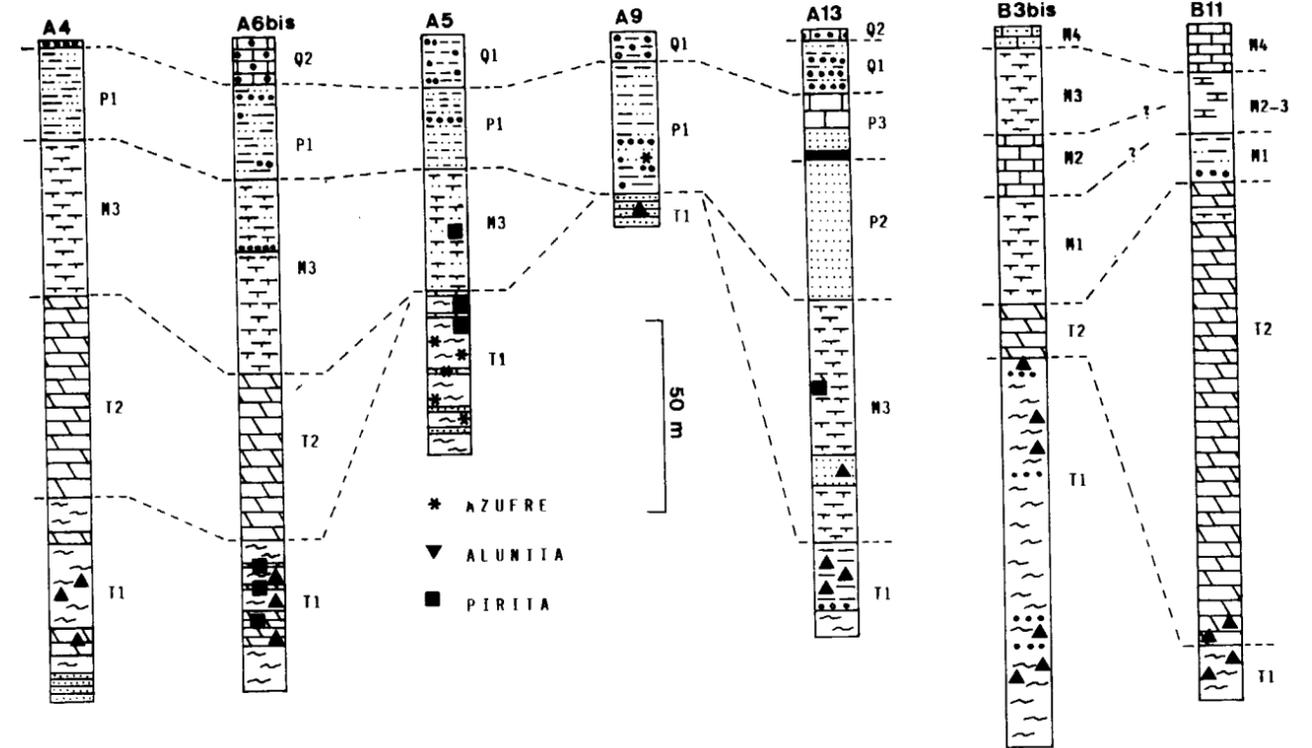


Figura 4.—Columnas de sondeos más características en los alrededores de los yacimientos de Benahadux (A4, A6bis, A5, A9 y A13) y Las Balsas de Gádor (B3bis y B11). Ver situación en figura 3. Datos cedidos por MINELFA, S. A., en 1988. T1: filitas del Triás Inferior con intercalaciones de dolomías y areniscas, y episodios brechoides; eventualmente alteradas con alunita masiva. T2: dolomías del Triás Medio-Superior. M1: margas o argilitas grises, arenosas, con un posible conglomerado basal; Tortoniense Medio. M2: calcarenitas o margocalizas arenosas del Tortoniense Medio. M3: margas y margas arenosas con eventuales niveles conglomeráticos del Tortoniense Superior. M4: Calcarenitas y calizas arrecifales del Messiniense. P1: limos arenosos con conglomerados y gravas del Plioceno Superior. P2: arenas y gravas cuarzosas del Plioceno Superior. P3: argilitas con lignitos, arenas y calizas lacustres del Plioceno Superior. Q1: conglomerados con arcillas rojas del Cuaternario. Q2: costras calcáreas conglomeráticas cuaternarias.

1988). En consecuencia, los materiales neógenos de estas cuencas se caracterizan por rápidos cambios laterales de facies, fuertes variaciones de potencia y numerosas discordancias internas relacionadas con la morfología irregular de fondos y la tectónica activa durante el depósito.

Las series neógenas del borde NE de la Sierra de Gádor presentan gran variabilidad, especialmente manifiesta en los materiales tortonienses (fig. 2). De una parte, en Benahadux aparecen facies de cuenca, poco potentes en comparación con el centro de la Depresión de Almería; de otra parte, en la zona de Las Balsas de Gádor aparecen facies de plataforma similares a las de otras localidades al S y SE de la Sierra, que corresponden a un medio de borde de cuenca.

Neógeno de Las Balsas

En la zona de Las Balsas de Gádor (fig. 2) la serie se inicia con un paquete de margas grises o negras, generalmente no aflorantes, de probable edad Tortoniense Medio, con abundantes niveles arenosos y conglomeráticos hacia la base. Sobre estas margas, que llegan a alcanzar 70-80 m. de potencia, aparece un tramo de calcarenitas con 10-20 m. de espesor, que se encuentran recubriendo directamente el Alpujarride en las proximidades de las minas (fig. 5B); son calcarenitas bioclásticas y biomicritas arenosas, con abundantes algas rojas e intercalaciones conglomeráticas de cantos alpujarrides; presentan características semejantes a la Formación Vicar (ADDICOTT et al., 1979), aflorante al S de la Sierra de Gádor, y a la Formación Azagador

de la Depresión de Sorbas (VOLK, 1966), cuya edad se estima Tortonense Medio. La serie continúa con una delgada formación de margas grises arenosas de probable edad Tortonense Superior, que pasan insensiblemente a margas amarillentas con intercalaciones calcareníticas y bancos de yeso fibroso, pertenecientes al Messiniense Inferior; este tramo margoso es equivalente a la Formación Abad (VOLK, 1966). La serie está coronada por calcarenitas bioclásticas y calizas arrecifales blancas de edad Messiniense, equivalentes a la Formación Cantera (VOLK, 1966).

Neógeno de Benahadux

En Benahadux, la serie comienza (fig. 2) con una formación margosa de carácter transgresivo, de edad Tortonense Superior. Esta formación alcanza gran continuidad lateral, hallándose presente en la mayor parte de la Depresión de Almería, y un notable desarrollo vertical, llegando a superar 500 m. de potencia en la Depresión de Sorbas (Formación Abad de VOLK, 1966), mientras que en el sector de Benahadux presenta espesores máximos de alrededor de 100 m. Consiste en margas grises azuladas, y eventualmente negras (debido a un contenido elevado en materia orgánica) con intercalaciones arenosas y conglomeráticas de carácter turbidítico y grandes estructuras de «slumping» que disminuyen en intensidad hacia techo. Dichas facies indican depósito en condiciones de inestabilidad tectónica y subsidencia fuertes.

La serie continúa con el depósito de margas durante el Messiniense en condiciones de relativa estabilidad tectónica, aunque en áreas próximas (Depresión de Sorbas (el paso al Messiniense se efectúa mediante una fuerte discordancia (WEIJERMARS et al., 1985). Las margas messinienses se distinguen —con dificultad— de las infrayacentes por sus coloraciones blanco-amarillentas y abundante fauna. Pueden aparecer también cristales aislados o pequeños niveles de yeso fibroso (JACQUIN, 1970). A techo de estas margas aparecen construcciones arrecifales de porites (y eventualmenete de tarbellastrea) que evolucionan lateralmente a calcarenitas biostrómicadas (DABRIO y MARTIN, 1977) con abundante fauna (algas rojas, lamelibranquios, equinidos, gasterópodos, serpúlidos, halimedas, etc.). Son equivalentes

a la Formación Cantera (VOLK, 1966), de edad Messiniense.

El Plioceno Inferior y Medio transgresivo no llega a alcanzar el borde de cuenca en la zona de los yacimientos de azufre, quedándose al SE del yacimiento de Benahadux, mientras que el Plioceno Superior regresivo se instala aquí mediante un potente aparato deltaico, constituido por conglomerados bien clasificados de cantos cuarzosos y arenas con megaestratificación cruzada y taludes dirigidos hacia el Este, correspondientes a facies de talud deltaico. Estos conglomerados pasan lateralmente hacia el E a argilitas y limos muy arenosos, predominantes en el sector de Benahadux. Sobre la formación conglomerática se depositan niveles horizontales de argilitas con arenas y conglomerados canalizados, niveles de yeso selenítico, lignitos y calizas lacustres (fig. 4), correspondientes a facies de llanura deltaica que, hacia el O, evolucionan a facies fluviales compuestas por arcillas rojas, limos e intercalaciones conglomeráticas.

El Cuaternario está representado por conglomerados heterométricos poco cementados, con cantos angulosos y matriz arcilloso-arenosa rojiza, que pasan hacia techo a costras calcáreas. Corresponden a formaciones de abanicos aluviales y glacia procedentes de la Sierra de Gádor, con espesor y continuidad muy irregulares.

DESCRIPCION DE LA MINERALIZACION

Los depósitos de azufre encajan en materiales de muy diverso rango de edad. Principalmente lo hacen en las filitas del Trías Inferior alpujárride, en o cerca de la base de la formación carbonatada (figs. 4 y 5). Aquí, el azufre aparece fundamentalmente en forma de capas o bolsadas de espesor métrico, con leyes medias del 40 por 100, actualmente inaccesibles y tan sólo conocidas por la bibliografía antigua (VARGAS, 1919; WILLIAMS, 1936; GIL, 1883).

Si bien esta relación con la roca encajante es clara en la zona de Las Balsas de Gádor, es más difícil de distinguir en el caso de Benahadux. Esto es debido a que la formación filítica no va siempre seguida a techo por dolomías alpujárrides, sino que frecuentemente está cubierta por margas tortonienses. Tanto las filitas alpujárrides

des como las margas tortonienses están fuertemente alteradas por soluciones ácidas y contienen abundante alunita, lo que las hace a menu-

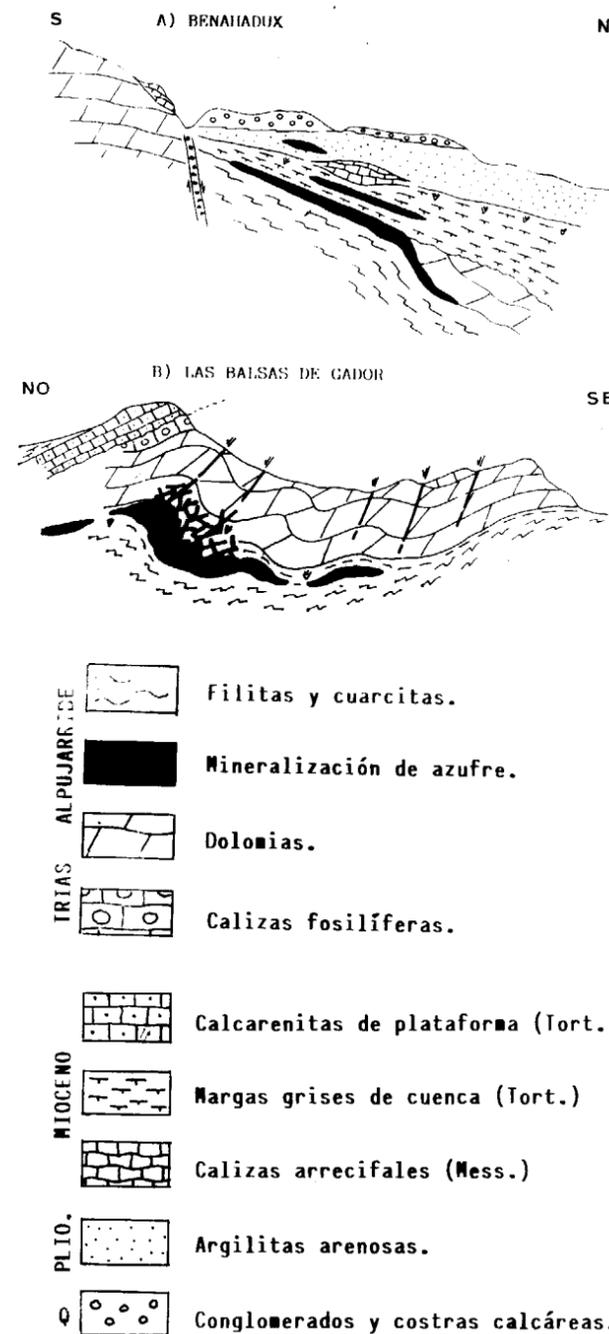


Figura 5.—Cortes Interpretativos de los yacimientos de Benahadux (A) y Las Balsas de Gádor (B) basados en las descripciones de WILLIAMS (1936) y en observaciones de campo.

do indistinguibles. Además, las margas tortonienses contienen una elevada proporción de filossilicatos de grano fino heredados de las filitas alpujárrides. Puede asegurarse incluso la presencia de azufre en las margas tortonienses (fig. 4).

De forma minoritaria, aunque con cierta importancia en Las Balsas, aparecen venas centimétricas de azufre en los niveles inferiores de las dolomías alpujárrides, generalmente acompañado de yeso y calcita.

En la zona de Benahadux puede encontrarse también azufre como cemento de las gravas cuarzosas pliocenas, en donde alcanza una potencia de hasta 15 m. con ley del 30 por 100 que permitió su explotación en determinados momentos, aunque al parecer se restringe a un depósito muy aislado y de pequeño desarrollo lateral (fig. 4).

Por último, ha sido citado (WILLIAMS, 1936) azufre como relleno de cavidades en calizas arrecifales messinienses.

La asociación mineral es relativamente simple: junto al azufre pueden aparecer alunita-natroalunita, yeso, pirita, calcita, jarosita y marcasita. Los dos últimos aparecen excepcionalmente mientras que alunita, yeso y pirita son bastante frecuentes.

Además de las especies citadas, es relativamente frecuente la aparición de sulfatos solubles de Ca, Mg, Fe, Na y K. También ha sido citada (DUPUY DE LOME y MAQUEIRA DE BORBON, 1918; WILLIAMS, 1936) la asociación de magnesita con alunita, azufre y oxihidróxidos de Fe en la Mina La Papa (fig. 3), en una posición estratigráfica equivalente a la de los principales depósitos de azufre.

Yacimiento de Benahadux

El azufre se encuentra asociado fundamentalmente a arcillas negras o grises con cierto contenido en materia orgánica y sulfatos. Puede presentar color amarillo verdoso, con cristales de 0,5-2 mm., o bien color negro resinoso debido a la presencia de materia orgánica intersticial. Es bastante frecuente la textura bandeada en la que alternan láminas milimétricas amarillas y negras.

Las arcillas negras a las que se asocia el azu-

fre contienen pequeñas cantidades de pirita disseminada y, eventualmente, de marcasita. La alunita está casi siempre presente en forma de nódulos o capas con gran continuidad lateral que pueden alcanzar espesor métrico. Se trata de un término intermedio de la serie alunita-natroalunita, más próximo al segundo.

Según WILLIAMS (1936), existen dos horizontes subhorizontales (fig. 5A) de arcillas negras ricas en azufre (con un contenido medio similar del 40 por 100), de los cuales el inferior es el más continuo y potente, con espesor medio de 2 a 3 m., y máximo de 7 m. En contacto con dichos horizontes, tanto a muro como a techo, se encuentran normalmente arcillas grises ricas en alunita y pirita, y pobres en azufre, el cual aparece sólo en forma de pequeños nódulos y venas milimétricas. A techo del horizonte superior suele aparecer una capa de limonita («ocres»), con pequeñas cantidades de alunita y yeso, que ha llegado a ser objeto de explotación.

Los horizontes ricos en azufre son casi contiguos al Oeste, mientras que hacia el Este son divergentes. En la parte más oriental del yacimiento ambos horizontes quedan separados por una masa no aflorante de dolomías alpujárrides, por lo que podría suponerse que el horizonte inferior encaja en filitas alpujárrides, mientras que el superior lo hace en margas tortonienses (figura 5a).

El depósito de azufre en gravas pliocenas del extremo Oeste de las explotaciones de Benahadux es igualmente inaccesible. No obstante, los datos geológicos sugieren que constituye una tercera capa por encima de los dos horizontes principales (fig. 5A). El azufre, con pequeñas cantidades de yeso y pirita, se encuentra cementando las gravas cuarzosas, siendo sustituido en su parte alta por yeso, el cual llega a formar un depósito masivo según WILLIAMS (1936).

Yacimiento de Las Balsas de Gádor

La mayor parte de este yacimiento presenta características petrológicas similares a las descritas sobre Benahadux, si bien en lugar de dos horizontes existe tan sólo uno (fig. 5B), mucho más potente, pues llega a alcanzar 30 m. (PIERRON y SALINI, 1966), con una ley similar a la de Benahadux, del 40 por 100 aproximadamente.

La mineralización estratiforme encaja en filitas alpujárrides a pocos metros de la base de la formación carbonatada. En la base del horizonte mineralizado las filitas se encuentran fuertemente alteradas y contienen abundante alunita. El horizonte mineralizado consiste en arcillas negras piritosas, con masas nodulares y «listadas» de azufre y cierta cantidad de materia orgánica, alunita y sulfuros. Los sulfuros se encuentran finamente disseminados o concentrados en pequeñas venas, pudiendo alcanzar proporciones de hasta el 20 por 100. En las partes más profundas del yacimiento el sulfuro más frecuente es la marcasita, que hacia arriba es sustituido progresivamente por pirita. A techo de la mineralización aparece eventualmente una capa de limonita («ocres») semejante a la de Benahadux.

Por otro lado, una buena parte de la mineralización encaja en dolomías triásicas como relleno de fracturas y juntas de estratificación. El azufre se encuentra aquí intercrecido con yeso y en ocasiones con calcita, y suele ir acompañado de pirita. Aunque este tipo de mineralización no es exclusivo de Las Balsas, es en este lugar donde se da con mayor abundancia y donde ha sido beneficiado.

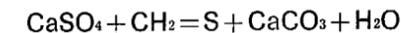
DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los estudios realizados con anterioridad sobre los yacimientos de azufre de Almería han propuesto la procedencia hidrotermal subvolcánica de las soluciones mineralizantes (WILLIAMS, 1936; BOLZE y DE LA CHAPPELLE, 1988, etc.). Tal interpretación se apoya en la existencia de varias etapas de vulcanismo durante el Mioceno Superior en la región del Cabo de Gata, a unos 40 Km. al ESE de los yacimientos. Este vulcanismo tiene también manifestaciones al sur de Sierra de Gádor.

De acuerdo con los datos de que disponemos, las características de estos yacimientos responden mucho mejor a un modelo bioepigenético (DAVIS y KIRKLAND, 1979). Según este modelo, el azufre resulta del reemplazamiento de masas de yeso o anhídrita al entrar en contacto con hidrocarburos. El proceso es bien conocido y comprende dos fases: la primera consiste en la oxidación de los hidrocarburos por bacterias anaerobias

del tipo *Desulfovibrio desulfuricans*, generándose la energía necesaria para reducir los aniones SO_4^{2-} y produciéndose CO_2 , H_2S y Ca^{2+} (THODE et al., 1954; IVANOV, 1968; FEELY y KULP, 1957); la segunda fase consiste en la oxidación del H_2S , que puede migrar hasta encontrar un medio oxidante, o bien permanecer y precipitar azufre en los poros de disolución del yeso. La oxidación del H_2S y el consecuente depósito de azufre elemental se puede producir por diversos mecanismos: (1) oxidación por bacterias aerobias del tipo *Thiobacillus thioparus* (IVANOV, 1968); (2) oxidación por iones SO_4^{2-} en medios anaerobios (FEELY y KULP, 1957).

Otro producto resultante además del azufre nativo es la calcita secundaria, que suele reemplazar las masas de yeso o anhídrita, dando texturas coloidales y porosas. Los anteriores procesos pueden resumirse con la siguiente ecuación:



El modelo anterior ha servido para explicar durante los últimos treinta años la génesis de numerosos yacimientos. Los depósitos bioepigenéticos proporcionan, según datos de 1977 (RUCKMICK et al., 1979) casi el 99 por 100 de la producción mundial de azufre, diferenciándose dos tipos principales: depósitos estratilogados y depósitos en diapiros salinos («Cap Rock»), de los cuales los primeros son mucho más numerosos y están más extendidos geográficamente.

Los yacimientos de azufre de Benahadux y Las Balsas tienen ciertas similitudes con los yacimientos estratilogados bioepigenéticos conocidos, entre las que destacamos su morfología, su asociación a evaporitas y la presencia de hidrocarburos en la mineralización.

A diferencia de otros yacimientos del SE español (Lorca, Abarán, Hellín, etc.) y de los principales yacimientos estratiformes de Europa y de Asia, los cuales se forman a expensas de evaporitas miocenas, éstos están relacionados con evaporitas triásicas. Otras particularidades de los yacimientos de Almería son la elevada ley y la presencia de grandes cantidades de alunita.

La principal prueba en contra del origen hidrotermal subvolcánico se fundamenta en que la mayor parte de la mineralización adopta morfología estratiforme, en o cerca de la base de la formación carbonatada alpujárride. Los depósitos

volcánicos consisten generalmente en impregnaciones, reemplazamientos irregulares y rellenos de fracturas en rocas alteradas. BOLZE y DE LA CHAPPELLE (1988) consideran al yacimiento de Las Balsas un «stockwork» encajado en rocas carbonatadas triásicas. No obstante, las descripciones contemporáneas con la época de actividad minera (WILLIAMS, 1936) asignan un papel principal como fuente productiva de azufre a las masas estratiformes (horizontes productivos), que además no están emplazadas en rocas carbonatadas.

Las características del principal horizonte productivo y de las rocas en las que encaja (las filitas del Trías Inferior) no sugieren un origen relacionado con soluciones ascendentes. Por el contrario, la permeabilidad y reactividad de los materiales mineralizados es menor que la de las rocas de su entorno. Si suponemos que las soluciones mineralizantes son de procedencia subvolcánica, los depósitos de azufre deberían haberse alojado preferentemente en la formación carbonatada suprayacente.

De otra parte, la presencia de abundante yeso rellenando fracturas en las filitas alpujárrides del sector de Las Balsas, sugiere la preexistencia de una importante masa de yeso estratiforme en esta formación. Esta presencia es bien conocida en el Trías Inferior de numerosas series alpujárrides, más concretamente en puntos cercanos de las series de Gádor y Félix (JACQUIN, 1970).

La comparación de estos yacimientos con los principales depósitos bioepigenéticos descritos en la literatura presenta una dificultad importante: la ausencia generalizada de calcita secundaria en Benahadux y Las Balsas, que en los grandes yacimientos del Golfo de Méjico y Texas aparece en una proporción media de 4 a 1 sobre el azufre elemental (DAVIS y KIRKLAND, 1979). En los yacimientos de Almería, la calcita secundaria se restringe a pequeños cristales intercrecidos con azufre y yeso en venas centimétricas. Una posible explicación para la ausencia de calcita es su disolución por soluciones ácidas tardías, con un alto contenido en SO_3H_2 . Este argumento coincide con la existencia, bien conocida, de aguas freáticas fuertemente ácidas en las proximidades de las minas (Manantial de La Familia, según GIL, 1883); aguas ácidas que serían también responsables de la intensa alunitización de filitas alpujárrides y margas tortonienses.

Las sustancias bituminosas que aparecen íntimamente mezcladas con la mineralización de azufre pueden interpretarse como residuo de los hidrocarburos que intervinieron en la reducción de yesos triásicos. Aunque resulta difícil explicar su procedencia, puede suponerse que han migrado desde sedimentos neógenos cercanos. Nos llama la atención el contenido moderado en materia orgánica de las margas grises tortonien-ses, que en algunos puntos alcanzan un color muy oscuro. Por otra parte estas margas se encuentran muy próximas a los yacimientos, ya que aparecen cubriendo casi totalmente el yacimiento de Benahadux (fig. 5A) y han cubierto probablemente el yacimiento de Las Balsas en época reciente. Las masas carbonatadas triásicas, muy permeables, situadas inmediatamente a techo de las masas de yeso y cubiertas durante el Tortoniense por margas impermeables, han podido constituir pequeñas trampas de hidrocarburos.

La continentalización a partir del Plioceno pudo permitir la entrada de aguas meteóricas oxigenadas en las dolomías triásicas y la transformación de sulfuro de hidrógeno en azufre elemental. Este hecho se demuestra por la existencia de azufre intersticial en gravas del Plioceno Superior. Las oscilaciones estacionales en el nivel de estos pequeños acuíferos carbonatados producirían cambios en el balance de la reacción y, por tanto, en la disponibilidad de H₂S y O₂. Piritita y marcasita se pueden producir en condiciones anóxicas, en tanto que en condiciones oxidantes se generarían azufre o alunita y jarosita.

Las evidencias a favor y en contra del origen biogénico pueden resumirse en los siguientes puntos:

Argumentos a favor: (1) La mineralización principal es estratiforme, en coincidencia con numerosos yacimientos clasificados como bioepigenéticos estratoligados (RUCKMICK et al., 1979). (2) El horizonte principal de mineralización reemplaza a un nivel estratigráfico de yesos alpujarrides. (3) Asociados con el azufre nativo, aparecen frecuentemente yeso, sustancias bituminosas y eventualmente calcita secundaria.

Argumentos en contra: (1) El área donde se encuentran los yacimientos de azufre coincide con una importante zona de fracturas del borde N de la Sierra de Gádor, que han podido constituir vías de ascenso para soluciones con H₂S de

posible origen subvolcánico. (2) En áreas próximas se ha desarrollado una intensa actividad volcánica neógena, de la cual los yacimientos de azufre pueden ser manifestaciones tardías. (3) Las texturas y la asociación mineral no son típicas de yacimientos bioepigenéticos y, en especial, la ausencia de calcita secundaria contrasta con dichos modelos genéticos. (4) No se conocen masas de hidrocarburos en el entorno geológico de los yacimientos; los contenidos en materia orgánica de las formaciones margosas terciarias son relativamente bajos.

En nuestra opinión, y a la espera de futuros estudios de isótopos estables, los argumentos a favor del modelo bioepigenético nos parecen más consistentes que los que apuntan hacia procesos hidrotermales relacionados con fenómenos subvolcánicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Recursos Minerales y al Servicio de Infraestructura Metalogénica y Minera del ITGE la autorización para publicar este trabajo, y a H. Capdecome (MINELFA, S. A.) el acceso a los resultados de su investigación.

REFERENCIAS

- ADDICOTT, W. O.; SNAVELY, P. D.; POORE, R. Z., y BUKRY, D. (1979): *La secuencia neógena marina de los Campos de Dalías y de Níjar (Almería)*. Est. Geol., 35, 609-631.
- BOLZE, J., y DE LA CHAPPELLE, G. (1988): *Mineralizations en soufre de l'Andarax (Permis Minier de Gador)*. *Geologie et potentiel. Province d'Almerie, Espagne*. Doc. Int. núm. 57, IGAL, Paris.
- DABRIO, C. J., y MARTIN, J. M. (1977): *Los arrecifes mesinienses de Almería (SE de España)*. Cuad. Geol. Univ. Granada, 8, 84-100.
- DAVIS, J. B., y KIRKLAND, J. B. (1979): *Bioepigenetic sulfur deposits*. Econ. Geol., 74, 462-468.
- DUPUY DE LOME, E., y MAQUEIRA DE BORBON, C. F. (1918): *Los yacimientos de carbonato de magnesia en España*. Bol. Inst. Geol. Min. de España, t. 39, 253-295.
- FEELY, H. W., y KULP, J. L. (1957): *Origin of Gulf Coast salt dome sulfur deposits*. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 41, 1802-1853.
- GIL, L. (1883): *Los azúfres de las Balsas de Gádor en la provincia de Almería*. Exposición de Minería de Madrid de 1883.
- IGME (1977): *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000. Hojas núms. 1.044 y 1.045*. Serv. Pub. Ministerio de Industria y Energía.
- IVANOV, M. V. (1968): *Microbiological processes in the genesis of native sulfur deposits. Israel Program for Scientific Translations*, Cat. núm. 1850, U.S. Dept. Commerce, 298 pp.
- JACQUIN, J. P. (1970): *Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor*. Thèse Univ. Nantes, 501 pp.
- MARIN, A. (1911): *Las minas de calafatita de Benahadux (Almería)*. Bol. Com. Mapa Geol. de España, t. 12, 223-241.
- OROZCO, M. (1972): *Los Alpujarrides en la Sierra de Gádor Occidental*. Tesis Univ. Granada, 379 pp.
- OTT D'ESTEVOU, P.; MONTENANT, C., y LAROUZIERE, F. D. (1988): *Cuencas sedimentarias neógenas en régimen transcurrente en la zona bética oriental*. II Cong. Geol. de España, Simposios, 163-172.
- PIERRON, J. M., y SALINI, H. (1966): *Les mines de soufre de Benahadux-Gador (Prov. d'Almería)*. *Mission de levés géologiques*. Rapport SNEA (P), núm. 66/1278, Pau.
- RODRIGUEZ FERNANDEZ, J., y SANZ DE GALDEANO, C. (1988): *El corredor de las Alpujarras: Un área de sedimentación con movimiento transcurrente*. *Arquitectura estratigráfica y evolución geodinámica*. II Cong. Geol. de España. Simposios, 153-162.
- RUCKMICK, J. C.; WIMBERLY, B. H., y EDWARDS, A. F. (1979): *Classification and genesis of biogenic sulfur deposits*. Econ. Geol., 74, 469-474.
- SANZ DE GALDEANO, C.; RODRIGUEZ FERNANDEZ, J., y LOPEZ GARRIDO, A. C. (1985): *A strike-slip fault corridor within the Alpujarra Mountains (Betic Cordilleras, Spain)*. Geol. Rundsch., 74, 641-655.
- THODE, H. G.; WANLESS, R. K., y WALLOUGH, R. (1954): *The origin of native sulfur deposits from isotope fractionation studies*. Geochim. Cosmochim. Acta, 5, 286-298.
- VARGAS, E. (1919): *Estudio sobre los criaderos de azufre de Sierra de Gádor*. Bol. Of. Min. y Met., año 3, núm. 28, 19-41.
- VOLK, H. R. (1966): *Zur Geologie und Stratigraphie des Neogenbeckens von Vera, Südost-Spanien*. Tesis Amsterdam, 160 pp.
- WEIJERMARS, R.; ROEP, Th. B.; VAN DEN EECKHOUT, B.; POSTMA, G., y KLEVERLAAN, K. (1985): *Uplift history of a betic fold nappe inferred from neogene-quaternary sedimentation and tectonics (in the Sierra Alhamilla and Almería, Sorbas and Tabernas Basins of the Betic Cordilleras, SE Spain)*. Geol. en Mijnbouw, 64, 397-411.
- WILLIAMS, D. (1936): *Sulphur deposits of the Sierra de Gádor, Province of Almería, Spain*. Meeting of the Institution of Mining and Metallurgy, London, 29 pp.

Original recibido: Noviembre de 1989.
Original aprobado: Enero de 1990.

GEOESTADISTICA

Aplicación de algunas técnicas estadísticas al estudio de la distribución de los elementos del grupo de las tierras raras en el macizo granítico de Lugo.

Por A. LOPEZ BENITO (1) y B. CALVO PEREZ (2)

RESUMEN

En la presente comunicación se aportan datos sobre los contenidos en elementos lantánidos en las tres facies graníticas diferenciadas geológica y petrográficamente en el macizo de Lugo. Se hace un tratamiento estadístico de los datos analíticos mediante dos tipos de análisis *cluster* (de individuos y de las k-medias) y dos tipos de análisis de *correlaciones* (lineal y de Spearman). Como resultado se ratifican las diferencias entre las tres facies, se comprueba la validez del método propuesto y se extraen algunas conclusiones acerca de los posibles minerales responsables de la concentración de las tierras raras.

Palabras clave: Geoquímica, Estadística, Granitoides, Tierras raras, Lugo, España.

ABSTRACT

Some data are given about the rare earth elements content in the Lugo granitic intrusive, which is composed by three petrographically similar granites, although some differences in textures and contacts can be seen. A statistical treatment is applied to the available data. Two types of cluster analysis (cases and k-means), and two types of correlation analysis (linear and Spearman) are performed. As a result, the proposed classification of the granites is proved and the method is somewhat validated.

Key words: Geochemistry, Statistics, Granitoids, Rare Earth Elements, Lugo, Spain.

1. INTRODUCCION

La familia de las tierras raras o lantánidos comprende los elementos lantano, cerio, praseodimio, neodimio, promecio, samario, europio, gadolinio, terbio, dysprosio, holmio, erbio, tulio, yterbio y lutecio, que forman el grupo IIIA de los elementos de transición de la sexta serie de la clasificación periódica de los elementos. Sus números atómicos van desde el 57 al 71, mientras que sus radios iónicos lo hacen de forma casi continua desde 1.032 Å para el lantano hasta 0.861 Å para el lutecio (SHANNSON, 1976). Este hecho, es decir, la disminución de su radio iónico a medida que aumenta su número atómico es un

efecto muy característico que se conoce bajo el nombre de «*contracción lantánida*».

Todas ellas presentan generalmente el estado de oxidación 3+, aunque es posible encontrar en la naturaleza Ce³⁺ y Eu²⁺; esto, unido a la similitud de sus radios iónicos, les confiere un comportamiento geoquímico muy parecido.

Se suelen clasificar en función de su número atómico en tierras raras ligeras (La al Sm) y tierras raras pesadas (Gd al Lu). El gran radio iónico de las tierras raras ligeras hace que éstas sean excluidas de los minerales que habitualmente forman las rocas en los procesos magmáticos y den lugar a minerales propios como monacita y allanita. Por su parte, las tierras raras pesadas son más compatibles con algunos minerales constituyentes de las rocas ígneas tales como plagioclasa y circón. Ello da lugar a lo que MOELLER (1972) denomina «*gadolinium break*», es decir, un fraccionamiento entre tierras raras ligeras y tierras raras pesadas, siendo el gadolinio el elemento frontera entre ambos tipos.

A lo largo de los fenómenos magmáticos el líquido se enriquece en tierras raras, en particular en las ligeras, como ya se ha visto, salvo en europio, que se reduce con facilidad a Eu²⁺ y puede sustituir a elementos como el estroncio o el calcio, sobre todo en las plagioclasas.

La abundancia de los diferentes lantánidos en la Naturaleza obedece a la regla de Oddo-Harkin, que predice una mayor abundancia en la corteza terrestre de los elementos con número atómico par que de los elementos con número atómico impar. Además, a medida que aumenta su número atómico, la cantidad de tierras raras disminuye rápidamente.

En la mayoría de los estudios sobre tierras raras se suelen normalizar sus contenidos con el de los meteoritos condriticos o condritos, construyéndose los diagramas de normalización al condrito, en los cuales se representa en el eje de abscisas el número atómico y en el de ordenadas el logaritmo de la relación entre el contenido en tierras raras de la roca estudiada y el contenido en tierras raras de los condritos. La utilización de estos meteoritos se basa en la asunción de que representan la distribución inicial de las tierras raras en el Universo y tiene como ventajas por un lado permitir establecer comparaciones con estudios realizados por los diferentes autores en diversas rocas y eliminar el efecto de «*diente de sierra*» establecido por el cumplimiento de la regla de Oddo-Harkin.

El Macizo Granítico de Lugo toma el nombre de la provincia homónima, al noroeste de cuya capital se encuentra situado. El afloramiento, de forma ovalada, con su eje mayor en dirección NO-SE, abarca una superficie aproximada de 120 kilómetros cuadrados y se reparte entre las Hojas de Lugo (72/07-06), Castroverde (73/08-06) y Baralla (98/08-07) del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000.

2. EL MACIZO DE LUGO

Su encajante lo forman los materiales esquisto-

solos precámbricos de la Serie de Villalba y los metasedimentos cámbricos de la Serie de Cándana, a los que intruye discordantemente. Los contactos, aunque observables en limitadas ocasiones, son siempre de carácter intrusivo neto.

El límite meridional del macizo de Lugo lo forma el macizo de Castroverde, posterior al de Lugo, y que intruye parcialmente sobre éste.

En general, el grado de alteración meteórica es importante, con amplias zonas de afloramiento tapadas por recubrimientos edáficos o por sedimentos detríticos terciarios y cuaternarios que, en ocasiones, alcanzan varios metros de espesor. Este aspecto es importante, pues dificulta enormemente la toma de muestras de roca fresca y obliga a realizar ésta casi exclusivamente en canteras, desmontes de carreteras y vías férreas, etcétera.

La composición mineralógica de los granitoides presentes es cuarzo, microclina, plagioclasa y biotita como minerales principales; circón, apatito, opacos, fluorita, monacita y allanita como accesorios, y clorita, sericita, moscovita, carbonatos, prehnita, rutilo, granate, clinozoisita, cuarzo y albita como secundarios.

BELLIDO et al. (1985) señalan la existencia de tres facies diferentes de rocas con un quimismo similar pero importantes diferencias texturales, cuya distribución espacial puede verse en la figura 1.

La facies principal o facies común (C) está formada por un granito biotítico muy densamente porfídico con megacristales feldespáticos de tamaños bastante homogéneos. El único mineral micáceo existente es la biotita, en general poco abundante, en el cual están presentes, en forma de inclusiones, la casi totalidad de los granos de apatito, circón y monacita existentes. Ocasionalmente, es posible encontrar granos de circón incluidos en la plagioclasa, siendo éstos de mayor tamaño. La fluorita crece sobre los núcleos de las plagioclasas alteradas al reaccionar el calcio con el flúor de los fluidos hidrotermales.

Formando una franja de anchura variable en el margen occidental del plutón, se localiza otra facies de este macizo que presenta un tránsito gradual e insensible a los tipos previamente descritos. Se trata de un granito biotítico de grano grueso (GG), poco o nada porfídico, con un me-

(1) Fundación Gómez-Pardo. C/ Alenza, 1. 28003 Madrid.
(2) E. T. S. Ingenieros de Minas (Dpto. de Ingeniería Geológica). C/ Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid.

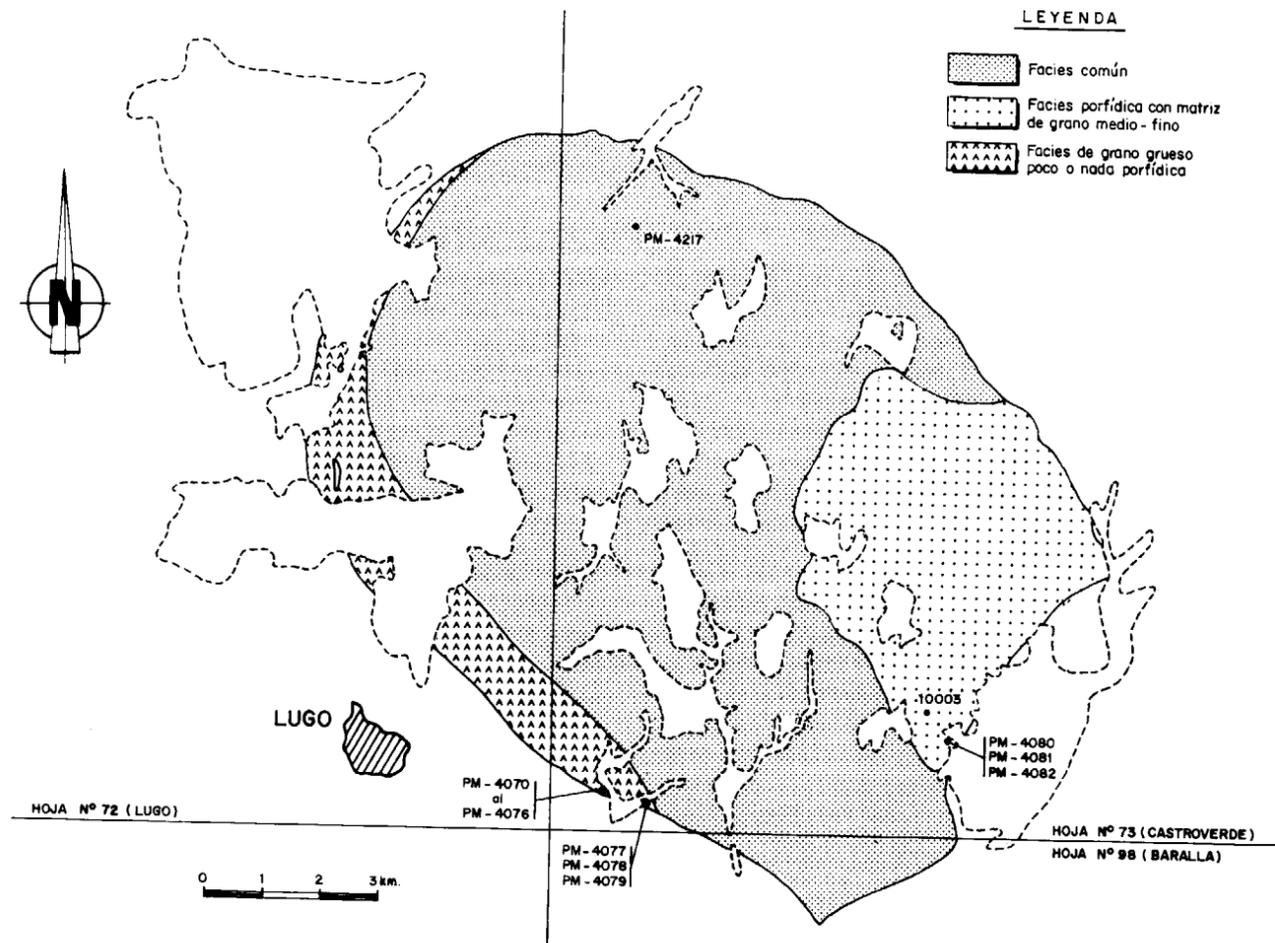


Figura 1.—Esquema geológico y mapa de situación de muestras.

nor contenido en biotita, lo que le confiere un carácter más leucocrático. Lo dicho anteriormente al hablar de los accesorios presentes en la facies común es aplicable a los presentes en ésta.

En la zona oriental del macizo se encuentra situada una tercera facies, claramente intrusiva sobre la facies común, formada también por granitos biotíticos. Esta facies, denominada facies porfídica (P), presenta un mayor grado de individualización frente al resto de las rocas. Los megacrístales de microclina son más idiomorfos y la matriz es de grano más fino que en la facies común. En cuanto a los accesorios, éstos se presentan de forma análoga a como lo hacen en

las otras facies, aunque es destacable la ausencia de allanita.

En las figuras 2a y 2b se muestran los diagramas de normalización al condrito para las diferentes facies del macizo. En ellos puede verse cómo son rocas con relativamente altos contenidos en tierras raras, con un contenido medio que fluctúa para los diferentes elementos de este grupo entre 10 y 200 veces el del condrito. En la realización de estos diagramas, y con objeto de observar con mayor claridad la anomalía de europio, se han interpolado los valores de los contenidos en gadolinio entre los de samario y los de terbio. Los valores de normalización utili-

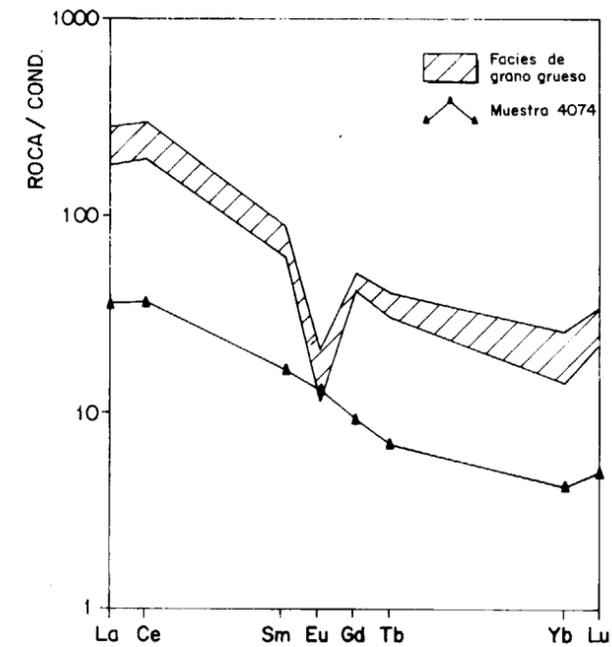


Figura 2a.—Diagramas de normalización al condrito de las facies de grano grueso y de la muestra 4074.

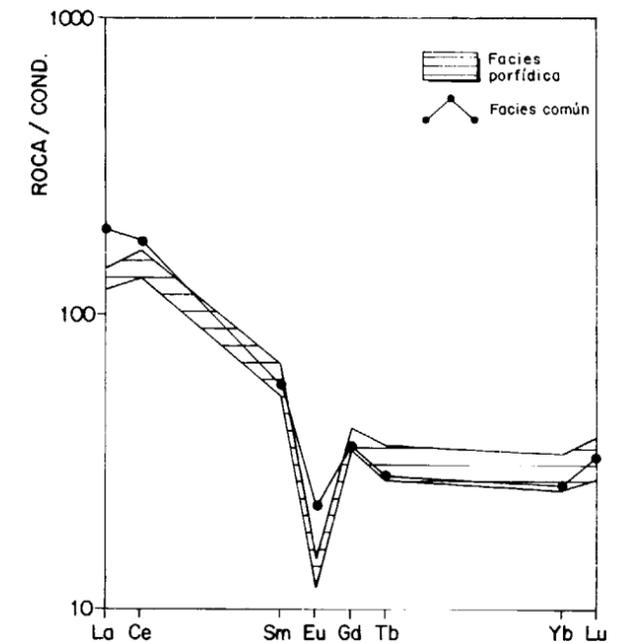


Figura 2b.—Diagramas de normalización al condrito de las facies común y porfídica.

zados han sido los dados por EVENSEN et al. (1976).

La tendencia general es hacia una mayor abundancia relativa de las tierras raras más ligeras, sobre todo La y Ce, con una clara anomalía negativa para el Eu. Por otra parte, las rocas de la facies común y de la facies porfídica presentan un diagrama de normalización al condrito más plano que las de la facies de grano grueso, es decir, un menor fraccionamiento entre tierras raras ligeras (La y Ce) y pesadas (Yb y Lu), aunque muy significativo de todas formas.

También es destacable el comportamiento anómalo de la muestra 4074, perteneciente a la facies de grano grueso, así como la anomalía negativa de europio, mucho menos marcada en la facies común que en las demás.

ORTEGA CUESTA (1987) propone para explicar el origen de este macizo un modelo consistente en la fusión parcial, con una tasa del 40 por 100, de un protolito compuesto por una mezcla de tres partes de un ortogneis y una parte de una metapelita, con posterior cristalización fraccionada del fundido.

En la figura 3 están representadas las relaciones con el grado de evolución de las rocas, cuantificado éste mediante el índice de diferenciación (ID) de THORNTON y TUTTLE (1960). En ella se observa como tendencia general la disminución de los contenidos en tierras raras a medida que éste es mayor. Esta circunstancia puede ser indicadora de que el control sobre estos elementos es ejercido por minerales accesorios de cristalización temprana, tales como apatito, circón, monacita y allanita (ALDERTON et al., 1980).

En esta misma figura se ve un mayor enriquecimiento en tierras raras ligeras de la facies de grano grueso sobre las demás facies, mientras que en la facies porfídica se alcanzan mayores contenidos en tierras raras pesadas.

Un tercer fenómeno observable con bastante nitidez es que, contrariamente a lo que cabría esperar en base a las relaciones genéticas observadas en campo, la facies común se sitúa sobre la línea que marca la evolución de la facies porfídica y no sobre las que marca la evolución de la facies de grano grueso.

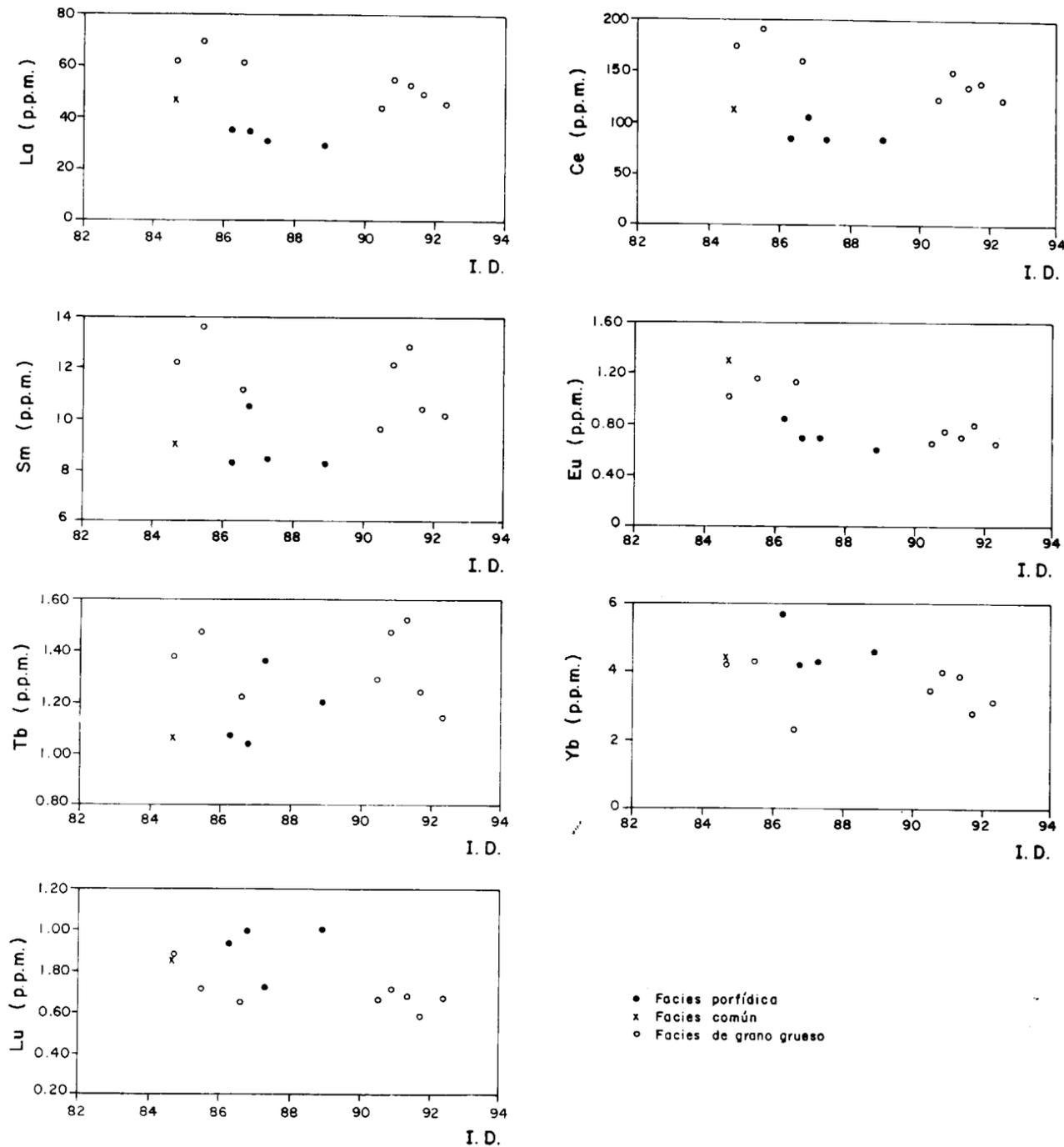


Figura 3.—Variación de los contenidos en los diferentes elementos del grupo de las tierras raras en función del ID. (x, facies común; •, facies porfídica; °, facies de grano grueso).

3. DESCRIPCION DE LOS DATOS DISPONIBLES

Para la ejecución del presente estudio se dispuso de 14 muestras de rocas procedentes del macizo granítico de Lugo, situadas en los puntos señalados en la figura 1.

Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Mineralogía de la Universidad de Salamanca mediante fluorescencia de rayos X con el objeto de determinar sus contenidos en elementos mayores (SiO₂, FeO, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅ y H₂O). Estos contenidos se reflejan en la tabla 1.

Por otra parte, los Laboratorios ECN de Peten (Holanda) analizaron estas mismas muestras por el método de activación neutrónica para determinar sus contenidos en La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb y Lu. Los resultados de estos análisis pueden verse también en la tabla 1.

Todos estos datos proceden del proyecto del Instituto Tecnológico GeoMinero de España «Caracterización y correlación petrográfica, geoquímica y geocronológica de los granitoides de Galicia (La Coruña - Lugo)». De este mismo pro-

yecto proceden también en gran parte los datos geológicos y petrográficos que se citan en el texto.

4. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS

Los datos se sometieron a dos tipos de tratamiento, por un lado se utilizó la técnica del análisis «cluster», con el objeto de determinar las diferencias entre las tres facies presentes en el macizo, y por otro se realizó un estudio de correlaciones para intentar determinar en qué tipo de minerales están presentes los elementos del grupo de las tierras raras.

4.1. ANALISIS CLUSTER

Se trabajó exclusivamente con los resultados de los análisis químicos correspondientes a los contenidos en tierras raras. En un primer intento se utilizaron los datos sin transformar, no obteniéndose ningún resultado interpretable. Por ello,

TABLA 1
Datos analíticos.

	4070 GG	4072 GG	4073 GG	4074 GG	4075 GG	4076 GG	4077 GG	4078 GG	4079 GG	4080 P	4081 P	4082 P	4217 C	1003 C	P
Elementos mayores (%)															
SiO ₂	75.400	75.400	75.200	71.070	74.970	74.500	71.900	69.200	70.700	73.000	72.600	73.100	68.900	70.800	
Al ₂ O ₃	13.200	12.700	13.100	15.900	12.680	13.000	14.200	15.760	15.500	14.400	13.800	13.800	14.600	14.500	
Fe ₂ O ₃	0.220	0.330	0.290	0.450	0.420	0.380	0.150	0.230	0.410	0.560	0.670	0.670	1.230	0.960	
FeO	1.310	1.370	1.250	0.330	1.600	1.550	2.550	2.600	1.900	1.310	1.750	1.570	2.180	1.430	
MgO	0.080	0.100	0.070	0.140	0.100	0.100	0.380	0.410	0.230	0.380	0.400	0.380	0.460	0.480	
CaO	0.900	0.920	0.830	0.600	0.830	0.900	1.500	1.650	1.470	1.330	1.300	1.320	1.200	1.350	
Na ₂ O	2.850	2.980	3.060	3.700	2.850	2.900	3.050	3.200	3.030	3.120	3.080	3.080	3.560	3.400	
K ₂ O	4.610	4.600	4.950	6.650	4.820	4.840	4.420	4.930	4.840	4.600	4.200	4.300	4.900	4.400	
MnO	0.030	0.040	0.040	0.020	0.040	0.040	0.050	0.050	0.040	0.050	0.060	0.050	0.050	0.050	
TiO ₂	0.160	0.140	0.120	0.110	0.150	0.180	0.400	0.390	0.330	0.300	0.330	0.360	0.500	0.450	
P ₂ O ₅	0.220	0.300	0.210	0.250	0.220	0.160	0.250	0.390	0.290	0.280	0.320	0.160	0.240	0.350	
H ₂ O	0.740	0.600	0.590	0.900	1.000	1.100	0.680	0.850	0.980	0.350	1.090	0.960	1.800	1.440	
Tierras raras (ppm)															
La	50.000	53.600	46.200	8.810	55.400	44.300	69.700	62.000	61.500	29.900	34.700	31.200	47.400	35.300	
Ce	141.000	138.000	125.000	23.400	152.000	125.000	192.000	175.000	161.000	84.300	106.000	84.700	114.000	85.800	
Sm	10.400	12.800	10.100	2.560	12.100	9.620	13.600	12.200	11.100	8.250	10.500	8.420	9.060	8.280	
Eu	0.810	0.712	0.661	0.770	0.756	0.668	1.170	1.020	1.140	0.617	0.698	0.709	1.310	0.850	
Tb	1.240	1.520	1.140	0.260	1.470	1.290	1.470	1.380	1.220	1.200	1.040	1.360	1.070	1.070	
Yb	2.840	3.890	3.140	0.710	4.010	3.490	4.340	4.240	2.340	4.590	4.230	4.440	4.440	5.700	
Lu	0.576	0.674	0.666	0.130	0.710	0.659	0.712	0.879	0.650	1.000	0.995	0.719	0.860	0.930	

se dividió el valor del contenido de cada muestra en cada elemento por el valor medio del contenido en ese elemento en todo el macizo, obteniéndose así la matriz de datos reflejada en la tabla 2.

TABLA 2
Contenidos en tierras raras normalizados a la media del macizo.

IND. FAC.	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
4070 GG	1.107	1.190	1.061	0.839	1.039	0.672	0.702
4072 GG	1.187	1.165	1.306	0.738	1.274	0.920	0.821
4073 GG	1.023	1.055	1.030	0.685	0.956	0.743	0.812
4074 GG	0.195	0.198	0.261	0.798	0.218	0.168	0.158
4075 GG	1.226	1.283	1.234	0.783	1.232	1.027	0.868
4076 GG	0.981	1.055	0.981	0.692	1.081	0.826	0.803
4077 GG	1.543	1.621	1.387	1.212	1.232	1.027	0.868
4078 GG	1.373	1.478	1.244	1.057	1.157	1.003	1.071
4079 GG	1.361	1.359	1.132	1.181	1.023	0.554	0.792
4080 P	0.662	0.712	0.841	0.639	1.006	1.086	1.219
4081 P	0.768	0.895	1.071	0.723	0.872	1.001	1.213
4082 P	0.691	0.715	0.859	0.735	1.140	1.015	0.876
4217 C	1.049	0.962	0.924	1.357	0.897	1.051	1.048
1003 P	0.781	0.724	0.845	0.881	0.897	1.349	1.133

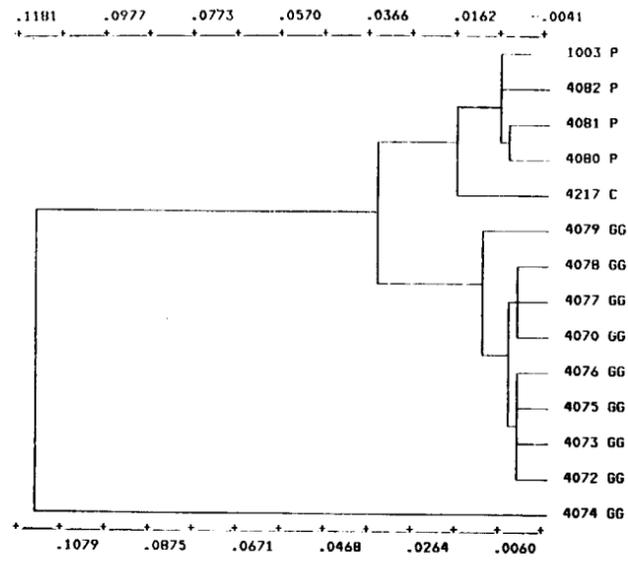


Figura 4.—Dendrograma obtenido mediante análisis cluster de los individuos.

tancial con el resto de las muestras de la misma facies, se atribuye este hecho a un posible error analítico.

4.1.2. Análisis Cluster de las K-medias

El cluster de las k-medias es una modalidad de análisis cluster en la cual el analista fija previamente el número, k, de grupos que se desean hacer. En una primera etapa, el programa mediante una tirada aleatoria selecciona un número k de individuos —centroides— y atribuye cada una de las muestras restantes a aquel grupo cuyo centroide esté más próximo. En una segunda etapa calcula los centros de gravedad de los grupos y los toma como nuevos centroides, reasignando cada individuo al grupo cuyo centroide esté más próximo a él. Repitiendo este proceso de forma iterativa se logra al fin que los grupos sean estables, momento en el que se da por finalizado el tratamiento (HENGELMAN y HARTIGAN, 1980).

En este caso, se eliminó del tratamiento la muestra 4074, considerada como anómala por el análisis cluster de individuos, y se empleó la técnica del cluster de las k-medias dando a k los valores 2 y 3. Los grupos obtenidos, sus centroides y

las muestras contenidas en ellos se reflejan en la tabla 3.

k=2

El primer grupo se compone de las muestras de la facies porfídica y de la facies común más las muestras 4073 y 4076 de la facies de grano grueso. En el segundo grupo se encuentran el resto de las muestras de la facies de grano grueso.

En la figura 5a se muestra una representación gráfica de los centroides de estos grupos. En ella se observa cómo el grupo 2 presenta un fuerte fraccionamiento entre tierras raras ligeras y tierras raras pesadas, con un importante enriquecimiento en La y Ce frente a Yb y Lu. Por el contrario, el grupo 1 presenta una tónica más homogénea, aunque contraria a la del grupo 2, es decir, empobrecimiento en tierras raras ligeras y enriquecimiento en pesadas.

k=3

El primer grupo está constituido por todas las muestras de la facies porfídica con excepción de la 1003, y por las muestras 4073 y 4076 de la facies de grano grueso. El segundo grupo corresponde en su totalidad a la facies de grano grueso, mientras que en el tercero se encuentra la única muestra de la facies común, la 4217, y la 1003 de la facies porfídica.

Tal como puede verse en la figura 5b, el grupo 2 se caracteriza por un enriquecimiento en tierras raras ligeras y un empobrecimiento en tierras raras pesadas. El grupo 1 apenas presenta fraccionamiento entre ambos tipos y el grupo 3 tiene un comportamiento opuesto, es decir, se encuentra enriquecido en tierras raras pesadas y empobrecido en ligeras.

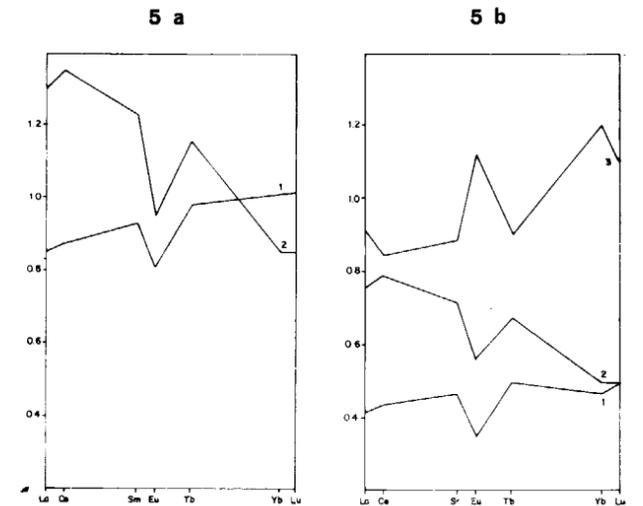


Figura 5a.—Centroides de los grupos obtenidos mediante el cluster de las k-medias con k=2.

Figura 5b.—Centroides de los grupos obtenidos mediante el cluster de las k-medias con k=3.

TABLA 3
Grupos obtenidos mediante el análisis cluster de las k-medias.

k	GRUPO	COORDENADAS DE LOS CENTROIDES							MUESTRAS
		La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	
2	1	0.851	0.874	0.936	0.816	0.978	1.010	1.015	4073 GG 4076 GG 4080 P 4081 P 4082 P 4217 C 1003 P
	2	1.299	1.349	1.227	0.968	1.160	0.854	0.853	4060 GG 4072 GG 4075 GG 4077 GG 4078 GG 4079 GG
3	1	0.415	0.442	0.476	0.357	0.503	0.473	0.495	4073 GG 4076 GG 4080 P 4081 P 4082 P
	2	0.758	0.787	0.716	0.565	0.676	0.498	0.498	4070 GG 4072 GG 4075 GG 4077 GG 4078 GG 4079 GG
	3	0.915	0.843	0.885	1.119	0.897	1.200	1.090	4217 C 1003 P

5. CONCLUSIONES

Se ha visto cómo mediante un tratamiento estadístico adecuado, en el cual no se ha impuesto ninguna condición previa acerca de la procedencia de las muestras sobre las que se ha efectuado, de los datos analíticos de tierras raras, es posible diferenciar los tres tipos de granitoides que forman el macizo granítico de Lugo.

En efecto, tanto el análisis cluster de individuos como el de las k-medias muestran la presencia de dos grupos claramente diferenciados. El primero de ellos engloba a las muestras de las facies porfídica y común, mientras que el segundo es asimilable a la facies de grano grueso.

Por otro lado, la representación gráfica de los centroides de los grupos obtenidos mediante el análisis cluster de las k-medias, pone de manifiesto el mayor grado de fraccionamiento entre tierras raras ligeras y pesadas existente en la facies de grano grueso, lo cual implica la presencia de rocas más evolucionadas en esta última facies que en las demás. Este hecho está de acuerdo con las observaciones de BELLIDO et al. (1987).

En las tres facies de rocas que componen este macizo, las tierras raras presentan distribuciones geoquímicas diferentes, lo cual, si se admite la hipótesis de que proceden de un mismo magma de composición homogénea, lleva a la conclusión de que sobre ellas han actuado procesos de diferenciación y cristalización diferentes.

En este sentido es interesante comprobar cómo la facies común es, exclusivamente desde el punto de vista de su distribución de tierras raras, más parecida a la facies porfídica, la cual intruye sobre ella, que a la facies de grano grueso con la que el tránsito es gradual e insensible. En el diagrama de variación de las tierras raras frente al índice de diferenciación (fig. 3) puede verse también cómo las muestras de la facies común se proyectan más próximas a la de la facies porfídica que a la de las facies de grano grueso.

También es importante la observación de la anomalía negativa de europio. Si se admite la fusión parcial como el mecanismo mediante el cual se formó el magma que originó estos granitoides (ORTEGA CUESTA, 1987), la existencia de esta

anomalía pone de manifiesto la existencia de una apreciable cantidad de plagioclasa en el residuo no fundido (CULLERS y GRAFF, 1984).

DRAKE (1975) demostró experimentalmente la correlación negativa entre el coeficiente de distribución del europio entre la plagioclasa y el líquido y la fugacidad del oxígeno. Dado que en la facies común la anomalía negativa de europio es menor que en las otras facies, este hecho podría interpretarse como un indicador de condiciones más oxidantes (mayor valor de fO_2) de cristalización de las rocas de las facies porfídica y de grano grueso, probablemente debidas a una mayor concentración de volátiles, lo cual concuerda con la idea de que en la facies común se encuentran las rocas menos evolucionadas de todo el macizo.

En cuanto al estudio de las correlaciones, del mismo se desprende la existencia de un cierto antagonismo geoquímico entre las tierras raras ligeras (La, Ce y Sm) y las pesadas (Yb y Lu), estando las primeras correlacionadas positivamente con el hierro ferroso y negativamente con el hierro férrico, y las segundas con aluminio, calcio, magnesio, sodio y titanio. Todos los elementos mayores citados, indicadores de basicidad, sugieren que el control sobre las tierras raras lo realizan preferentemente algunos minerales accesorios de cristalización temprana, tales como apatito, circón, monacita y allanita.

Por otra parte, la correlación positiva de las tierras raras ligeras con el FeO y negativa con el Fe_2O_3 puede considerarse como un indicio de un efecto positivo del grado de oxidación sobre el producto de solubilidad de estos elementos.

REFERENCIAS

- ALDERTON, D. H. M.; PEARCE, J. A., y POTTS, P. F. (1980): *Rare earth mobility during granite alteration: evidence from Southwest England*. Earth Planet. Sci. Lett., 49, 149-165.
- BELLIDO, F.; GONZALEZ LOPEIRO, F.; KLEIN, E.; MARTINEZ CATALAN, J. R., y PABLO MACIA, J. G. de (1985): *Caracterización y Correlación Petrográfica, Geoquímica y Geocronológica de las Rocas Graníticas de Galicia (La Coruña-Lugo)*. ITGE. Madrid.
- CHACON, E., y MIGUEZ, F. (1980): *Estadística Aplicada*. Fundación Gómez Pardo, Madrid, 774 pp.

CULLERS, R. L., y GRAFF, J. L. (1984): *Rare earth elements in the igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks — ore petrogenesis*. Rare earth elements Geochemistry. Ed. P. Henderson. Amsterdam, Holanda, 275-308.

DRAKE, M. J. (1975): *The oxidation state of europium as and indicator of the oxygen fugacity*. Geochim. Cosmochim. Acta, 39, 55-64.

ENGELMAN, L., y HARTIGAN, J. A. (1980): *K-means Clustering*. Biblioteca de Programas BMDP. Manual del Usuario, 464-473.

EVENSEN, M. M.; HAMILTON, P. J., y O'NIONS, R. K. (1976): *Rare Earth Abundances in Chondritic Meteorites*. Geoch. Cosmoch. Acta, 42, 1199-1212.

HALL, A. (1983): *The Application of Non-Parametric Statistical Methods to Studies of Trace Elements Distribution in Igneous Rocks*. The Significance of Trace Elements in Solving Petrogenetic Problems and Controversies. Ed. S. S. Augustitis. Atenas, Grecia, 161-175.

HENLEY, S. (1981): *Non-parametric Geostatistics*. Ed. Applied Science Publishers, Barking, England, 141 pp.

ORTEGA CUESTA, L. A. (1987): *Tipología de Tierras Raras de los Granitos Postcinemáticos de Galicia*. Tesis de Licenciatura (sin publicar). Universidad del País Vasco.

RICWOOD, P. C. (1983): *The Use of Cluster Analysis in Diverse Geological Problems*. The Significance of Trace Elements in Solving Petrogenetic Problems and Controversies. Ed. S. S. Augustitis. Atenas, Grecia, 115-151.

SHANNON, R. D., y PREWITT, C. T. (1969): *Effective Crystal Radii in Oxides and Fluorides*. Acta Cryst., 25, 925-946.

TAYLOR, R. P., y FRYER, B. J. (1983): *Rare Earth Elements Lithochemistry of Granitoid Mineral Deposits*. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin.

THORNTON, C. P., y TUTTLE, O. F. (1960): *Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index*. Amer. Jour. Sci., 258, 9, 664-684.

Original recibido: Octubre de 1989.

Original aceptado: Mayo de 1990.

GEOQUIMICA

Diferenciación textural en suelos de la cuenca de Madrid. Alteración y génesis mineral.

Por R. J. BALLESTA (*); V. CALA (*); R. GARCIA (*), y M. T. MARTIN PATINO (*)

RESUMEN

Se describen las características mineralógicas y químicas de suelos con contraste textural de la cuenca de Madrid. Estos datos se emplean con el objetivo de evaluar la importancia relativa de algunos mecanismos que expliquen el contraste textural.

Los resultados indican que los horizontes superficiales no difieren en gran medida de los subsuperficiales tanto química como mineralógicamente; consecuentemente, en el grado de alteración.

La alteración, aun cuando actúa en el mismo sentido en ambos horizontes eluviales/iluviales, en estos últimos lo haría con mayor amplitud. Consideramos que la alteración química es más bien el resultado de la diferenciación textural que su causa. Finalmente, los horizontes B deberían ser considerados como horizontes de alteración.

Palabras clave: Alteración, Eluviación, Iluviación.

SUMMARY

On describing the mineralogical and chemical characteristics in soils with textural check of the basin of Madrid. These data suggests the relative importance of any mechanisms in the textural contrast.

The data shows that the outside horizon are not different of the subsuperficials in the chemical and mineralogical composition and the alteration degree.

The alteration in the eluvial and iluvial horizons is the same, biggest in the iluvial. The chemical alteration is the result of the textural differentiation and not their reason.

The B horizons would be considerate as alteration horizons.

Key words: Alteration, Eluviation, Illuviation.

INTRODUCCION

Dentro del estudio que estamos llevando a cabo sobre la génesis del contraste textural en suelos de la cuenca de Madrid, uno de los apartados básicos del mismo es, sin duda, la alteración y génesis mineral.

Entre las razones fundamentales de este estudio está el hacer énfasis en la evaluación del carácter autóctono o alóctono como hipótesis de formación de dicho contraste.

En el presente trabajo se estudia, mineralógica y químicamente, un conjunto de suelos, cuya descripción aparece en la tabla 1, al objeto de investigar la importancia de algunos procesos responsables del contraste textural.

Se trata de suelos en los que aparecen horizontes empobrecidos en arcilla superpuestos a otros enriquecidos en la misma, de tal modo que, si bien en algunos están bien expresados los caracteres del horizonte argílico, en otros no pueden caracterizarse como tales.

La crítica aquí presentada es, pues, parte de un estudio más amplio que pretende investigar los

procesos responsables del contraste textural de suelos de la cuenca de Madrid.

MATERIAL Y METODOS

Los suelos analizados se describen en la tabla 1.

Los análisis químicos totales se han llevado a cabo mediante ataque triácido (nítrico, perclórico, fluorhídrico) (FULLER et al., 1976), hasta solución clara. Una vez efectuado éste, se han recogido los extractos con ácido clorhídrico diluido. Todos los elementos, a excepción del silicio, se han determinado por espectrofotometría de absorción atómica. El zirconio por espectrometría de plasma. La sílice se ha determinado colorimétricamente tras fusión alcalina a 1.000° C.

El análisis mineralógico de la fracción arena se ha realizado según método propuesto por PEREZ MATEOS (1965).

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis químico total de las muestras de algunos de los horizontes operando sobre la fracción menor de 2 mm. se presenta en la tabla 2. El de algunas muestras de arcilla en la tabla 3. La composición química elemental ha sido utilizada para obtener información sobre la proveniencia del material originario, para conocer el grado de alteración y para calcular las pérdidas y ganancias de constituyentes móviles, como indican GARRELS y MCKENZIE (1971) y CHITTLEBOROUGH et al. (1984). Por otra parte, el grado de similitud dentro del perfil y entre perfiles se ha establecido en base a las razones de elementos de baja movilidad, tales como Zr, Ti y Al (CHAPMAN y HORN, 1968; SMITH y WILDING, 1972; COLMAN, 1982; CHITTLEBOROUGH et al., 1984).

Los análisis químicos totales efectuados muestran unas tendencias generales interesantes, constatándose:

- Un aumento considerable del contenido en SiO₂ hacia los horizontes A, concordantes con un aumento de cuarzo y de feldespatos de la arena.
- Un incremento considerable en Al₂O₃ hacia

los horizontes B en relación con el enriquecimiento en arcilla.

- En todo caso, siempre se produce un incremento en el contenido en Fe₂O₃ conforme se produce el tránsito del horizonte eluvial al iluvial.
- Las razones SiO₂ / Al₂O₃ y SiO₂ / R₂O₃ exhiben una tendencia semejante con la profundidad, disminuyendo en el paso del horizonte eluvial al iluvial con relación a la arcilla (fig. 1). Esto sugiere que parte del material se ha translocado como óxido e hidróxido de Fe y Al o como arcilla con la percolación del agua.

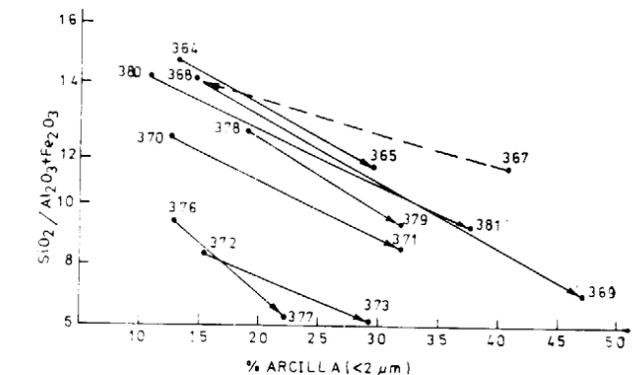


Figura 1.—Razones molares versus contenido en arcilla.

Los valores de Fe, tabla 4, ponen de manifiesto un grado de alteración moderado. Sus contenidos parecen estar relacionados con el de arcilla, de tal manera que su distribución se explicaría en función de un movimiento paralelo al de la arcilla.

Por otra parte, los datos del análisis químico total de la fracción arcilla, tabla 3, ponen de manifiesto una disminución nítida del contenido en Al, a la vez que un incremento en Si al pasar de horizontes de pérdida a horizontes de ganancia. Consecuentemente, el tránsito entre ambos horizontes adyacentes lleva consigo cambios bruscos en las razones SiO₂ / Al₂O₃ y SiO₂ / Al₂O₃ + Fe₂O₃ de dicha fracción 2 μm . Por otra parte, las razones SiO₂ / R₂O₃ son difíciles de interpretar, dado que puede existir cuarzo de tamaño arcilla. Teniendo en cuenta la movilidad selectiva de las arcillas, así como la posibilidad de que se generen esmectitas en el propio horizon-

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

TABLA 1
Descripción macromorfológica de perfiles seleccionados

Perfil	Coordenadas	Altitud (m.)	P. geomorfológica	Clasificación	Horizontes
I	Alcobendas 0° 3' 5" - 40° 32' 25"	680	Llanura de facies arcósica	Xerochrept típico	Ap. M-364, de 0 a 15 cm. Color pardo con límite brusco a: B2. M-365, de 45 a 82 cm. Estructura poliédrica, escasos cutanes. BC. M-366, de 82 a 104 cm. Pardo amarillento. Firme y duro.
II	Cobeña 3° 29' 44" - 40° 32' 50"	740	Glacis-terrazza (Sup. Paracuellos)	Xerochrept Thapto Palixerálfico	Ap. de 0 a 12 cm. B1p. de 12 a 52 cm. IIB21t. M-367 de 52 a 88 cm., pardo amarillento, con cutanes espesos y límite brusco y plano a: IIIA2. M-368 de 88 a 123 cm. de débil estructura, sin cutanes. Límite brusco y plano a: IVB22t. M-369 de 123 a 180 cm., color rojo, con cutanes espesos y límite neto a: VC. M-369 bis, con 80 por 100 de cantos redondeados.
III	Valdepiélagos 0° 12' 5" - 40° 45' 5"	710	Terraza (nivel 4)	Haploxeralf típico	A2p. M-370 de 0 a 40 cm., pardo, de débil estructura y límite brusco a: B2t. M-371 de 40 a 58 cm., de estructura poliédrica y cutanes delgados. El límite inferior es neto. IIC. M-371 bis constituido fundamentalmente por gravas (aprox., 70 por 100).
IV	Navacerrada 0° 19' 20" - 40° 43' 45"	1.185	Replano en zona montañosa	Rhodoxeralf típico	A1 de 0 a 32 cm. AB. M-372 de 32 a 68 cm., pardo pálido, sin cutanes y límite inferior neto. B2t. M-373 de 68 a 112 cm., color rojo. 2.5YR4/8, con cutanes espesos y límite gradual a: B3. M-374 de 112 a 134 cm., pardo amarillento. R. M-375, adamellita.
V	Navacerrada 0° 19' 10" - 40° 42' 40"	1.140	Ladera escarpada de granito	Xerochrept dístrico	A1. M-376 de 0 a 16 cm., de débil estructura, con límite neto y plano a: B2. M-377 de 16 a 56 cm., sin cutanes. C. Granito arenizado.
VI	S. S. de los Reyes 0° 3' 5" - 40° 32' 25"	670	Sedimentos arcósicos en zona llana	Xerochrept Thapto-Haploxerálfico	Ap. de 0 a 12 cm. B21 de 12 a 81 cm. IIA2. M-378 de 81 a 123 cm., algo suelto. IIIB22t, pardo, con escasos cutanes. El límite superior es neto y el inferior gradual. IVC1, de 175 a 235 cm. VC2, de 235 a 280 cm., y VIC3, de arenas.
VII	Cedillo del Condado 0° 12' 55" - 40° 6' 20"	620	Sedimentos arcósicos en zona llana	Palixeralf típico	Ap. de 0 a 22 cm. A2. M-380 de 22 a 54 cm., moderadamente estructurado, sin cutanes y límite brusco y plano a: B2t. M-381 de 54 a 102 cm., con estructura de carácter prismático, cutanes espesos y límite neto a: BCtca. M-382, pardo claro y escaso coating.

TABLA 2
Análisis químico total (fracción < 2 mm.)

Perfil	Horizonte	Muestra	%							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
I	A	364	84.32	9.87	0.91	0.72	0.23	2.12	2.17	0.07
	B	365	81.73	11.40	1.87	0.41	0.54	2.53	2.12	0.20
	C	366	81.04	12.11	1.85	0.45	0.53	1.36	2.22	0.19
II	B	367	81.19	10.55	3.26	0.75	0.66	0.95	1.62	0.81
	A	368	83.81	9.63	1.57	0.39	0.30	2.55	1.75	0.82
	B	369	76.07	14.80	4.13	0.58	0.44	1.72	1.57	0.45
II	C	369 bis	66.83	12.96	3.92	12.77	0.89	1.40	1.72	0.31
	A	370	65.24	10.69	2.25	0.89	0.52	1.45	1.97	0.46
	B	371	77.33	13.81	3.86	0.62	1.07	1.93	1.87	0.57
IV	C	371 bis	78.89	12.60	3.51	0.62	0.86	2.30	1.82	0.26
	A	372	78.57	14.52	2.59	0.19	0.47	3.03	1.62	0.35
	B	373	74.37	17.07	3.63	0.15	0.41	2.21	1.16	0.43
V	C	374	70.73	19.83	4.42	0.39	0.57	1.54	1.97	0.53
	R	375	89.02	5.17	0.67	0.58	0.52	2.71	2.78	0.08
	A	376	80.03	12.96	1.95	0.31	0.47	2.21	2.63	0.27
VI	B	377	73.64	17.78	3.70	0.45	0.63	1.40	2.43	0.35
	A	378	82.43	10.83	1.57	0.39	0.39	2.35	2.17	0.22
	B	379	79.73	12.61	2.62	0.56	0.46	2.53	1.87	0.33
II	A	380	85.23	3.78	0.99	0.42	0.27	2.53	2.22	0.20
	B	381	78.87	13.25	2.88	0.68	0.99	1.99	1.97	0.36
	C	382	84.12	9.14	1.74	0.44	0.92	2.62	1.87	0.21

TABLA 2 (Continuación)

Perfil	Horizonte	Muestra	ppm							
			Mn	Zr	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	Ni
I	A	364	138.0	12.0	37.5	61.0	57.0	30.0	1.75	11.3
	B	365	108.0	30.5	9.5	36.0	37.8	30.3	1.00	17.5
	C	366	158.0	26.0	9.5	38.8	44.0	35.0	1.00	20.0
II	B	367	204.0	32.0	11.3	30.5	49.5	60.0	1.50	30.0
	A	368	195.0	19.5	8.0	33.3	28.0	30.0	1.75	15.0
	B	369	174.0	39.8	14.5	30.5	64.5	65.0	2.00	28.8
II	C	369 bis	270.0	27.5	18.5	36.0	85.5	75.0	2.75	37.5
	A	370	330.0	49.8	13.0	27.8	42.8	45.0	1.50	20.0
	B	371	318.0	44.8	19.0	33.8	69.0	70.0	2.00	30.0
IV	C	371 bis	258.0	14.8	21.3	33.3	72.0	65.0	1.50	28.8
	A	372	186.0	32.8	10.8	27.8	44.3	35.0	2.25	20.0
	B	373	162.0	32.8	12.5	33.8	61.5	40.0	2.00	22.5
V	C	374	510.0	52.8	12.3	33.8	123.0	35.0	2.00	23.8
	R	375	105.0	12.0	27.5	25.0	13.3	25.0	1.00	10.0
	A	376	180.0	41.0	11.3	33.3	53.5	40.0	1.25	20.0
VI	B	377	342.0	72.8	10.8	44.3	111.0	35.0	2.25	23.8
	A	378	195.0	49.5	10.8	36.0	29.8	35.0	1.50	12.5
	B	379	222.0	30.6	10.8	44.8	43.5	65.0	2.00	25.0
II	A	380	126.0	23.8	7.3	36.0	41.8	35.0	1.50	13.8
	B	381	171.0	47.5	8.0	41.5	60.0	70.0	1.75	27.5
	C	382	129.0	13.8	5.5	33.8	42.8	50.0	1.75	20.0

TABLA 3

Análisis químico total (fracción < 2 µm.)

Perfil	Horizonte	Muestra	%							ppm	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ti	
II	A	368	77.3	17.08	0.89	1.79	0.23	0.15	1.84	20.0	
	B	369	90.1	5.83	0.27	0.24	0.38	0.03	1.61	0.03	
IV	A	372	80.8	15.42	0.82	0.10	0.40	0.08	1.60	40.0	
	B	373	91.2	5.83	0.16	0.03	0.11	0.01	1.54	5.0	
VII	A	380	82.2	13.75	0.65	2.45	0.52	0.08	2.40	35.0	
	B	381	84.4	12.50	0.82	1.01	0.80	0.06	1.50	30.0	

Perfil	Horizonte	Muestra	ppm							
			Mn	Zr	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd	Nn
II	A	368	312.5	28.0	21.6	5.6	119.5	100.0	1.75	59.8
	B	369	47.9	0.0	5.1	2.0	26.5	42.5	0.88	13.6
IV	A	372	297.6	15.3	20.8	6.8	91.3	45.0	1.50	34.8
	B	373	23.2	0.0	4.7	1.6	19.0	10.0	0.88	6.1
VII	A	380	275.3	16.1	17.4	6.0	84.0	70.0	1.63	38.6
	B	381	223.2	30.8	13.1	4.0	84.0	77.5	1.25	42.4

TABLA 4

Contenidos en óxidos de hierro y aluminio

Perfil	Muestra	Fe ₂ O ₃ (%)			Al ₂ O ₃ (%)		
		L	T	L/T	L	T	L/T
I	364	0.26	0.91	0.28	0.72	9.87	0.07
	365	0.27	1.87	0.14	0.08	11.40	0.01
	366	0.19	1.85	0.01	0.16	12.11	0.01
II	367	1.04	3.26	0.31	0.23	10.55	0.02
	368	0.40	1.57	0.25	0.08	9.63	0.01
	369	1.07	4.13	0.25	0.20	14.80	0.01
	369 bis	1.25	3.92	0.31	0.22	12.96	0.01
III	370	0.57	2.25	0.25	0.08	10.69	0.01
	371	1.03	3.86	0.26	0.16	13.81	0.01
IV	372	0.76	2.59	0.29	0.19	14.52	0.01
	373	1.31	3.63	0.36	0.23	17.07	0.01
	374	1.14	4.42	0.25	0.23	19.83	0.01
V	376	0.43	1.95	0.22	0.09	12.95	0.01
	377	0.74	3.70	0.20	0.12	17.78	0.01
VI	378	0.36	1.57	0.22	0.07	10.83	0.01
	379	0.64	2.62	0.24	0.10	12.61	0.01
VII	380	0.17	0.99	0.17	0.03	8.78	0.01
	381	0.48	2.88	0.16	0.13	13.25	0.01
	382	0.23	1.74	0.13	0.05	9.14	0.01

te B a partir de micas, conllevando un incremento en la razón SiO₂ / Al₂O₃, no podemos descartar diversos procesos que expliquen el incremento de arcilla. También llaman poderosamente la atención los cambios en los contenidos en Ti y Zr.

En todo caso, consideramos conveniente establecer un índice de alteración.

Factor Alteración (WF)

El factor de alteración, WF, tal y como lo definen ROSTAD et al., en 1976, viene dado por:

$$WF = D_s R_s / D_p R_p$$

donde:

D_s: Densidad aparente del horizonte de suelo alterado.

R_s: Porcentaje del constituyente índice en la fracción 2 µm., multiplicado por el porcentaje de tamaño de la fracción 2 µm., en el horizonte alterado.

D_p: Densidad aparente del material originario.

R_p: Porcentaje del constituyente índice en la fracción 2 µm., multiplicado por el porcentaje de tamaño de la fracción 2 µm. en el material originario.

Número muestra	% TiO ₂ 2 mm.	% TiO ₂ 2µm × 10 ⁻²	% TiO ₂ 2 µm.	WF
372	0.35	0.66	0.44	0.53
373	0.43	0.08	0.59	0.69
374	0.53	0.10	0.65	
380	0.20	0.58	0.22	1.05
381	0.36	0.49	0.57	2.94
382	0.21	0.22	0.22	

Como vemos, el factor de alteración del perfil IV es de tipo medio, mientras en el perfil VII es algo más elevado.

MINERALOGIA DE ARENAS

El objetivo fundamental que se pretende con el análisis mineralógico de dos fracciones de arena es el de poder detectar diferencias entre los horizontes eluviales e iluviales de los suelos estudiados.

De las figuras 2 a 8 cabe resaltar que la tendencia general en la mineralogía de la arena es que hacia la superficie el cuarzo y los feldespatos potásicos tienden a concentrarse, mientras que los feldespatos calcosódicos y las micas tienden a disminuir. Los feldespatos tienden a alterarse por sericitización. Hemos encontrado que incluso existen feldespatos potásicos sericitizados, por lo que cabe pensar que la hidrólisis es un fenómeno que actúa con relativa facilidad en estos suelos.

La observación de dichas figuras pone de manifiesto que en algunos casos se produce la pérdida de minerales alterables (feldespatos calcosódicos y micas). Por tanto, en estos últimos parece probable pensar en una alteración diferencial que explique el incremento de arcilla desde A hasta B. Es decir, parece que los horizontes subsuperficiales estén relativamente más alterados que los correspondientes superficiales.

En estas condiciones las posibles albitas preexistentes podían haberse alterado, yendo los productos de su migración a lo largo de microfracturas a las que rellenarían (MARTIN et al., 1988). Así se producirían en un primer estadio reacciones de cambio iónico con un efecto alcalinizante y la consiguiente solubilización de la sílice. De este modo, finalmente, se podría formar beidellita.

GENESIS DE ARCILLAS

(Con especial énfases en la formación de esmectitas).

La composición mineralógica de la mayoría de las muestras está constituida por micas, caolinitas y esmectitas, tabla 5. Además, en algún caso, se han detectado minerales interestratificados, acompañándose en ocasiones por cuarzo y feldespatos.

Las micas, dada la naturaleza del medio, son fundamentalmente heredadas, apareciendo en un estado de degradación más o menos intenso en el caso de la biotita, mientras las moscovitas aparecen poco alteradas.

Los componentes que posiblemente mejor se relacionan con la evolución de los suelos son las

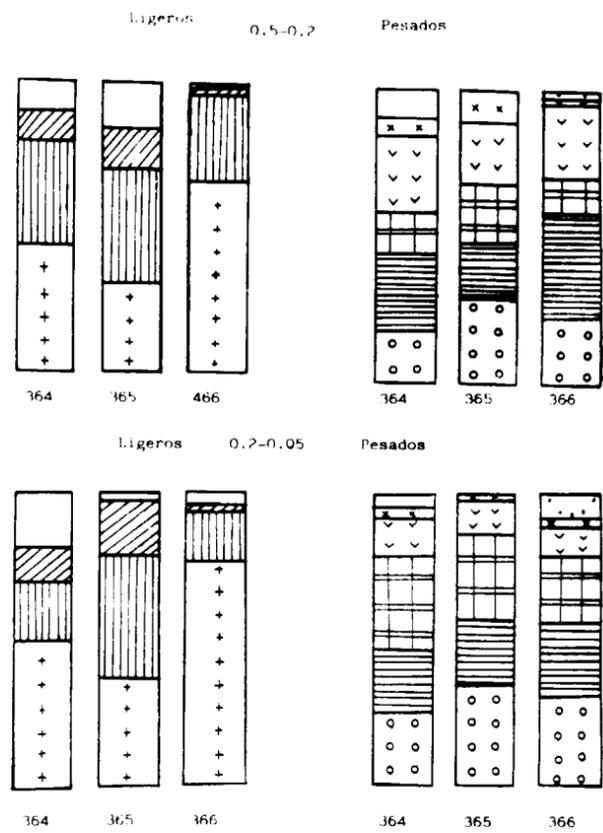


Figura 2.—Mineralogía de arenas. Perfil I.

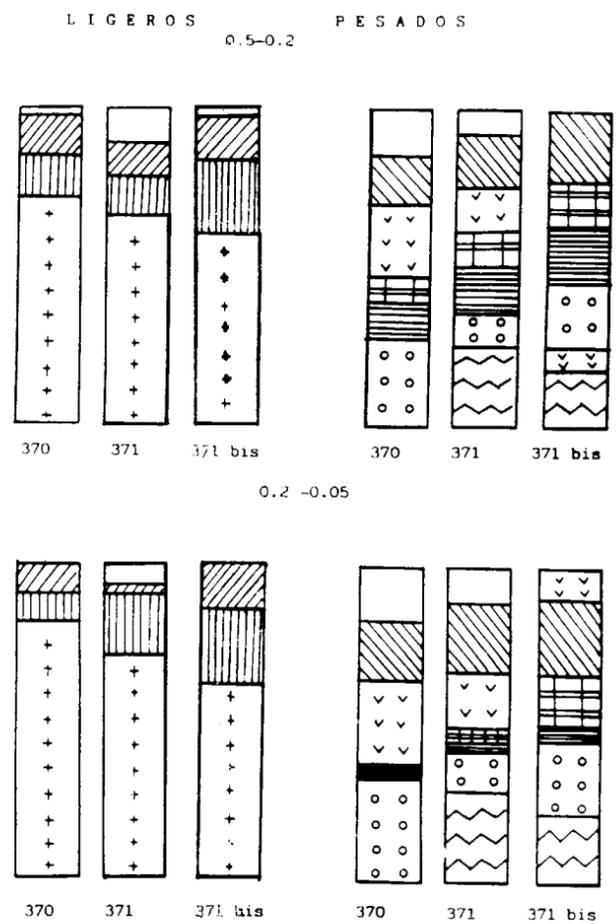


Figura 4.—Mineralogía de arenas. Perfil III.

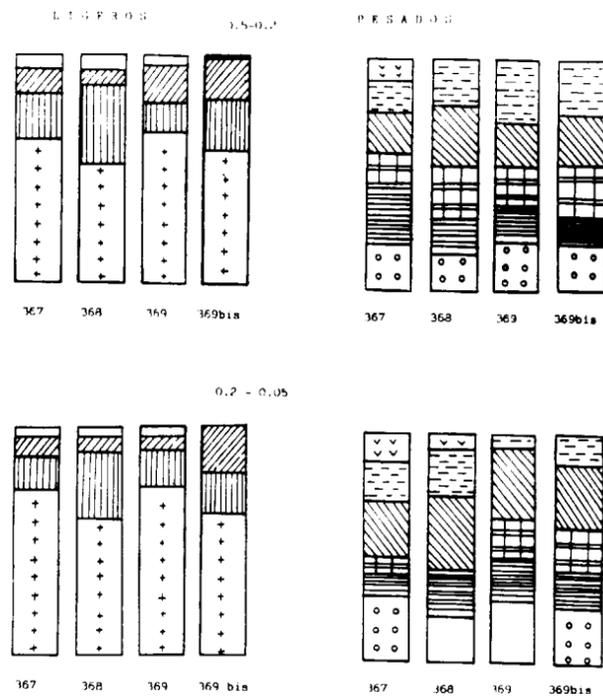


Figura 3.—Mineralogía de arenas. Perfil II.

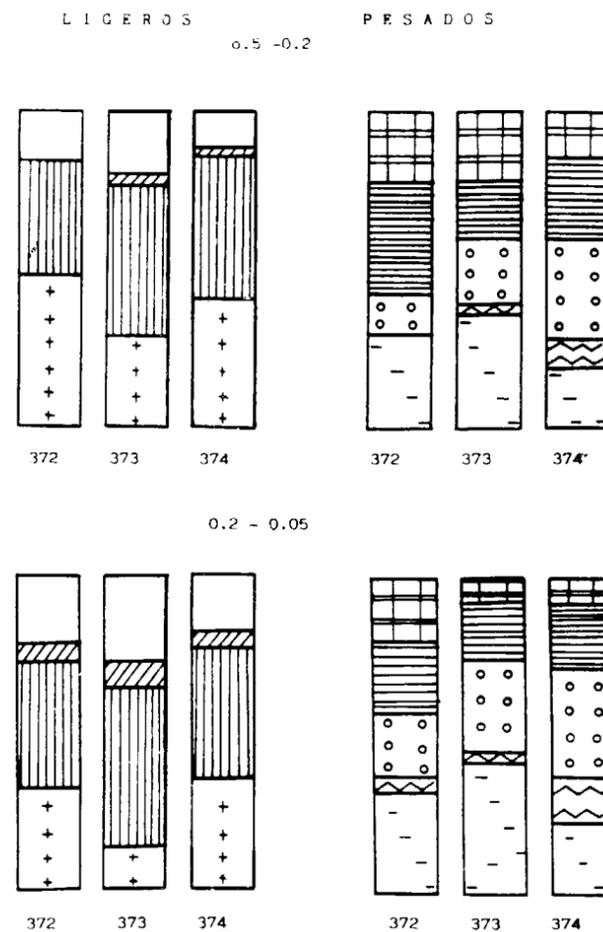


Figura 5.—Minerales de arenas. Perfil IV.

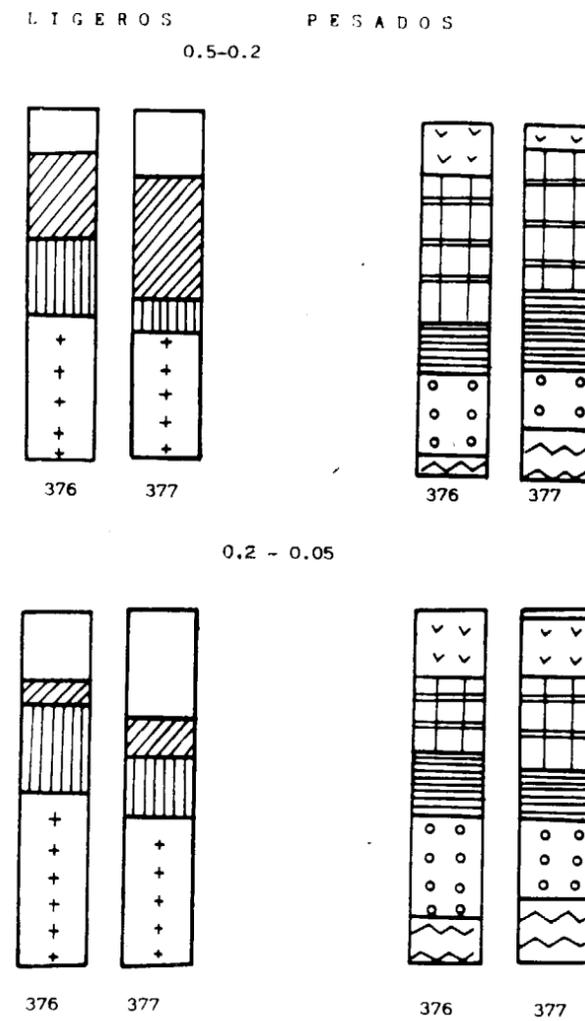


Figura 6.—Mineralogía de arenas. Perfil V.

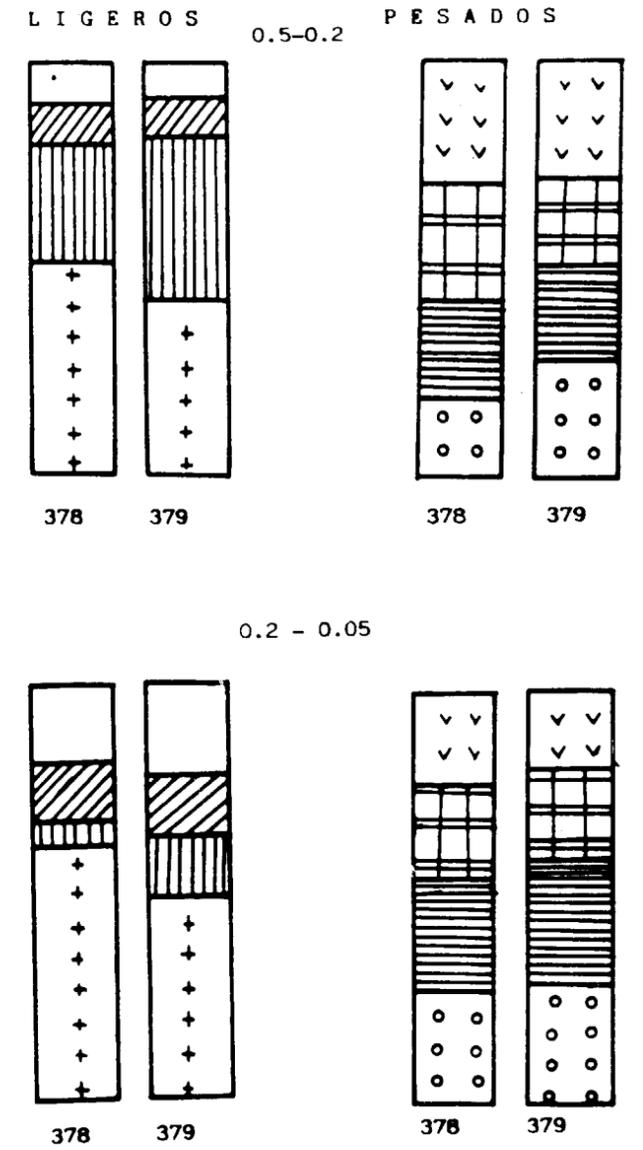
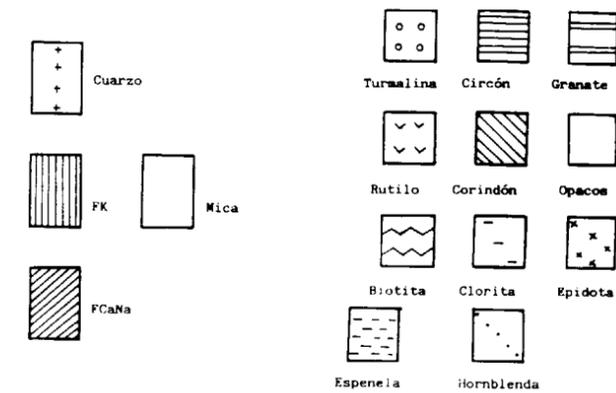


Figura 7.—Mineralogía de arenas. Perfil VI.



L I G E R O S

0.5-0.2

P E S A D O S

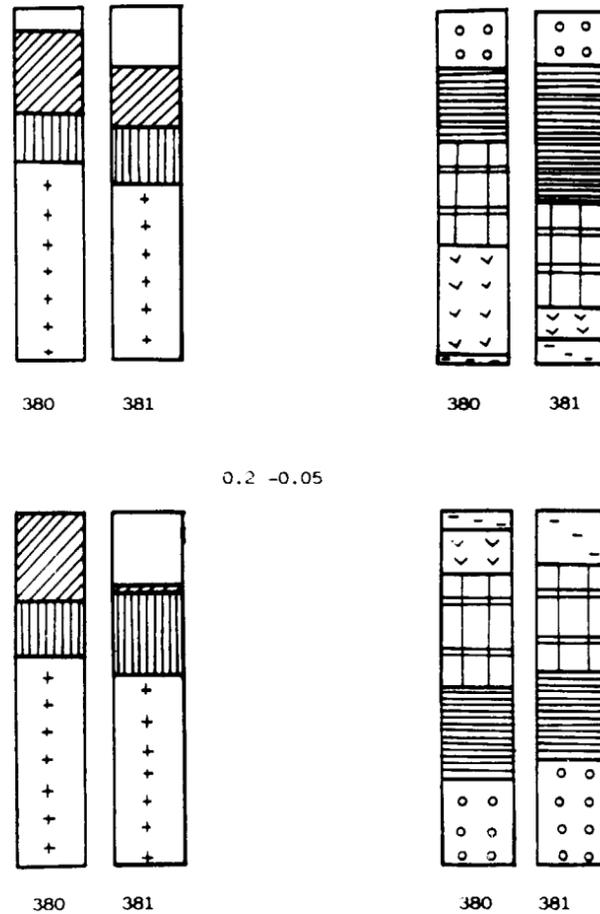


Figura 8.—Mineralogía de arenas. Perfil VII.

esmeclitas. Ahora bien, la génesis de estos minerales ha sido objeto de controversia en el caso de presentarse en medios ácidos. Por ello, previamente a esta discusión, vamos a realizar un breve repaso de la literatura existente sobre este tema. Se ha considerado que, en general, las esmeclitas no se forman en medios ácidos al ser inestables. MILLOT (1970) señala que la montmorillonita se destruye rápidamente en suelos con lavado intenso, limitando su génesis a ambientes básicos. Anteriormente, BARSHAD (1964) y GRIM (1968) reconocieron que las condiciones básicas favorecen la formación de esmeclitas y las ácidas de caolinita. KITTRICK

(1971) y DOUGLAS y FIESSINGER (1971) reconocen que la estabilidad de las esmeclitas disminuye cuanto más bajo es el pH.

Sin embargo, se han citado esmeclitas en suelos ácidos (DOUGLAS, TRELA, 1979); (NASH, 1979). VICENTE et al. (1977) han descrito la formación de esmeclitas a valores de pH de 3.24 y 3.90. ROBERT y VENEAU (1978) señalan que cuanto más aluminica es la arcilla la estabilidad en condiciones ácidas aumenta. HSU (1977) apunta que a pH bajo no es probable que se formen polímeros de Al. Parece que también corrobora la formación de esmeclita la presencia de materia orgánica al complejar el Al.

BISDOM et al. (1982) estudian las transformaciones que sufre la biotita durante su alteración. En la fase inicial de alteración el agua penetraría por las láminas, pudiendo encontrarse los siguientes componentes:

— Minerales secundarios, en las que se mantendría la estructura original de la biotita: esmeclita y vermiculita.

— Minerales secundarios formados por soluciones tras la alteración. Caso de la caolinita.

La transformación estructural se resume en: pérdida de K interlaminar, que es compensado por cationes de cambio hidratados, formándose así minerales 2:1 expandibles (FANNING, KERAMIDAS, 1977). Esto puede suceder por alteración de láminas o por alteración de puentes. Tan pronto como las láminas se abren, se forman varios tipos de capas mixtas o minerales interestratificados, por ejemplo, biotita-vermiculita y biotita-esmeclita. En el caso de la alteración por puentes se forman intergradados, por ejemplo biotita-vermiculita. Si todo el K es reemplazado, el nuevo mineral es la vermiculita, si la carga por unidad es mayor de 1.2; y esmeclita si es menor de 1.2. Ópticamente esta alteración conlleva una parcial decoloración a amarillo pálido, pérdida de pleocroísmo, decrecimiento de birrefringencia, así como desaparición de moteados. Micromorfológicamente, en las fases iniciales de la alteración, la biotita se abre a lo largo de los planos de clivaje y subsecuentemente muestra exfoliación paralela a (001). Cuando aumenta el estrés interno los granos se abren en planos perpendiculares al (001). Estas etapas iniciales se producen sin coloración, relacionándose con la liberación de K. En la etapa siguiente aumenta el área de

TABLA 5

Estimación semicuantitativa de la mineralogía de la fracción < 2 μ m.

Perfil	Horizonte	Muestra	Esmeclita	Mica	Caolinita	Interestr.
I	A	364	×	×	in	×
	B	365		×	in	×
	C	366	×	×	in	×
II	B	367	×	×	×	
	A	368	×	×	×	
	B	369	×	×	×	
III	A	370	×	×	×	
	B	371	×	×	×	
IV	A	372			×	×
	B	373			×	×
	C	374		in	×	
V	A			×	×	
	B			×	×	
VI	A	378	×	×	×	
	B	379	×	×	×	
VII	A	380	×	×	×	
	B	381	×	×	×	

××× Muy abundante

×× Abundante

× Presente

in Indicios

alteración. Se ha estudiado por SEM la exfoliación y el cracking de micas alteradas. CURMI (1979) encuentra que la alteración de biotita conlleva pérdida de Fe, K y Mg, mientras Si y Al permanecen.

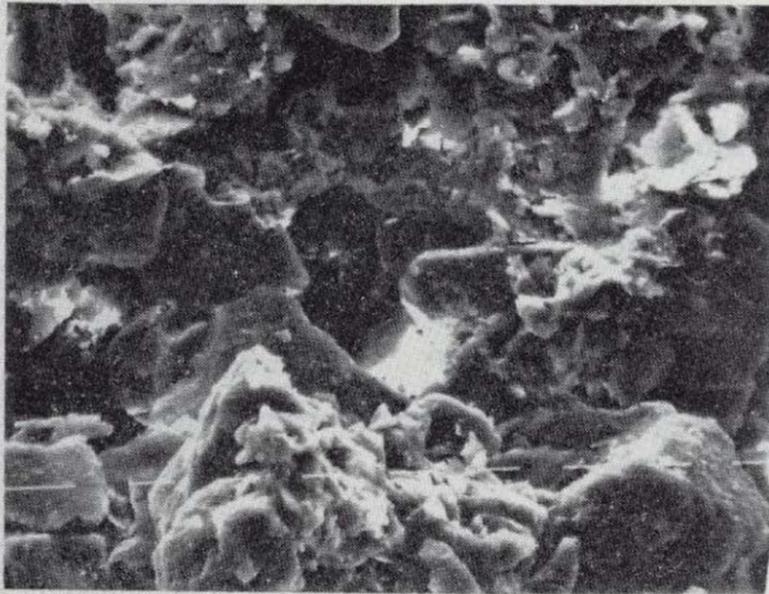
Transformaciones isomorfas o mesomorfas de biotita a esmeclita han sido observadas en alteración de granitos, teniendo esta esmeclita el mismo tamaño que la biotita original, de tal manera que se interpreta que cada cristal de biotita ha sido reemplazado por un cristal de esmeclita. Se reconocen dos etapas sucesivas en la alteración de biotita a esmeclita: oxidación del hierro, el cual sale de la estructura, actuando entonces como pigmento. A continuación se produce una decoloración del grano como resultado de lo anterior, esto es, disolución y extracción de Fe. De este modo la esmeclita aparece en los bordes de los granos de la biotita (alteración pe-

riférica) o bien como capas interlaminares irregulares (alteración en bandas). La esmeclita así formada es inestable y sufre roturas mecánicas, fragmentándose, por lo que fácilmente puede movilizarse.

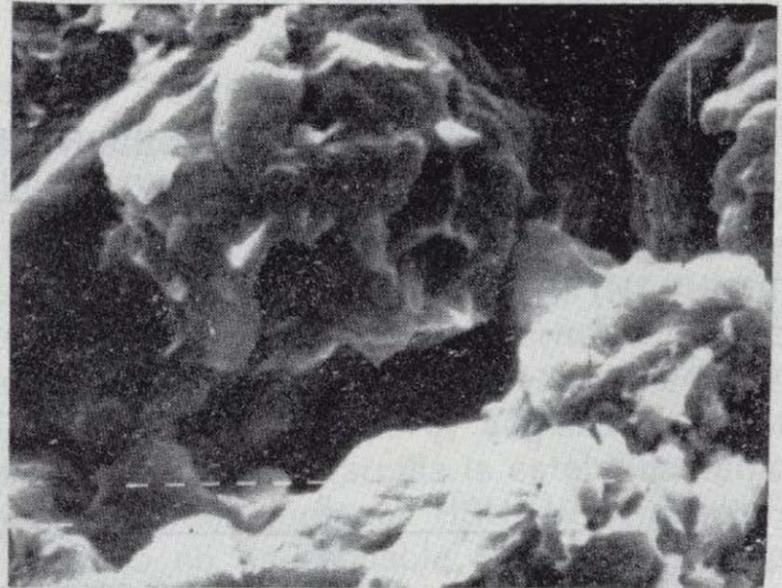
La transformación pseudomórfica de biotita a caolinita ha sido ampliamente tratada por STOH y SIKORA (1976), y a este trabajo nos remitimos.

Las observaciones obtenidas en lámina delgada (láminas 1 y 2), en los suelos estudiados, indican que una de las fuentes de formación de arcilla es a partir de la alteración de biotita y feldspatos que conlleva la génesis de esmeclitas y caolinitas. Los «coatings» de arcilla en grietas y huecos deben proceder en muchos casos de la alteración citada, ya que se restringen fundamentalmente a los alrededores de la zona de alteración.

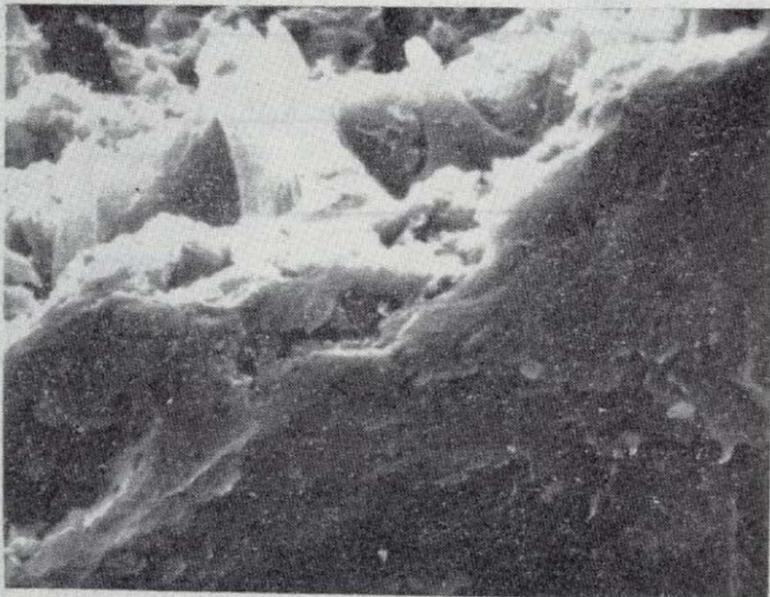
a



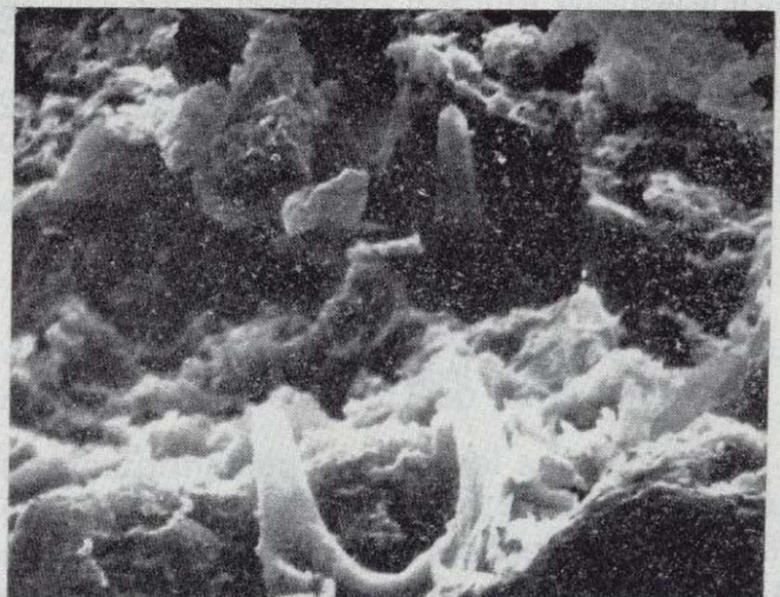
b



c



d



e



f



Detalles al M. E. B. de las muestras 368 y 369 correspondientes al PERFIL II.

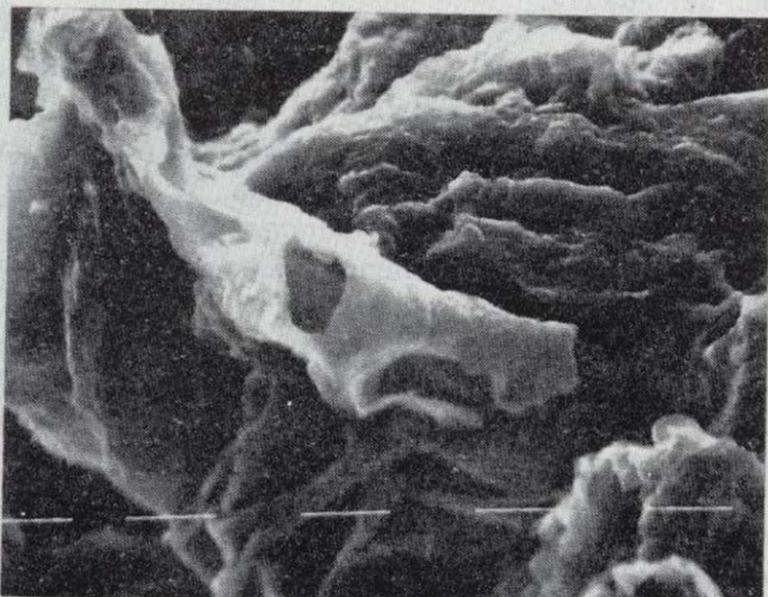
- a. Morfología en general de la muestra 368 sobre muestra no perturbada.
- b. Detalle de alteración de mica y de huecos de alteración de la muestra 368.
- c. Detalle de continuidad de la muestra 369 en la alteración de feldspatos hacia esmectita (vista pseudo-transversal).

Detalle de la anterior.

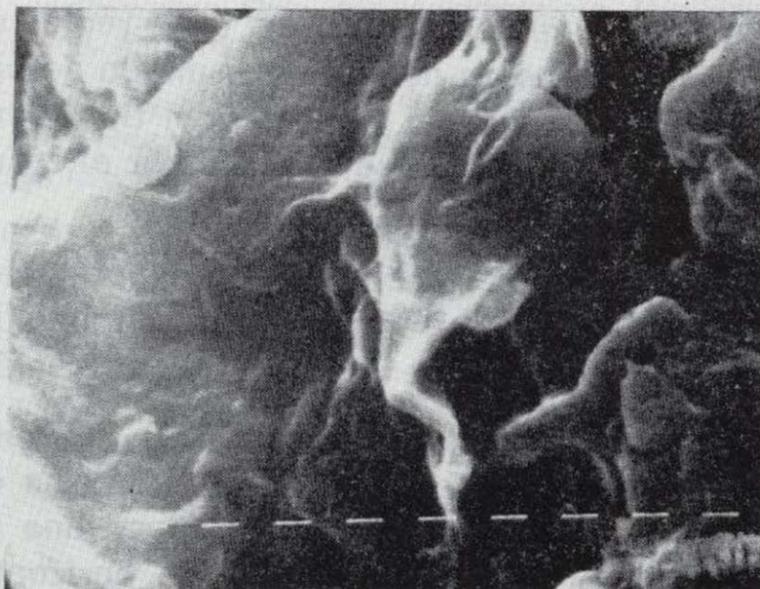
- d. Detalle de la anterior.
- e. Observación de alteración de mica según vista transversal.
- f. Ligero abarquillamiento de la mica que puede ser considerada ya como esmectita.

FOTOS LAMINA 2

a



b



c



d



e



f



Detalles al M. E. B. de las muestras 380 y 381 correspondientes al PERFIL VII.

a. Alteración de biotita correspondiente a la muestra 380.
b. Pliegues de tendencia a esmectita.

c. Poro con arcilla a su alrededor.

d. Alteración intensa en muestra 381.

e. Alteración de biotita y poro con arcilla a su alrededor.

f. Hueco y alteración por abarquillamiento.

CONCLUSIONES

Los suelos con gradiente textural de la región de Madrid generalmente no son el resultado de una alteración avanzada con procesos del tipo ilimerización o lavado; tampoco parecen ser el resultado de discontinuidades sedimentarias.

Los horizontes superficiales no difieren química y mineralógicamente en gran manera de los subsuperficiales; tampoco en su grado de alteración.

No se detectan cambios cualitativos en la tipología de arcillas, de manera que los procesos de edafogénesis parecen haber actuado en una dirección similar para ambos tipos de horizonte.

Ahora bien, la escasa presencia de revestimientos de iluviación apuntan a que el proceso iluvial no puede ser la causa fundamental de la diferenciación textural; de esta manera dicho proceso, aun siendo suficientemente importante (por ejemplo, respecto a la clasificación de estos suelos), puede considerarse secundario en génesis.

Por el contrario, la diferenciación textural más bien parece proceder de una edafogénesis específica, ligada fundamentalmente a una alteración «in situ» en los horizontes subsuperficiales. Esta alteración, aun cuando también actuaría en los horizontes superficiales, la haría con menor intensidad. De este modo la alteración química es más bien el resultado de la diferenciación textural que su causa. Por tanto, los horizontes B arcillosos deberían ser considerados más bien como horizontes de alteración.

En siguientes trabajos se discutirán todos los posibles procesos que pueden intervenir en la génesis del contraste textural de estos suelos.

REFERENCIAS

- BARSHAD, I. (1964): *Soil Development*. En: *Chemistry of the soil*. Ed. Bear. Reinhold. Nueva York, 1-70.
- BISDOM, P. M.; STOOP, G.; DELVIGNE, J.; CURMS, P., y ALTEMULLER, H. J. (1982): *Micromorphology of weathering biotic and its secondary products*. *Pedology*, XXXII: 225-252.
- CHAPMAN, S. L., y HORN, M. E. (1968): *Parent material uniformity and origin of silty soils in northwest Arkansas*

based on zirconium-titanium contents. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32: 265-271.

CHITTLEBOROUGH, D. J.; WALKER, P. H., y OADES, J. M. (1984): *Textural differentiation in chronosequences from eastern Australia*. I. *Descriptions, chemical properties and micromorphologies of soils*. *Geoderma*, 33: 181-202. II. *Evidence from particle-size distributions*. *Geoderma*, 33: 203-226. III. *Evidence from elemental chemistry*. *Geoderma*, 33: 237-243.

COLMAN, S. M. (1982): *Chemical weathering of basalts and andesites. Evidence from weathering Rinds*. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1246: 51 pp.

CURMI, P. (1979): *Alteration et différenciation pédologique sur granite en Bretagne. Etude d'une toposequence*. Tesis Ec. Nat. Sup. Agr. Rennes, 2: 176 pp.

DOUGLAS, L. A., y FIESSINGER, F. (1971): *Degradation of clay minerals by H₂O₂ treatments to oxidate organic matter*. *Clays Clay Min.*, 19: 67-68.

FANNING, D. S., y KERAMIDAS, V. Z. (1977): *Micas*. En: Dixon y Weed (eds.): *Minerals in soil environment*. *Soil Sci. Soc. Am.*, 159-241.

FULLER, W. H.; KORTE, E.; NIEBLA, E. E., y ALESU, B. A. (1976): *Contribution of the soil to the migration of certain common and trace elements*. *Soil Science*, 122, 4: 223-235.

GARRELS, R. M., y MCKENZIE, I. T. (1971): *Evolution of sedimentary rocks*. Norton y Comp. Nueva York, 397 pp.

GRIM, R. E. (1968): *Clay Mineralogy*. 2. Ed. McGraw-Hill Book Comp. Nueva York, 596 pp.

HSÚ, P. H. (1977): *Aluminium hidroxides and oxihydroxides*. En Dixon y Weed (eds.): *Mineral in soil environments*. *Soil Sci. Soc. Am.*, 99-143.

KITTRICK, J. A. (1971): *Montmorillonite equilibria and the weathering environment*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35: 815-820.

MARTIN, J. L.; CASAS, J.; GUIJARRO, J., y MARTIN, M. T. (1988): *Origen de arcillas aluminicas en horizontes de alteración de materiales graníticos del borde sur de Guadarrama*. *Est. Geol.*, 44: 391-398.

MILLOT, G. (1970): *Geology of clays*. Springer-Verlag. Nueva York, 429 pp.

NASH, V. E. (1979): *Mineralogy of soils developed on Pliocene-Pleistocene terraces of the Tombigbee River in Mississippi*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 43: 616-623.

PEREZ, J. (1965): *Análisis mineralógicos de arenas. Métodos de estudio*. Manuales de Ciencia Actual, 1. CSIC.

ROBERT, M., y VENEAU, G. (1978): *Stabilité des minéraux phyliteux 2/1 en condiciones acides. Role de la composition octaédrique*. *Int. Clay Conf. Developments in Sedimentology*, 27: 385-394.

ROSTAD, H. P. W.; SMECK, N. E., y WILDING, L. P. (1976): *Genesis or argillic horizons in soils derived from coarse-textured calcareous gravels*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 40: 739-744.

SMITH, H., y WILDING, P. (1972): *Genesis of argillic hori-*

zons in Ochraqualls derived from fine textured till deposits of northwestern Ohio and southwestern Michigan. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36: 808-815.

STOCH, L., y SIKORA, W. (1976): *Transformations of mica in the process of Kaolinization of granites and gneisses*. *Clays Clay Min.*, 24: 156-162.

VICENTE, M. A.; RAZZAGHE, M., y ROBERT, M. (1977): *Formation of aluminium hydroxy vermiculite (intergrade) and smectite from mica under acidic conditions*. *Clay Min.*, 12: 101-111.

Original recibido: Mayo de 1990.

Original aceptado: Junio de 1990.

INGENIERIA GEOAMBIENTAL

Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos.

Por F. J. AYALA (*)

RESUMEN

En la última década se han desarrollado en España e Iberoamérica numerosas experiencias en el campo de la Cartografía de Peligros y Riesgos Geológicos. Su estudio revela a menudo confusión o ambigüedad en el uso de los conceptos básicos, problemática que se traslada a los mapas. Dos confusiones frecuentes son las de Peligrosidad y Probabilidad de Ocurrencia y la de Peligrosidad y Riesgo. Sus raíces son idiomáticas, derivadas de la traducción del inglés al español, y conceptuales, derivadas de un desconocimiento de la Ciencia y la Ingeniería de Riesgos. En este trabajo se analiza críticamente la problemática, se dan definiciones rigurosas de conceptos como Peligrosidad y Riesgo, y se establecen los principales tipos de Mapas existentes en el terreno del Riesgo y Peligros Geológicos.

Palabras clave: Mapa de Peligrosidad Geológica, Mapa de Pérdidas, Mapa de Riesgos Geológicos, Peligro Geológico, Peligrosidad Geológica, Pérdidas, Probabilidad de Ocurrencia, Riesgo, Tipo de Mapas, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

In the last decade many experiences have been developed in Spain and Latin-American in the field of Geological Hazards and Risk Mapping. Its study often reveal confusion or ambiguity in the use of basic concepts. This problematics is often transferred to maps. Two frequent confusions are Dangerousness (English translation of Spanish word «Peligrosidad» used as translation of Hazard) and Probability and Dangerousness and Risk. The roots of problem are linguistics derived form translation of English words (especially Hazard) to Spanish and of concept, derived from ignorance or Risk Science and Engineering. In this paper, the problems are critically analyzed and rigorous definitions of concepts in Spanish are given. Also, the types of maps in the field of Geological Hazards and Risks are established.

Key words: Dangerousness, Geological Hazard Map, Geological Risk Map, Hazard, Loss, Losses Map, Map Kinds, Probability, Vulnerability, Risk.

ANÁLISIS CRÍTICO DE ALGUNAS CONCEPCIONES DE PELIGROSIDAD Y RIESGO

En los trabajos sobre Riesgos Naturales se emplean varios conceptos como Riesgo, Peligrosidad, Vulnerabilidad, Recurrencia, Predicción, etc. El análisis de su uso y de las definiciones de los mismos revela significados diferentes como se verá.

Antes de comenzar la exposición de los conceptos españoles, es necesario exponer el concepto *Geological Hazard*, tal y como se define en inglés, ya que resulta esencial para comprender

(*) Ingeniero de Minas. Área de Ingeniería GeoAmbiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Ríos Rosas, número 23. 28003 Madrid. Fax: 442 62 16.

la problemática en español. Según el U. S. Geological Survey (1977), es:

«Una condición geológica, proceso o suceso potencial que supone una amenaza a la salud, seguridad o bienestar de un grupo de ciudadanos o a las funciones o economía de una comunidad o entidad gubernamental mayor.»

Para LUNDGREN (1986), un terremoto que no afecta a nadie es un «Evento» (Suceso), no un «Geological Hazard». Dado el significado español de Suceso, cuando se habla de fenómenos dañinos, asimilado a daño, desastre, parece difícil su utilización con el sentido americano, puesto que corresponde a la materialización de un Peligro. En este sentido, se puede sustituir por «Evento».

Hazard suele traducirse en español por «Peligrosidad», cuya definición veremos después, o por «Peligro».

AYALA (1988) da la siguiente definición de *Peligro Geológico*:

«Todo proceso, situación o suceso en el Medio Geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos.»

Para los Peligros Inducidos puede emplearse también *Peligro Geotécnico*, por ejemplo, el Deslizamiento inducido por una excavación, la Expansividad, la Agresividad del Yeso al Hormigón.

Respecto al empleo del término «Hazard», existen diversos casos.

Para VARNES (1984), «Hazard» es «la Probabilidad de ocurrencia dentro de un período de tiempo determinado y en un área específica, de un fenómeno potencialmente dañino». Esta Probabilidad (P) es introducida en la ecuación del Riesgo Total (R_t) en la forma que se verá más adelante.

LUNDGREN (1986) distingue «Hazard» de «Risk», definiendo como característica central de «Hazard»:

«El potencial de producir daño que se pone de manifiesto en interacciones entre hombre y naturaleza a tecnología.»

LUNDGREN (1986) critica el empleo de forma equivalente de «Hazard» y «Risk» y se muestra partidario de diferenciar Risk, Hazard, Probabilidad y Suceso (nótese que según la definición del USGS, Hazard se refiere sólo a Eventos Potenciales).

RAHN (1986) define «Hazard», sea geológico o de otro tipo, como «*Peligro* Potencial para la vida humana o propiedad», y Desastre como la realización de un «Hazard».

En España, UDIAS y MEZCUA (1986), refiriéndose a terremotos, establecen que la *Peligrosidad* es:

«La Probabilidad de ocurrencia de una cierta intensidad o movimiento del suelo».

MARTIN (1986) ha utilizado indistintamente «Peligrosidad» y «Riesgo» en el estudio del Riesgo Sísmico en Andalucía, entendiéndolos como «La Probabilidad... de que se supere en el emplazamiento considerado una intensidad dada». Al definir el «Nivel de Riesgo» da la Probabilidad, por ejemplo 1/500. En el mismo trabajo utiliza el concepto «Daño» para designar las pérdidas humanas y materiales habidas en un determinado terremoto.

CENDRERO (1988) se refiere a la *Peligrosidad* como relacionada con:

«La mayor o menor Probabilidad de que un determinado proceso afecta a una zona con cierto nivel de intensidad, independientemente de que afecte o no a los seres humanos.»

Comparando las definiciones españolas de Peligrosidad con las norteamericanas de «Hazard» se advierten dos contrastes importantes:

a) En las españolas se hace énfasis en la independencia de que produzca o no daños, mientras que en las norteamericanas se hace referencia explícita a la dependencia, recalándose su relación expresa con daños potenciales a la comunidad.

b) En las españolas se toma la acepción de VARNES (1984) como probabilidad. En USGS (1977), LUNDGREN (1986) y RAHN (1986) el contenido es más amplio y lo único que se indica es que «puede producir daño».

Veamos la definición del término «Risk» en la literatura norteamericana:

ROWE (1977) lo define como:

«El producto de la Probabilidad de Ocurrencia de un suceso peligroso (*hazardous*) por el Costo producido por el mismo.»

Esta definición ha sido utilizada en dos de los escasísimos trabajos relacionados con riesgo cuantitativo que se han publicado: el de MARK y STUART-ALEXANDER (1977) sobre roturas de presas y el de LAIRD et al. (1979) sobre Capacidad del Terreno («Land Capability»).

VARNES (1984) distingue:

— *Riesgo Específico (Rs)*: «Grado de Pérdida esperado debido a un fenómeno natural».

$$R_s = P \times v$$

P = Probabilidad

v = *Vulnerabilidad* (0 — 1: «Grado de Pérdida provocado por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada causado en un elemento o conjunto de los elementos»).

— *Riesgo Total (R_t)*: «Pérdidas debidas a un fenómeno natural concreto». En realidad, como puede apreciarse, se trata de Pérdidas Potenciales Anuales, no Totales.

$$R_t = E \times R_s$$

E = Elementos bajo Riesgo (Personas, cosas con un valor económico).

UDIAS y MEZCUA (1986) emplean el término *Riesgo* (refiriéndose al Sísmico) como un concepto medible en términos económicos que es el conjunto de la Peligrosidad definida por ellos como Probabilidad, quizá siguiendo a VARNES, (1984), y *Vulnerabilidad*, a la que se refieren como «La Probabilidad de que una cierta estructura sufra un daño apreciable». Como se ve, la última definición no cumpliría con las condiciones de homogeneidad de la fórmula (que presumiblemente es el ROWE) para producirse un coste, dado que un coste no puede salir de una operación entre probabilidades. Probablemente, se refieren al Riesgo Específico o Unitario, que en cualquier caso no puede medirse en términos económicos.

Para CENDRERO (1988), «El concepto de *Riesgo* incluye la posibilidad de daños a personas, instalaciones o actividades, por lo que, además de la Peligrosidad, habrá de tener en cuenta la existencia de poblaciones, infraestructuras, etc.». Esta idea expresa cualitativamente los dos elementos básicos del concepto Riesgo en ROWE: Fenómeno y Bienes o Personas Expuestas.

Parece que, en definitiva, norteamericanos y españoles, se refieren al hablar de Riesgo a la acepción de este término en la línea de ROWE (1977).

Hay, sin embargo, una excepción, la de SUAREZ (1989). Para él, hay dos conceptos a través de los cuales «el riesgo geológico es parametrizado». De un lado, «Nivel de riesgo», que «es igual a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno geológico que la origina»; de otro lado, el «Nivel de gravedad» que «ilustra de manera cualitati-

va... las consecuencias que conllevaría... el que se produjera la incidencia cuya probabilidad de ocurrencia viene marcada por el nivel de riesgo». De la comparación con los conceptos expuestos por los autores españoles antes citados, puede deducirse que emplea «Nivel de riesgo» de forma equivalente a la de Peligrosidad en estos autores. «Nivel de gravedad» es empleado de forma equivalente a «Daño potencial».

FOURNIER D'ALBE (1979) define el *Índice de Riesgo*, IR:

$$IR = V \times v / P \text{ (Ptas/año)}$$

V = Valor (Ptas.).

v = Vulnerabilidad

p = Periodicidad (años)

Tanto V como v son de estimación difícil, a menudo incluso para aseguradores (ORTEGA, 1988).

OTROS CONCEPTOS DE ANALISIS DE RIESGO

Suelen emplearse en los Mapas de Riesgos los conceptos:

— *Riesgo Actual*: Proceso actuante (por ejemplo, un deslizamiento activo).

— *Riesgo Potencial*: Proceso o situación potencialmente dañina.

Daño que tanto el concepto de Peligro como el de Riesgo en el sentido de ROWE (1977) y los Seguros son siempre Potenciales, es conveniente emplear el término *Proceso*.

Otros conceptos son los relacionados con *Pérdidas o Daños*, referidos a vidas humanas o a daños a instalaciones o actividades. Pueden ser *Potenciales (P_v)*, que pueden referirse a un año, en cuyo caso coinciden con el Riesgo definido por ROWE (1977), o referirse a un período de años, siendo en tal caso

$$P_v = R \times T$$

R = Riesgo (ptas/año)

T = Tiempo (años).

AYALA et al. (1987) han utilizado este concepto para estimar las Pérdidas Potenciales por Riesgos Geológicos en España para un período de 30 años (1986-2016).

Las *Pérdidas o Daños Actuales* se refieren a un evento concreto.

Todo Peligro puede presentar una *Intensidad*. En el caso de los Terremotos se mide en los sismógrafos (Magnitud) o se deduce de las observaciones de daños (Intensidad, p. d.). Para los Volcanes existen varias escalas (Volumen de la Emisión, Explosividad, etc.) pero al haber varios fenómenos que pueden producir daño (lahares, oleadas piroclásticas, etc.), su definición es variable y problemática. Otro tanto sucede con los Deslizamientos y Desprendimientos. En Avenidas se define directamente en relación con la Velocidad y la carga Sólida.

El *Período de Retorno o Recurrencia (Tr)* es el intervalo medio con el que se produce un Evento de una determinada Intensidad (Terremoto), o de cualquier Intensidad (Movimiento de Ladera, Erupciones).

Dado el carácter poco cíclico de los sucesos, se trata de un concepto estadístico medio. El que se haya producido una Avenida de 500 años, no quiere decir que la próxima se presente a los 500 años. El uso de la Teoría de la Probabilidad puede resultar útil, así como el Análisis de Series Temporales, pero su utilidad real es problemática y ha causado más de un desastre.

Predicción y Previsión suelen emplearse de forma equivalente en la referente a Riesgos, y, obviamente, se refieren a anticipaciones de base científico-técnica, que definen:

— Tipología del Riesgo.

— Intensidad.

— Momento.

— Lugar.

Los *Mapas de Peligros o Peligrosidad* son la *materalización de la Predicción o Previsión Espacial, y a menudo Tipológica*.

Según el método utilizado puede hablarse de *Predicción Estadística* (por análisis de observaciones) o *Instrumental*.

ALTERNATIVAS AL PROBLEMA

Tanto «Hazard» como «Risk» en el inglés corrien-

te se traducen como Riesgo, Peligro. «Risk», además, es la palabra utilizada en Seguros, con un contenido aproximado al establecido en la fórmula de ROWE que vimos antes.

Algunos autores españoles han tratado de buscar una palabra más que sirviera para tener dos en español, al igual que ocurre en inglés. Como se ha indicado más arriba, esta palabra ha sido «Peligrosidad». En inglés, Peligrosidad es «Dangerousness», no empleada en estas disciplinas.

Según el Diccionario, en español «*Riesgo*» es:

«Contingencia o proximidad de un daño» y «*Peligro*»:

«*Riesgo Inminente* de que suceda algún mal».

Como puede verse, el Peligro, concreción de la Peligrosidad, tiene un carácter de Riesgo Acentuado, Inminente. Sin embargo, tanto para UDIAS y MEZCUA (1986), como para CENDRERO (1988), justamente lo que diferenciaría la Peligrosidad del Riesgo es que la Peligrosidad no tiene por qué afectar a la comunidad, no tiene por qué producir daños, y es simplemente una Probabilidad mayor o menor, no algo inminente, casi cierto. Como puede verse, se trata de un uso exactamente opuesto al significado en español de Peligro y Riesgo, de una transposición del significado de Riesgo al de Peligro, y viceversa. Esto, como se verá más adelante, no quiere decir que el concepto no sea útil.

Para designar la Probabilidad de Ocurrencia (inversa del Período de Recurrencia o de Retorno), debe justamente emplearse Probabilidad de Ocurrencia, que es un término claro y preciso, cuyo lugar han ocupado a veces, incomprensiblemente, el término «Peligrosidad», o el de «Nivel de riesgo» (SUAREZ, 1989).

Quizá, en el fondo de las posibles razones que motivaron la introducción del término «Peligrosidad», está el deseo de reservar una palabra para las cuantificaciones económicas o sociales, que no puede ser otra que Riesgo. Esto es lo que podría deducirse de la argumentación de UDIAS y MEZCUA (1986) y CENDRERO (1988). Realmente, en el terreno de la Cartografía de los Riesgos Naturales, son escasísimos los trabajos de previsión de Pérdidas, aunque sí existen en el caso de los Desastres.

Los intentos de cuantificación rigurosa con in-

roducción de probabilidades, se mueven dentro de importantes incertidumbres. De hecho, no existen prácticamente mapas de Riesgos, en el sentido cuantitativo de ROWE (1977), es decir, mapas que reflejen ptas/año o vidas/año. El uso del concepto en sentido cualitativo es, sin embargo, necesario en Cartografía.

En Ingeniería y Gerencia de Riesgos y en Seguros es, sin embargo, necesario el concepto cuantitativo Riesgo en el sentido de ROWE. Subsiste además el problema de la Zonificación en Niveles de las diversas áreas expuestas a Riesgo, problema fundamental en Cartografía, aplicada a la Ordenación Territorial y Protección Civil. Este problema, verdadera clave de los Mapas de Riesgos, ha sido abordado sucesivamente en Francia por los Mapas ZERMOSS (1975-80) con el concepto «Gravedad del Riesgo», y los PER (desde 1982) en dos pasos sucesivos que definen respectivamente Probabilidad («Aleas») y Vulnerabilidad (CHAMPETIER, 1987). La existencia de estas necesidades da sentido a la utilización en español de dos conceptos diferentes que denotan cualidades distintas, apuntada en los conceptos insuficientemente definidos de los autores comentados.

De una parte, tenemos el conjunto de propiedades físicas de un fenómeno que puede o no

producir daños: Tipología, Probabilidad de Ocurrencia, Dimensión espacial y temporal e Intensidad. De otra, cuando este fenómeno puede realmente afectar a bienes o personas con una determinada Vulnerabilidad habrá unos Daños Potenciales Anuales.

Al primer concepto, una vez caracterizado, y a pesar de su falta de corrección lingüística, puede, dada la difusión existente «de facto» y su utilidad, denominarse *Peligrosidad*. Definiría las cualidades que hacen peligroso a un Peligro, tal como ha sido definido por ejemplo por AYALA (1988). Este empleo es lingüísticamente correcto. El segundo, *Riesgo o Nivel de Riesgo* (no en el sentido de SUAREZ, 1989) debe notarse que se utiliza en singular, dado que se trata de una cualidad o magnitud abstracta, medible en pesetas/año o vidas/año, independientemente de que se trate de Inundaciones o Terremotos. Este segundo concepto puede también utilizarse en sentido cualitativo-valorativo, por ejemplo, admisible o no admisible, como sucede en los Mapas Normativos. De acuerdo con esto, se ha elaborado la figura 1 y el cuadro I.

En la figura 1 puede verse cómo en directa correspondencia con los conceptos fundamentales de la Ciencia e Ingeniería del Riesgo los tipos fundamentales de Mapas en esta disciplina, son:

CUADRO I
Equivalencia entre términos españoles e ingleses

CONCEPTOS			Daño
	Ingleses	Españoles	
CUALITATIVOS	Hazard	Peligro Peligrosidad	Potencial
	Disaster	Desastre	Efectivo
	Event	Evento	Efectivo
CUANTITATIVOS O SEMICUANTITATIVOS	Risk	Riesgo Pérdida o Daño Potencial, Nivel de Riesgo	Potencial
	Loss	Pérdida o Daño	Efectivo

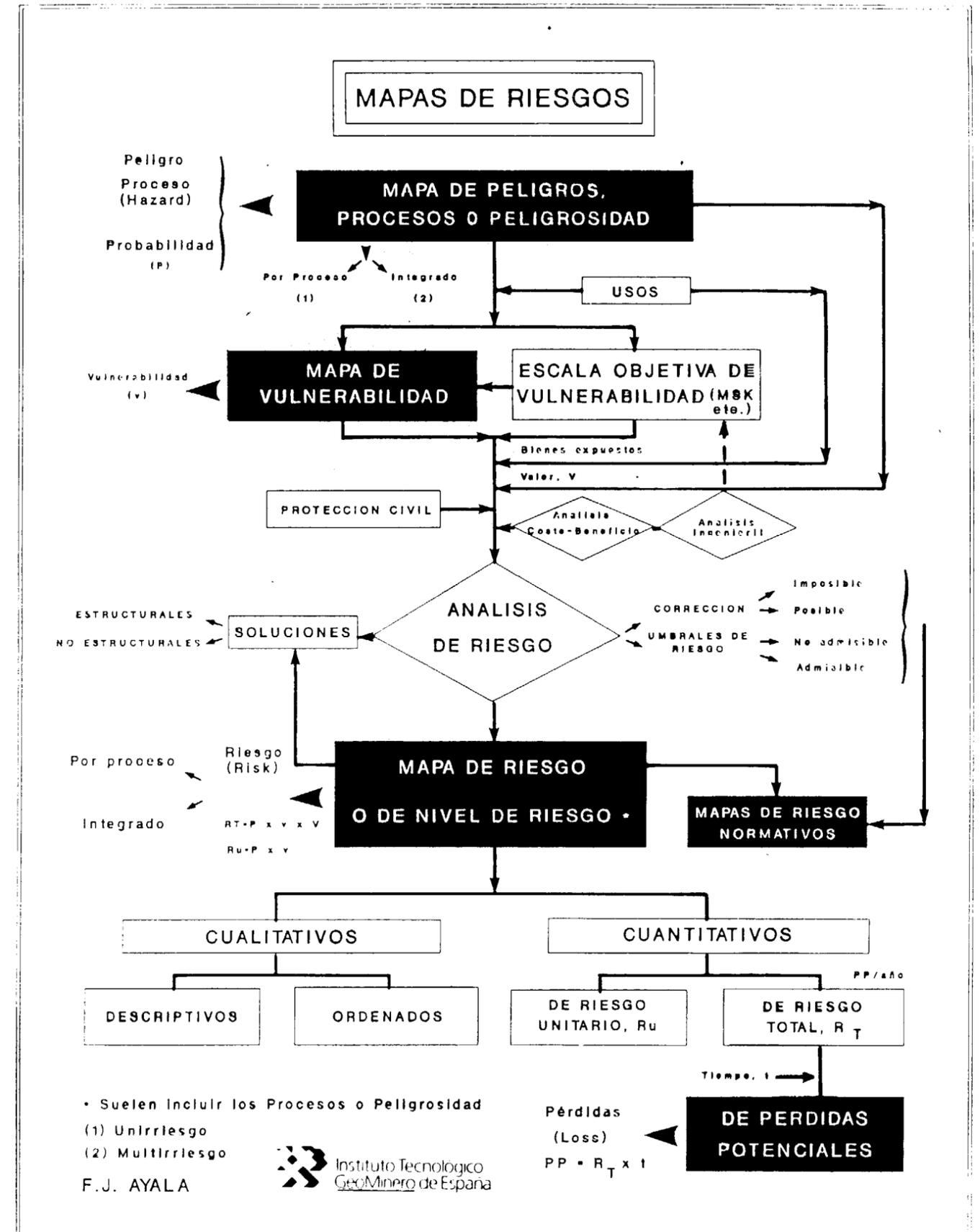
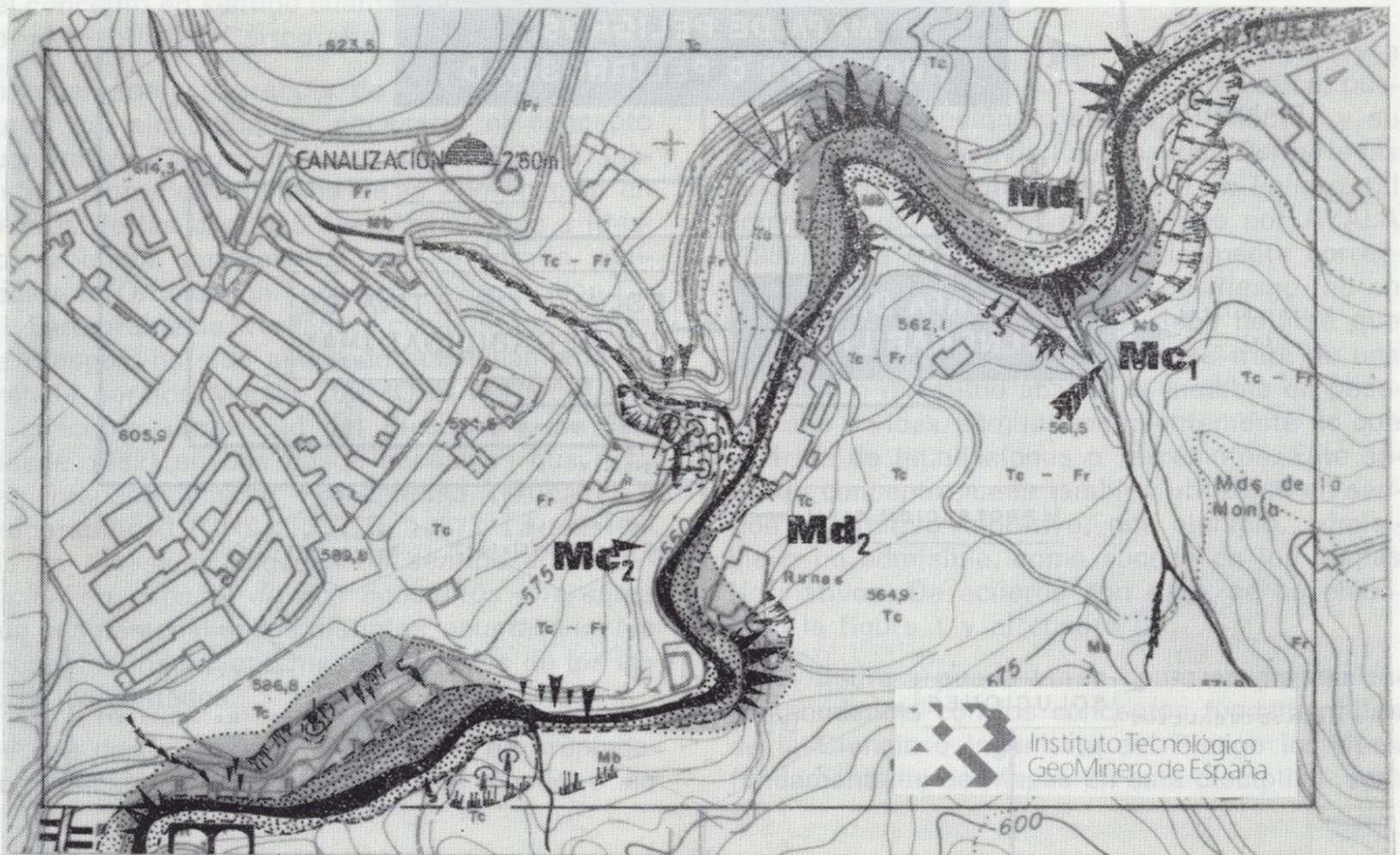


Figura 1.—Tipos fundamentales de Mapas de Riesgos.

- Mapas de Peligros o Peligrosidad.
- Mapas de Vulnerabilidad.
- Mapas de Riesgo.
- Mapas de Pérdidas.

En la práctica los más numerosos, con amplia diferencia, son los de Peligros o Peligrosidad Geológica.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se han representado

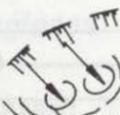
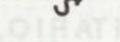


ZONAS INUNDABLES

Periodo de retorno: 25 años 
 500 años 

MOVIMIENTOS DE LADERA ASOCIADOS

DESLIZAMIENTOS

Cabecera del deslizamiento 
 Deslizamiento profundo 
 Deslizamiento superficial 
 Procesos de reptación 

PUNTOS CONFLICTIVOS

Sección insuficiente 
 Accesos cortados 
 Árboles caídos sobre el cauce. 
 Resesamientos 

DESPRENDIMIENTOS

Desplomes por socavación 
 Caída de bloques 

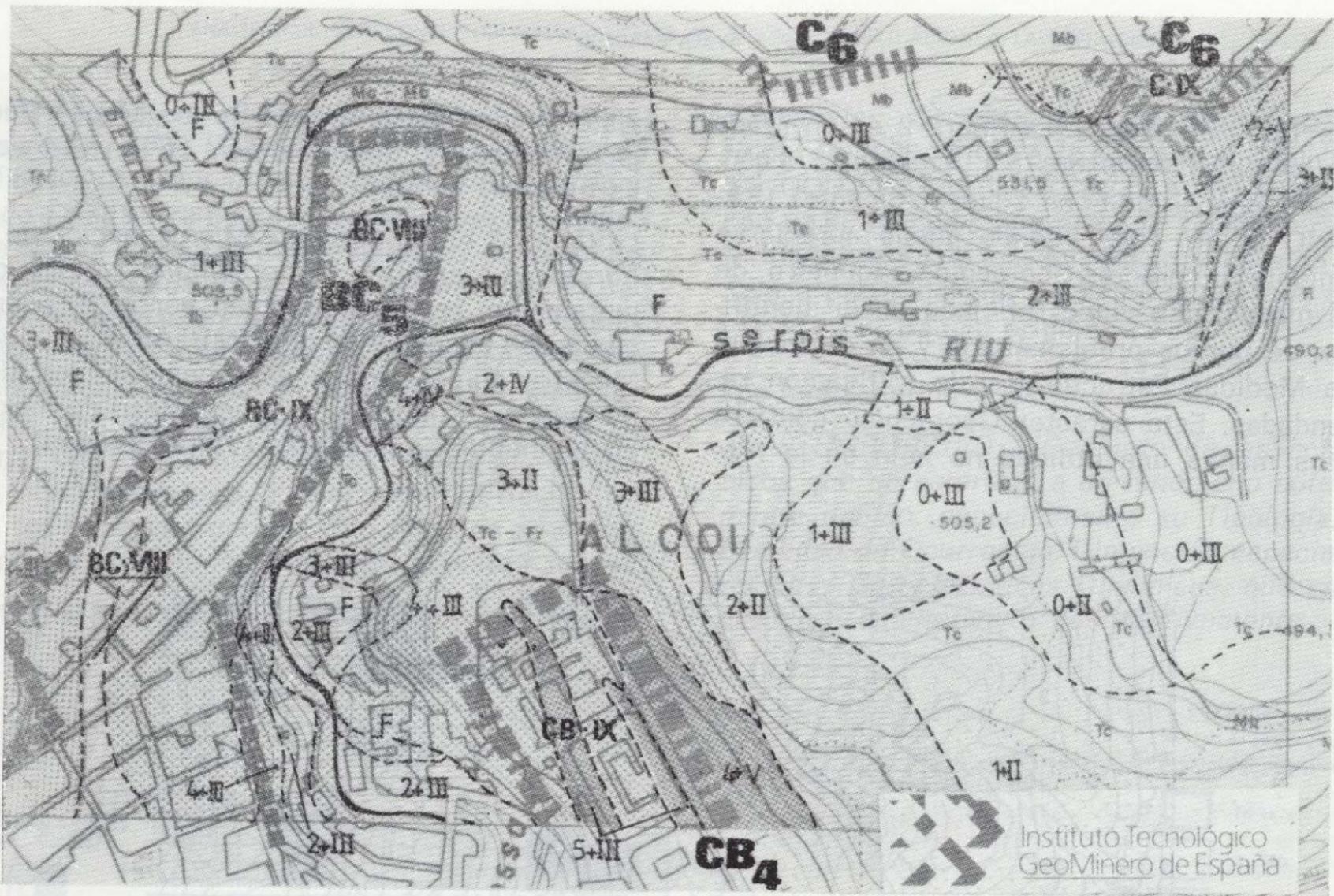
PROCESOS DE EROSION ACTIVA

Incisión profunda o acarcavamiento 

RECOMENDACIONES. MEDIDAS

Muro de contención de 1er orden .. **Mc₁**
 Muro de defensa de 2.º orden **Md₂**

Figura 2.—Mapa de Peligrosidad y Riesgo por Avenidas 1/5.000 de Alcoy (Alicante). El carácter de Mapa de Riesgo le viene conferido por la inclusión de Puntos Problemáticos, que implica un Análisis de Riesgo (BARETTINO et al., 1989).



Peligrosidad sísmica (Amplificación)

POR FACTOR TOPOGRAFICO	5	5-0	5-I	5-II	5-III	5-IV	5-V
	4	4-0	4-I	4-II	4-III	4-IV	4-V
	3	3-0	3-I	3-II	3-III	3-IV	3-V
	2	2-0	2-I	2-II	2-III	2-IV	2-V
	1	1-0	1-I	1-II	1-III	1-IV	1-V
		0-0	0-I	0-II	0-III	0-IV	0-V
		0	I	II	III	IV	V

ORDEN DE AMPLIFICACION POR APTITUD DEL TERRENO

VULNERABILIDAD SISMICA

PELIGROSIDAD ► INTENSIDAD M.S.K. ESPERADA

	1 - VII	2 - VIII	3 - IX
B	B-VII	B-VIII	B-IX
BC	BC-VII	BC-VIII	BC-IX
CB	CB-VII	CB-VIII	CB-IX
C	C-VII	C-VIII	C-IX
	baja	media	alta

CB₅ Tipo de edificación y altura dominante.

1..4 De menor a mayor amplificación esperada.

C- Predominio absoluto de edificaciones de tipo C

CB- Predominio de edificaciones de tipo C sobre tipo B

B- Predominio absoluto de edificaciones de tipo B

BC- Predominio de edificaciones de tipo B sobre tipo C

EDIFICACIONES DE TIPO B:
De tapial o ladrillo, con muros de carga. (rígidas).

EDIFICACIONES DE TIPO C:
Con estructura de hormigon armado. (flexibles).

Figura 3.—Mapa de Microzonación de Peligrosidad y Vulnerabilidad Sísmica de Alcoy 1/5.000. Para la Vulnerabilidad Estructural, se ha empleado la Escala M. S. K. (MULAS et al., 1989).

varios Tipos de Mapas. La figura 2 es un *Mapa de Peligrosidad y Riesgos por Avenidas* 1/5.000, realizado por el ITGE en Alcoy (Alicante) (BARETTINO et al., 1989), donde puede apreciarse claramente el carácter Geotécnico, Ingenieril, de estos mapas, que viene reflejado en la identificación de puntos problemáticos y en el conjunto de Medidas Estructurales de Mitigación recomendadas. Este carácter Geotécnico confiere a estos mapas una utilidad no sólo en la Pre-

visión (como sería el caso de los Mapas Geológico-Aplicados), sino también en la Mitigación Estructural.

La figura 3 es un *Mapa de Microzonación de Peligrosidad Sísmica y Vulnerabilidad* 1/5.000, conjuntamente, realizado también por el ITGE en la ciudad de Alcoy (Alicante) (MULAS et al., 1989). Muestra cómo pueden superponerse dos tipos de mapas en uno solo y la necesidad de introducir elementos ingenieriles (Vulnerabilidad).

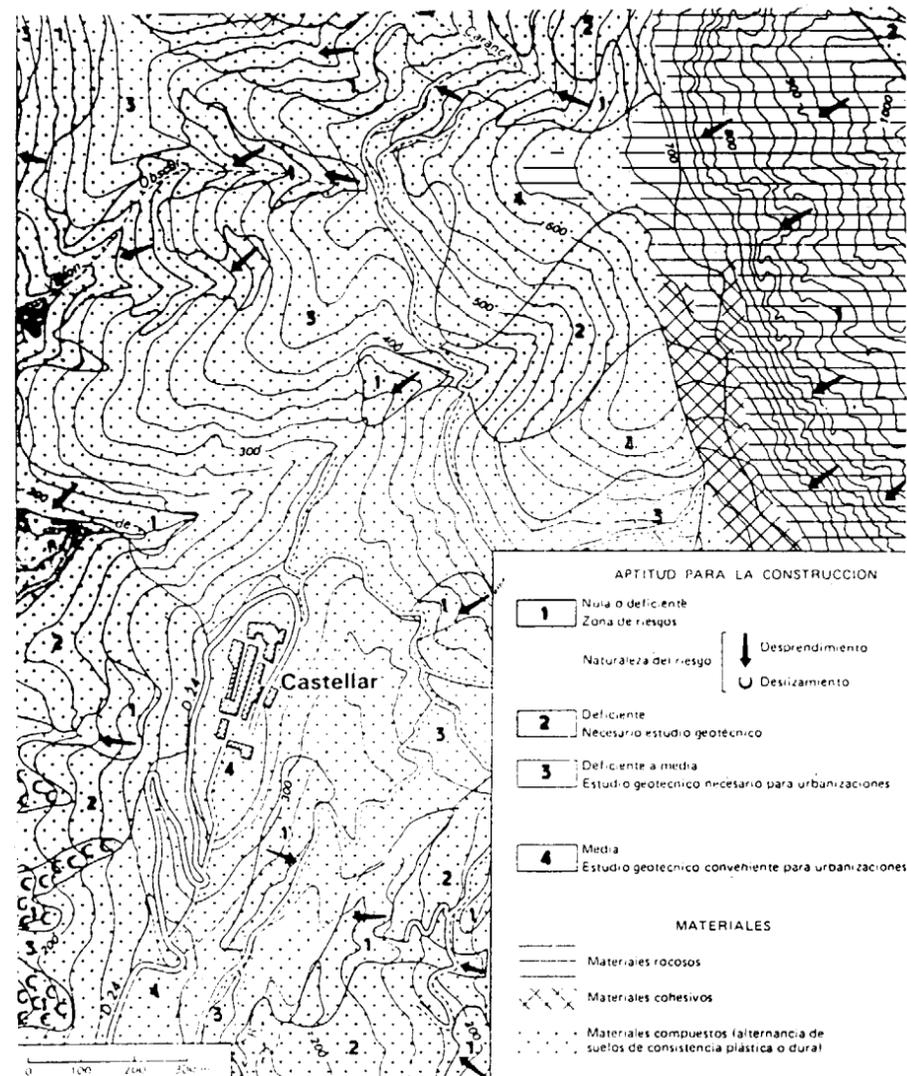


Figura 4.—Mapa de Peligrosidad y Riesgo Geológico-Geotécnico de carácter Normativo. Pueden verse las Prescripciones impuestas para nuevas construcciones, dentro del Plan de Ocupación de Suelos, fruto de un Análisis Cualitativo del Riesgo (MENEROUD, 1978, in RODRIGUEZ ORTIZ, 1980).

La figura 4 es un Mapa de Aptitud para la Construcción 1/5.000 (MENEROUD, 1978), que es en definitiva un *Mapa de Peligrosidad y Riesgo* (Evaluado Cualitativamente) Normativo en la medida que regula la realización de estudios geotécnicos complementarios para la aprobación del P. O. S. (Plan de Ocupación del Suelo Francés). Contiene, superpuestos, elementos de Peligrosidad (Desprendimientos y Deslizamientos) y una base litológica simplificada. Resulta obvio que aun de forma cualitativa han debido utilizarse elementos ingenieriles para la valoración del riesgo (como aptitud constructiva). Ello no hace sino confirmar el carácter geotécnico de estos mapas.

La figura 5 es un *Mapa de Pérdidas Económicas*

Potenciales por Avenidas en España para el período de 1986-2016, realizado por el ITGE (AYALA, GONZALEZ VALLEJO et al., 1987). Este Mapa, con unas sencillas operaciones, puede ser transformado en un Mapa de Riesgo y ha sido obtenido a partir de uno de Peligrosidad que puede verse en el trabajo original.

Por tanto, definiremos:

a) **PELIGROSIDAD:** «Conjunto de aspectos físicos que caracterizan a un fenómeno potencialmente dañino, especialmente su Tipología, Probabilidad de Ocurrencia, Dimensión espacial, Duración y Características Dinámicas, que pueden definirse cualitativa o cuantitativamente».

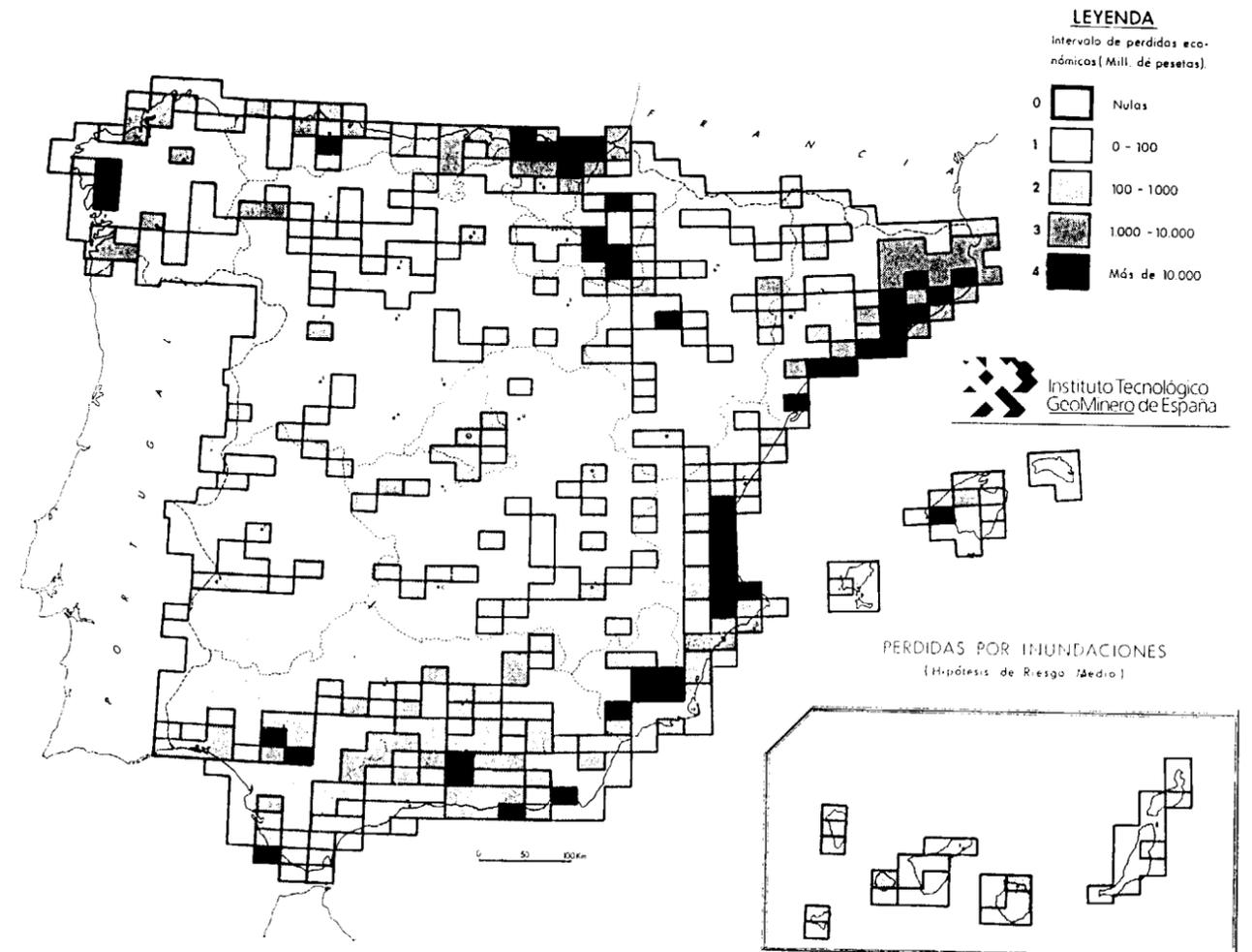


Figura 5.—Mapa de Pérdidas Económicas Potenciales por Avenidas en España para el período 1986-2016. Las Pérdidas se han obtenido partiendo de un Mapa de Peligrosidad y aplicando para cada Hoja 1/50.000 índices estadísticos (AYALA, GONZALEZ DE VALLEJO et al., 1987).

La Peligrosidad de un Terremoto comprende, por ejemplo:

- Tipología: Tectónica intraplaca.
- Probabilidad: 1/5.000 (para la Intensidad concreta).
- Dimensión espacial: Profundidad, Epicentro, Zona afectada.
- Características Dinámicas: Intensidad, Magnitud, Acelerograma.
- Duración.

La de una Inundación, por ejemplo, vendría definida por:

- Tipología: Por desbordamiento (Avenida Fluvial, por ejemplo).
- Probabilidad: 25 años.
- Dimensión espacial: zona inundable.
- Duración: 2 días.
- Características Dinámicas: con aporte de limos, rotura de meandros, tiempo de concentración e hidrograma.

La definición arriba expuesta salvaguarda la idea contenida en UDIAS y MEZCUA (1986) y CENDRERO (1988) de que la Peligrosidad es en principio independiente de la existencia o no de Bienes o Personas Expuestas a Riesgo.

Es interesante observar que el concepto *Peligrosidad*, con un significado equivalente al expuesto, es empleado hace bastante tiempo en *Ingeniería de Seguridad e Higiene en Minería*. Así, por ejemplo, en la Orden del Ministerio de Industria de 7 de julio de 1961, por la que se dictan Disposiciones Complementarias para la Aplicación del Decreto 2540/1960, de 22 de diciembre, por el que se reformó y complementó el Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica («BOE» 169, de 17-7-61), se definen *Índices de Peligrosidad* en relación al polvo, grisú y óxido, de carbono. Estos Índices vienen determinados exclusivamente por factores físicos o químicos, permitiendo una diferenciación entre *Peligrosidad* y *Riesgo*, una vez introducida la Exposición.

El avance en los aspectos conceptuales de los Riesgos Naturales puede beneficiarse sin duda del desarrollo más temprano de la Ingeniería de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

b) *RIESGO O NIVEL DE RIESGO: Daño Potencial Anual producible por un fenómeno potencialmente dañino que puede ser cuantificado en términos económicos o sociales o evaluado cualitativamente.*

Peligrosidad y Riesgo, según la complejidad del Mapa, pueden presentarse unidos o por separado, tal y como se vio antes.

En definitiva, la correspondencia entre términos ingleses y españoles sería la expresada en el cuadro I.

Sería conveniente ir reservando la palabra Riesgo para el concepto definido de forma exclusiva, más arriba, y emplear Peligro (en el sentido definido por AYALA, 1988, por ejemplo), y Peligrosidad en el resto de los casos. Este ha sido el uso dado, por ejemplo, por la Compañía Münchener en su «Mapa Mundial de Peligros de la Naturaleza», ya que para las Compañías de Seguros es vital no confundir Peligro y Riesgo.

En Sismología suele emplearse el término Mapas de Riesgo Sísmico para aquellos mapas en que se representan elementos cuantitativos como la Intensidad, Magnitud o Aceleración previsible para una determinada Probabilidad de Ocurrencia. Este empleo no corresponde con la definición de Riesgo aquí adoptada, que es, en definitiva, la de ROWE, por tanto con el concepto utilizado en Ciencia e Ingeniería de Riesgos, sino con el concepto Peligro o Peligrosidad aquí expuesto. Este empleo produce una clara confusión con el sistema conceptual de la Ingeniería de Seguros. Es por ello, dado que para los aseguradores, desde antes de que estos mapas se realizaran, el concepto Riesgo Sísmico es la Pérdida Potencial Anual Económica o de Vidas Humanas y Accidentados, por lo que parece más clarificador designar a estos Mapas como Mapas de Peligrosidad o Peligro Sísmico. Quizá en el fondo se olvida que la Peligrosidad reúne todo un conjunto de aspectos que pueden expresarse también cuantitativamente, al igual que el Riesgo.

El término «Mapas de Riesgos» puede utilizarse para la pluralidad «Mapas de Peligros o Peligrosidad, de Vulnerabilidad y de Riesgo», pero no para uno singular, que debería designarse por su nombre concreto, por ejemplo, Mapa de Peligrosidad por Avenidas o Mapa de Riesgo por Avenidas. Sin embargo, el empleo de términos

como «Mapa de Riesgo de Hundimiento» para designar en realidad un Mapa de Peligrosidad de Hundimientos, debería irse abandonando para sustituirlo por el término concreto, Peligrosidad, tal y como se ha expuesto para el uso que actualmente se está dando en los denominados Mapas de Riesgo Sísmico, que son en realidad Mapas de Peligrosidad.

REFERENCIAS

- AYALA CARCEDO, F. J., y GONZALEZ VALLEJO, L. I. et al. (1987): *Impacto Económico y Social de los Riesgos Geológicos en España*. ITGE, 91 pp., 24 mapas. Madrid.
- AYALA CARCEDO, F. J. (1988): *Introducción a los Riesgos Geológicos*. In *Riesgos Geológicos*. ITGE, 333 pp. Madrid.
- BARETTINO, D.; GRACIA, A.; PICAZO, M., y AYALA, F. J. (1989): *Estudio de Riesgos de Avenidas en Alcoy*. ITGE. Inf. no publicado.
- CENDRERO, A. (1988): *Riesgos Geológicos, Ordenación del Territorio y Protección del Medio Ambiente*. In *Riesgos Geológicos*. ITGE, 333 pp. Madrid.
- CHAMPETIER DE RIBES, G. (1987): *La cartographie des mouvements de terrain. Des ZERMOS aux PER*. Bull. Liaison LPC, 150-151. Paris.
- FOURNIER D'ALBE, E. M. (1979): *Objectives of volcanic monitoring and prediction*. J. Geol. Soc. London. Vol. 136, pp. 321-326.
- LAIRD, R. T. et al. (1979): *Quantitative Land-Capability Analysis*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 945, 115 pp.

LUNDGREN, L. (1986): *Environmental Geology*. Prentice Hall, 576 pp. N. Y. EE. UU.

MARK, R. H., and STUART-ALEXANDER, D. E. (1977): *Disasters as a necessary part of benefit-cost analysis*. Science, v. 197, pp. 1160-62.

MARTIN, A. J. (1983): *Riesgo Sísmico en la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.

MENEROUD, J. P. (1978): *Expérience de cartographie géotechnique pour les P. O. S. des Alpes-Maritimes*. Annales de L'ITBTP, núm. 355, noviembre, pp. 83-89.

MULAS, J.; GARCIA, A., y PICAZO et al. (1989): *Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en la Ciudad de Alcoy*. ITGE. Inf. no publicado.

ORTEGA, S. (1988): *Gestión de Seguros de Riesgos Naturales*. Apuntes. Curso de Riesgos Geológicos. No publ. ITGE, 1988. Madrid.

RAHN (1986): *Engineering Geology, An Environmental Approach*. Elsevier, 589 pp. N. Y. EE. UU.

ROWE, W. D. (1977): *An Anatomy of Risk*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 488 pp.

SUAREZ ORDOÑEZ, L. E. (1989): *Los riesgos naturales como instrumento de planificación de inversiones*. In *Catástrofes y Sociedad*. MAPFRE. Madrid.

UDIAS, A., y MEZCUA, J. (1986): *Introducción a la Geofísica*. Ed. Alhambra. Madrid.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY (1977): *Proposed procedures for dealing with warning and preparedness for geologic-related hazards*. United States Federal Register, v. 42, núm. 70, pp.19292-96.

VARNES, D. J., et al. (1984): *Landslide hazard zonation, a review of principles and practice*. UNESCO, 63 pp.

Original recibido: Febrero de 1990.

Original aceptado: Marzo de 1990.

Dataciones K/Ar en la unidad magmática de Toledo.

Por A. APARICIO (1); A. GRACHEV (2); E. DRUBETSKOY (3) e I. NOVITSKY (4)

RESUMEN

Por el método K/Ar se realizan varias determinaciones geocronológicas para definir la edad del metamorfismo que afecta a la unidad migmatítica de Toledo. Se analiza el sincronismo de los procesos plutónicos y metamórficos del Sistema Central Español.

Palabras clave: Geocronología, Migmatitas, Metamorfismo hercínico, Toledo (España).

ABSTRACT

Some datations in Toledo migmatites have been obtained by the K/Ar method to establish the synchronism between the plutonic and metamorphic processes in the Spanish Central System.

Key words: Geochronologie, Migmatites, Hercynic metamorphism, Toledo (Spain).

La unidad migmatítica de Toledo descrita por APARICIO (1971) corresponde a un núcleo de alto metamorfismo, fuertemente migmatizado, en la que se distinguen diferentes tipos estructurales de migmatitas (anateixitas, arteritas y agmatitas) y, en menor volumen, otras litologías como esquistos, cuarcitas, mármoles, rocas de silicatos cálcicos, gabros..., etc. El hecho de tratarse de una formación tipo que no tiene correspondencia en el resto del Hercínico Ibérico, junto a las características de los contactos geológicos que la limitan (mediante formaciones miloníticas y sedimentarias) ha hecho muy difícil el establecer unas relaciones temporales más exactas con respecto a otros macizos plutónicos-metamórficos cercanos como el Sistema Central, o bien con el resto del Macizo Ibérico (véase APARICIO y GARCIA CACHO, 1987).

En este contexto resulta necesario, en un primer paso, hacer una evaluación geocronológica de los procesos metamórficos que concluyeron en la formación de las facies migmatíticas y su correlación con otras áreas hercínicas. Para ello se seleccionaron las muestras de migmatitas de los tipos litológicos más abundantes (arteritas y anateixitas), mientras que una tercera muestra se seleccionó de las facies gabroides presentes en la unidad migmatítica, en concreto los gabros de La Bastida, que por su forma de yacimiento y relaciones de contacto con las migmatitas (APARICIO, 1971) representarían una unidad intruida en la serie premetamórfica y posteriormente afectada por la migmatización. En la figura 1 se ha representado un esquema geológico del área donde se localizan las muestras.

Tanto las anateixitas como las arteritas presentan composiciones similares con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita, granate, cordierita y sillimanita, si bien en las facies anateixíticas estos tres últimos minerales aparecen raramente. Los gabros de La Bastida presentan ortopiroxeno, olivino, plagioclasa, biotita, anfíbol e ilmenita. En las tablas 1 y 2 se han expresado las composi-

- (1) Dpto. de Geología. MNCN. CSIC. J. Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.
- (2) Instituto de Física de la Tierra. Academia de Ciencias de la URSS. Moscú.
- (3) Instituto de Geocronología del Precámbrico. Academia de Ciencias de la URSS. Leningrado.
- (4) Instituto de la Litosfera. Academia de Ciencias de la URSS. Moscú.

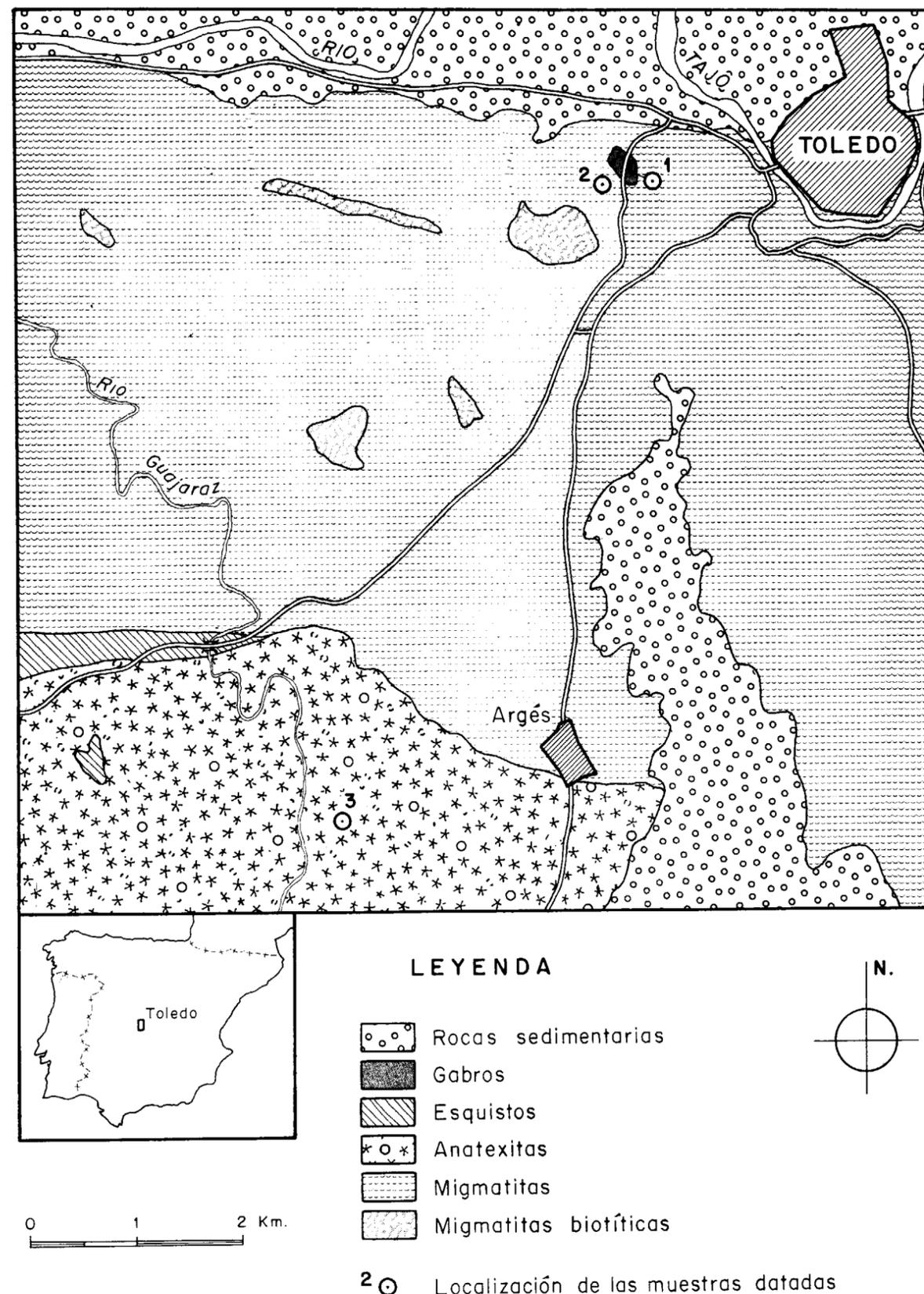


Figura 1.—Esquema geológico del sector de la unidad migmatítica de Toledo donde se localizan las muestras analizadas, según APARICIO (1971).

TABLA 1

Análisis químico de las rocas estudiadas

	Gabro (1)	Arterita (2)	Anatexita (3)
SiO ₂	48.28	60.50	65.00
Al ₂ O ₃	14.55	17.53	16.03
F ₂ O ₃	3.56	1.59	0.73
FeO	7.16	4.03	3.73
MnO	0.16	0.07	0.03
MgO	15.10	1.96	1.65
CaO	6.70	3.59	2.08
Na ₂ O	1.72	3.55	2.64
K ₂ O	0.53	3.89	5.19
TiO ₂	0.93	0.98	1.00
P ₂ O ₅	0.16	1.01	0.46
PC	1.09	1.13	1.10
TOTAL	99.94	99.83	99.64
Rb	19	102	199
Pb	9	17	19
Sr	295	289	280
La	24	199	125
Y	10	23	27
Th	4	8	35
Cu	43	—	—
Ni	463	6	12
Zr	103	521	418

Analistas: R. GARCIA, M. VALLEJO, M. I. RUIZ.

ciones químicas de las tres rocas muestreadas así como la composición química de los minerales más representativos de cada una de las muestras.

Algunas determinaciones geotermométricas y geobarométricas realizadas sobre las migmatitas, usando las calibraciones de WHITNEY y STORMER (1977) para el feldespato K-plagioclasa o bien la de PERCHUK (1977), FERRY y SPEAR (1978), HODGES y SPEAR (1982) para biotita-granate dan unas temperaturas y presiones ($T \approx 620^\circ \text{C}$, $P \approx 3 \text{ kb}$) que se manifiestan como ligeramente inferiores a las determinadas por APARICIO (1971).

Las determinaciones geocronológicas fueron realizadas por el sistema K/Ar, a partir de biotita, y los resultados están expresados en la tabla 3, con valores que varían desde $288 \pm 9 \text{ m. a.}$ para las rocas gabroideas, a $242 \pm 8 \text{ m. a.}$ para las arteritas, con edades intermedias de $266 \pm 8 \text{ m. a.}$

para las anatexitas, edades que corresponden desde el Carbonífero Superior al tránsito Pérmico Inferior - Pérmico Superior, y que definirían la edad del metamorfismo.

Valores similares para la edad del metamorfismo han sido encontrados en el área del Sistema Central. Por el método Rb/Sr, BISCHOFF et al. (1973) definen una isocrona de $275 \pm 96 \text{ m. a.}$ rectificada posteriormente (BISCHOFF et al., 1978) a $287 \pm 10 \text{ m. a.}$

En el ambiente plutónico MENDES et al. (1972) e IBARROLA et al. (1987), también por el método Rb/Sr, y en diferentes facies graníticas, encuentran edades que fluctúan desde 345 a 275 m. a. SERRANO PINTO et al. (1987), en un resumen de las dataciones realizadas sobre las rocas graníticas del sector central del Macizo Ibérico, definen una secuencia comprendida entre los 252 a 377 m. a., que dividen en varias fases hercínicas, si bien entre los 313 y 268 m. a. establecen un espectro temporal continuo.

Una primera visión de estos datos permite indicar que los procesos metamórficos que afectan a la unidad migmatítica de Toledo y al Sistema Central Español manifiestan un sincronismo y, por otro lado, que existe una cierta identidad temporal entre el metamorfismo y el plutonismo de las áreas centrales hercínicas (APARICIO et al., 1977; APARICIO y GALAN, 1978).

En trabajos geocronológicos recientes sobre las formaciones metamórficas del Sistema Central Español (VIALETTE et al., 1986, 1987), basados igualmente en el método Rb/Sr, se determinan edades que varían desde 500 a 470 m. a., es decir, comprendidas entre el Cámbrico y el Ordovícico Inferior, y que estos autores atribuyen a un período magmático pre-hercínico. SERRANO PINTO et al. (1987) establecen, en una síntesis geocronológica para las formaciones ortoneísicas del Sistema Central, edades comprendidas entre los 440 y 620 m. a., que interpretan también como el resultado de fases magmáticas ante-hercínicas. Muy recientemente, y por el método U/Pb, WILDBERG et al. (1989) determinan edades, en formaciones metamórficas del Sistema Central, que oscilan desde 550 a 480 m. a., haciendo referencia igualmente a eventos magmáticos. Sin embargo, la existencia de diferentes fases magmáticas hercínicas y prehercínicas, con interrupción temporal de sus manifestaciones,

TABLA 2

Composición química de los principales minerales en las rocas estudiadas

Muestra	Biotita (a)			Olivino (b)	Piroxeno (c)	Anfibol (d)	Granate (e)	Feldespato (f) potásico			Plagioclasa (g)		
	1	2	3	1	1	1	2	2	3	1	2	3	
SiO ₂	37,98	35,17	34,78	35,81	54,62	41,96	37,57	64,93	63,26	54,92	59,37	60,95	
TiO ₂	6,41	5,29	3,67		0,20	3,19	0,14						
Al ₂ O ₃	15,12	14,97	16,56		2,07	15,31	21,45	18,80	19,12	29,68	25,45	25,11	
FeO	9,81	23,20	19,80	26,16	15,29	8,70	34,80						
MnO	—	0,04	—		0,24	—	1,49						
MgO	16,80	8,95	8,12	39,73	26,26	12,49	2,75						
CaO					0,65	11,55	1,00	0	—	12,04	6,48	6,63	
Na ₂ O	—	0,37	—		0,04	2,33		1,45	2,26	4,39	7,33	7,76	
K ₂ O	9,98	9,47	12,21			0,79		14,07	13,68	0,04	0,42	0,53	
H ₂ O	4,13	3,92	3,89			1,74							
Total	100,26	101,41	99,01	101,70	99,41	98,10	99,22	99,27	98,34	101,09	99,06	100,98	
Si	5,498	5,374	5,433	0,938	1,972	7,222	6,059	11,975	11,820	9,790	10,669	10,760	
Al ⁴	2,502	2,626	2,567		0,028	0,778	—						
Al ⁶	0,090	0,083	0,497		0,060	2,345	4,098						
Al								4,109	4,233	6,267	5,419	5,250	
Ti	0,698	0,607	0,431		0,005	0,413	0,016						
Fe ²⁺	1,187	2,965	2,586	0,573	0,461	1,253	4,693						
Mn	—	0,006	—		0,007	—	0,203						
Mg	3,626	2,040	1,892	1,551	1,413	3,206	0,660						
Ca					0,025	2,131	0,172	—	—	2,300	1,247	1,254	
Na		0,111			0,003	0,777		0,520	0,820	1,520	2,555	2,656	
K	1,844	1,846	2,434			0,175		3,311	3,262	0,009	0,096	0,119	
Alm							84,0						
Gros							2,79						
Pyr							9,58						
Spess							3,61						
An								—	—	61,52	21,80	21,17	
Ab								18,34	26,47	38,23	76,21	76,43	
Or								81,65	73,52	0,23	1,97	2,39	

- (a) Fórmula en base a: 24 Oxígenos, 4OH
 (b) Fórmula en base a: 4 Oxígenos
 (c) Fórmula en base a: 6 Oxígenos
 (d) Fórmula en base a: 24 Oxígenos, 2OH
 (e) Fórmula en base a: 24 Oxígenos
 (f) (g) Fórmula en base a: 32 Oxígenos

Analista: JAIME GARCIA PEÑA

no es un hecho que se observe en las relaciones y estructuras de las diferentes facies de rocas plutónicas y metamórficas del sector Ibérico ni tampoco parece confirmarlo (a pesar de los todavía escasos datos geocronológicos existentes en el Macizo Ibérico) la continuidad temporal existente en las dataciones hasta ahora realizadas (véase cuadro-resumen en SERRANO PINTO et al., 1987). Por el contrario, la única evidencia

estratigráfica común para todas las formaciones metamórficas datadas en el sector central Ibérico es que se encuentran por debajo de las cuarcitas del Ordovícico Inferior y que las edades que se van obteniendo por métodos isotópicos resultan cada vez más similares a la edad estratigráfica de estas formaciones, establecida por diferentes autores como Cámbrica (APARICIO et al., 1975; APARICIO y GALAN, 1978; APARICIO

TABLA 3
Dataciones K/Ar en la unidad migmatítica de Toledo

Muestras	Mineral	% K	40 Ar rad × ×10 ⁻⁸ cm ³ /gr.	40 Ar/aire %	T _{KAr} × 10 ⁶ años
Gabro 1	Biotita	6.98	84.7	0.2	288 ± 9
Arterita 2	Biotita	6.27	62.9	2.0	242 ± 8
Anatexita 3	Biotita	7.29	81.1	3.3	266 ± 8

y GARCIA CACHO, 1987), edades que estarían más o menos modificadas por efectos de las intrusiones graníticas y metamorfismo hercínico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con el proyecto 608/467 del CSIC, «Relaciones temporales y espaciales de los procesos ígneos y metamórficos de los Sistemas Central e Ibérico», y fue realizado dentro del Convenio de cooperación científica entre la Academia de Ciencias de la URSS y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

A M. C. Sendra por la composición del trabajo. J. Arroyo realizó el trabajo de delineación.

REFERENCIAS

- APARICIO, A. (1971): *Estudio geológico del Macizo Cristalino de Toledo*. Est. Geol., 27, 361-414.
- APARICIO, A.; GARCIA CACHO, L., y PEINADO, M. (1975): *Sobre la petrogenesis de las formaciones glandulares del Sistema Central*. Bol. Geol. Min., 85, 416-427.
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L., y SANTOS, V. (1977): *Los granitos hercínicos sincinemáticos de la Sierra del Valle (Sector Oriental de Gredos, Sistema Central Español) y sus relaciones con las series graníticas «posttectónicas»*. Est. Geol., 33, 575-580.
- APARICIO, A., y GALAN, E. (1978): *El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico (Sistema Central, Toledo)*. Bol. Geol. Min., 89, 475-486.
- APARICIO, A., y GARCIA CACHO, L. (1987): *Geología del Sistema Central Español*. Memoria CSIC - Comunidad de Madrid, 23 pp.
- BISCHOFF, L.; SCHAFFER, G.; SCHMIDT, K., y WALTER, R. (1973): *Zur geologie der mittleren Sierra de Guadarrama (Zentralspanien)*. Münster. Forsch. Geol. Palänt., 28, 27 pp.
- BISCHOFF, L.; LENZ, H.; MULLER, P., y SCHMIDT, K. (1978): *Geochemische und geochronologische Untersuchungen and metavulkaniten und Orthogneisen der östlichen Sierra de Guadarrama (Spanien)*. N. Jb. Geol. Palänt. Abh., 155, 275-299.

FERRY, J. M., y SPEAR, F. S. (1978): *Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet*. Contr. Min. Petr., 66, 113-117.

HODGES, K. V., y SPEAR, F. S. (1982): *Geothermometry, geobarometry and the Al₂SiO₅ triple point at Mt. Moosilauke New Hampshire*. Amer. Min., 67, 118-134.

IBARROLA, E.; VILLASECA, C.; VIALETTE, Y.; FUSTER, J. M.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y CASQUET, C. (1987): *Dating of Hercynian granites in the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)*. En: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*, 377-383. Editores: F. Bea, A. Carnicero, J. C. Gonzalo, M. López, M. D. Rodríguez. Editorial Rueda, Madrid.

MENDES, F.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E., y FERNANDEZ, S. (1972): *L'age de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Système Central Espagnol)*. Rev. Fac. Ciencias Lisboa, 17, 345-365.

PERCHUK, L. L. (1977): *Thermodynamic control of metamorphic processes*. En: *Energetics of geodynamics processes* (Ed. S. K. Saxena y S. Bhattacharji). Springer-Verlag, Nueva York, 286-352.

SERRANO PINTO, M.; CASQUET, C.; IBARROLA, E.; CORRÊTGE, L. G., y PORTUGAL FERREIRA, M. (1987): *Síntese geocronológica dos granitoides do Maciço Hesperico*. En: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*, 69-86. Editores: F. Bea, A. Carnicero, J. C. Gonzalo, M. López, M. D. Rodríguez. Editorial Rueda, Madrid.

VIALETTE, Y.; CASQUET, C.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VILLASECA, C. (1986): *Orogenic granitic magmatism of pre-hercynian age in the Spanish Central System*. Terra Cognita VG 2, 143.

VIALETTE, Y.; CASQUET, C.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VILLASECA, C. (1987): *Geochronological study of orthogneisses from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)*. Neues Jb. Min., 10, 465-479.

WHITNEY, J. A., y STORMER, Jr. (1977): *Geothermometry and geobarometry in epizonal granite intrusions: a comparison of iron titanium oxides and coexisting feldspars*. An. Min., 61, 751-761.

WILDBERG, H. G.; BISCHOFF, L., y BAUMANN, A. (1989): *U-Pb dating of zircons from ortho and paragneisses of the Sierra de Guadarrama: implications for the Central Iberian crustal evolution*. Earth Planetary Sci. Letters (en prensa).

Original recibido: Noviembre de 1989.

Original aceptado: Enero de 1990.

Determinación de especies presentes en un mineral de magnesita por diferentes técnicas analíticas.

Por F. TRIVIÑO V. (*), N. AYALA M. (**), F. GARCIA C. (***) y D. SIGUIN D. D. (***)

RESUMEN

Este trabajo forma parte de las investigaciones realizadas sobre la recuperación de la magnesita de una roca industrial. Se han estudiado los aspectos mineralógicos del mineral de magnesita y la calidad del producto obtenido con diversas técnicas analíticas. Se ha logrado obtener por separación gravimétrica un concentrado de magnesita de alta pureza.

Palabras clave: Determinación, Magnesita, Técnicas analíticas, Mineral, Concentrado.

ABSTRACT

This work is a part of the researchs done on the recovery of magnesite in a industrial rock. It has been studied the mineralogical aspects of the magnesite ore and the obtained product quality with different analytical technics through gravimetric operations has been posible obtain a magnesitic concentrate product with a high magnesite content.

Key words: Determination, Magnesite, Analytical Technics, Ore, Concentrate.

INTRODUCCION

Este trabajo se ha realizado con muestras de una roca de magnesita de alta concentración en MgO. Se obtuvieron por separación gravimétrica derivados de mayor calidad que la materia prima. El método realizado se indica en el diagrama 1. Se estudia la fase magnesítica por técnicas de Difracción de R. X, presente en el T. U. y en los productos obtenidos, y se comprueban las conclusiones con otras técnicas de análisis teórico. Se estudia el efecto de la fase magnesítica y las anomalías encontradas respecto a otros estudios bibliográficos.

OBJETIVOS

En este estudio se ponen de manifiesto las diversas técnicas analíticas utilizadas para describir el mineral de magnesita y sus derivados obtenidos por «Separación de Medios Densos».

(*) Instituto Eduardo Torroja (Madrid).

(**) Universidad Nacional de Tacna. Facultad de Metalurgia (Perú).

(***) Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (Madrid).

técnica de recuperación recomendada en esta investigación. El contenido del desarrollo experimental se trata en otro trabajo (1).

El objetivo principal de este trabajo es profundizar en el conocimiento de la caracterización de la mineralogía del material de partida, especialmente de la fase magnesítica. Y mejorar las posibilidades de separación de la fase rica en magnesio.

A continuación exponemos otros objetivos:

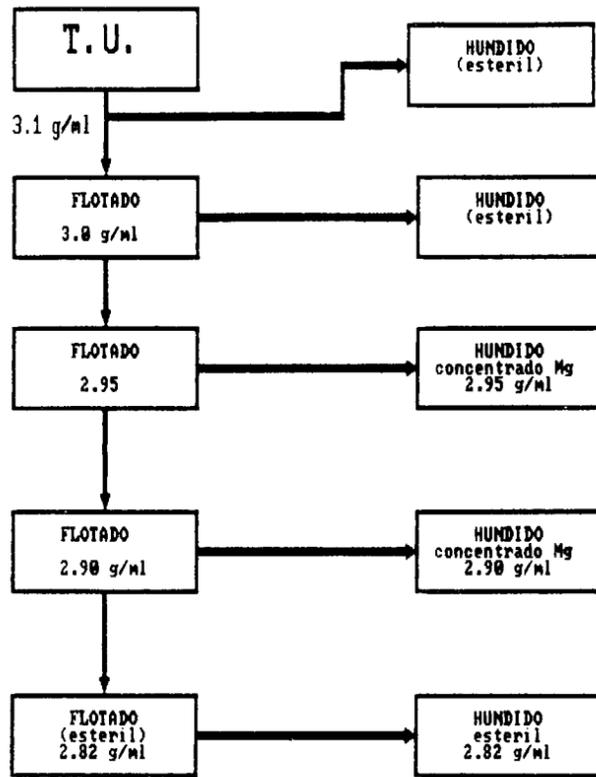
- Reconocimiento de las especies mineralógicas presentes en el mineral de magnesita.
- Cuantificar las impurezas contenidas en el mineral de magnesita, en las muestras primarias, concentrados y estériles.
- Recomendar la técnica de recuperación de la magnesita.
- Realizar un estudio de D. R. X sobre los cuatro tipos de formaciones del mineral de magnesita, y determinar qué tipos de formaciones son ricas en magnesita y en qué tipo de

(1) Referirse al trabajo «Separación por medios densos de una roca magnesítica». CENIN.

formación se concentra la parte estéril en este mineral.

— Relacionar los resultados obtenidos, con otros análisis.

Diagrama 1.—Esquema de separación gravimétrica.



densos una serie de muestras en distintas fracciones.

Las muestras, fracciones y los resultados de los análisis cuantitativos obtenidos a partir de los difractogramas, figuran en el cuadro I.

CUADRO I
ANÁLISIS CUANTITATIVOS POR DIFRACCIÓN DE R. X.
DE LAS MUESTRAS INICIALES

MUESTRAS	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
FRACCIÓN (mm)	T.U.	2-0,5	4-2	10-4	15-10	30-15
MAGNESITA	91	90	94	92	94	98
DOLOMITA	8	6	2	4	4	1
CUARZO	1	4	4	4	2	1
CALCITA	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
MOSCOVITA	"	"	"	"	"	"
CLINOCOLORO	"	"	"	"	"	---

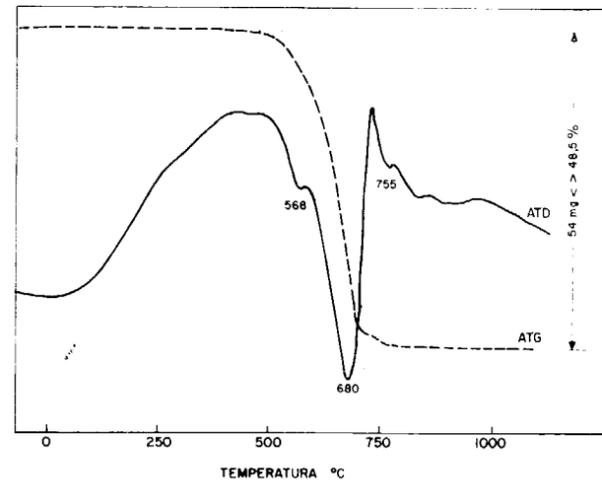


GRAFICO 1.— MUESTRA TODO UNO

Análisis de muestras según el tipo de formación

El mineral de magnesita presenta cuatro tipos de coloración: gris, blanco, amarillo y rosado. Se realizó el análisis de D. R. X para determinar qué tipos de formación son ricas en magnesita y en qué formaciones se concentra más el cuarzo, dolomita y la calcita, considerados como impurezas del mineral de magnesita.

Las especies determinadas en estas muestras

fueron las mismas, pero la concentración en cada muestra fue diferente. Las coloraciones y los resultados de los análisis obtenidos por D. R. X figuran en el cuadro II.

Según dichos análisis, podemos concluir que las formaciones de color gris y de color blanco son ricas en magnesita.

En la formación de color amarillo, el contenido de magnesita es bajo, predominando el conte-

formación. En el mineral de magnesita el porcentaje en peso total de la formación de color rosada es muy bajo, predominando las formaciones de color gris y blanco.

Por lo que la formación de color rosado también sería considerado como parte del estéril en el mineral de magnesita. Porcentaje en peso de los tipos de formación en 1.623 g.

Formación Gris (G)	416,4 g.	25 %	Magnesita
Formación Blanca (B)	979,6 g.	58 %	Magnesita
Formación Amarilla (A)	147,5 g.	11 %	Dolomita
Formación Rosada (R)	79,5 g.	5 %	Silicatos

CUADRO II
ANÁLISIS CUANTITATIVOS POR DIFRACCIÓN DE R. X.
SEGUN EL TIPO DE FORMACION

MUESTRAS COLORACION	M-G1 GRIS	M-B2 BLANCA	M-A3 AMARILLO	M-R4 ROSADO	M-GB5 G + B	M-AR6 A + R
MAGNESITA	99	98	26	89	97	94
DOLOMITA	trazas	trazas	73	10	trazas	5
CUARZO	1	2	trazas	trazas	3	trazas
CALCITA	trazas	trazas	"	"	trazas	"
MOSCOVITA	--	--	"	"	"	---
CLINOCOLORO	trazas	trazas	"	"	"	trazas

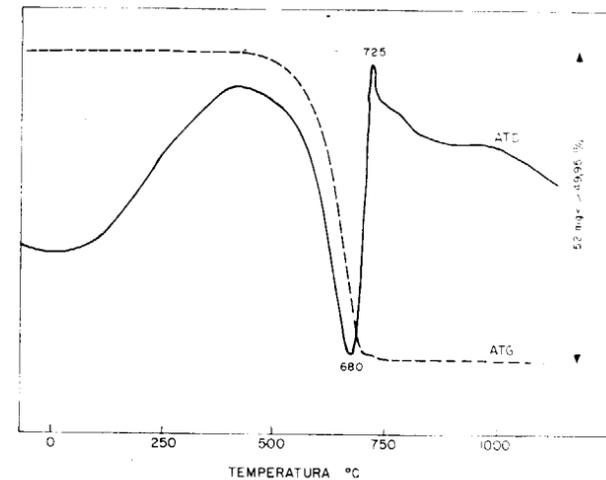


GRAFICO 2.— MUESTRA M-27

nido de dolomita, por lo que formaría parte del estéril del mineral de magnesita.

La formación de color rosado presenta un contenido de magnesita alto, pero esta formación contiene óxidos de hierro en disolución según los resultados de microscopía óptica y análisis químicos, por lo que el contenido en hierro total es más alto respecto a las demás muestras, a esto se debe la tonalidad que toma este tipo de

Estos resultados son favorables, ya que se trata de una roca de mineral de magnesita de muy buena calidad, y por los datos obtenidos se podría separar la parte estéril del mineral.

Para esto no es necesario llevar el mineral a tamaños de grano muy finos, ya que en las fracciones de 2-0,5 mm. se liberan la mayor parte de las impurezas.

Por lo cual se recomienda la recuperación de la magnesita por separación de medios densos y no por flotación.

DETERMINACION DE LAS IMPUREZAS PRESENTES POR SEPARACION DE MEDIOS DENSOS

La recuperación por medios densos permitió obtener fracciones densas (Hundido) con un elevado

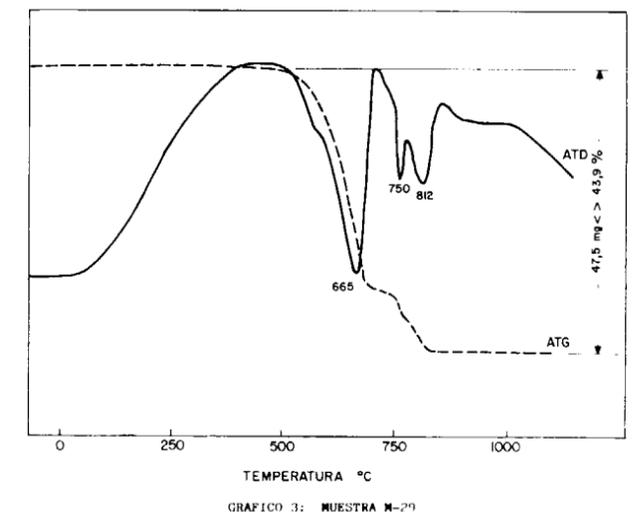


GRAFICO 3.— MUESTRA M-29

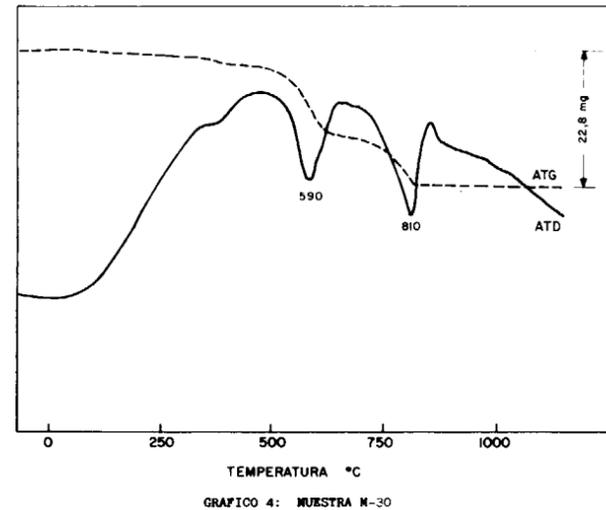
contenido de impurezas, de especies mineralógicas de alta densidad.

En el Flotado se obtuvieron productos de baja densidad, y fracciones ricas en magnesita.

En una primera separación a una densidad de 3,0 g/ml., se obtuvo un producto muy denso (superdenso) considerado como estéril; luego se obtuvo un concentrado de magnesita a una densidad de 2,95-2,90 g/ml.; por último, a una densidad de 2,82 g/ml. se tiene un flotado y un hundido, que son considerados también como estériles.

PRODUCTOS SUPERDENSOS

Según los análisis por Difracción de R. X, las especies presentes en esta separación son: Ilmenita, Pirita, Magnesita, Calcita, Dolomita y Cuarzo.



El porcentaje en peso obtenido en esta separación es de 5 por 100 comparado con el peso inicial. En la fracción 0,5-0,043 mm. (P), se obtiene un 15 por 100, esto se debe tal vez a que las especies que se encuentran como inclusiones, en esta fracción están mejor liberadas.

La poca cantidad en peso que se obtiene en esta separación, también se debe a que las especies de alta densidad son poco abundantes, según los análisis químicos obtenidos, como se indica para muestra M-26; además, estas especies se presentan como inclusiones en los granos de magnesita y es muy difícil separarlas en las fracciones gruesas.

Análisis químico para la muestra M-26:

Mg	Fe	CaO	SiO ₂	P×C	C	Al ₂ O ₃
48,14	1,20	0,5	0,8	50,6	13,57	0,05

Los resultados obtenidos por Difracción de R. X figuran en el cuadro III. Ver el difractograma correspondiente a esta muestra.

CONCENTRADOS DE MAGNESITA

Estos concentrados fueron obtenidos a densidades de 2,95-2,90 g/ml. Según los resultados de los análisis de D. R. X se estudiarán primero los concentrados de densidad 2,95 g/ml. y luego los de 2,90 g/ml.

Concentrados de magnesita de densidad de 2,95 g/ml.

Las especies presentes en estos concentrados son la Magnesita, Cuarzo, Dolomita y Calcita.

Los resultados de los análisis cuantitativos de la muestra M-27 obtenidos a partir de los difractogramas figuran en el cuadro III. Comparar los espectros de D. R. X.

CUADRO III

ANÁLISIS CUANTITATIVOS POR DIFRACCIÓN DE R. X. DE LOS PRODUCTOS DE SEPARACIÓN POR MEDIOS DENSOS

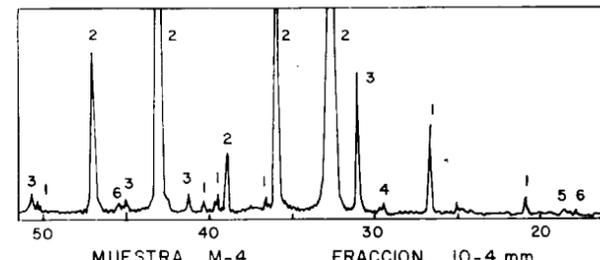
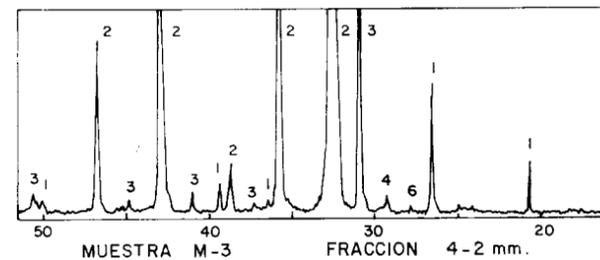
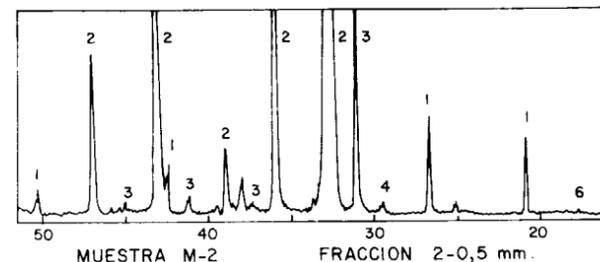
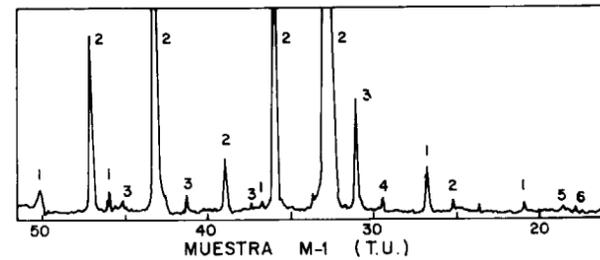
MUESTRAS	M-26	M-27	M-28	M-29	M-30
FRACCIÓN (mm)	2-0,5	2-0,5	2-0,5	2-0,5	2-0,5
DENSIDAD (g/ml)	3,0	2,95	2,90	2,82	2,82
MAGNESITA	99,5	99,8	98,0	61,0	31,0
DOLOMITA	trazas	trazas	1,0	24,0	13,0
CUARZO	"	"	1,0	5,0	53,0
CALCITA	"	"	trazas	trazas	trazas
MOSCOVITA	"	"	"	"	3,0
CLINOCOLORO	"	"	"	"	trazas
ILMENITA	trazas	"	"	"	"
PIRITA	"	"	"	"	"

Concentrados de magnesita a densidad de 2,90 g/ml.

Las especies presentes en estos concentrados son: Magnesita, Dolomita, Cuarzo, Calcita, Clinocloro y Moscovita.

Como se puede apreciar en los difractogramas de los concentrados, se trata de una magnesita casi pura con trazas de otras especies, de lo cual se concluiría que no toda la magnesita se encuentra como carbonato de magnesio.

La diferencia de los concentrados, recuperados a densidades de 2,95 y 2,90 g/ml., es que en la



MUESTRAS INICIALES

primera se obtiene un concentrado de mayor concentración, pero con una recuperación menor, sin embargo a 2,90 aumenta la recuperación y baja la concentración; por esta razón se observa la presencia de otras especies como impurezas en estos concentrados.

Estériles de baja densidad

Fueron considerados estériles todos los productos obtenidos en la separación por medios densos a una densidad inferior a 2,82 g/ml.

Se obtienen un flotado y un hundido; esto nos sirve para afirmar, una vez más, la presencia de dolomita, cuarzo y calcita como impurezas mayoritarias en el mineral de magnesita.

Estériles en el flotado a densidad de 2,82 g/ml.

Las especies presentes son: La Magnesita, Cuarzo, Dolomita, Calcita, Clinocloro y Moscovita.

Estériles en el hundido a densidad de 2,82 g/ml.

Se observan las mismas especies mineralógicas del flotado a densidad de 2,82 g/ml., pero con una concentración diferente.

Los resultados cuantitativos de D. R. X están en el cuadro III; véanse los difractogramas.

IDENTIFICACION DE LAS ESPECIES MINERALOGICAS PRESENTES EN EL MINERAL DE MAGNESITA

Por D. R. X se determinaron las siguientes especies:

Especies	Densidades
Ilmenita	FeTiO ₃ ; FeO · TiO ₂ ; MgTiO ₃ 4,7
Pirita	FeS 4,9 - 5,2
Magnesita	MgCO ₃ 2,9 - 3,1
Moscovita	K ₂ O · 3Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂ · 2H ₂ O 2,8 - 3,1
Clinocloro	(MgFe) · Al (Al · SiO) (OH) 2,6 - 2,8
Dolomita	CaMg (CO ₃) ₂ 2,8 - 2,9
Calcita	CaCO ₃ 2,6 - 2,8
Cuarzo	SiO ₂ 2,5 - 2,8

RELACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR DIFRACCION DE R. X CON LOS OBTENIDOS POR ANALISIS: TERMOGRAVIMETRICOS, QUIMICOS Y MICROSONDA

Los resultados obtenidos en los análisis por D. R. X son las especies presentes en el T. U., en los concentrados y en los estériles del mineral de magnesita, y confirman los resultados de los análisis químicos y microsonda.

Análisis químicos de la muestra T. U.:

MgO	CaO	SiO ₂	Fe	P×C	C	Al ₂ O ₃
44,50	1,23	2,50	1,00	48,60	13,24	0,05

Como se puede apreciar, el bajo contenido de hierro total en el T. U. justifica la presencia de pirita, ilmenita y clinocloro, en forma de trazas. Por microsonda se observan inclusiones de Fe y Ti.

El contenido de SiO₂ justifica la presencia de Cuarzo, y es necesario para la moscovita y clinocloro en el mineral; por análisis de D. R. X la moscovita y el clinocloro sólo se observan en trazas; sin embargo, la mayor parte de SiO₂ está como cuarzo. En los análisis por microsonda se detectan granos con Si en inclusión y asociaciones Si-Al y Al-Si-Mg en forma de especies oxidadas.

La presencia de clinocloro y moscovita se comprueba por estudios de microsonda, ya que se observan inclusiones de Al-Si y Mg-Fe-Si-Al, que se encuentran muy segregados en todo el mineral.

El análisis químico del CaO justifica la presencia de calcita y dolomita, la calcita se aprecia en trazas; sin embargo, la dolomita se encuentra en

	MgO	CaO	SiO ₂
M-29	35,50	6,72	6,20
M-30	23,24	6,30	36,72

Los análisis cuantitativos por D. R. X se dan en el cuadro III.

COMPOSICION QUIMICA DE LA FASE MAGNESITICA

Con las muestras del T. U., M-27, M-29 y M-30

mayor cantidad. Por estudios de microsonda se comprueba que este mineral contiene una dolomita con un exceso de magnesita.

El resultado de MgO obtenido por análisis químico sobrepasa ligeramente al valor teórico que corresponde a la magnesita.

En cuanto a los concentrados obtenidos por separación de medios densos, los análisis químicos se corresponden con los de D. R. X, los termogravimétricos y microsonda.

Análisis químicos del concentrado (M-27):

MgO	CaO	SiO ₂	Fe	P×C	C	Al ₂ O ₃
48,10	0,53	0,48	0,86	50,22	13,54	0,05

El difractograma y el análisis cuantitativo de D. R. X nos muestra una magnesita del 99,8 por 100 de pureza (ver espectro M-27).

El estudio Termogravimétrico de la misma muestra indica que se ha conseguido obtener una magnesita de alta pureza. A una temperatura de 680° C se produce un efecto endotérmico, que corresponde a la descomposición de la magnesita; la pérdida de peso es del 49,95 por 100, que corresponde al CO₂ (ver gráfico 2).

En el estudio por microsonda se observan muy pocos granos con inclusiones de Si, asociaciones Ca-Mg, Mg-Al-Si y Ca-P (ver espectros). En algunos granos de magnesita pura se observa la presencia de hierro en una mínima cantidad.

Los análisis químicos de la parte estéril, obtenidos por separación de medios densos, también se corresponden con los análisis de R. X, Termogravimétricos y Microsonda.

Se analizaron las muestras M-29 y M-30:

Fe	P×C	C	Al ₂ O ₃
0,91	43,56	11,88	—
0,86	19,25	5,25	4,16

se han efectuado estudios Termogravimétricos y análisis por D. R. X con la finalidad de establecer la composición mineralógica y precisar la composición de la masa dolomítica.

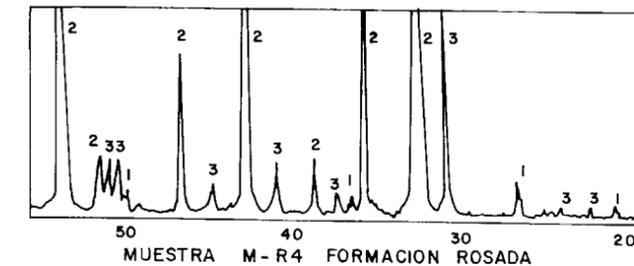
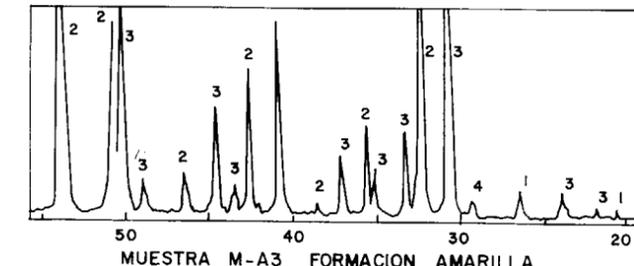
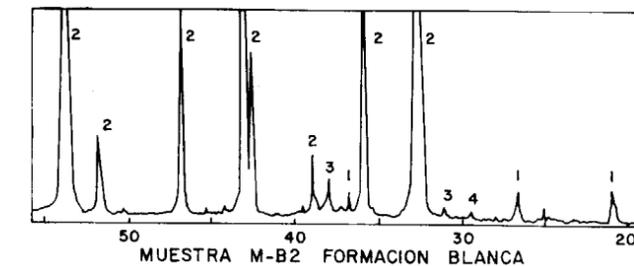
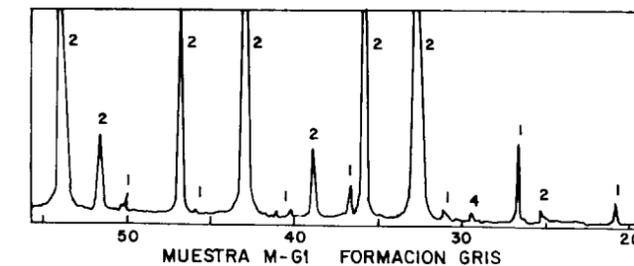
Finalmente se han comprobado las inclusiones utilizando un análisis puntual por microsonda.

ESTUDIOS TERMOGRAVIMETRICOS

Muestra Todo Uno

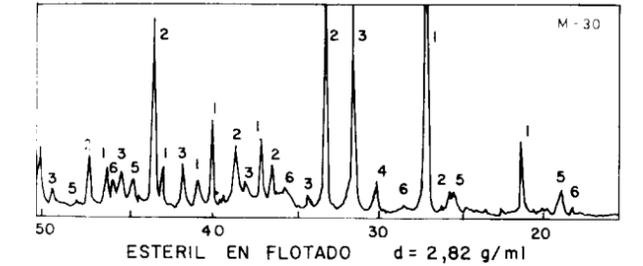
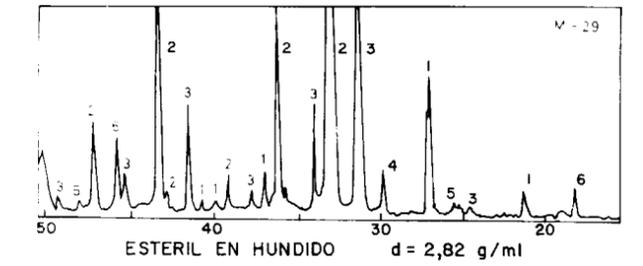
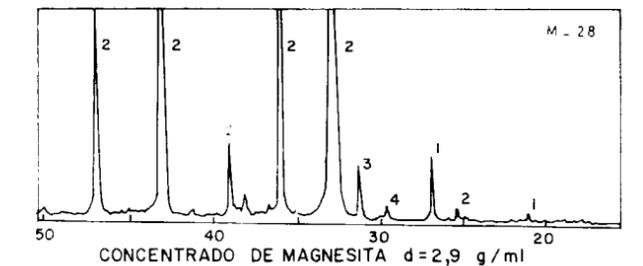
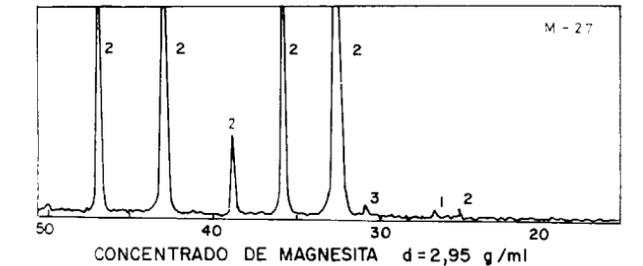
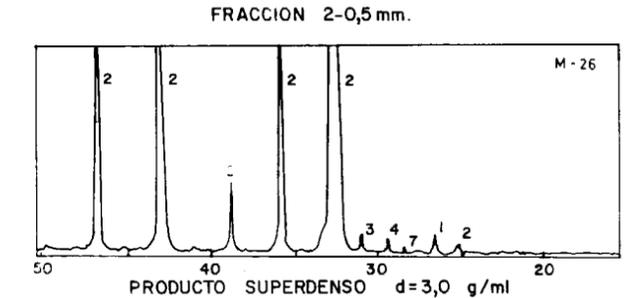
En el gráfico se dan los análisis termogravimétricos. Entre 500 y 710° C se aprecia un amplio efecto endotérmico con un pico a 680° C, característico de la descomposición de la magnesita. A 755° C se observa un pequeño efecto endotérmico que corresponde a un pequeño contenido en dolomita.

La pérdida de peso correspondiente al desprendimiento de CO₂ en la descomposición térmica es de 53,5 mg., que equivale al 48 por 100 (ver gráfico 1).



SEGUN EL TIPO DE FORMACION

No se ha considerado ninguna corrección debida al calcio en forma de dolomita. Se observa una pérdida en el peso debido a la presencia de



PRODUCTOS DE SEPARACION DE MEDIOS DENSOS

esta especie mineral, resultando aproximadamente:

- 85 por 100 de MgCO₃
- 10 por 100 de (Mg · Ca)CO₃
- 5 por 100 de impurezas

En una muestra del Todo Uno examinada con microsonda se han observado asociaciones Si-Mg, Si-Mg-Al y Ca-Mg, que pueden indicar la presencia de silicato magnésico, silicatos de magnesio y aluminio, y dolomita.

En los análisis químicos de la muestra T. U. que se dieron anteriormente, se puede comprobar que las pérdidas por calcinación son muy parecidas.

Determinación de la fórmula real de la dolomita, con los datos del análisis de Ca y Mg obtenidos por microsonda, aplicando la técnica de análisis cuantitativo ZAF.

La relación Ca/Mg, según la fórmula teórica, es de 1,65, y la relación Ca/Mg obtenida por microsonda es de 1,37. Lo que viene a suponer que se trata de una dolomita con exceso de magnesio, por lo que:

$$\text{Ca/Mg} = 40/2,43 \quad X = 1,37$$

$$X = 1,2$$

Luego en el T. U. tendremos una dolomita cuya fórmula será:



MUESTRA M-27

La muestra M-27 corresponde a un concentrado de magnesita, obtenido por la separación en medios densos de densidad de 2,95 g/ml.; en el termogravígrama se aprecia un gran efecto endotérmico a una temperatura de 680° C, que corresponde a la descomposición de la magnesita, con una pérdida de peso total de 52 mg. en 104,1 mg., lo que equivale a un 49,95 por 100 de pérdidas por calcinación; según estos datos, esta muestra contiene un 95 por 100 de magnesita.

A 725° C en el A. T. D. hay un descenso por una reacción endotérmica, que produce una ligera pérdida de peso, que tal vez se debe a la pre-

sencia en muy poca cantidad de otras especies en este concentrado (ver gráfico 2).

La pérdida de peso del termogravígrama del 49,95 por 100 es del mismo orden que la pérdida por calcinación del análisis químico, que es del 50,2 por 100; y el difractograma de D. R. X nos confirma que se trata de una magnesita de alta pureza (ver espectro M-27 y análisis químico).

El contenido de MgO según el análisis químico es 48,14 por 100, lo máximo que puede tener según el valor teórico es 47,8 por 100 de MgO en forma de MgCO₃; la diferencia de 0,3 por 100 pudiera ser debida a la presencia de MgO contenido en la dolomita, o el MgO contenido en silicatos magnésicos.

Concluyendo, la M-27 es un concentrado de la separación por medios densos, muy rica en magnesita, los análisis termogravimétricos se corresponden con los análisis químicos y con los de Difracción de R. X.

MUESTRA M-29

La muestra M-29 es el producto HUNDIDO de la separación por medios densos, a una densidad de 2,82 g/cc. Este producto es considerado como la parte estéril del mineral.

En el gráfico obtenido en el estudio termogravimétrico se observa una pérdida de peso total de 47,5 mg. en 108,2 mg., que corresponde a un 43,9 por 100.

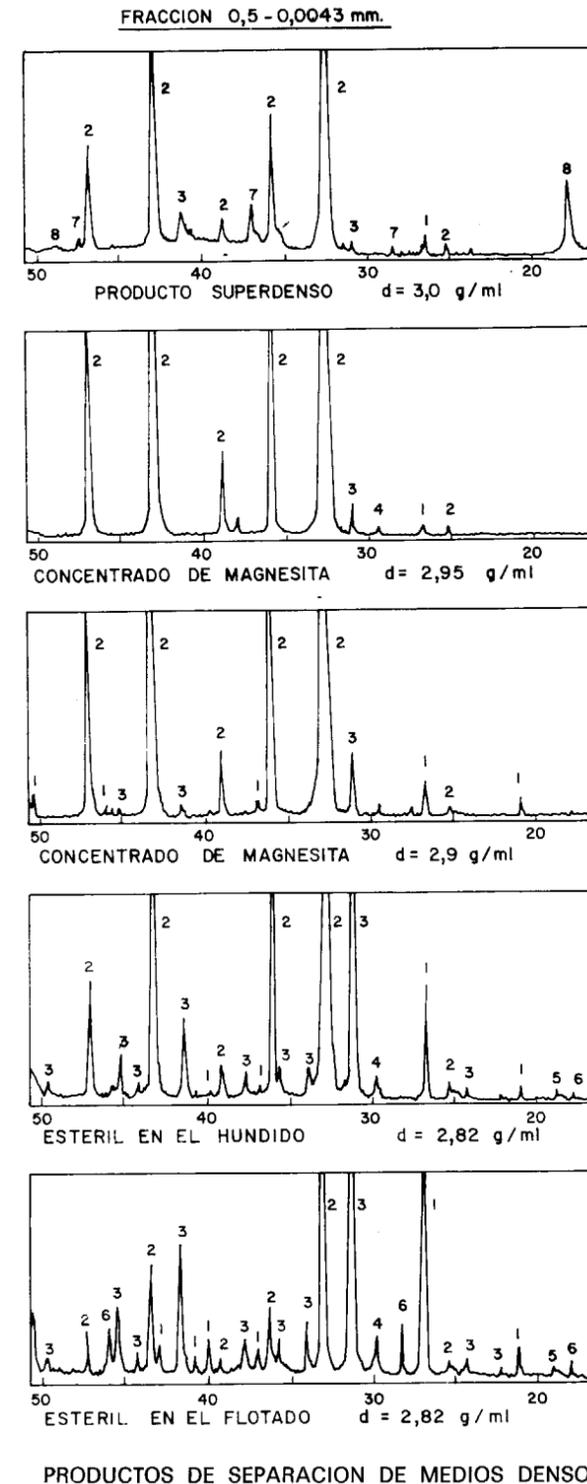
A la temperatura de 665° C se produce la descomposición de la magnesita, con un efecto endotérmico y una pérdida de peso de 37 mg. en 108,2 mg., que corresponden a un 34 por 100 debido al MgCO₃.

La diferencia de 10,5 mg. corresponde a la pérdida en peso de los otros picos que se producen a temperaturas de 750 y 812° C, que pudiera ser debido a la descomposición de la dolomita (ver gráfico 3).

Análisis químico:

MgO	CaO	SiO ₂	Fe	P×C	C
35,10	6,72	6,20	0,91	43,60	11,88

Relacionando los resultados de estos análisis se comprueba la presencia de estas especies en la muestra.



MUESTRA M-30

La muestra M-30 es el FLOTADO en la separación por medios densos a una densidad de 2,82 g/ml; también forma parte del estéril, junto con la muestra M-29, por el alto contenido en impurezas como cuarzo, dolomita y moscovita.

En el termogravígrama se puede observar que la pérdida de peso total de la muestra es de 22,8 mg. en 98,8 mg., que corresponden a un 23,08 por 100 (ver gráfico 4).

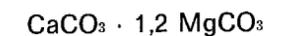
A la temperatura de 690° C se produce la descomposición de la magnesita con una reacción endotérmica y una pérdida en peso de 13,6 mg., que corresponde a un 13,8 por 100. La diferencia 23,08 — 13,80 es de 9,3 por 100 de pérdida en peso; se debe a la descomposición de la dolomita, produciéndose a 810° C, con un efecto endotérmico.

Análisis químico:

MgO	CaO	SiO ₂	Fe	P×C	C
23,24	6,30	36,72	0,86	—	5,25

El análisis por D. R. X está en el cuadro III.

La pérdida en peso debido a la dolomita de la forma:



es de 6,3 por 100, relacionando el 13 por 100 de dolomita en la muestra con el peso molecular de ésta.

La pérdida en peso debido al MgCO₃ es de 16,2 por 100, relacionando el 31 por 100 de Mg con el peso molecular.

La suma de ambas es de 22,5 por 100, que coincide con los resultados del termogravígrama, que es de 23 por 100 de pérdida por calcinación; este

- LEYENDA
- 1 — Cuarzo
 - 2 — Magnesita
 - 3 — Dolomita
 - 4 — Calcita
 - 5 — Clinocloro
 - 6 — Moscovita
 - 7 — Pirita
 - 8 — Ilmenita
 - 9 — Limonita

valor difiere un poco con el análisis químico del carbono, que es de 5,25 por 100, lo que podría tratarse de un error analítico.

CONCLUSIONES

- En el mineral de magnesita se han identificado como especies acompañantes la dolomita, cuarzo, calcita, moscovita, clinocloro, ilmenita y piritita.
- A nivel «formación» es posible obtener un concentrado con estructuras de color gris y blanco, ricas en magnesita y con granulometrías gruesas.
- Por caracteres organolépticos, es decir, solamente por el color gris y blanco del mineral es posible hacer una separación de concentrados ricos en magnesita y con una granulometría gruesa, lo cual evitaría la separación densitaria.
- La fase dolomita ha sido definida como un compuesto no estequiométrico con fórmula $\text{CaCO}_3 \cdot 1,2 \text{MgCO}_3$.
- En caso que un material de partida fuese de baja ley, se podría obtener un concentrado de magnesita de alta pureza.
- Se han cuantificado dichas especies en las muestras primarias, concentrados y estériles.
- El A. T. D. (Análisis Térmico Diferencial) nos

permite la confirmación cualitativa de las especies mineralógicas que componen el mineral en estudio.

- Con el A. T. G. (Análisis termogravimétrico) es posible determinar cuantitativamente las pérdidas de peso de las diferentes especies mineralógicas, y en consecuencia la composición de la muestra.

REFERENCIAS

- BETEJTIN, A. (1977): *Curso de Mineralogía*, Ed. Mir.
- BLAZEK, A. (1973): *Thermal Analysis*. Van Nostrand, Londres.
- BONILLA, B. A., y ORTEGA, R. A. (1988): *Concentración de minerales por técnicas gravimétricas*. Quím. e Indus., 10.
- BROWNING, J. S. (1960): *Heavy liquids and procedures for laboratory separations of minerals*.
- BURT, R. O. (1984): *Gravity concentration technology. Developments in mineral processing 5*. Elsevier.
- GALAN, H. E., y MIRETE, M. S. (1979): *Introducción a los minerales de España. Magnesitas*. IGME.
- INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA (1985): *Powder Diffraction File. Swarthmore*. USA.
- INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA (1985): *Powder Diffraction File Search Manual. Swarthmore*. USA.
- PUGGER, F. F. (1987): *Simposio sobre rocas ornamentales y minerales industriales*. Club Esp. de la Min. IGME.
- TODOR, D. N. (1976): *Thermal Analysis of Minerals*. Abacus Press.

Original recibido: Mayo de 1989.

Original aceptado: Octubre de 1989.

INFORMACION

Mineros destacados del Siglo XIX Luis Mariano Bolisario Ramón Vidal y Carreras (1842-1922).

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA

1. ANTECEDENTES FAMILIARES

En una familia cristiana y distinguida originaria de Cardona, nace en Barcelona (5 de octubre de 1842), y fue bautizado el 11 del mismo mes en la Iglesia Parroquial de Nuestra Señora del Pino, de la ciudad de Barcelona, imponiéndole los nombres de Luis, Mariano, Bolisario, Ramón. Su padre fue el abogado Mariano Vidal Merli, natural de Cardona, nieto por línea paterna de Luis y Antonia, ambos de Cardona. Su madre, Paula Carreras y Paissa, era natural del Lugar de Pierola, hija de Pedro, natural también de Pierola, y de María, nacida en Santa Creu de Olot.

La noble familia Carreras procedía de Olesa de Montserrat, de donde pasó a Tarrasa, alcanzando en el siglo XIII la condición de «Honorables», utilizando el apellido compuesto de «Carreras de Olesa».

2. ESTUDIOS

Después de seguir los primeros estudios en el ambiente familiar, y de iniciarse en el Instituto de Barcelona, en la segunda enseñanza, obteniendo (1858) el grado de Bachiller en Artes, pasó a la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, donde cursó el primer año de carrera (1859-1860).

Durante sus frecuentes estancias en casa de sus abuelos en Cardona, contemplaba la vista única en el mundo de la interesante montaña de sal, en las inmediaciones del Arroyo Salado y del río Cardoner, con irisaciones de todos colores. De niño, con sus amigos, fabricaban con la hialita lentes de cristal, con las que encendían la yesca. También el gustaba toda clase de artículos fabricados por los artesanos locales con sal de diversas coloraciones. Este ambiente le aficionó a las ciencias de la tierra, y le indujo a cambiar su primera decisión, sobre la

rama de ingeniería, a estudiar. Consideraba la de Minas como la de más prestigio y difícil de su época, y decidió trasladarse a Madrid (Atocha, 59, 3.º), donde fijó su residencia, para preparar el ingreso en la Escuela de Minas, y solicitó la participación (30 de julio de 1861) en la oportuna convocatoria. Superados brillantemente los ejercicios de ingreso por el aspirante, inició los estudios del primer curso de carrera (1861-1862), terminándola con el número 1 de su promoción, integrada por diez Ingenieros, figurando en la relación general de antiguos alumnos con el número 482. Por su buen comportamiento y aplicación, la Reina Isabel II le premió (25 de noviembre de 1864) con una pensión de 500 reales anuales. Las prácticas reglamentarias las realizó en las minas estatales de Linares y Almadén (1866).

3. SERVICIOS EN EL CUERPO DE INGENIEROS DE MINAS

Ingresó toda la promoción en el Cuerpo Nacional de Ingenieros de Minas (27 de julio de 1866), y lo destinan a Linares (4 de agosto de 1866), para realizar las prácticas reglamentarias, de momento como ingeniero segundo, con 900 escudos; pasó (26 de febrero de 1867) al Distrito Minero de Teruel, iniciando en Utrillas sus investigaciones en el campo de la geología, donde alcanzaría una fama destacada. En su deseo de acercarse a su localidad natal pasó (17 de agosto de 1869) a la provincia de Barcelona, y confirmado como ingeniero primero, con una asignación de 3.000 pesetas anuales (11 de agosto de 1870). Ascendido (18 de noviembre de 1880) a Ingeniero Jefe de segunda, con la dotación de 4.500 pesetas, desempeñó los puestos de Ingeniero Jefe de Gerona (12 de noviembre de 1882) y posteriormente de Lérida (13 de mayo de 1888). Destacamos que durante su mandato en Gerona, atentó un terrorista con una carga explosiva en los locales de su despacho de la Jefatura, librándose de una muerte segu-

ra, por haberse ausentado con unos minutos de antelación. Su ascenso a Jefe de primera (18 de diciembre de 1900) le representó una subida de su asignación anual a 7.500 pesetas, alcanzando su deseo (30 de febrero de 1903) de ser designado Jefe del Distrito Minero de Barcelona. Poco después (3 de mayo de 1903) asciende a Inspector General de segunda, con 8.750 pesetas anuales, encomendándole, además de su actividad en la Junta Superior Facultativa de Minería, la de Presidente de la Comisión del Grisú (23 de marzo de 1907). Su último ascenso (22 de enero de 1908) fue a Inspector General de primera, con 10.000 pesetas, categoría con la que desempeñó (24 de noviembre de 1908) la dirección de la Comisión del Mapa Geológico de España, en la que cumplió los 67 años, correspondientes a la jubilación forzosa por edad. En todos los actos solemnes vestía el antiguo uniforme de gala del Cuerpo de Ingenieros de Minas, salvo en aquellos que el protocolo obligaba a la utilización del frac.

Durante este largo período de vida oficial, sólo disfrutó de la oportuna licencia (1883-1887) para dirigir las minas y dependencias de la Sociedad «Ferrocaril y Minas de San Juan de las Abadesas». Complemento de la dirección técnica fue el estudio detenido en la provincia de Gerona de su geología y su formación carbonífera, finalizando con su memoria «Reseña Geológica y Minera de la provincia de Gerona», publicada (1886) en el Boletín del IGME.

4. GEOLOGO

La afición sentida de niño por Vidal se transformó en una realidad durante su larga vida de ochenta años, como trabajador incesante, proclamado por las revistas científicas como el patriarca de la Geología catalana.

Continúa su recolección de muestras en las minas del Estado de Linares, pero sin iniciar sus estudios profundos. También tuvo ocasión en Teruel de continuarlas, ya con más libertad, principalmente en el Jurásico y Cretácico de los alrededores de Utrillas, primer paso para su publicación (1875) por la Comisión del Mapa Geológico, de su trabajo sobre Geología de la provincia de Lérida, con 76 páginas. Anteriormente había publicado (1871), en la Revista Minera, su trabajo con 22 páginas y una lámina titulada «Excursión geológica por el norte de Berga», primera de sus publicaciones científicas. Estas fueron muy numerosas, principalmente las referentes a Cataluña, las de Baleares y algunas hidrológicas del resto de España, como las de Alicante y Valencia, con la colaboración de Rafael Sánchez Lozano. Tuvo el acierto de establecer contacto científico con Jaime Almera y Comas (1845-1919), iniciándose una estrecha colaboración; fruto de ella fue la «Geología de Cataluña», integrada por cinco Hojas del Mapa Geológico 1/400.000 y sus correspondientes Memorias geológicas.

Esta labor geológica de Vidal, principalmente la catalana, fue estudiada detenidamente por José Ramón Bataller y Calatayud, doctorado (1920-1921) por la Universidad Central en Ciencias Naturales y primer catedrático de Paleontología (1948) de la Universidad de Barcelona.

Resultado de este estudio es la imponente relación de las especies paleontológicas dedicadas al ingeniero Vidal citadas por Bataller.

Aethalion Vidal Sauvage, 1903.

Peix del Kimeridgià de Santa Maria de Meyà (Lleida) descrit en *Noticia sobre los peces de la caliza litográfica de la provincia de Lérida*. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, volumen IV, p. 477, lám. II, fig. 2.

Ampullina Vidal Cossmann, 1897.

Mol.lusco gasteropod del Eocènic de Ager (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 23, p. 176, lám. VIII, figs. 23-24.

Anisoria Vidal Mallada, 1917.

Poliper del Garumnià de Isona descrit en el treball «*Nota paleontológica sobre el cretáceo de Catalunya*», por Luis Mariano Vidal. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Sevilla.

Aplomilia Vidal d'Angelis, 1905.

Poliper del aptià de Marmellà (Tarragona) descrit en el treball «*Corali del Cretacico Inferiore della Catalogna*». Paleontographia Italica, vol. XI, planxa XV.

Benoistia Vidal Cossmann, 1906.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Perauba (Lleida) descrit en la obra «*Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 28, p. 145, lám. B, figs. 6, 7, 8.

Bithinia Vidal Cossmann, 1921.

Mol.lusco gasteropod del oligocènic de Terol (Catalunya?) citat en el treball «*Essais de Paleoonchologie comparée*», tomo 12, p. 148, planxa IV, fig. 21. Paris.

Calamophyllia Vidal Mallada, 1892.

Poliper del garumnià de Isona (Lleida).

Cardium Vidal Coquand, 1880.

Mol.lusco lamelibranqui del Yothomagià de Batna (Argelia) descrit en la obra «*Etudes supplémentaires sur la Paleontologie algérienne*».

Cardium Vidal Cossmann, 1912.

Mol.lusco lamelibranqui del Miocènic?

Cerithidea Vidal Cossmann, 1906.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Catalunya citat com sinònim en el treball «*Essais de Paleoonchologie comparée*», tomo IV, p. 114.

Coptosoma Vidal Lambert, 1899.

Equinid eocènic de Montserrat (Barcelona) descrit en el treball «*Description des Echinides Fossiles de la province de Barcelona*». Memoires de la Société Géologique de France. Paleontologie, tomo IX, núm. 24, p. 35, planxa II, figs. 10, 11, 12.

Corbula Vidal Cossmann, 1897.

Mol.lusco lamelibranqui del eocènic de Ager (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 23, p. 167, lám. VI, figs. 10-11; lám. VIII, fig. 39.

Echinanthus Vidal Cotteau, 1890.

Equinid del eocènic de Callosa (Alicant) descrit a l'obra «*Echinides eocenes de la province d'Alicante*». Memoires de la Société Geologique de France, 3.ª série, tomo V, p. 62, planxa VIII, figs. 1-4.

Echinolampas Vidal Cotteau, 1890.

Equinid del eocènic de Callosa (Alicant) descrit a l'obra «*Echinides eocenes de la province d'Alicante*». Memoires de la Société Geologique de France, 3.ª série, tomo V, p. 75, planxa IX, figs. 8-10.

Euspatangus Vidal Cotteau, 1890.

Equinid del eocènic citat per en Loriol en 1905 en ses «*Notes pour servir au étude des Echinodermes*».

Goniobasis? Vidal Cossmann, 1906.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Perauba (Lleida) descrit en la obra «*Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 28, p. 146, lám. B, figs. 11, 12, 13.

Goniopygus Vidal Matheron.

Heliastrea Vidal Mallada, 1892.
Poliper del garumnià.

Hippurites? Vidal Matheron, 1880.

Mol.lusco lamelibranqui del senonià superior del Montsech (Lleida) descrit a l'obra «*Recherches paleontologiques dans le Midi de France*», planxa F 41, fig. 1.

Laurus (Phoebe) Vidal Fliche, 1906.

Planta del oligocènic de Tàrrega (Lleida) descrit en el treball «*Note sur quelques vegetaux tertiaires de la Catalogne*». Butlletí de l'Institut Catalana d'Història Natural, volum VI, p. 120, planxa I, figs. 1, 2, 3, 4, 5.

Leiosoma Vidal Cotteau, 1882.

Equinid del senonià inferior de Figols (Barcelona) descrit en el Bulletin de la Société Zoologique de France, tomo VIII.

Lychnus Vidal Repelin et Parent, 1921.

Mol.lusco gasteropod del Rognacià de Saldes (Catalunya). Memoires de la Société Geologique de France. Paleontologie, tomo XXIII, p. 19, planxa IV, figs. 1-4.

Limnaea Vidal Hermite, 1879.

Mol.lusco gasteropod del Pliocènic lacustre? de Palma (Mallorca) descrit en el treball «*Etudes géologiques sur les îles Baleares*».

Maeandrina Vidal Mallada, 1892.

Poliper del garumnià de Isona (Lleida).

Meandropsina Vidal Schlumberger, 1898.

Foraminífer del Santonià de Tragó, de Noguera (Lleida), descrit en el treball «*Note sur le genre Meandropsina* Mun. Chalm n. g.». Bulletin de la Société Geologique de France, 3.ª série, tomo 26, p. 337, láms. VIII-IX.

Melania Vidal Cossmann, 1897.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Puigercós (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 23, p. 177, lám. VIII, figs. 32, 33, 34, 35; lám. X, figs. 8-9.

Micropsis Vidal Cotteau, 1882.

Equinid del senonià inferior de La Nou (Barcelona) descrit en el Butlletí de la Société Zoologique de France, tomo VII.

Mitrocaprina Vidal Douvillé, 1904.

Mol.lusco lamelibranqui del maestrichtià de Lleida descrit en el treball «*Sur quelques rudistes à canaux*». Bulletin de la Société Geologique de France, tomo 4, p. 525, planxa XIII, figs. 1-5.

Mortoniceras Vidal Nicklés, 1891.

Mol.lusco cefalopod del neocomià de La Querola (Alicant) descrit a l'obra «*Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante*». Trad. cast. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 20, p. 288; lám. 12, fig. 10; lám. 13, fig. 7.

Nerita Vidal Cossmann, 1906.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Perauba (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 28, p. 149, lám. A, figs. 10, 11, 12, 13.

Neritopsis Vidal Doncieux, 1908.

Mol.lusco gasteropod del lutecià de Fabrezant (Herauld) descrit en l'obra «*Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Herauld*». Annales de l'Uni-

versité de Lyon, fasc. 22, p. 239, planxa XIII, figs. 6a, 6b.

Orbitoides *Vidali* Prever, 1904.

Foraminífer del Aptià de Bel en la província de Castelló descrit en el treball «*Osservazioni sopra alcune nuove orbitoides*». Atti della Accademia Reale delle Scienze di Torino, p. 4, figs. 1 a 5.

Ostrea *Vidali* Cossmann, 1887.

Mol.lusco lamelibrànqui del eocènic de Cisquer (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 23, p. 174, lám. VI, figs. 6, 7, 8, 9.

Palaeschna *Vidali* Meunier, 1914.

Insecte del Kimeridgià de Santa Maria de Meyà (Lleida) descrit en el treball «*Un blátido y una larva de odonato del kimeridgiense de la sierra del Montsech (Lérida)*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. XI, p. 121, lám. II, figs. 1, 2, 3.

Palaeontina *Vidali* Meunier, 1902.

Insecte del Kimeridgià de Santa Maria de Meyà (Lleida) descrit en el treball «*Una nueva cicada del kimmeridgiense del Montsech, provincia de Lérida*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. IV, figs. 3, 4, 5.

Plascosmia *Vidali* Mallada, 1892 (1921).

Poliper del santonià del Montsech de Ager (Lleida) descrit en el treball «*Contribución a la paleontología del cretácico de Cataluña*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. XVII, p. 90, lám. 4, figs. 12, 13, 14, y lám. 7, figs. 1, 2, 3, 4, 5.

Pleurotomaria *Vidalina* Mallada, 1875.

Mol.lusco gasteropod del carbonífer de Mieres (Asturies) descrit en l'obra «*Sinopsis de las especies fósiles encontradas en España*», tomo I, p. 102, lám. III, 6, 6a, 6b.

Potamides *Vidali* Cossmann, 1897.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Puigcercós (Lleida) descrit en el treball «*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo Catalán*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 23, p. 188, lám. VIII, figs. 28, 29, 30, 31; lám. X, figs. 11, 12.

Propteris *Vidali* Sauvage, 1903.

Peix del Kimeridgià de Santa Maria de Menyà (Lleida) descrit en el treball «*Noticia sobre los peces de la caliza litográfica de la provincia de Lérida*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. IV, p. 473, lám. 2, fig. 1.

Pseudoasterophyllites *Vidali* Zeiller, 1902.

Planta del Kimeridgià de Santa Maria de Meyà (Lleida) descrit en el treball «*Sobre algunas impresiones vegetales del Kimmeridgiense de Santa Maria de Meyà, provincia de Lérida (Cataluña)*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. IV, p. 349, lám. II, figs. 1, 2, 3, 4.

Pyrazus *Vidali* Doncieux, 1908.

Mol.lusco gasteropod del lutecià de Coustouge descrit en la obra «*Catalogne descriptif des fossiles numulitiques de l'Ande et de l'Herault*». Annales de l'Université de Lyon, fasc. 22, p. 154, planxa VIII, figs. 13a-13d.

Pyrgostelis (*Turbonilla*) *Vidali* Cossmann, 1921.

Mol.lusco gasteropod del Tortonià? de Ciurana (Girona) citat en el treball «*Essais de Paleoonchologie comparée*», tomo XII, p. 291, planxa VI, figs. 71-72.

Rhabdocidaris *Vidali* Cotteau, 1883.

Equinid del eocènic de Amer a Olot (Girona) descrit en el treball «*Reseña geológica y minera de Gerona*». Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo 13, p. 287, lám. IX, figs. 9 a 11.

Rhabdophyllia *Vidali* Mallada, 1892.

Poliper del garumnià.

Rostellaria *Vidali* Leymerie, 1878.

Mol.lusco gasteropod del eocènic de Belbéze (Haute-Garonne) descrit en l'obra «*Description geologique des Pyrenées de l'Haute Garonne*».

Schizaster *Vidali* Lambert, 1899.

Equinid del eocènic de Olot (Girona) descrit en el treball «*Description des Echinides fossiles de la province de Barcelona*». Memoires de la Société Géologique de France. Paleontologie, tomo IX, núm. 24, p. 43, planxa III, figs. 8-9.

Semisolarium *Vidali* Cossmann, 1915.

Mol.lusco gasteropod del Maestrichtià de Sensuy (Lleida), citat en l'obra «*Essais de Paleoonchologie comparée*», tomo X, p. 157, planxa VI, figs. 26-27, i descrit en el treball «*Contribución a la paleontología del cretácico de Cataluña*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. XVII, p. 102, lám. 1 bis, figs. 12, 13, 14, 15, 16.

Siderolites *Vidali* H. Douvillé, 1906.

Foraminífer del Maestrichtià de Pobla de Segur (Lleida) descrit en el treball «*Evolution et enchainement des foraminifères*». Bulletin de la Société Geologique de France, 4.ª série, tomo VI, p. 598, planxa XVIII, fig. 9.

Terebratella *Vidali* Mallada, 1892.

Braquiopod del eocènic de les províncies de Barcelona

i Osca citat en la «Descripción de la provincia de Huesca».

Tilia *Vidali* Rerolle, 1884.

Planta del miocènic lacustre de la Cerdanya descrit en l'obra «*Etudes sur les vegetaux fossiles de Cerdagne*».

Tornus (*Adeorbis*) *Vidali* Cossmann, 1918.

Mol.lusco gasteropod del miocènic superior? de Ciurana (Girona) descrit en la obra «*Essais de Paleoonchologie comparée*», tomo XI, p. 348, planxa II, figs. 58-60.

Triplacidia *Vidali* de Lorio, 1905.

Equinid del eocènic descrit en l'obra «*Notes pour servir à l'étude des echinodermes*».

Turbo? *Vidali* Leymerie, 1878.

Mol.lusco gasteropod del garumnià de Auzàs (Haute-Garonne) descrit en l'obra «*Description geologique des Pyrenées de l'Haute-Garonne*».

Vidalia cathalaunica Sauvage, 1903.

Peix del Kimeridgià de Santa Maria de Meyà (Lleida) descrit en el treball «*Noticia sobre los peces de la caliza litográfica de la provincia de Lérida*». Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 3.ª época, vol. IV, p. 479, lám. I, fig. 4; lám. 4, fig. 3.

Vidalina hispanica Schlumberger, 1899.

Foraminífer del santonià de Tragó de Noguera (Lleida) descrit en el treball «*Note sur quelques foraminifères nouveaux ou peu connus du crétacé d'Espagne*». Bulletin de la Société Geologique de France, 3.ª série, tomo 27, p. 459, lám. VIII, fig. 6; lám. IX, figs. 12 i 13.

5. CIENTIFICO

Fueron muchas las entidades científicas que se honraron en contar a Vidal entre sus miembros más valiosos. De los nombramientos científicos consideraba como el de más aprecio la designación como miembro de número de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, crea-

da por R. C. (14 de octubre de 1770) de Carlos III, con el nombre de «Real Academia de Ciencias Naturales y Artes». La sección de Historia Natural de la Real Academia acuerda (7 de marzo de 1877) proponer al pleno la designación de Vidal como miembro de número, afecto a ella, fundando la propuesta en sus dos publicaciones «Memoria geológica de la provincia de Lérida» y «Datos para el conocimiento del terreno garumnense de Cataluña», ambas publicadas por la Comisión del Mapa Geológico, además de su labor en la formación del Mapa Geológico de Cataluña. En el pleno académico inmediato (22 de junio de 1877) fue elegido por unanimidad, tomando posesión (1 de abril de 1879) con la lectura del discurso titulado «De la edad geológica que debe asignarse a las hiladas rojas subnumulíticas en las provincias de Barcelona y Gerona».

Consecuencia de una serie de elecciones fue designado para los cargos siguientes: Encargado del Gabinete de Historia Natural (31 de octubre de 1890), Secretario de la Sección tercera (noviembre de 1899), Vicesecretario de la Academia (octubre de 1905), Contador (12 de octubre de 1904), Vicepresidente de la Academia (9 de octubre de 1907) y Presidente (12 de octubre de 1910), cesando en la Presidencia (1912) al finalizar los dos años de mandato estatutario. Con la numeración de las medallas le fue asignada la número 42, figurando como primer titular, al que sucedieron los también ingenieros de Minas y geólogos ilustres Alonso de la Sierra y Yoldi y Jesús Mir Amorós, actual Decano de la Real Academia.

Entre los nombramientos de otros centros científicos figuran: Miembro de la Sociedad Geológica de Francia (15 de noviembre de 1875), Socio agregado del Instituto Agrícola Catalán de San Isidro (31 de enero de 1881), Académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid (6 de abril de 1883), no conservándose su expediente personal; Miembro correspondiente de la Société de Spéléologie française (12 de diciembre de 1895), Miembro honorario de la Société d'Etudes de Sciences Naturelles de Béziers (16 de noviembre de 1900), Vicepresidente de la Sociedad Geológica de Francia (1 de enero de 1910), Presidente del Ateneo de Barcelona (1 de julio de 1910), Vocal honorario Vitalicio de la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona (10 de noviembre de 1916), Correspondiente de la Sociedad Portuguesa de Ciencias Naturales de Lisboa (16 de abril de 1917), Presidente de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales (20 de noviembre de 1917), Miembro Honorario del Instituto Catalán de Historia Natural (10 de diciembre de 1917).

Recu à Barcelone le 3 Fevrier 1899
Luis M. Vidal

6. RECOMPENSAS Y CITACIONES

Durante su larga vida de geólogo, paleontólogo y hidrólogo, recibió múltiples felicitaciones y recompensas por su actividad profesional.

El Gobierno de la República (1873-1874), de acuerdo con la propuesta de la Junta Superior de Minería, dispuso (22 de enero de 1874) que por su Memoria sobre «Datos para el conocimiento del terreno garumnense de Cataluña», donde se demuestran sus grandes conocimientos y la extraordinaria laboriosidad y celo del autor, le felicitó por «su inteligencia, laboriosidad y celo por el buen servicio».

Mucho le satisfizo la concesión (8 de julio de 1895) por la Reina Regente María Cristina de Habsburgo-Lorena (1858-1929), en nombre del Rey Alfonso XIII (1886-1941) el ingreso en la Real y Distinguida Orden de Carlos III, con el grado de Caballero, como premio a su destacada labor profesional. El Gobierno francés le nombró (31 de marzo de 1900), y en su nombre el Ministerio de Instrucción Pública, miembro de la Académie, con el grado de Officier. El ministro de Fomento dio oficialmente las gracias (8 de mayo de 1909) por el Proyecto de reglamento de exploraciones carboníferas. Por iniciativa del Distrito Minero de Barcelona y la colaboración de varias corporaciones (2 de diciembre de 1918), le donaron un artístico martillo de geólogo de acero damasquinado y mango de marfil, conmemorativo de sus cincuenta años profesionales como Ingeniero de Minas.

Por iniciativa del Jefe del Distrito Minero de Barcelona (2 de septiembre de 1918), Francisco Fonrodona y Domech, a la que se adhirieron la Real Academia de Ciencias y las principales Entidades culturales de Cataluña, le concedió S. M. Don Alfonso XIII la Gran Cruz de Alfonso XII.

7. MECENAS

Una de las características de Vidal era el amor a sus semejantes, patrocinando cuantas peticiones de ayuda recibía o intuía en bien de la Humanidad. Citamos algunas de sus donaciones.

Donó (1913) una escuela al Ayuntamiento de Agullana, por carencia de este centro formativo, correspondiéndole el Ayuntamiento con el nombramiento de hijo adoptivo. En este lugar de Gerona también donó un solar para la construcción de un cuartel de Carabineros y un hospital. Costó la elevación y distribución interior de las aguas de su propiedad.

Donó (7 de julio de 1913) un dólmen y un menhir a la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona, procedentes de la finca de su propiedad «Munera», en el término municipal de Capmany, la que dispuso su instalación en el Parque, frente al Museo Martorell.

Para muchos pueblos efectuó estudios gratuitos de captación de aguas, para resolver la carencia pública de este elemento.

Deseoso de fomentar el veraneo cultural entre la juven-

tud, decidió (19 de junio de 1917) sostener colonias escolares de varios lugares.

Regaló a la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona (9 de octubre de 1918) un alcornoque histórico conocido por «Suro del Concell», con más de trescientos años de edad, del que costeó su descortezado y reconstruyó en el parque de la Ciudadela de Barcelona.

Donó a la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, de la que figura como antiguo alumno, varios tipos de motores de explosión para su Museo de Máquinas.

También donó interesantes ejemplares al Museo de Artillería de Madrid, hoy Museo del Ejército. Dirigió una carta (13 de marzo de 1916) al Presidente de la Real Academia de Ciencias y Arte de Barcelona, para «cuando Dios disponga de mí», «las obras que poseo relativas a Ciencias Naturales, entre las cuales figuran casi exclusivamente las de Geología y Paleontología, sean entregadas a esta Corporación», «que he ido reuniendo a fuerza de años, con mis modestos recursos». Este legado fue del orden de 1.100 obras. También regaló, en unión del académico numerario Arturo Bofill y Poch, a la Real Academia, varios fósiles del Liásico, Cretácico y Nummulítico de Cataluña, como recuerdo de la excursión (1875) que la Sociedad Geológica de Francia realizó por Cataluña.

Entre sus legados testamentarios también figura el destinado al denominado Museo de Geología, sucesor del promovido por Francisco Martorell Peña (1822-1878), con su legado, por decisión municipal (17 de diciembre de 1878), inaugurado posteriormente (25 de septiembre de 1882). A este Museo, por mediación de la Junta de Ciencias Naturales de Barcelona, se le adjudicó de la testamentaria de Vidal 9.253 representaciones de diversas especies o localidades, integrada por 1.807 de minerales, 1.275 de rocas, 3.334 de fósiles, como representación catalana, además de 954 del resto de España y 1.730 extranjeras, así como valiosos ejemplares prehistóricos. Todos los ejemplares se distinguen por su magnífica calidad.

8. PUBLICISTA

Fue un activo publicista, tanto sobre temas técnicos como científicos, así como periodísticos y literarios. Sólo reproducimos las citas de los correspondientes a temas geológicos, que fueron recopilados por Mosén Batallé, ampliada, con algunas omisiones.

BIBLIOGRAFIA CIENTIFICA

Geología

1871.—«Excursión geológica por el norte de Berga». *Revista Minera*, Madrid, vol. XXII, núms. 514-515, 22 páginas y 1 lám.

1875.—«Geología de la provincia de Lérida. Región central». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. II, pp. 273-349.

1879.—«Excursión geológica por la isla de Mallorca segui-

da del examen microscópico de varias rocas de la misma por D. Ramón Adán de Yarza». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. VI, pp. 1-22.

1880.—VIDAL, L. M., y MOLINA, E.: «Reseña física y geológica de las islas Ibiza y Formentera». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. VII, pp. 67-113, 1 lám.

1881.—«Nota acerca de los hundimientos ocurridos en la cuenca de Tremp (Lérida) en enero de 1881». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. VIII, pp. 113-129.

1882.—«Estudio geológico de la Estación termal de Caldas de Malavella». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. IX.

1886.—«Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. XIII.

1890.—Colección de vistas de la provincia de Lérida. Atlas fotográfico. Lérida, 81 láms.

1891.—«Notas sobre la presencia de la formación lacustre de Rilly en el Pirineo Catalán». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*.

1893.—«Geologie a toute vapeur de Portbou a Barcelone». Toulouse. *Revue des Pyrénées*, vol. V, 16 pp.

1899.—«Compte-rendu de l'excursion de Gerona a Olot et San Juan de las Abadesas les 25, 26, 27 Septebre». 1898. París, pp. 674-678. Reproduit en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, volumen XXVII, 1903. Madrid.

1899.—«Compte-rendu de l'excursion du 30 Septembre au gisement de sel de Cardona». Paris. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. XXVI, pp. 725-731, planches XIII-XIV. Reproduit en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, volumen XXVII, 1903. Madrid.

1899.—«Sur le cretace superieur de la Vallée de la Muga (province de Gerona)». Paris. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. XXVI, pp. 859-863. Reproduit en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. XXVII, 1903. Madrid.

1899.—«Compte-rendu des excursions dans la province de Lérida du 11 au 15 d'Octubre». Paris. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. XXVI, pp. 884-900. Reproduit en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. XXVII, 1903, Madrid.

1899.—«La tectónica y los ríos principales de Cataluña». *Memorias R. Acad. de Ciencias y Letras de Barcelona*, II, pp. 527-530.

1900.—«La Tectónica y los ríos principales de Cataluña». Barcelona. *Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. 1, 12 pp. y 1 mapa.

1905.—«Note sur l'oligocène de Majorque». Paris. *Bulletin*

de la Société Géologique de France, 4.^a série, volumen V, pp. 651-654.

1906.—VIDAL, L. M., y DEPERET, CH.: «Contribución al estudio del oligoceno en Cataluña». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Amb versió francesa, vol. V, 19 pp.

1906.—DEPERET, CH., y VIDAL, L. M.: «Sur le bassin oligocène de l'Ebre et l'Histoire tertiaire de l'Espagne». Paris. *Compte-rendu de l'Academie des Sciences*.

1907.—«Nota sobre el supuesto granito eruptivo del Serrat Negre en las montañas de La Nou, provincia de Barcelona». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. VI, pp. 253-256.

1914.—«Cuatro palabras sobre las salinas de Cardona y su edad geológica». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. XIV, pp. 373-383.

1916.—«La faz de la tierra en Cataluña durante varias épocas geológicas». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, volumen XIII, pp. 61-74.

1917.—«Geología del Montsech». Barcelona. *Junta de Ciencias Naturales de Barcelona*, p. 16, lám. 12.

1981.—«Geología del Montsech». Tortosa. *Ibérica*, vol. IX, pp. 152-155.

1918.—«Paleogeografía de Cataluña». Tortosa. *Ibérica*, volumen X, pp. 171-176.

1919.—«Montserrat». Tortosa. *Ibérica*, vol. XII, pp. 66-71.

1919.—«Montserrat». Madrid. *España Forestal*, núm. 51. «Es terciario o cretácico el *Bulimus gerundensis*?» (Inédito) (póstumo). «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Lérida» (comenzado).

Paleontología

1874.—«Datos para el conocimiento del terreno garumnense de Cataluña». Madrid. Impreso por orden del Gobierno, 39 pp., 8 láms.

1877.—«Nota acerca del sistema cretáceo de los Pirineos de Cataluña». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. IV, pp. 257-372, láminas 1-7.

1882.—«Nota sobre el género *Fistulana* (Bruguière) y descripción de una especie nueva del grupo nummulítico». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona*, p. 8 y 1 lám.

1883.—«Edad de las capas de *Bulimus gerundensis*». Barcelona. *Boletín de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona*, 17 pp., 1 lám.

1902.—«Sobre la presencia del tramo Kimmeridgiense en el Montsech y hallazgo de un batracio en sus haldas». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. IV, 7 pp., amb versió francesa.

- 1909.—«Nota sobre un fósil del tramo Kimmeridgiense del Montsech (Lérida)». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. IX, pp. 361-363, láms. 6 y 7.
- 1910.—«Teoría evolutiva». Discurso pronunciado al inaugurarse el curso académico de 1910-1911 en el Ateneo barcelonés. Barcelona, 32 pp.
- 1913.—«Nota sobre la presència del *Dryopithecus* en el miocé superior del Pirineu Català». Barcelona. *Treballs de la Societat de Biologia*.
- 1913.—«Sobre la presencia del género *Dryopithecus* en el miocénico superior del Pirineo Catalán». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. XIII, pp. 499-507.
- 1914.—«Comunicación sobre la nota de M. Woodward a la Sociedad Geológica de Londres sobre...». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. XIV.
- 1914.—«Nota paleontológica sobre el Silúrico Superior del Pirineo catalán». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. XI, pp. 307-313, lám. 3.
- 1915.—«Nota geológica y paleontológica sobre el Jurásico Superior de la provincia de Lérida». Madrid. *Boletín del Instituto Geológico de España*, vol. XXXVI, pp. 17-55, lám. 6.
- 1916.—«Sobre el pretendido *Archaeopterix* de la Guinea Española». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. XVI, pp. 110-111.
- 1917.—«Nota paleontológica sobre el cretáceo de Cataluña». Madrid. *Asociación Española para el progreso de las Ciencias. Congreso de Sevilla*, 19 pp., 4 láms.
- 1917.—«Edad geológica de los lignitos de la Selva y Bini-salem (Mallorca) y descripción de algunas especies nuevas». Madrid. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. X, pp. 342-358, 3 láminas.
- 1920.—«Nota sobre tres especies nuevas y dos poco conocidas del eocénico del Pirineo catalán». Barcelona. *Bulletí de la Institució Catalana d'Historia Natural*, vol. XX, pp. 125-127, lám. 1.
- 1921.—«Segunda nota paleontológica sobre el Cretácico de Cataluña». Barcelona. *Bulletí de la Institució Catalana d'Historia Natural*, vol. XXI, pp. 56-63, 3 láms.
- 1921.—«Contribución a la paleontología del Cretácico de Cataluña». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. XVII, pp. 89-107, lám. 8.

Minería

- 1880.—«Reseña sobre las minas de carbón de la sociedad anónima "La Carbonífera del Ebro"». Barcelona, 20 pp.

- 1882.—«Reseña de las minas de cobre y de hierro de la montaña de Montdevá en San Lorenzo de la Muga (Gerona) precedida de una noticia sobre la riqueza mineral del valle de la Muga». Barcelona, 16 pp. y 1 lám.
- 1882.—«Yacimiento de la Aerinita». Barcelona. *Crónica Científica*, vol. V, 5 pp.
- 1882.—«Yacimiento de la Aerinita». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. IX, pp. 113-121.
- 1883.—«Cuenca carbonífera de Seo de Urgel». Barcelona, 36 pp., 4 láms. y 1 plano.
- 1884.—«Memoire sur le bassin houiller de Seo de Urgel». Barcelona, 23 pp.
- 1910.—«Resumé des gisements de fer de l'Espagne». Extrait de *The iron ore. Resources of the World*. Stockholm, 36 pp., 1 lám.
- 1914.—«Riquezas minerales e industrias extractivas». Conferencia donada en el VIII Curso Internacional de la Exposición Comercial. Barcelona, 22 pp. «Los carbones nacionales y la marina de Guerra». Artículo publicado en el *Diario de Barcelona*.
- 1915.—VIDAL-CASTELLS: «Ariete dúplex», 4 pp., 2 láms. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Valladolid.
- 1916.—«Resumen y conclusiones del informe emitido sobre el establecimiento minero de Almadén en 1906», por los señores Vidal - Adán de Yarza y Rub. *Rev. Min. y Metalúrg. de Ing.* Madrid, 1916, núm. 2.564, pp. 489-491.

Hidrología

- 1879.—«Legalidad de las demarcaciones de aguas». Barcelona. Artículos publicados el 23 de enero y 4 de febrero en el *Diario de Barcelona*.
- 1880.—«Descripción geológica de la Fuente Amarga de Rubinat (provincia de Lérida)». Barcelona, 6 pp.
- 1908.—«Investigaciones de hidrología subterránea en la comarca de Bañolas (Gerona)». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. VII, pp. 339-355.
- 1909.—VIDAL, L. M., y SANCHEZ LOZANO, R.: «Estudio de hidrología subterránea en Villena (Alicante)». Madrid. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, vol. XXX, pp. 61-91, 3 láms.
- 1909.—«Informe sobre una instancia del Ayuntamiento de Peñas de San Pedro (Albacete) para alumbrar aguas subterráneas». Madrid, 7 pp.
- 1910.—«Dictamen sobre el proyecto de conducción de aguas del río Tordera a Barcelona a instancia del peticionario, don Ramón Matas Rodés». Barcelona, 20 pp., 2 láms.
- 1911.—«Carta abierta al Sr. D. Ramón Matas Rodés, autor

del proyecto de conducción de aguas del río Tordera a Barcelona». Barcelona, 6 pp.

- 1914.—VIDAL, L. M., y MALLADA, L.—«Memoria relativa al abastecimiento de aguas potables de la ciudad de Cartagena y su puerto». Cartagena, 140 pp., 6 láms.
- 1920.—«Un fenómeno hidráulico en la provincia de Gerona». Tortosa. *Ibérica*, vol. XIV, pp. 92-94.

Prehistoria

- 1894.—«Les coves prehistòriques de la provincia de Lleyda». Barcelona. *Bulletí del Centre Excursionista de Catalunya*. Any IV, 31 pp.
- 1894.—«Más monumentos megalíticos en Cataluña». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 24 pp.
- 1911.—«Otros monumentos megalíticos en Cataluña». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. X, pp. 1-10, 1 lám.
- 1912.—«Abric Romanic. Estació Agut, Cova del Or o dels Encantats». Barcelona. *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans*.
- 1914.—«Nota sobre un menhir y una piedra oscilante con esculturas y letras ibéricas». Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, vol. XI, pp. 19-29, 2 láms.
- 1915.—«Un megalito curioso». Tortosa. *Ibérica*, vol. IV, pp. 293 y 294.
- 1915.—«Un megalito curioso llamado la piedra del sacrificio del castillo de Sabasona en la comarca de Vich». Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, vol. XV, 2 láms.
- 1916.—«Cerámica de Ciempozuelos en una cueva prehistórica del NE de España». Madrid. *Asociación Española para el progreso de las Ciencias. Congreso de Valladolid*, 26 pp., 13 láms.
- 1916.—«El hombre fósil». Tortosa. *Ibérica*, vol. VI, pp. 91-95.

Varios

- 1893.—«Excursió a la Pica d'Etats (agosto de 1895)». Barcelona. *Bulletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 24 pp., 2 láms.
- 1897.—«Noves excursions a la Pica d'Etats». Barcelona. *Bulletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 29 pàgines, 4 làmines.
- 1897.—«Discurs llegit en la solemne Sessió Inaugural del

Centre Excursionista de Catalunya lo dia 5 de Febrer». Barcelona, 23 pp.

- 1898.—«Discurs llegit en la Solemne Sessió Inaugural del Centre Excursionista de Catalunya lo dia 21 de Gener». Barcelona, 23 pp.
- 1898.—«Habla el país. Lo que dicen en Barcelona». Manifestaciones hechas a un redactor de *El Liberal*. Barcelona, 16 de noviembre.
- 1898.—«Excursió a Cadaqués i Sant Pere de Roda». Barcelona. *Bulletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 26 pp.
- 1898.—«Excursió al Castell de Requesens, Agullana, Besalú, Olot i Collsacabra». Barcelona. *Bulletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 42 pp.
- 1900.—«Discurs pronunciat en el Centre Excursionista de Catalunya en la Sessió Inaugural». Barcelona, 21 pp.
- 1907.—«Los refugios en la montaña». Barcelona. Artículo publicado en el *Diario de Barcelona* el 4 de junio, 1 p.
- 1907.—«Datos biográficos sobre algunos naturalistas catalanes y de la Academia de Ciencias de Barcelona». Zaragoza. *Linneo en España*, pp. 321-328.
- 1907.—«Contribución de la provincia de Lérida a los progresos de las Ciencias geológicas». Zaragoza. *Linneo en España*, pp. 517-522.
- 1908.—«Nota sobre dos formas nuevas de barómetros de mercurio destinados a viajes científicos». Madrid. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Zaragoza*, 5 pp., 2 láms.
- 1909.—«Geografía Física de Catalunya». Barcelona. *Geografía general de Catalunya*.
- 1915.—«Ariete dúplex. Vidal-Castells». Madrid. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Valladolid*, 4 pp., 2 láms.

9. BIBLIOGRAFIA

- ANONIMO: «Ilmo. Sr. D. Mariano Vidal y Carreras». *Nómina*, pp. 65-88. R. Acad. Cienc. y Artes de Barcelona (1922-1923).
- BATALLER, Mn. J. R.: En *Luis Mariano Vidal i Carreras, 1842-1922*. Bull. de la Inst. Catalana d'Hist. Nat., junio de 1922, pp. 106-120.
- LOPEZ DE AZCONA, J. M. (1961): *Bibliografía de Minería, Metalurgia, Geología y Ciencias Afines, 1778*. Madrid, 560 páginas.

Noticias

JORNADAS SOBRE LAS SEQUIAS EN ESPAÑA

(Causas, efectos, remedios y acciones mitigantes)

A celebrar en Madrid, del 19 al 21 de noviembre de 1990, y organizadas por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Copatrocinadas por:

Canal de Isabel II.
Dirección General de Obras Hidráulicas. M. O. P. U.
Dirección General de Investigación Científica y Técnica. M. E. C.
Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco.
Instituto Nacional de Meteorología. M. T. T. C.

Con la colaboración de:

Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores.
A. S. A. J. A.
Asociación Internacional de Hidrogeólogos. A. I. H. Grupo Español.
Cátedra de Física del Aire. Facultad de Físicas. U. C. M.
Dirección General de Aguas. Gobierno Autónomo de Canarias.
Dirección General de Recursos Hidráulicos. Gobierno Autónomo de Baleares.
Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. I. C. O. N. A.
Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. I. R. Y. D. A.
Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Ministerio de Industria y Energía.

Bajo la dirección de:

Joaquín Catalá de Alemany. Académico de la R. A. C.
Manuel R. Llamas Madurga. Académico de la R. A. C.

El Comité Asesor está formado por:

Carlos Almarza - I. N. M.
Carlos M. Escartín - D. G. O. H.
Miguel García Poveda - Canal de Isabel II.
Jorge Mora - Delegación de Climatología en la C. E. E.
José M.ª Sanz de Galdeano - Gobierno Vasco.

La Real Academia de Ciencias, consciente de su responsabilidad social y de su independencia, desea participar en la adquisición crítica de conocimientos, especialmente

de aquellos que suponen aproximaciones científicas Interdisciplinarias y son de tal naturaleza que implican la posible toma de decisiones políticas o la presencia de consideraciones éticas. En tales casos se incrementa la complejidad y responsabilidad de los tratamientos y, con ello, el propio interés de la Real Academia, pues a la importancia intelectual de la comprensión de los problemas se unen factores económicos, sociales, políticos y tecnológicos, con frecuencia contrapuestos e incluso antagónicos.

Las secuencias climáticas secas constituyen un fenómeno recurrente, con singular relevancia en España por sus importantes efectos económicos, ecológicos, sociales y políticos; pero sucede, sin embargo, que una vez pasadas las circunstancias adversas, casi todos nos olvidamos de que el problema subsiste. La finalidad principal de estas Jornadas es reunir a un conjunto de expertos en relación con las diversas facetas del tema, por lo que tendrán un carácter netamente interdisciplinar. El núcleo fundamental lo constituirán 20 ponencias invitadas; no obstante, se dará también opción a la presentación de algunas comunicaciones voluntarias, siempre que sean aprobadas por el Comité Científico.

PONENCIAS Y PONENTES

Presentación por el Presidente de la Real Academia de Ciencias, *Angel Martín-Municio*.

1. Introducción. *Joaquín Catalá de Alemany*. Real Academia de Ciencias. Madrid.

I. Concepto, causas y predicción de las sequías.

2. Definición de sequía. Clima y sequía. La predicción de sequías. Sequías en la Península Ibérica. *José Pinto Peixoto*. Academia das Ciências de Lisboa. Portugal.
3. Cambios climáticos a nivel mundial y su modelización. Posibles efectos del cambio climático mundial en la Península Ibérica. *Luis Sánchez Munisguren*. Instituto Nacional de Meteorología. Murcia.

II. Efectos físicos y ecológicos de las sequías.

4. Los efectos generales de las sequías y los procesos de desertificación en la biosfera; su observación a gran escala (General effects of drought and the desertification processes in Biosphere:

observation at large scale). *Hans-Jürg Bolle*. Universidad Libre de Berlín.

5. Sequía y erosión del suelo en España. *Alfonso Aguiló*. ICONA. Madrid.
6. Cambios en la calidad y cantidad de las aguas superficiales. *Julián Mingo Magro*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid.
7. Cambios en la calidad y cantidad de las aguas subterráneas. *Agustín Navarro*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid.
8. Sequía, vegetación y fauna silvestre. *José Alberto Pardos y Santiago González Alonso*. Universidad Politécnica de Madrid.

III. Impactos económicos y sociales de la sequía. Métodos de mitigación.

9. Impacto de la sequía en la agricultura y acciones mitigantes (I). *Ignacio Romagosa*. Universitat Politècnica de Catalunya. *J. L. Araus*. Universidad de Barcelona.
10. Impacto de la sequía en la agricultura y acciones mitigantes (II). *Julián Martínez Beltrán*. IRYDA. Madrid. *Elias Fereres*. Universidad de Córdoba.
11. Disminución de la energía hidroeléctrica y efectos consecuentes. *Victoriano Reinosa*. Unión FENOSA. Madrid.
12. Problemas y acciones mitigantes en los abastecimientos urbanos. *Miguel García Poveda*. Canal de Isabel II. Madrid.
13. La utilización coordinada de aguas superficiales y subterráneas como posible elemento mitigador en las sequías. *Andrés Sahuquillo*. Universidad Politécnica de Valencia.
14. Fuentes alternativas de agua dulce durante las sequías: desmineralización de aguas salinas o salobres. Lluvia artificial. *José Aguilar Peris*. Universidad Complutense. Madrid.
15. La sequía del período 1989-1990 en el País Vasco: Incidencias y medidas preventivas a adoptar. Comparación con las zonas limítrofes. *José Ramón González Lastra y José María Sanz de Galdeano*. Gobierno Vasco.
16. Percepción de la sequía por la sociedad y reacciones consecuentes (Drought perception by society and consequent reactions). *Evan Vlachos*. Colorado State University. USA.

IV. Algunas experiencias fuera de España.

17. Inglaterra y Gales (England and Wales). *Clive Swinnerton*. National Rivers Authority. U.K.
18. Estados Unidos (U. S. A.). *Jay Lehr*. National Water Well Association. U. S. A.
19. Marruecos (Morocco). *Mohamed Jellali*. Administration de l'Hydraulique. Rabat.
20. Una visión general y propuestas de acción. *M. Ramón Llamas*. Real Academia de Ciencias. Madrid.

Las Jornadas tendrán lugar en la Real Academia de Ciencias, c/ Valverde, 22, Madrid, y se desarrollarán desde el lunes 19 de noviembre por la mañana hasta el miércoles 21 por la tarde. Las ponencias tendrán asignado un tiempo de media hora para su exposición y discusión. Las comunicaciones quince minutos.

La inscripción será libre; el coste de la matrícula será de 20.000 ptas. por persona y dará derecho a participar en todos los actos científicos y sociales de las Jornadas, así como a recibir toda la documentación (ponencias y comunicaciones). Los alumnos del tercer ciclo podrán obtener una matrícula reducida en el 50 por 100, acompañando una carta de presentación de su director de Tesis. Todas las matrículas deberán ser formalizadas con anterioridad al comienzo de las Jornadas.

CURSO DE CORRECCION DE TALUDES INESTABLES

A celebrar en Madrid, del 8 al 11 de mayo de 1990.

Organizado por la Fundación Gómez-Pardo, con la colaboración del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

El problema de los taludes inestables aparecen en muy diferentes contextos:

- Laderas naturales con riesgo de inestabilidad que ponen en peligro las personas o las cosas.
- Taludes en obras de comunicación (carreteras, ffcc...) de trazado nuevo o corregido, cuya estabilidad es preciso asegurar.
- Taludes de explotación, o definitivos, de cortas mineras, cada vez más profundas.
- Laderas o taludes afectados por obras hidráulicas.
- Laderas que es preciso proteger, para evitar impactos ambientales negativos.

Por estas razones la sociedad tiende a invertir cada vez más medios y recursos en garantizar la estabilidad de los taludes, cuya caída no se considera ya como un riesgo inevitable sino más bien como un suceso totalmente indeseable.

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España está preparando un MANUAL DE CORRECCION DE TALUDES complementario del MANUAL DE TALUDES ya existente, donde puede abordarse con mayor extensión los diferentes métodos disponibles. Dicho manual estará estructurado en las siguientes áreas:

- Aspectos generales: *M. Romana*.
- Corrección de taludes en suelos: *J. M. Rodríguez*.
- Corrección de taludes en rocas: *M. Romana*.
- Corrección de taludes mineros: *B. Celada*.

Este curso pretende anticipar algunos de los borradores de dicho Manual, presentando de forma sistemática todo el campo de corrección de taludes.

Además, se ha pedido a cinco ingenieros de gran experiencia, y que cubren un amplio espectro dentro del cam-

po de la Geotecnia, que presenten algunos de los casos de corrección de taludes, que juzguen de mayor interés.

El curso está dirigido a todos aquellos profesionales de la Geología y la Geotecnia que tengan interés y/o responsabilidad en el campo del diseño, proyecto, construcción, mantenimiento o control de taludes.

El curso se desarrollará en los locales de la Fundación, Alenza, 1, 28003 Madrid, con el siguiente horario:

Mañanas de 10,30 a 14,15.

Tardes de 16,30 a 19,00.

El profesorado está constituido por:

D. Manuel Romana. Catedrático de Geotecnia y Cimientos. Universidad Politécnica de Valencia. Director del Curso.

D. Eduardo Alonso. Catedrático de Geotecnia y Cimientos. Universidad Politécnica de Cataluña.

D. Francisco Ayala. Jefe de Area de Ingeniería GeoAmbiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

D. Benjamín Celada. Profesor Titular de Laboreo. Universidad Politécnica de Madrid. Director de Geocontrol.

Dña. Mercedes Ferrer. Geólogo. Area de Geología Ambiental. Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

D. J. A. Hinojosa. Subdirector General. Dirección General de Carreteras. MOPU.

D. Carlos Otero. Profesor Titular de Geotecnia y Cimientos. Universidad Politécnica de Madrid. Director del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. MOPU.

D. Pedro Ramírez Oyanguren. Catedrático de Mecánica de Rocas. Universidad Politécnica de Madrid.

D. José M.ª Rodríguez Ortiz. Catedrático de Cementaciones. Universidad Politécnica de Madrid. Director de E. A. T.

SEMINARIO SOBRE GEOQUIMICA DE LOS PROCESOS MAGMATICOS

A celebrar en Madrid, del 15 al 19 de octubre de 1990.

El avance que ha experimentado en estos últimos años el conocimiento de la evolución de la Tierra y de los procesos petrogenéticos y metalogenéticos, procede en gran parte de los estudios geoquímicos. Más concretamente de la interpretación de la abundancia de algunos elementos traza (Th, U, Ta, Hf, La, Ce...) y de determinados isótopos radiogénicos (Sr⁸⁷, Nd¹³⁴, Pb²⁰⁵, Pb²⁰⁷, Pb²⁰⁸) y estables (D, O¹⁸, S³⁴...) que presentan los materiales terrestres.

El cuerpo de doctrina que a este respecto se ha ido elaborando se basa esencialmente en que la variación que experimentan los elementos traza y los isótopos, en el curso de procesos magmáticos tales como la fusión parcial, la cristalización fraccionada y la mezcla, puede modelarse mediante expresiones sencillas, a partir de las cuales es posible calcular los diferentes parámetros de estos procesos.

A pesar de la difusión que en general ha alcanzado esta metodología, la información que se tiene de ella en nuestro país, y por consiguiente su aplicación, es relativamente reducida. Frente a esta situación puede ser de utilidad ofrecer a los investigadores y profesionales que desde hace años trabajan en problemas petrológico-mineralógicos, y a los que ahora se inician en estos aspectos, los fundamentos de dicha metodología.

Este seminario aborda el comportamiento de los elementos traza y de los isótopos estables y radiogénicos, en los más importantes procesos magmáticos, y analiza los procedimientos que permiten la identificación y evaluación de los mecanismos por los que se generan las rocas.

Está orientado fundamentalmente a aquellos profesionales e investigadores que se ocupan de los aspectos genéticos de la Petrología y de la Metalogenia, y que por consiguiente están interesados en profundizar en el conocimiento de la evolución geoquímica de la Tierra, en los procesos que permiten la concentración de recursos minerales, etc. Asimismo, resulta de interés para alumnos de los últimos cursos de Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros y de Facultades de Ciencias.

La duración total del Seminario es de 30 horas. Cada día habrá sesiones de mañana y tarde. Durante la sesión de la mañana se abordarán los aspectos teóricos del Programa, mientras que la sesión de la tarde estará dedicada a resolver problemas prácticos. Estas últimas sesiones se realizarán en grupos de 8 ó 10 alumnos, y para un mejor aprovechamiento se recomienda que cada uno lleve consigo calculadora científica.

Se desarrollará el siguiente temario:

- Conceptos básicos sobre elementos traza e isótopos.
- Comportamiento geoquímico de los sistemas Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb y O¹⁸-O¹⁶.
- Evolución planetaria de los isótopos de Sr, Nd y Pb.
- Fraccionamiento de los elementos traza y de los isótopos radioactivos y estables en los procesos magmáticos.
- Identificación del proceso magmático.
- Cálculo de los parámetros de los procesos magmáticos.

La dirección del Curso estará a cargo de *D. José López Ruiz*, Profesor de Investigación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y la coordinación la llevará *D. Angel Ilarri Junquera*, Ingeniero de Minas, Jefe del Area de Laboratorios y Ensayos del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

El Curso lo organiza la Fundación Gómez Pardo, con la colaboración del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

FUNDACION EN GRANADA DEL GRUPO ANDALUZ DE RIESGOS GEOLOGICOS Y MEDIO AMBIENTE

El pasado día 11 de mayo de 1990, a las 11 horas, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, tuvo

lugar el acto de constitución del *Grupo Andaluz de Riesgos Geológicos y Medio Ambiente*, con la asistencia de cincuenta y seis científicos y técnicos de las distintas especialidades relacionadas con las ciencias ambientales.

Este Grupo, que integra a investigadores y profesionales dedicados al estudio de los problemas relacionados con el medio ambiente, tanto de Instituciones Públicas como de Entidades privadas y de la Universidad, persigue como principales fines:

- Promocionar, fomentar y difundir el conocimiento, progreso y aplicaciones de las ciencias y técnicas dedicadas al estudio de los procesos generadores de riesgos geológicos, otros riesgos naturales y su efecto sobre el medio ambiente.
- Crear un marco de cooperación entre los distintos profesionales cuya actividad principal esté relacionada con los riesgos geológicos y el medio ambiente.
- Promocionar iniciativas científicas relacionadas con problemas medioambientales o de riesgos geológicos y su incidencia en la ordenación del territorio.
- Canalizar la acción interdisciplinar que faculte y facilite el asesoramiento a los Organismos, Instituciones o personas interesadas.

El creciente interés, que en los últimos años, está demostrando la sociedad por el respeto al medio natural, ha incidido decisivamente en el impulso de proyectos institucionales, así como la apertura de líneas de investigación que se ocupan de la problemática ambiental. En la actualidad, en la Comunidad Autónoma Andaluza, y desde que fueron asumidas las competencias en esta materia, se están abordando problemas como la contaminación atmosférica, la eliminación de residuos, los incendios forestales, la contaminación de las aguas, los impactos ambientales, etc.

Los riesgos naturales se producen por la interferencia de la actividad humana con el desarrollo de los procesos normales de la naturaleza. Centrándonos en los riesgos geológicos, una estimación del año 1987 realizada por el ITGE, de las pérdidas previstas para los siguientes treinta años, concluye que la Comunidad Autónoma andaluza se encuentra situada a la cabeza del Estado, con más del 27 por 100 de las pérdidas totales (más de dos billones de pesetas).

La entidad de los riesgos geológicos en Andalucía queda claramente patente sin tener que remontarse muy atrás en el tiempo. Se pueden citar algunos ejemplos significativos acontecidos en los últimos treinta y cinco años: el terremoto de Albolote (1956), las inundaciones de las ramblas de Albuñol y Almanzora (1973), el deslizamiento de Olivares (1986), el alud de nieve en la cara oeste del Mulhacén (1989), las inundaciones de Málaga (1989), las inundaciones de Peligros (1990), la continua desertización que sufre el sureste peninsular, etc.

Con el conocimiento que hoy día se tiene de los procesos geológicos generadores de riesgos y el avance de la ingeniería civil y el diseño de estructuras, se puede decir que estamos en condiciones, si se utilizan los medios y los equipos multidisciplinarios adecuados, de planificar la utilización del territorio para que el desarrollo de los agen-

tes naturales incida de forma mínima en las personas o bienes. Más de la mitad de las catástrofes naturales que están ocurriendo en la Comunidad andaluza, sobre todo en los últimos años, se podrían haber mitigado con una ordenación del territorio adecuada, que incluyera como factor prioritario la realización y valoración de estudios de peligrosidad y de riesgos tendiendo, por tanto, a una mayor adecuación de nuestra actividad a la dinámica de la naturaleza.

El contribuir a estos objetivos es, desde el punto de vista científico, una de las misiones del recién creado Grupo Andaluz de Riesgos Geológicos y Medio Ambiente.

La Junta Directiva electa en la sesión constituyente quedó de la siguiente forma:

Presidente: *D. Francisco Javier Soria*.
Vicepresidente: *D. Juan Antonio Martín-Vivaldi*.
Secretario Primero: *D. Jesús Garrido*.
Secretario Segundo: *Dña. Gema Alcaín*.
Tesorero: *Dña. Estrella Romero*.
Vocales: *D. Andrés F. Alcántara*, *D. José Baena*, *D. José Luis Guzmán* y *D. José A. Peña*.

La sede del Grupo, a la cual pueden dirigirse por escrito los interesados en cualquier tipo de información, es: Grupo Andaluz de Riesgos Geológicos y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias. Campus de Fuentenueva, s/n. 18071-Granada.

ALGUNAS VALORACIONES DE DAÑOS PRODUCIDOS EN ANDALUCIA ORIENTAL POR LAS INUNDACIONES DE FINALES DEL AÑO 1989

La Comisión Provincial de Gobierno de Málaga, presidida por el Gobernador Civil, ha valorado los daños producidos en la infraestructura del municipio de Málaga por las inundaciones de noviembre y diciembre del pasado año en 10.172 millones de pesetas.

Por otra parte, la Junta de Andalucía ha evaluado en 10.762 millones de pesetas los daños ocasionados por las inundaciones en la provincia de Almería, que se distribuyen de la siguiente forma: viviendas y enseres, 216 millones de pesetas; infraestructura municipal, 1.545 millones; obras públicas, 589 millones; carreteras, 3.147 millones; cultivos, 2.361 millones; infraestructura agrícola, 2.792 millones; y centros de salud y escolares, 112 millones.

1ST INTERNATIONAL MEETING OF YOUNG GEOLOGIST

Organized by the Youth Committee of the Geological Society of Hungary. 22-28th August, 1991. Budapest, Hungary. The programs of the meeting will include the following topics:
Sedimentology. Petrology and Geochemistry. Tectonics. Stratigraphy and Paleontology. Hydrogeology. Agrogeology.

Engineering geology. Environmental geology. Geomathematics.

For information:
Anna BALOG.

Technical University of Budapest. Department of Geology.
1521 Budapest, Hungary. Telephone: (36-1) 1667 370. Telex:
225931. Fax: (36-1) 1666 808.

XXIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS

Organizado por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (Grupo Español).

A celebrar del 15 al 19 de abril de 1991 en el Puerto de la Cruz, Tenerife (Islas Canarias, España).

Los temas a tratar son, en principio, los siguientes:

- I. Caracterización de la sobreexplotación de acuíferos: aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos.
- II. Aspectos ambientales asociados a la sobreexplotación.
- III. Previsión y corrección de los efectos producidos por la sobreexplotación.
- IV. Problemas legales y socioeconómicos asociados a la sobreexplotación de acuíferos.
- V. La sobreexplotación de acuíferos en la gestión de los recursos hídricos.

INFORMACION Y SECRETARIA:

Dr. Fermín Villarroya. Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid (España).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

900167. **Los sistemas de cartografía automática del Servicio Geográfico del Ejército.** SANDOVAL, L. *Bol. Inf. Serv. Geogr. Ejército* (1987), núm. 65, 55-67, esp., bibl. ITGE.

* Cartografía automática, Tratamiento dato, Institución, España.

900168. **Ionosfera 1982-1983.**

Bol. Observatorio Ebro (1988), vol. 70-71, 202 pp., esp., bibl. ITGE.

* Ionosfera, Dato, Observatorio, Provincia Tarragona.

900231. **GEOARA: base de datos bibliográfica sobre la geología de Aragón.** ALMUNIA, A.; GOZALO, R., y SAN JOSE, I.

Rev. Esp. Doc. Cient. (1989), vol. 12, núm. 3, 306-313, 8 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Base de datos, Bibliografía, Geología, Tratamiento datos, Aragón.

GEOLOGIA REGIONAL

900193. **Nota geológica sobre las Serranías de los Cameros.** TISCHER, G.

El Campo (1988), núm. 110, 14-17, 5 ref., esp., bibl. ITGE.

* Cámbrico, Trías, Jurásico, Cretácico, Anticlinal, Sedimentación fluvial, Caliza, Caliza dolomítica, Conglomerado, Provincia Logroño.

ESTRATIGRAFIA

900156. **Unidades estratigráficas en el Cretácico Medio de la región Cuenca-Atienza, Cordillera Ibérica.** SEGURA, M.; GARCIA, A.; CARENAS, B., y CALONGE, A.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 291-298, 18 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Unidad estratigráfica, Cretácico Medio, Cronoestratigrafía, Transgresión, Variación nivel, Provincias Guadalajara, Cuenca, Macizo Ibérico.

900181. **Aportación al conocimiento de la paleoecología del yacimiento mioceno de Ribesalbes.** VIGON, M.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 61-66, 23 ref., esp., bibl. ITGE.

* Mioceno, Yacimiento fosilífero, Fauna insecto, Biotipo, Medio lacustre, Provincia Castellón.

900182. **Intento de reconstrucción de las cuencas limnitas terciarias de la isla de Mallorca.** GONZALEZ MIGUEL, J. R.

Col-Pa (1980-1981), núm. 36, 67-73, 14 ref., esp., bibl. ITGE.

* Paleogeografía, Cuenca sedimentaria, Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Oligoceno, Mioceno, Paleolimnología, Baleares, Isla Mallorca.

900186. **Rasgos biostratigráficos de la sucesión silúrica del Sinclinal del Guadarranque, provincias de Cáceres, Badajoz y Ciudad Real.** RODRIGUEZ NUÑEZ, V. M.; GUTIERREZ MARCO, J. C., y SARMIENTO, G.

Col-Pa (1988-89), núm. 42, 83-106, 22 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Biostratigrafía, Silúrico, Fauna graptolites, Fauna conodontos, Fauna específica, Sinclinal, Provincias de Cáceres, Badajoz, Ciudad Real.

900233. **Foraminíferos bentónicos profundos del Mioceno Superior y Plioceno inferior en el DSDP Site 135, Atlántico Nororiental.** FRANCES, G.; SIERRA, F. J., y CIVIS, J.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 9-18, 27 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Paleocenografía, Mioceno Sup., Plioceno Inf., Biostratigrafía, Fauna foraminíferos, Taxón bentónico, Atlántico Nordeste.

GEOMORFOLOGIA

900187. **Incisiones cárcavas en el nivel supraforestal de la Sierra de la Demanda, Sistema Ibérico. Morfología y significación.** ARNAEZ, J.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 7-16, 11 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Barranco, Morfología erosión, Erosión fluvial, Sierra de la Demanda, Macizo Ibérico.

900188. **Los lapiaces de agujas de Peña Cabarga, Cantabria. Génesis y significado de una forma original.** GARCIA CODRON, J. C.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 17-28, 9 ref., esp., res. ing., fr., bibl. ITGE.

* Lapiáz, Sulfuro hierro, Oxido hierro, Aptiense, Albiense, Provincia Santander.

900189. **Organización espacial de sedimentos en las barras del cauce trenzado del río Oja.** GOMEZ VILLAR, A., y MARTINEZ CASTROVIEJO, R.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 29-45, 27 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Distribución espacial, Barra, Morfología fluvial, Granulometría, Sedimentación fluvial, Río anastomosado, Provincia Logroño.

900190. **Dinámica del cauce y de la llanura de inundación del río Ebro en el término de Alfaro.** OLLERO, A.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 47-54, 12 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Histórico, Cronología, Morfología fluvial, Meandro, Llanura inundable, Río Ebro, Provincia Logroño.

900192. **Formas y procesos kársticos en los conglomerados de la cabecera del río Oca, Cuenca del Ebro, Burgos.** UGARTE, F.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 125-128, 5 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Karst, Conglomerado, Morfología disolución, Cuenca Ebro, Provincia Burgos.

900215. **Distribución de formaciones vegetales: influencias de la exposición topográfica en dos ambientes morfoclimáticos mediterráneos.** GONZALEZ HIDALGO, J. C., y LOPEZ SANCHEZ, M. V.

Lucas Mallada (1989), núm. 1, 51-65, 35 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Macizo montañoso, Depresión, Acción climática, Vegetación, Cuenca Ebro, Provincia Huesca.

900216. **Introducción al estudio del drenaje en superficie de las Sierras Exteriores Oscenses, sector Isuela-Vero (I).** GONZALEZ HIDALGO, J. C.

Lucas Mallada (1989), núm. 1, 67-80, 10 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Red hidrográfica, Drenaje terreno, Escorrentía, Perfil longitudinal, Provincia Huesca.

900217. **Distribución espacial y utilización de las laderas abancaladas en el Pirineo Aragonés: Valles de Broto y Bestué.** LASANTA, T.

Lucas Mallada (1989), núm. 1, 81-102, 33 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Distribución espacial, Ladera, Bancada, Exposición relieve, Altitud, Pendiente ladera, Utilización terreno, Agricultura, Pirineos, Provincia Huesca.

900228. **Advances in fluvial geomorphology of mountain environments.** MARTINEZ CASTROVIEJO, R.

Pirineos (1988), núm. 132, 65-88, 99 ref., ing., res. esp., fr., bibl. ITGE.

* Síntesis bibliográfica, Morfología fluvial, Transporte flu-

vial, Carga fondo, Canal, Sedimentación fluvial, Forma del lecho, Macizo montañoso.

900229. **Rills, gullies and bandlands: Reviewing the problem.** ARNAEZ, J.

Pirineos (1988), núm. 132, 89-98, 56 ref., ing., res. esp., fr., bibl. ITGE.

* Síntesis bibliográfica, Barranco, Erosión, Escorrentía, Movimiento masa.

CUATERNARIO

900152. **Sistemas deltáicos holocenos de los ríos Llobregat, Besós y Foix: modelos evolutivos.** CHECA, A.; DIAZ, J. I.; FARRAN, M., y MALDONADO, A.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 241-255, 24 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Levantamiento sísmico, Transgresión, Variación nivel, Holoceno, Delta, Sedimentación deltaica, Paleobatimetría, Cuenca Llobregat, Versiliense, Provincias Barcelona, Tarragona.

900205. **Caracterización composicional de los depósitos arenosos actuales generados en el Sistema Central.** TORTOSA, A.; PALOMARES, M., y ARRIBAS, J.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 205-213, 16 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Arena, Análisis modal, Fracción fina, Dimensión grano, Actual, Granito, Gneis, Micaesquistos, Hercínico Centro, Provincias Segovia, Avila.

GEOLOGIA EXTRATERRESTRE

900243. **Representación cartográfica de la Luna, su sismología y estructura interna (I).** RUIZ MORALES, M.

Topogr. Cartogr. (1988), vol. 5, núm. 29, 68-80, 8 ref., esp., bibl. ITGE.

* Histórico, Cronología, Cartografía, Luna.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

900164. **Recuperación edáfica de las escombreras de minas de lignito en Galicia. 1. Caracterización de los materiales estériles.** LEIROS DE LA PEÑA, M. C. (et al.).

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 85-100, 20 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Reacondicionamiento, Suelo, Cambio ión, Granulometría, Propiedad química, Estéril, Escombrera, Lignito, Meirama, Provincia La Coruña.

900196. **La calidad del agua de los embalses españoles.** TOJA, J.

Estratos (1988), núm. 13, 20-26, 13 ref., esp., bibl. ITGE.

* Lago artificial, Eutrofización, Calidad agua, Limnología, España.

900197. **Almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad. Situación mundial.** ENRESA.

Estratos (1989), núm. 14, 1-7, esp., bibl. ITGE.

* Inventario, Residuo radiactivo, Vertido controlado, Almacén subterráneo, Mundo.

900198. **Los sensores remotos en la selección de emplazamientos.** LUCINI, M., y NUCHE, R.

Estratos (1989), núm. 14, 39-42, esp., bibl. ITGE.

* Teledetección, Método aerotransportado, Método geofísico, Vertedero, Residuo radiactivo.

900199. **Almacenamiento de residuos radiactivos. Evaluación probabilística de seguridad.** PRADO, P., y FRANCIA, L.

Estratos (1989), núm. 14, 50-57, esp., bibl. ITGE.

* Programa, Residuo radiactivo, Vertido controlado, Almacén subterráneo.

900210. **La predicción del hinchamiento de suelos expansivos.** ALONSO, E. E.; LLORET, A., y BATLLE, F.

Ing. Civ. (1989), núm. 71, 47-54, 25 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Modelo, Método elemento finito, Hinchamiento, Marga,

Material expansivo, Compresión edométrica, Porosidad, Hidratación.

900211. **Trayectorias tensión-deformación durante el hinchamiento, colapso y retracción de los suelos «in situ».** DE JUSTO, J. L., y DELGADO, A.

Ing. Civ. (1989), núm. 71, 57-64, 15 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Modelo 3 dimensiones, Método elemento finito, Hinchamiento, Hundimiento, Tensión, Deformación bajo tensión, Ensayo laboratorio, Compresión edométrica, Cimentación, Provincia Sevilla.

900218. **El arroyo Salado de Puibolea: fisico-química de sus aguas y posibilidades de utilización.** SANCHEZ NAVARRO, J. A.; MARTINEZ GIL, F. J. SAN ROMAN, J., y CASTAÑEDA, C.

Lucas Mallada (1989), núm. 1, 151-165, 8 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Hidroquímica, Agua superficie, Calidad agua, Dureza agua, Potabilidad, Salinidad, Arroyo, Acuifero, Roca carbonatada, Cuenca Ebro, Provincia Huesca.

900225. **Medio ambiente y petróleo en el umbral de los 90.** AYALA, A.

Oilgas (1989), núm. 264, 25-29, 1 ref., esp., bibl. ITGE.

* Cooperación internacional, Política Estado, Legislación, Protección medio ambiente, Contaminación, Contaminante, Petróleo, Lluvia ácida, Calidad agua.

900226. **Las auditorías ambientales en las refinerías.** ARNAIZ, J. A., y DIEGO, L.

Oilgas (1989), núm. 264, 32-42, esp., bibl. ITGE.

* Protección medio ambiente, Legislación, CEE, España, Contaminación, Refinería, Residuo industrial, Aguas residuales.

900242. **Grupo de olas y diseño de diques en talud.** MEDINA, J. R., y HUDSPETH, R. T.

Rev. Obras Públicas (1989), núm. 3284, 709-721, 26 ref., esp., bibl. ITGE.

* Módulo físico, Rompeolas, Oleaje.

900245. **Geología de Sevilla y alrededores y características geotécnicas de los suelos del área urbana.** AYUNTAMIENTO DE SEVILLA.

(1989), 255 pp., 197 ref., esp., bibl. ITGE.

* Monografía, Mecánica suelo, Propiedad geotécnica, Planificación urbana, Cenozoico, Provincia Sevilla.

PALEONTOLOGIA: GENERALIDADES

900183. **Actividades del laboratorio de Paleobotánica y Paleoecología del Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense.** ALVAREZ-RAMIS, C.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 75-82, esp., bibl. ITGE.

* Informe actividad, Institución, Paleobotánica, Paleoecología, Provincia Madrid.

PALEONTOLOGIA: VERTEBRADOS

900179. **Primera cita en España del antilope más antiguo de Europa, *Eotragus artensis*, GINSBURG y HEWETZ, 1968 (Mammalia Bovidae), procedente del Orleanense de Córcoles, Guadalajara.** ALVAREZ, F.; DE VILLALTA, J., y MOYA, S.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 41-51, 9 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Ruminantia, *Eotragus*, Anatomía esqueleto, Biometría, Orleanense, Mioceno, Provincia Guadalajara.

900180. **Los restos fósiles más meridionales de *Rupicapra* hallados en Europa.** ALFEREZ, F.; MOLERO, G., y BUS-TOS, V.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 53-59, 9 ref., esp., res. ing., fr., bibl. ITGE.

* Ruminantia, Anatomía esqueleto, Biometría, Holoceno Inf., Wurm, Pleistoceno Sup., Provincia Jaén.

900184. **Resumen de las investigaciones paleoantropológicas y arqueológicas de Orce, Granada, y Cueva Victoria, Cartagena.** INST. DE PALEONTOLOGIA «MIGUEL CRUSA-FONT».

Col-Pa (1988-89), núm. 42, 11-60, 24 ref., esp., bibl. ITGE.
* Antropología, Tafonomía, Paleoeología, Osamenta, Acción hombre, Provincias Granada, Murcia, Cartagena.

900208. **On the tayassuid of xenohyus ginsburg, 1980, and the description of new fossils from Spain.** PICKFORD, M., y MORALES, J.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 233-237, 8 ref., ing., res. esp., bibl. ITGE.

* Suiformes, Xenohyus, Doliochoerus, Biometría, Diente, Mioceno Inf., Provincia Cuenca.

900224. **Revisión de la sistemática de los rinocerontes del Neógeno de España.** CERDEÑO, E.

Noticias paleontol. (1989), núm. 14, 12-14, esp., bibl. ITGE.

* Tesis doctoral, Revisión, Taxonomía, Ceratomorpha, Rhinocerotidae, Neógeno, España.

900232. **Los carnívoros del Mioceno Inferior de Buñol, Valencia, España.** BELINCHON, M., y MORALES, J.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 3-8, 22 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Nuevo taxón, Fissipedia, Felidae, Ursidae, Canidae, Diente, Aragoniense, Mioceno Inf., Provincia Valencia.

900234. **A Conohyus-Lineage, Suidae, Artiodactyla from the Miocene of Europe.** VAN DER MADE, J.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 19-28, 12 ref., ing., res. esp., bibl. ITGE.

* Conohyus, Suiformes, Suidae, Evolución biológica, Diente, Mandíbula, Biometría, Mioceno, Europa.

900236. **Aceratherium Alfambrense sp. n. nuevo rinoceronte del Vallesiano Superior de Teruel, España.** CERDEÑO, E., y ALCALA, L.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 39-51, 21 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Nuevo taxón, Ceratomorpha, Aceratherium, Rhinocerotidae, Anatomía esqueleto, Biometría, Vallesiano, Mioceno Sup., Provincia Teruel.

900241. **Designación del Holotipo de Aragoxerus Ignis, Cuenca 1986, Sciuridae, Rodentia.** CUENCA BESCOS, G.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 90-91, 3 ref., esp., bibl. ITGE.

* Taxinómia, Sciuromorpha, Mioceno, Provincia Teruel.

PALEONTOLOGIA: INVERTEBRADOS

900157. **Sobre la posición sistemática del género Placogyropsis Alloiteau, 1957. Scleractinia cretácica.** REIG, J. M.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 299-302, 3 ref., esp., bibl. ITGE.

* Revisión, Taxonomía, Hexacoralla, Cretácico.

900158. **Nautilidos liásicos de los alrededores de Alfara, Tarragona, NE España.** CALZADA, S.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 303-309, 13 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Corte geológico, Lías, Nautilus, Nautiloidea, Provincia Tarragona.

900159. **Braquiópodos del Banco de Chella, Mar de Alborán, Mediterráneo Occidental.** LLOMPART, C.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 311-319, 37 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Inarticulata, Terebratulida, Biotopo, Batimetría, Cuaternario, Mar de Alborán.

900178. **Los Conocoryphidae del Cámbrico Medio de Zafra, Badajoz.** GIL CID, M. D.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 13-39, 24 ref., esp., res. fr., bibl. ITGE.

* Histórico, Cronología, Ptychopariida, Conocoryphidae, Cámbrico Medio, Zafra, Provincia Badajoz.

900185. **Los Heterocorales del Carbonífero de los Santos de Maimona, Badajoz, SW de España.** RODRIGUEZ, S., y COMAS-RENGIFO, M. J.

Col-Pa (1988-89), núm. 42, 61-81, 20 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Heterocorallia, Viseense, Provincia Badajoz.

900235. **Estudio paleoecológico de la fauna de moluscos de un afloramiento de materiales pliocénicos en Estepona, Málaga, España.** PALMQVIST, P.; GUERRERO, S., y SALVA, M. I.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 29-38, 21 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Paleoecología, Fauna molusco, Depredación, Diversidad especie, Método estadístico, Plioceno Inf., Provincia Málaga.

900237. **Diferenciabilidad de turborotalidos del Serravallense y del Messinense mediante análisis multivariante.** PALMQVIST, P.; GONZALEZ DONOSO, J. M., y SERRANO, F.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 53-66, 12 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Análisis discriminante, Análisis multivariable, Biometría, Turborotalida, Globorotaliidae, Globigerinacea, Revisión, Taxón pelágico, Serravallense, Messiniense, Mioceno Medio, Mioceno Sup.

900238. **Chresmoda Aquatica n. sp. insecto Chresmodidae del Cretácico Inferior de la Sierra del Montsec, Lleida, España.** MARTINEZ DELCLOS, X.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 67-74, 34 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Nuevo taxón, Chresmoda Aquatica, Insecta, Tafonomía, Medio lacustre, Cretácico Inf., Provincia Lérida.

900239. **Una nueva especie de Almerarhynchia, Brachiopoda, del Cretácico Superior Pirenaico.** CALZADA, S.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 75-79, 13 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Nuevo taxón, Almerarhynchia, Rhynchonellida, Cretácico Sup., Provincia Lérida.

900240. **Foraminíferos Bashkirienses de la Sierra del Sueve, Cuenca Carbonífero Central, Zona Cantábrica, NW de España.** VILLA, E.

Rev. Esp. Paleontol. (1989), vol. 4, 81-89, 25 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Bashkiriense, Fusulinidae, Biostratigrafía, Asturias.

PALEOBOTANICA

900177. **La flora de la formación de Shemshak, Irán.** COR-SIN, P.

Col-Pa (1980-81), núm. 36, 7-11, esp., bibl. ITGE.

* Jurásico, Biostratigrafía, Flora específica, Transgresión, Variación nivel, Elbourz, Irán.

TECTONICA

900207. **Cuantificación de la deformación interna en rocas samíticas.** TEJERO, R.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 225-231, 23 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Microtectónica, Esquistosidad, Deformación finita, Proyección estereográfica, Arenisca, Precámbrico, Primario, Provincia Zaragoza, Macizo Ibérico.

HIDROGEOLOGIA E HIDROLOGIA

900195. **El clima y los recursos hídricos superficiales de la Rioja.** GARCIA-RUIZ, J. M., y MARTIN RANZ, M. C.

El Campo (1988), núm. 110, 20-24, 8 ref., esp., bibl. ITGE.

* Recursos agua, Agua superficie, Caudal río, Provincia Logroño.

900219. **Estudio sobre el Balneario de Fortuna.** R. ACAD. FARMACIA.

Mem. R. Acad. Farm. (1987), núm. 13, 65 pp., esp., bibl. ITGE.

* Monografía, Agua termomineral, Balneario, Manantial, Provincia Murcia.

900220. **Comentarios sobre el Balneario de Fortuna.** LOPEZ DE AZCONA, J. M.

Mem. R. Acad. Farm. (1987), núm. 13, 5-17, 17 ref., esp., bibl. ITGE.

* Histórico, Manantial, Agua termal, Balneario, Calidad agua, Provincia Murcia.

900221. **Análisis físico-químico de las aguas mineromedicinales del Balneario de Fortuna, Las Termas de Fortuna, Murcia.** GARCIA PUERTAS, P.; TORIJA, M. E.; ORZAEZ, M. T., y PLAZA, F.

Mem. R. Acad. Farm. (1987), núm. 13, 27-34, esp., bibl. ITGE.

* Agua termomineral, Manantial, Balneario, Análisis químico, Propiedad físico-química, Hidroquímica, Calidad agua, Provincia Murcia.

900223. **Geología e hidrogeología.** GOMEZ DE LAS HERAS, J.

Mem. R. Acad. Farm. (1987), núm. 13, 55-65, esp., bibl. ITGE.

* Corte geológico, Tectónica encajante, Acuífero, Roca carbonatada, Jurásico Inf., Provincia Murcia.

MINERALOGIA: SILICATOS

900155. **Espectros de infrarrojo en turmalinas.** BLANCO, M.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 283-290, 26 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Espectro IR, Turmalina, Silicato, Dravita.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

900191. **Los conglomerados sueltos terciarios del borde norte de la Sierra de Cameros.** PEREZ-LORENTE, F.; PAVIA, S., y PEREDA, C.

Cuad. Invest. Geogr. (1989), vol. 15, núm. 1-2, 67-74, 15 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Conglomerado, Composición silícea, Control tectónico, Cabalgamiento, Terciario, Provincia Logroño, Macizo Ibérico.

900200. **Mineralogía y génesis de las arcillas de las unidades del Campo de Gibraltar. IV. Unidad de Facinas.** RODRIGUEZ JIMENEZ, P., y RUIZ CRUZ, M. D.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 141-153, 17 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Arenisca, Calcarenita, Clorita, Illita, Caolinita, Mineral interestratificado, Corte geológico, Dato ATD, Dato ATG, Análisis químico, Cretácico, Paleoceno, Provincia Cádiz.

900202. **Caracterización y origen de la Facies Glauconítica de la Cuenca del Guadalquivir.** GALAN, E.; GONZALEZ, I.; MAYORAL, E., y VAZQUEZ, M. A.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 169-175, 15 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Glauconitización, Roca carbonatada, Bioturbación, Sedimentación marina, Medio litoral, Dato RX, Análisis químico, Bolas, Terciario, Cuenca Guadalquivir.

900203. **Condiciones de formación de paligorskita-sepiolita en litofacies dolomíticas de la Cubeta de Piedrabuena. Campo de Calatrava. Ciudad Real.** POZO, M., y MARTIN DE VIDALES, J. L.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 177-193, 54 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Marga, Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Dolomitización, Dedolomitización, Paligorskita, Sepiolita, Litofacies, Microfacies, Textura, Fábrica, Análisis químico, Dato RX, Provincia Ciudad Real.

900204. **Arquitectura fluvial de las areniscas del río Arandilla. Triásico de Molina de Aragón, Guadalajara.** SANCHEZ-MOYA, Y.; MUÑOZ, A.; RAMOS, A., y SOPEÑA, A. *Estud. geol.* (1989), vol. 45, núm. 3-4, 195-204, 30 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Arenisca, Litofacies, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Estructura sedimentaria, Depósito fluvial, Morfología fluvial, Sinuosidad río, Paleocorriente, Buntsandstein, Eustatismo, Provincia Guadalajara.

900206. **Caracterización y modelo de abanicos aluviales en la cuenca estefaniense de Rengas. Asturias.** SANTOS GARCIA, J. A.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 215-224, 16 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Modelo, Abanicos aluviales, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Megaciclo sedimentario, Río anastomosado, Colada clástica, Colada barro, Brecha, Conglomerado, Carbón, Estefaniense, Mapa geológico, Asturias.

900212. **Estudio de las rocas calizas utilizadas durante los siglos XVIII y XIX en la construcción de los palacios de Madrid.** DAPENA, J. E.; ORDOÑEZ, S., y GARCIA DEL CURA, M. A.

Ing. Civ. (1989), núm. 71, 67-77, 3 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Roca carbonatada, Propiedad física, Propiedad mecánica, Ensayo laboratorio, Material construcción, Piedra tallada, Canteras, Provincia Madrid.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

900201. **Alteración argílica avanzada en rocas piroclásticas en función de su estructura en la zona de Rodalquilar, Almería.** CUEVAS, J.; MEDINA, J. A.; GOMEZ COEDO, A., y LEGUEY, S.

Estud. geol. (1989), vol. 45, núm. 3-4, 155-167, 41 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Proceso exógeno, Argilización, Alunitización, Tufo volcánico, Ignimbrita, Andesita, Alteración hidrotermal, Agua marina, Provincia Almería.

YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

900151. **A detailed stream sediment geochemical survey in the Canoves St. Pere de Vilamajor, Montseny massif NE Spain.** ALCALDE, C.; CARMONA, J. M.; FONT, X., y VILADEVALL, M.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 233-240, 14 ref., ing., res. esp., bibl. ITGE.

* Análisis multivariable, Prospección geoquímica de deta-

lle, Red drenaje, Anomalía, Vulcano-sedimentario, Yacimiento estratiforme, Yacimiento Pb-Zn, Ordovícico, Provincia Barcelona.

YACIMENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

900209. **El azabache asturiano.** SOLANS, J.

Gemología (Barc.) (1989), vol. 30, núm. 81-82, 5-11, esp., bibl. ITGE.

* Gema, Azabache, Lignito, Histórico, Maceral, Vitreno, Jurásico, Asturias.

900213. **La cantera de Mont Palau. I: Influencia de la mineralogía de los áridos en la durabilidad del hormigón.** CHINCHON, J. S.; LOPEZ, A.; QUEROL, X., y AYORA, C.

Ing. Civ. (1988), núm. 71, 79-88, 30 ref., esp., bibl. ITGE. ITGE.

* Agregado, Caliza, Filita, Sulfuro, Alteración meteórica, Hormigón, pH, Provincia Barcelona.

SUELOS

900153. **Alteración de las biotitas y biotitas cloritizadas de la granodiorita de Collserola, Barcelona.** SOLE BENET, A.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 257-267, 32 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Alteración meteórica, Biotita, Análisis químico, Grupo mica, Fórmula estructural, Dato RX, Micromorfología, Granodiorita, Regolito, Provincia Barcelona.

900154. **Procesos de alteración y paleosuelos ligados a la sedimentación miocena del NE de Segovia, depresión del Duero.** FERNANDEZ MACARRO, B.; ARMENTEROS, I., y BLANCO, J. A.

Acta Geol. Hisp. (1989), vol. 23, núm. 4, 269-281, 9 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Paleosuelo, Abanicos fluviales, Pedogénesis, Micromorfología, Silicificación, Mioceno, Provincia Segovia, Cuenca Duero.

900160. **Efectos de la lluvia ácida: lixiviación de constituyentes en suelos contaminados.** ROMERO, F.; ELEJALDE, C., y SABIN, H.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 1-10, 11 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Contaminación, Suelo, Suelo calcáreo, Lixiviación, Lluvia ácida, Propiedad química, Metal pesado, Provincia Vizcaya.

900161. **Singularidades edafológicas en la comarca de La**

Plana de Requena-Utiel, Valencia. BOLUDA, R.; ANDREU, V.; MORALEDA, M., y SANCHEZ DIAZ, J.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 49-59, 17 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Suelo, Suelo mediterráneo, Vertisol, Acrisol, Perfil suelo, Análisis químico, Dato RX, Provincia Valencia.

900162. **Características de los suelos rojos fersialíticos en la cuenca de México.** CERVANTES, J. F.; ALFARO, G., y MEZA, M.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 61-71, 10 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Suelo, Suelo fersialítico, Suelo rojo, Análisis físico suelo, Micromorfología suelo, Propiedad físico-química, Vulcanosedimentario, México.

900163. **Rasgos micromorfológicos de una catena de suelos afectados por hidromorfía.** SIMON, M.; GARCIA, I., y FERNANDEZ, J.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 73-83, 8 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Suelo, Suelo hidromorfo, Micromorfología suelo, Zonografía suelo, Estructura suelo, Provincia Granada.

900165. **Influencia de la dolomita en la naturaleza de los suelos.** GONZALEZ PARRA, J.; GONZALEZ HUECAS, C., y LOPEZ LAFUENTE, A.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 123-141, 11 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Suelo, Suelo pardo, Cambisol, Perfil suelo, Cambio ión, Residuo insoluble, Propiedad química, Granulometría, Dato RX, Caliza dolomítica, Dolomía, Sierra de Cazorla, Sierra de Segura, Provincia Jaén.

900166. **Diversos aspectos sobre el papel de la materia orgánica humificada en la formación y estabilización de los agregados del suelo.** FORTUN, C., y FORTUN, A.

An. Edafol. Agrobiol. (1989), vol. 48, núm. 1-2, 185-204, 77 ref., esp., res. ing., bibl. ITGE.

* Síntesis bibliográfica, Agregado, Materia orgánica, Estructura suelo, Micromorfología suelo, Polimerización.

900194. **Problemas de erosión hídrica en los campos cultivados.** LASANTA, T.

El Campo (1988), núm. 110, 18-19, esp., bibl. ITGE.
* Erosión suelo, Escorrentía, Provincia Logroño.

900222. **Suelos de los alrededores de Los Baños de Fortuna.** ALIAS, L. J.

Mem. R. Acad. Farm. (1987), núm. 13, 47-54, esp., bibl. ITGE.

* Suelo, Suelo esquelético, Suelo poco desarrollado, Rendzine, Suelo halomorfo, Sierozem, Zoneografía suelo, Diferenciación horizonte.

900227. **The process of desertion of cultivated areas in the central spanish pyrenees.** LASANTA, T.

Pirineos (1988), núm. 132, 15-36, 30 ref., ing., res. esp., fr., bibl. ITGE.

* Acción hombre, Utilización terreno, Relieve continental, Pirineos españoles, Aragón.

900230. **Los suelos de «El Aljarafe», Sevilla. Su origen y evolución.** MUDARRA, J. L.

Químicos del Sur (1989), núm. 17, 5-8, 6 ref., esp., bibl. ITGE.

* Pedogénesis, Suelo, Zonografía suelo, Provincia Sevilla.

FISICA DEL GLOBO

900124. **La evolución del campo magnético terrestre.** BLOXHAM, J., y GUBBINS, D.

Invest. cienc. (1990), núm. 161, 18-25, 3 ref., esp., bibl. ITGE.

* Campo magnético, Núcleo externo, Intensidad magnética.

900244. **Catalogue of focal mechanisms of european earthquakes.** UDIAS, A.; BUFORN, E., y RUIZ DE GAUNA, J.

Univ. Complutense de Madrid (1919), 274 pp., 86 ref., esp., bibl. ITGE.

* Catálogo, Dato, Mecanismo focal, Seísmo, Europa.

NORMAS PARA LOS AUTORES

TARJETA DE SUSCRIPCION AL BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO — Año 1990 —

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse, si es posible.

Todos los trabajos en lengua española irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificación alguna, adición o supresión al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETIN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología, minería y ciencias conexas

DIRECCION, REDACCION Y PUBLICACION

Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Ríos Rosas, 23 - 28003-Madrid. España

ADMINISTRACION, DISTRIBUCION Y SUSCRIPCION

Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía

Doctor Fleming, 7, 2.º

Teléfono: 250 02 03 28036-Madrid. España

Suscripción anual (6 números)

España: 4.608 ptas. (IVA incluido)

Demás países: 3.840 ptas. + gastos de envío

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. 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
DATE

FIRMA
SIGNATURE

NOMBRE
NAME
NOM

DIRECCION
ADDRESS
ADRESSE

ROGAMOS DEVUELVAN ESTE ACUSE DE RECIBO, NECESARIO PARA NUESTRO CONTROL, Y 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. Instituto Tecnológico GeoMinero de España

Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

Áreas tecnológicas y sectores de actuación del ITGE

GEOLOGIA Y GEOFISICA: Cartografía geológica (Mapa Geológico Nacional), Cartografía temática.—Estudios geológicos específicos.—Investigación geofísica.—Cartografía marina y estudio de la plataforma continental.—Teledetección aplicada a la investigación geológico-minera.

RECURSOS MINERALES: Infraestructura metalogenética y minera.—Recursos energéticos y no energéticos.—Minerales y rocas industriales y ornamentales.—Desarrollo minero y mineralurgia.—Seguridad minera.

AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOLOGIA AMBIENTAL: Infraestructura hidrogeológica.—Investigación, captación y protección de aguas subterráneas.—Vertidos y control de contaminación de acuíferos.—Recursos geotérmicos.—Geología ambiental: Riesgos geológicos, medio ambiente minero, etc.

CENTRO DE LABORATORIOS Y ENSAYOS: Análisis químicos y mineralógicos.—Mineralurgia y ensayos geotécnicos.—Sondeos de investigación hidrogeológica y minera.—Ensayos de bombeo y tratamientos especiales de sondeos.—Desarrollo de nuevas tecnologías para procesos metalúrgicos.

INFORMACION, DOCUMENTACION Y BANCO DE DATOS: Banco de datos geológico-mineros y de Ciencias de la Tierra.—Ordenación del fondo documental y bibliográfico.—Desarrollo de aplicaciones geomatemáticas, cartografía automática, análisis multivariante, etc.—Catastro Minero Nacional.—Publicaciones e informes.