

# EL "GRUPO" *SPHENOLITHUS ABIES* EN EL NEÓGENO DE LAS CUENCAS DEL GUADALQUIVIR (ESPAÑA) Y SURRIFEÑA (MARRUECOS), Y SONDEOS D.S.D.P. DEL ATLÁNTICO NORORIENTAL

José Abel FLORES VILLAREJO

Departamento de Geología. Área de Paleontología.  
Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca.

## ABSTRACT

A detailed study of the morphological characteristics of the sphenoliths recorded in a Tortonian-Lower Pliocene interval in sections in the Guadalquivir and S Riff Basins and at D.S.D.P. sites 135, 136, 118, 415 and 416A was made. The similarity between the different forms studied determines their grouping in supra-generic categories but without an exact taxonomic status. This is mainly due to the impossibility of determining their complete independence, or even the influence of certain factors which could originate such variability.

According to the structural characteristics, some considerations are made regarding the preservation of the representatives of the "group", concluding that broadly speaking they are comparatively resistant forms to dissolution. In relation to the favourable environment for their evolution, according to the literature and experience in the field, it is concluded that the "group" (*Sphenolithus abies*, *S. moriformis*, *S. neoabies* and *S. verensis*) was relatively more important in warm water masses although in transitional waters its presence is recorded with a certain regularity. In these latter conditions, it is not always possible to establish a direct relationship with the proportion of asteroliths, maybe because the "group" of *Sphenolithus abies* seems to have prospered better in shallower waters than those suitable for the asteroliths.

**Keywords:** Calcareous Nannoplankton, Sphenoliths, Systematics, Preservation, Paleocology, Guadalquivir Basin, South Riff Basin, D.S.D.P., N Atlantic, Neogene.

## RESUMEN

Se estudian en detalle las características morfológicas de los esfenolitos registrados en un lapso Tortoniano-Plioceno inferior, en secciones de la Cuenca del Guadalquivir, Cuenca Surrifeña y los sondeos Deep Sea Drilling Project números 135, 136, 118, 415 y 416A. La similitud existente entre las diversas formas determina que se agrupen en categorías supragenéricas, pero sin "status" taxonómico preciso; esto se debe fundamentalmente a la imposibilidad en determinar su completa independencia, o la influencia de ciertos factores que pudieran dar lugar a la variabilidad.

En base a las características estructurales, se realizan una serie de consideraciones sobre la preservación de los representantes del "grupo", concluyéndose que en sentido amplio se trata de formas relativamente resistentes a la disolución. En cuanto al ambiente propicio para su desarrollo se llega a la conclusión, sobre datos bibliográficos y de la propia experiencia, que las especies en discusión (*Sphenolithus abies*, *S. moriformis*, *S. neoabies* y *S. verensis*), parecieron ser relativamente más importantes en masas de aguas cálidas, aun cuando en transicionales se registran con regularidad. En estas últimas condiciones no se reconoce siempre una relación directa con la proporción de asterolitos, acaso determinada porque el "grupo" *S. abies* parece desarrollarse mejor hacia batimetrías inferiores (zonas más próximas a la costa) a las idóneas para los asterolitos.

**Palabras clave:** Nanoplankton calcáreo, esfenolitos, sistemática, preservación, Paleocología, Cuenca del Guadalquivir, Cuenca Surrifeña, D.S.D.P., Atlántico N., Neógeno.

## INTRODUCCIÓN

El denominado “grupo” *Sphenolithus abies*, incluye cuatro especies con un “status” ciertamente controvertido: *Sphenolithus abies* Deflandre, 1954, *Sphenolithus moriformis* (Bronnimann & Stradner, 1960), *Sphenolithus neoabies* Bukry & Bramlette, 1969 y *Sphenolithus verensis* Backman, 1978, con distribución en el Mioceno y Plioceno. Como se tendrá oportunidad de comprobar a lo largo del trabajo, son muchos los autores que han abordado el tema. En nuestro caso hemos realizado un estudio de un buen número de secciones y sondeos, con riqueza variable en estos taxones, y si bien el valor bioestratigráfico del “grupo”, al menos para el lapso Mioceno superior-Plioceno inferior, no es relevante, no sucede lo mismo con su sentido paleoecológico.

Las localidades de la Cuenca del Guadalquivir en las que se han levantado secciones estratigráficas y han resultado fértiles en cuanto a esfenolitos se refiere, son: Cantillana-Arroyo Trujillo, Beas-Trigueros, Guillena, Arroyo Galapagar-Alcolea del Río, Cartaya, Cartaya-El Rompido, Gibrleón, Carmona, Santiponce, Autovía Sevilla-Cádiz (Km. 17), Arroyo de las Adelfas, Cerro Gordo, Niebla, Huelva, Moguer, Castilleja del Campo y Sanlúcar la Mayor. Como se puede observar en la fig. 2, todas se sitúan en el borde noroccidental de dicha cuenca. En la Cuenca del Bou-Regreg, al Sur de Rabat, se ha estudiado la denominada sección del Oued-Akrech. En lo que respecta a los sondeos oceánicos trabajamos con muestras de los testigos 136, 135, 118, 415 y 416A. Para una mayor información referente a las características litológicas, de ubicación y bioestratigráficas de las mencionadas secciones y sondeos, nos remitimos a los trabajos de Sierro (1984), Flores (1985 a y b), Flores & Sierro (1985, 1987), Sierro *et al.* (1985) y Sierro *et al.* (en prensa).

Las peculiares características de una y otra categoría han determinado que realicemos una descripción y discusión amplias. Tras el análisis detallado, hemos llegado a la conclusión de que lo más acertado parece ser incluirlas en un “grupo” sin connotaciones taxonómicas precisas, que de alguna manera contemple la variabilidad existente.

## TERMINOLOGÍA EMPLEADA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Base.**—Zona proximal, cóncava o más o menos plana.

**Ciclo.**—Anillo de elementos.

**Distal.**—Area del esfenolito supuestamente más alejada del centro de la nanosfera. Por lo general la más aguda.

**Eje.**—Línea imaginaria que atraviesa el centro de los nanolitos en dirección proximal-distal.

**Elementos.**—Unidades estructurales. Sinónimo de “cristal” y “segmento”.

**Esfenolito.**—Nanolito subpiramidal, ocasionalmente dividido en su extremo distal. Los elementos se agrupan en ciclos radiales, diferenciables en la vertical.

**Lateral.**—De los flancos de los esfenolitos.

**Proximal.**—Area del esfenolito supuestamente más próxima al centro de la nanosfera. La más expandida.

**Espina apical.**—Estructura piramidal o subcónica, aguda o bifurcada; distal.

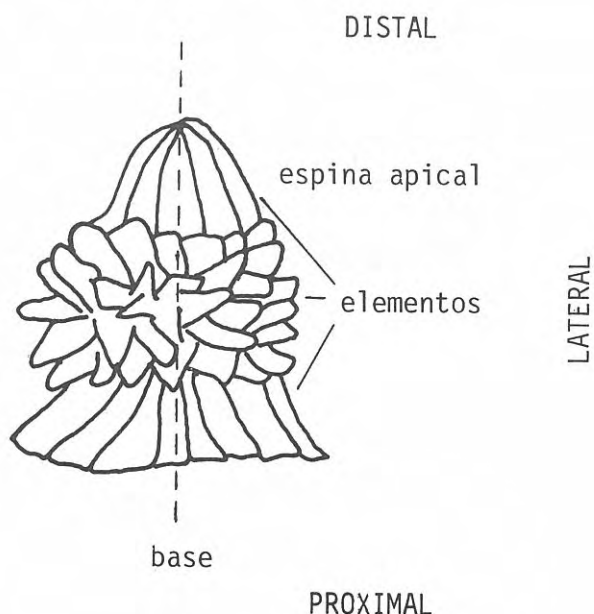


Figura 1. Morfotipo de esfenolito.

## SISTEMÁTICA

### Consideraciones generales sobre el “grupo” *Sphenolithus abies*

La similitud que en líneas generales existe entre los miembros del género *Sphenolithus* Deflandre, 1952, registrados en las secciones del Mioceno superior-Plioceno inferior ya aludidas, considerados como autóctonos, nos han decidido a adoptar la terminología del encabezamiento. La mayoría de los nanolitos pueden adscribirse a alguna de las especies que a continuación detallaremos, que por otra parte se caracterizan por diferencias en cuanto a su distribución cronoestratigráfica; no obstante, existe un considerable número de formas intermedias de difícil encuadramiento. En relación a esta variabilidad, hasta el momento no se ha podido establecer con garantías si realmente existe una individualidad específica, o si bien responden a condicionamientos ambientales, tales como variaciones en las temperaturas de las masas de aguas superficiales.

En relación a esta similitud, son de destacar los trabajos de Bramlette & Wilcoxon (1967), Roth *et al.* (1971) y Backman (1980), a los que volveremos a aludir al comentar cada categoría. En una línea similar se sitúa el trabajo de Towe (1979), pero contemplando en este caso la totalidad de los esfenolitos (sobre material del Eoceno). Llega así a diferenciar inicialmente dos modelos (“tipos”), aquellos “altos y finos” *Sphenolithus radians* —y los “bajos y gruesos”— *Sphenolithus moriformis*; el resto, incluyendo *Sphenolithus abies* y *Sphenolithus neoabies*, los consi-

dera sinónimos (en este caso de *Sphenolithus moriformis*), y los interpreta como producto de variabilidad biológica, en ningún caso relacionadas con variaciones post o sinsediementarias. Como contrapartida a las observaciones de este último autor, tendremos la oportunidad de comprobar en apartados posteriores la existencia de caracteres estructurales distintos.

*Sphenolithus abies* Deflandre, 1954  
Lám. I, Figs. 5, 9-10, 13

1954 *Sphenolithus abies* Deflandre; in Deflandre & Fert, 164, lám. 10, figs. 1-4.

Esfenolito cónico de pequeño tamaño, más alto que ancho; en cualquier caso superior a las 3 micras.

#### Ciclo proximal

Cóncavo en su base y constituido por 8-10 elementos que definen una plataforma elíptica y plana sobre la que se sitúa un segundo segmento alabeado igual de plano y dispuesto más o menos perpendicular a los anteriores; estos elementos determinan una serie de alveolos subtriangulares amplios. Las suturas aparecen bien marcadas.

#### Ciclos laterales y distal

Ambos serían indiferenciables de no ser por la variación angular del eje que puede definirse en cada uno de ellos, y que en el caso del distal se hace subparalelo al del esfenolito. En general se trata de elementos largos y trirradiados con forma de "Y" y un espaciado entre sus ramas variable, aunque por lo general tendentes a ser de la misma entidad; éstos se disponen radialmente al eje, unidos unos con otros y definiendo sutiles suturas, en la mayoría de los casos indiferenciables, así como profundos alveolos cónicos de periferia irregular. Lateralmente se definen tres ciclos sin orden preciso. El número de elementos por ciclo es de 8 a 10. Por lo general no producen aspecto espinoso al no destacarse de manera especial sus expansiones. En ciertas ocasiones los elementos del ciclo apical a los que hemos aludido, cuyos ejes apuntan hacia afuera, no sobresalen, en cuyo caso ese extremo apical tiende a ser más redondeado.

#### Figura de interferencia

El bajo relieve que presenta esta especie cuando se observa con los nícoles paralelos, así como su relativa pequeña talla, da lugar a que su localización deba realizarse con la luz doblemente polarizada; en esta posición aparecen moderadamente brillantes. La periferia muestra débiles irradiaciones, y el centro, invariablemente, se encuentra ocupado por una cruz de finos brazos cuyo eje mayor coincide con el del esfenolito, siempre que éste se oriente paralelo a la dirección de polarización. Al girar la platina la cruz

gira igualmente, definiendo un prominente lóbulo apical junto a uno basal de menor entidad; lateralmente se observan otros dos iguales en talla e intermedios con los anteriores. Los morfotipos característicos de esta especie muestran los dos lóbulos del ciclo basal mayores que los de los ciclos apical y laterales, pero el hecho de que se observen ciertas variaciones en la longitud relativa de los esfenolitos, en concreto que el sector central no se defina como cabría esperar, determina que la figura de extinción sea simétrica, o más o menos simétrica, sobre los dos ejes. Una vez localizada en el campo visual, las observaciones sobre la altura conviene efectuarlas con los nícoles paralelos.

#### Talla

Altura, de 3 a 6 micras.  
Anchura de la base, de 2 a 4 micras.  
Relación altura anchura, 1,40 (+ 0,10).

#### Distribución cronoestratigráfica

Martini (1969) cita los primeros representantes en el Mioceno inferior, a la vez que Martini & Worsley (1971) comentan que desaparecen en la zona NN-17, aunque de forma esporádica los reconocen en la NN-18 y NN-19 (Martini, 1971).

#### Observaciones

Buen número de autores han hecho mención a las similitudes de este taxón con *Sphenolithus moriformis* (véanse, Bukry & Bramlette, 1969; Clocchiatti, 1971; Roth *et al.*, 1971; Jafar, 1975; San Miguel, 1976; Backman, 1980, etc.), del que por regla general se diferencia por la mayor talla, elementos más sobresalientes y menor relación altura-anchura. De esos criterios desgraciadamente no puede hacerse un uso indiscriminado para la diferenciación, ya que en ocasiones aparecen formas intermedias entre unos y otros. La morfología de los elementos, según nuestras observaciones al microscopio electrónico de barrido, sí parecen caracteres definitorios (elementos más groseros en el caso de *Sphenolithus moriformis*); sin embargo, estas características no son siempre observables al microscopio óptico. El menor relieve que *Sphenolithus abies* suele presentar puede ser otro rasgo que aproxime la identificación. De *Sphenolithus neoabies* lo diferencia el menor tamaño, así como su tendencia a ser hemisférico; pero una vez más nos encontramos con que existen individuos con características intermedias entre ambos. En relación a este punto, autores como San Miguel (1976), Jiang & Gartner (1984) y Theodoridis (1984), entre otros, los consideran sinónimos. De *Sphenolithus verensis* se distingue por la base más ancha e irregular en la periferia; esta especie además no presenta brillo uniforme al observarla con los nícoles cruzados (Backman, 1978). Nuestra opinión es que el único carácter diferenciativo a la vista de las fotografías de la descripción original, es la base sensiblemente más pronunciada.

*Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960)

Lám. I, figs. 1, 3, 4, 8

1960 *Nannoturbella moriformis* Brönnimann & Stradner, 368, figs. 11, 16.

1967 *Sphenolithus moriformis* Brönnimann & Stradner; Bramlette & Wilcoxón, 124, lám. 3, figs. 1-6.

Esfenolito hemisférico con similar anchura que altura, y elementos sobresalientes.

### Ciclo proximal

Fuertemente cóncavo, constituido por 8-10 elementos aciculares o fusiformes con terminación redondeada, que se sitúa uno al costado del otro sin que se observe soldadura entre ellos, definiendo una estructura radial.

### Ciclos laterales y distal

Pasando insensiblemente del basal, con las mismas características de los elementos constitutivos de aquél, se llegan a diferenciar tres ciclos, sin orden preferente y, en general, alternándose, en número de 8 a 10. La longitud de estos elementos suele ser similar entre ellos, aunque alguno ocasionalmente puede aparecer más largo; en cualquier caso es característico el aspecto espinoso. La situación del eje de los elementos, más o menos paralelo al del esfenolito, es el rasgo que puede diferenciar los dos o tres elementos que constituyen el ciclo apical; éste, sin tener en cuenta la espinosidad, aparece uniformemente curvado. No se reconocen excrescencias apicales.

### Figura de interferencia

En los ejemplares de gran talla que pueden presentar mayor relieve, es posible en ocasiones llegar a diferenciar los elementos radiales, tanto con núcleos cruzados (aparece una irradiación por cada elemento), como con núcleos paralelos; pero desgraciadamente este hecho no siempre es patente. La aproximada equidimensionalidad de los individuos, y la similitud de los elementos de los distintos ciclos, da lugar a que la figura de interferencia aparezca uniforme, con la periferia radiada. Se distinguen cuatro lóbulos de similar entidad, separados por una fina cruz con los ejes iguales; en aquellos ejemplares que presentan mayor altura, los cuatro lóbulos son iguales dos a dos y simétricos al eje del esfenolito.

### Talla

Altura, de 6 a 10 micras.

Anchura de la base, de 5,5 a 9,5 micras.

Relación altura-anchura alrededor de 1,0.

### Distribución cronoestratigráfica

Jafar (1975) comenta que su distribución abarca

desde el Paleoceno al Mioceno superior; sin embargo Backman (1980) lo llega a reconocer esporádicamente en la base del Plioceno (resedimentado), dato que apoya Flores (1985a).

### Observaciones

Tradicionalmente se ha venido considerando que existe un cierto emparentamiento de esta especie con *Sphenolithus abies*, aunque los morfotipos extremos son diferenciables al microscopio electrónico por el modelo distinto de disposición de los elementos. No obstante autores como Moshkovitz & Ehrlich (1980), muestran ejemplares de *Sphenolithus moriformis* con estructuras alveolares, que consideramos características de la especie precedente. Pese a nuestra consideración creemos necesaria una revisión en profundidad de estas características, para tratar de demostrar su validez. Según nuestra opinión el paso de espinas más groseras y romas a otras finas, irregulares y agudas, puede definir el paso de una especie a otra, pues parece factible adquirir el modelo alveolar a partir del que se define en *Sphenolithus moriformis*. Las diferentes citas en relación al tamaño (véanse autores anteriormente citados) difieren sensiblemente, incluyendo estos taxones en un rango que oscila de 2 a 8 micras. Nuestra opinión es que las características reseñadas, definitorias de esta especie, no se muestran en ejemplares inferiores a las 5 micras.

*Sphenolithus neoabies* Bukry & Bramlette, 1969

Lám. I, figs. 2-16

1959 *Sphenolithus neoabies* Bukry & Bramlette, 140, lám. 3, figs. 9-11.

Esfenolito de muy pequeño tamaño, hemisférico y con estructura alveolar.

### Ciclo proximal

Constituido por 6 u 8 elementos con tres facetas que definen con su disposición radial una base cóncava. Estos elementos aparecen unidos sin que lleguen a diferenciarse suturas; igualmente no existe una clara separación entre estos elementos y los que constituyen el resto del esfenolito.

### Ciclos laterales y distal

Los elementos que configuran los ciclos laterales parecen agruparse en dos; las características de estas unidades no difieren esencialmente de las definidas para el ciclo basal, que por otra parte son idénticas a las de *Sphenolithus abies*, si bien el número de elementos se reduce en uno o dos por ciclo. Los elementos que corresponden al ciclo apical no se diferencian de los anteriores, de manera que no parece definirse tal espina. Sin embargo, en algunos individuos observados al microscopio óptico, la irra-

diación que muestran en el extremo distal insinúa una estructura de esas características. Ninguno de los elementos sobresale del contorno general del esfenolito.

#### Figura de interferencia

Muestra características similares a las de *Sphenolithus abies*; ahora bien, en el caso de *Sphenolithus neoabies* se define una cruz bien marcada que separa cuatro lóbulos de similares dimensiones. Si prescindimos del mayor brillo, la figura de interferencia es más próxima a la de *Sphenolithus moriformis*.

#### Talla

- Altura, de 2 a 3 micras.
- Anchura, de 2 a 3 micras.
- Relación altura-anchura, en torno a 1,0.

#### Distribución cronoestratigráfica

Tradicionalmente esta especie se ha considerado como característica del Plioceno; así, Jafar (1975), la incluye en las zonas "standard" (Martini, 1975) NN-16 y NN-17. Sin embargo, Backman (1980) ya la cita en muestras del Mioceno medio. Flores (1985a) la encuentra con cierta regularidad en el Mioceno superior (ver fig. 2). Parece necesaria una revisión conjunta en este sentido de los taxones *Sphenolithus abies* y *Sphenolithus neoabies*, a fin de comprobar cuáles son los rangos precisos de una y otra especie, e introducir en sus definiciones un sentido cronoestratigráfico.

#### Observaciones

La estructura que configuran los elementos de los distintos ciclos es esencialmente igual a la de *Sphenolithus abies*, si bien la forma más alargada de ésta, al poseer una espina apical, la diferencia. Algunos autores (anteriormente citados) cuestionan la validez de este taxón al que tradicionalmente se viene considerando como especie directamente relacionada con la antedicha. La única diferencia aparente es la morfología hemisférica, menos cónica en el caso de *Sphenolithus neoabies* (Bukry & Bramlette, 1969). De *Sphenolithus moriformis* lo separa fundamentalmente el mayor tamaño (Bukry & Bramlette, op. cit.), a lo que hay que añadir la estructura alveolar del que ahora comentamos.

*Sphenolithus verensis* Backman, 1978  
Lám. I, fig. 12

1978 *Sphenolithus verensis* Backman, 3, lám. 2, figs. 4-6, 11-12.

Esfenolito cónico, con dominio de la altura frente a la anchura, si exceptuamos la base, que aparece expandida.

#### Ciclo basal

Constituido por 8 ó 10 elementos que unidos definen una concavidad bastante marcada, sobre la que se sitúa una faceta, regularmente plana y curvada en los bordes. El aspecto general es de "campana". Esta expansión puede en ocasiones llegar a tener la entidad de la altura del esfenolito.

#### Ciclos laterales

Se definen tres, con elementos relativamente cortos, alargados en forma de "Y", en número de 6 a 8. Estos elementos no forman ciclos perfectamente alineados, y los que se encuentran por encima se colocan entre el hueco de los inferiores. La unión de las facetas de los elementos con los adyacentes determina su estructura alveolar. Las suturas que cabría esperar entre cada elemento no son visibles.

#### Ciclo distal

Constituido por 2 ó 3 espinas planas, con el eje mayor paralelo al del esfenolito. La mayoría de las veces es difícil diferenciarlas del resto de los elementos del ciclo.

#### Figura de interferencia

Prácticamente idéntica a la descrita para *Sphenolithus abies*, destacándose, sin embargo, una mayor birrefringencia, así como una más acusada irregularidad en la luminosidad sobre las zonas que entre nícoles cruzados aparecen brillantes. De cualquier modo, en este caso siempre aparecen figuras simétricas al eje del esfenolito, con un lóbulo basal agudo muy expandido, aunque de menor entidad que el que correspondería al resto de los ciclos. Esta observación ha de realizarse con la dirección del eje del esfenolito paralela a la dirección del plano de polarización del analizador. A 45° (o equivalentes) de la dirección definida por ese plano, se observa una figura que semeja una "punta de flecha", con tres lóbulos superiores bien marcados (los laterales más redondeados) y uno basal estrecho, alargado y en ángulo.

#### Talla

- Altura, de 6 a 10 micras.
- Base, entre las 6 y 11 micras.
- Sin considerar la base, la relación altura-anchura es superior a 1,0.

#### Distribución cronoestratigráfica

Backman (1978), en la descripción original le otorga un rango Mioceno superior-Plioceno inferior.

#### Observaciones

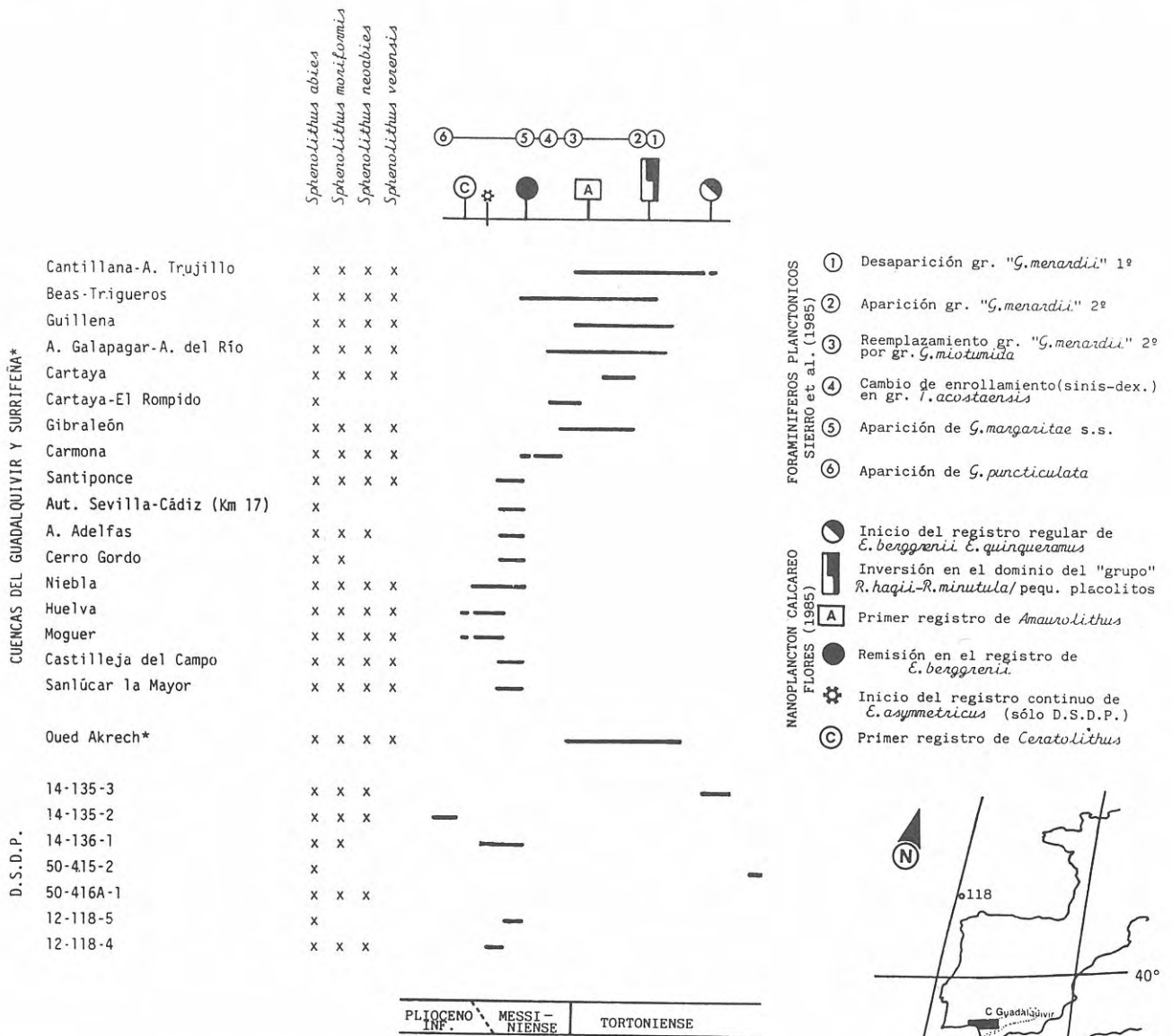
La única diferencia que hemos encontrado con *Sphenolithus abies*, estudiando detalladamente las foto-

grafías de Backman (op. cit.) y ejemplares propios similares a aquellos, es la mayor expansión del ciclo proximal. Por otra parte se reconocen gran número de individuos con características intermedias (ver, por ejemplo, Perch-Nielsen, 1972), aunque con los datos que hasta ahora existen consideramos que no se está en condiciones de incluirla en la sinonimia de alguno de los taxones aquí contemplados.

### PRESERVACIÓN

El grado en que el morfotipo esfenolito pueda ser afectado por fenómenos de disolución y recrecimiento, comparativamente con el resto de la asociación de nanoplancton, es también motivo de controversia. Roth *et al.* (1971) consideraron de relativamente

fácil disolución representantes de este grupo. Wei & Srinivasan (1984), indican lo contrario en lo referente a *Sphenolithus moriformis*; mientras que Bukry (1971a) sitúa el género hacia la mitad de la escala de resistencia a la disolución que propone. Es probable que en base a la estructura diferencial, más frágil en *S. abies* y *Sphenolithus neoabies*, así como la menor talla de los elementos que los conforman, puedan dar lugar a disolución distinta en cada caso. *Sphenolithus verensis* se situaría con características intermedias entre las de las dos especies referidas con anterioridad y *Sphenolithus moriformis*. Sin embargo, a la vista de las observaciones de la totalidad de la asociación de nanoplancton calcáreo, que aparece detallada en los trabajos de Flores (1985a) y Flores & Sierro (1987), se llega a la conclusión de que son



**Figura 2.** Localización de las diferentes especies del "grupo" *Sphenolithus abies* en las secciones de las cuencas del Guadalquivir y Surrifeña y sondeos D.S.D.P. estudiados. Posición bioestratigráfica de las diferentes secciones y sondeos de acuerdo con los estudios de Flores (1985) y Sierro *et al.* (1985).

formas relativamente resistentes. En este sentido es de destacar la presencia de estas formas en sondeos D.S.D.P. donde puntualmente existe un elevado grado de disolución (por ejemplo en el 136), detectable por el exagerado incremento relativo de nanolitos de morfotipos muy resistentes, como son los asterolitos (*Eu-discoaster*) y los ceratolitos (*Amaurolithus*), mientras que en otras muestras con menor grado de alteración se observa con similar regularidad (véase apartado de PALEOECOLOGÍA).

En los sondeos, y algunas secciones de la Cuenca del Guadalquivir, hemos puesto de manifiesto un exagerado recrecimiento de *Sphenolithus moriformis*, hasta el punto de llegar a mimetizar a *Fasciculithus*, cuando se presenta en vistas proximal o distal. Este dato coincide con anteriores observaciones de Bramlette & Wilcoxon (1967), que encuentran formas "casi macizas". Este efecto, desde una perspectiva histórica, pudo ser el causante de que Tan Sin Hok (1927) los supusiese inorgánicos.

Como matización final puede añadirse que criterios de morfología general, así como la aparición conjunta regular (incluso con dominio de las formas consideradas "a priori" más fácilmente solubles, en muestras con alto grado de alteración), nos hacen descartar la idea de que *Sphenolithus moriformis* se trate de individuos de *Sphenolithus abies* recrecidos.

## PALEOECOLOGÍA

Milow (1971) cita *Sphenolithus abies* como característico en las asociaciones de intervalos fríos en baja latitud, mientras que *Sphenolithus neoabies* y *Sphenolithus moriformis*, los halla en los intervalos más cálidos de latitudes altas, hecho que de alguna manera coincide con los datos que ofrece Bukry (1971b) en su reseña de *Sphenolithus abies*. Bukry *et al.* (1971) señalan la presencia de esta última especie en "aguas relativamente frías", coincidiendo con lo expuesto en el trabajo del primer firmante de 1972, en el "leg 16" del D.S.D.P. Haq & Malmgren (1982), aludiendo al género en sentido amplio, estudiando materiales del Neógeno, observan un desarrollo paralelo con los asterolitos en latitudes bajas. Bukry (1976), aun no haciendo mención expresa, considera *Sphenolithus* y *Discoaster* característicos de aguas cálidas.

Haciendo alusión a otros factores que puedan ser determinantes, es de destacar la cita de Bukry (1971a) que incluye a *Sphenolithus abies* como característico de asociaciones de baja profundidad, pero como consecuencia de la disolución diferencial que puede operar en el conjunto primitivo.

A la vista de estas consideraciones, y de acuerdo con los datos presentados por Flores (1985a) y Flores & Sierro (1987), se puede concluir que el "grupo" es cosmopolita (con excepción de latitudes muy altas), aunque es muy probable que aparezca con mayor regularidad en bajas latitudes. En alguna de las secciones estudiadas, como son las de Gibra-

león o Beas-Trigueros, se ha observado un cierto paralelismo con la distribución de los asterolitos, aunque en muchas otras esto no es tan patente. Sin embargo, sí se ha podido llegar a vislumbrar que en general existe una mayor proporción de representantes del "grupo" hacia zonas de relativa menor batimetría (siempre que no sea exageradamente baja), descartando una influencia determinante de la disolución.

## BIBLIOGRAFÍA

- Backman, J. 1978. Late Miocene-Early Pliocene nannofossil biochronology and biogeography in the Vera Basin, SE Spain. *Acta Universitatis Stockholmsensis (Stockholm Contribution in Geology)*, 32 (2), 93-114.
- Backman, J. 1980. Miocene-Pliocene nannofossils and sedimentation rates in the Hatton-Rokall Basin, NE Atlantic Ocean. *Acta Universitatis Stockholmsensis (Stockholm Contribution in Geology)*, 36 (1), 1-91.
- Bramlette, M.N. & Wilcoxon, J.A. 1967. Middle Tertiary calcareous nanoplankton of the Ciperó Section, Trinidad W.I. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, 5 (3), 93-130.
- Brönnimann, P. & Stradner, H. 1960. Die Foraminiferen und Discoasteridenzonen von Kuba und ihre interkontinentale korrelation. *Eordel.-Z.*, 76, 364-369.
- Bukry, D. 1971a. Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Society Natural History Transactions*, 16 (4), 303-328.
- Bukry, D. 1971b. Coccolith stratigraphy Leg 6, Deep Sea Drilling Project. In: Fischer A.G., Heezen, D.C., *et al.* *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 6. Washington, U.S. Government Printing Office, 965-986.
- Bukry, D. 1972. Further comments coccolith stratigraphy, Leg 12 Deep Sea Drilling Project. In: Laughton A.S., Berggren, W.A. *et al.* *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 12. Washington, U.S. Government Printing Office, 1071-1083.
- Bukry, D. 1976. Coccolith stratigraphy of Manihiki Plateau, Central Pacific, Deep Sea Drilling Project, site 317. In: Schlanger, S.O., Jackson, E.D. *et al.* *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 33. Washington, U.S. Government Printing Office, 493-501.
- Bukry, D. & Bramlette, M.N. 1969. Some new and stratigraphically useful calcareous nannofossils of the Cenozoic. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, 7 (3), 131-142.
- Bukry, D., Douglas, R.G., Kling, S.A. & Kraseheninnikov, F. 1971. Planktonic microfossil biostratigraphy of the Northwestern Pacific Ocean. In: Fischer, A.G., Heezen, B.C. *et al.* *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 6. Washington, U.S. Government Printing Office, 1253-1300.
- Clocchiatti, M. 1971. Contribution a l'étude du nanoplancton calcaire du Neogene d'Afrique du Nord. *Mem. Museum National Historial Naturelle Nouv. Serv. Ser. C*; 23, 1-135.
- Deflandre, G. 1952. Classe des coccolithophoridés. In: *Traité de Zoologie Grassé, P.P. Ed. Mason, Paris* 1, 439-470.

- Deflandre, G. & Fert, C. 1954. Observations sur les coccolithophoridés actuels et fossiles en microscopie ordinaire et électronique. *Annales de Paléontologie*, **40**, 115-176.
- Flores, J.A. 1985a. *Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 1-715 (inérita). Resumen: Ed. Universidad de Salamanca, 37 pp.
- Flores, J.A. 1985. Los ceratolitos de algunas secciones del noroeste de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España) y sondeos oceánicos (D.S.D.P.) adyacentes. *Studia Geologica Salmanticensia*, **21**, 167-186.
- Flores, J.A. & Sierro, F.J. 1985. Variations in the calcareous plankton of the Tortonian-Messinian transition of the NW part of the Guadalquivir Basin (Spain). Abstracts of the International Nannoplankton Association Meeting in Vienna. *INA Newsletter*, **7** (2), 62-64.
- Flores, J.A. & Sierro, F.J. 1987. Calcareous plankton in the Tortonian Messinian transition series of the northwestern edge of the Guadalquivir Basin (SW Spain). In: Proceedings International Nannoplankton Association Meeting in Vienna, 1985. *Abh. Geologischen Bundesanstalt*, **39**, 67-84.
- Haq, B.U. & Malmgren, B.A. 1982. Potential of calcareous nannoplankton in paleoenvironmental interpretations—a case study of the Miocene of the Atlantic Ocean. *Acta Universitatis Stockholmsensis (Stockholm Contribution in Geology)*, **37** (7), 79-98.
- Jafar, S.A. 1975. Calcareous nannoplankton from the Miocene of Rotti, Indonesia. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Afd. Naturkunde. Eerste reeks*, **28**, 1-99.
- Jiang, M.J. & Gartner, S. 1984. Neogene and Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy of the Walvis Ridge. In: Moore, T.C., Rabinowitz, P.D., et al. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **74**. Washington, U.S. Government Printing Office, 561-595.
- Martini, E. 1969. Nannoplankton aus dem Miozän von Gabon (Westafrika). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abh.*, **132** (3), 285-300.
- Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: *Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970*, Farinacci, A. Ed. **2**, 739-785.
- Martini, E. & Worsley, T. 1971. Tertiary calcareous nannoplankton from the Western Equatorial Pacific. In: Winterer, E.L., Riedel, W.R., et al. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **7**. Washington, U.S. Government Printing Office, 1471-1507.
- Milow, E.D. 1971. Neogene calcareous and siliceous nannofossils of the Eastern Pacific: their biostratigraphic, temporal and paleoceanologic significance. *Geological Society Abstracts with Program USA*, **3** (2), 161-164.
- Moshkovitz, S. & Ehrlich, A. 1980. Distribution of the calcareous nannofossils in the Neogene sequence of the Jaffa-1 Borehole, Central Coastal Plain, Israel. *Bulletin Geological Survey of Israel P.D./1/80*.
- Perch-Nielsen, K. 1972. Remarks on Late Cretaceous to Pleistocene coccoliths from the North Atlantic. In: Laughton, A.S., Berggren, W.A. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **12**, Washington, U.S. Government Printing Office, 1003-1069.
- Roth, P.H., Franz, H.E. & Wise, S.W. 1971. Morphological study of selected members of the genus *Sphenolithus* Deflandre (Incertae sedis, Tertiary). In: *Proceedings II Planktonic Conference, Roma 1970*, Farinacci, A. Ed. **2**, 1099-1120.
- San Miguel Arribas, M. 1976. *Estudio del nanoplancton calcáreo del Estrecho Nord-Bético*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, (inérita), 1-334.
- Sierro, F.J. 1984. *Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 1-391 (inérita). Resumen. Ed. Universidad de Salamanca, 34 pp.
- Sierro, F.J., Flores, J.A., Civis, J. & González Delgado, J.A. 1985. New criteria for the establishment of a correlation between the Andalusian and Messinian stages. *Abstracts VIII Congress R.C.M.N.S. Budapest, 1985*, 514-516 "Proceedings", 355-361.
- Sierro, F.J., Flores, J.A., Civis, J. & González Delgado, J.A. en prensa. Variations in the assemblages of keeled globorotalids of the NE Atlantic and Mediterranean during the Upper Miocene. *Marine Micropleontology*.
- Tan Sin Hok. 1927. Discoasteridae incertae sedis. *Proc. Sect. Sc. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Amsterdam, **30**, 411-419.
- Theodoridis, S.A. 1984. Calcareous nannofossil biozonation of the Miocene and revision of the helicoliths and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, **32**, 1-271.
- Towe, K.M. 1979. Variations and systematic in calcareous nannofossils of the genus *Sphenolithus*. *American Zoology*, **19**, 555-572.
- Wei, K.Y. & Srinivasan, M.S. 1984. Miocene calcareous nannofossils from Colebrook. North Passage and Great Nicobar Islands. Northeastern Indian Ocean. *Revista Española de Micropaleontología*, **16**, 345-366.

*Manuscrito recibido:* 4 de setiembre, 1986  
*Manuscrito aceptado:* 24 de octubre, 1986



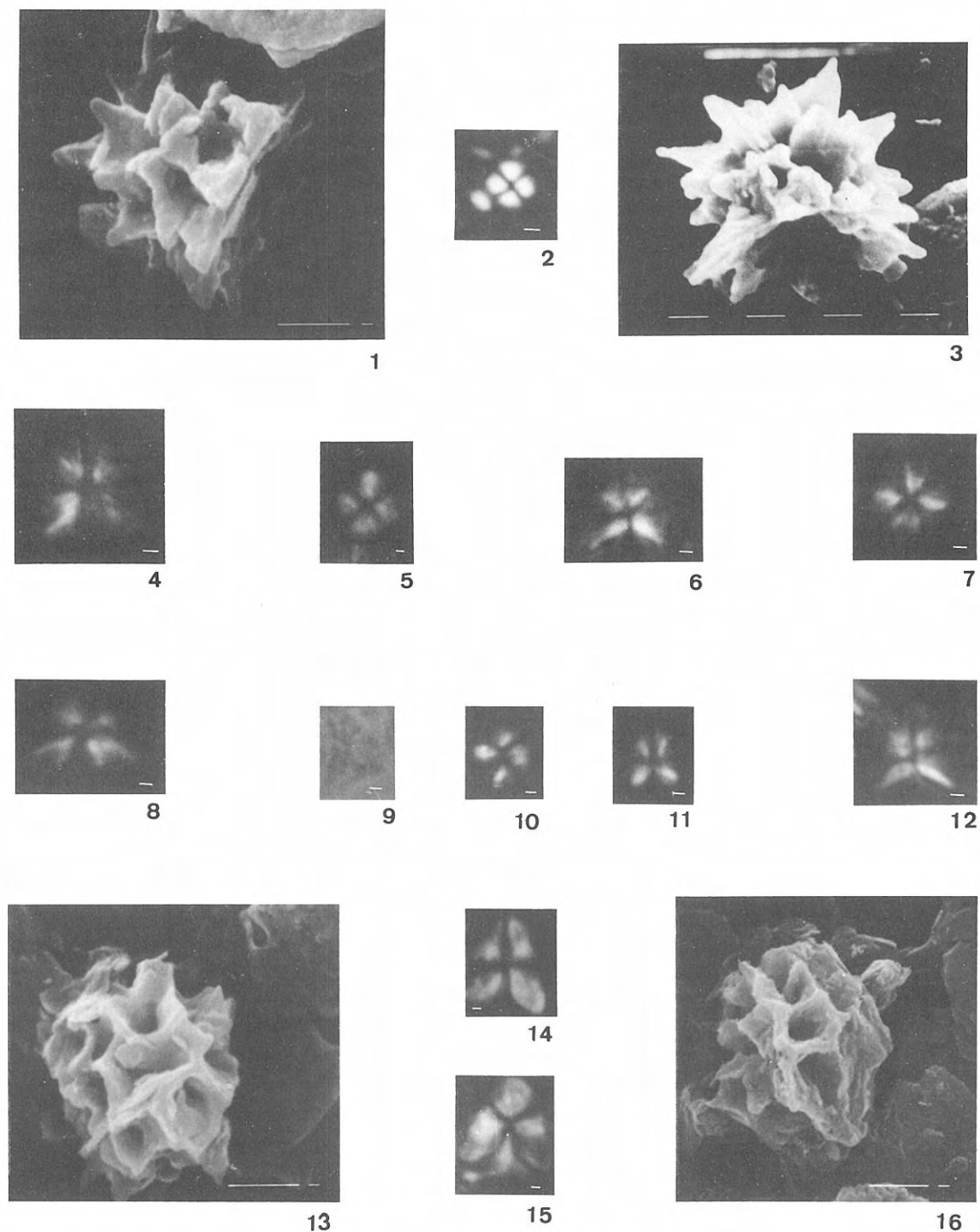


Lámina I. 1\*, 3\*, 4, 8. *Sphenolithus moriformis* (Bronimann & Stradner, 1960).  
 5, 9<sup>o</sup>-11, 13?\*. *Sphenolithus abies* Deflandre, 1954.  
 14-15. *Sphenolithus* cf. *abies* Deflandre, 1954.  
 2, 16\*. *Sphenolithus neoabies* Bukry & Bramlette, 1969.  
 12. *Sphenolithus verensis* Backmen, 1978.  
 6-7. *Sphenolithus moriformis-abies* ? grupo *S. abies*.

Escala: Cada una de las líneas horizontales que aparecen en la base de las figuras equivale a "una micra".

\* Fotografía realizada con microscopio electrónico de barrido.

<sup>o</sup> Fotografía realizada con los nícoles paralelos en un microscopio petrográfico convencional.

El resto de las fotografías se han realizado con los nícoles cruzados en un microscopio petrográfico convencional.