

# Estratigrafía, petrografía y significado paleogeográfico de las radiolaritas jurásicas de tipo austroalpino de la unidad de las Nieves (Formación Parauta, Rondaides, Cordillera Bética Occidental)

Stratigraphy, petrography and palaeogeographical significance of austroalpine-type jurassic radiolarites of the Nieves unit (Parauta Formation, Rondaides, Western Betic Cordillera)

A. Martín-Algarra<sup>(\*)</sup>, L. O'Dogherty<sup>(\*\*)</sup>, R. Aguado<sup>(\*\*\*)</sup> y H.-J. Gursky<sup>(\*\*\*\*)</sup>

(\*) Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, E-18071 Granada. E-mail: agustin@goliat.ugr.es

(\*\*) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Cádiz, Campus del Río San Pedro, E-11510 Puerto Real, Cádiz. E-mail: lodogher@merlin.uca.es

(\*\*\*) Departamento de Geología, Escuela Universitaria Politécnica de Linares Universidad de Jaén, Alfonso X El Sabio 28, E-23700 Linares, Jaén. E-mail: raguado@ujaen.es

(\*\*\*\*) Geologisch-Paläontologisches Institut, Technische Hochschule Darmstadt, Schnittspahnstrasse 9, D-64287 Darmstadt, Alemania. E-mail: hjgursky@hrz2.hrz.tu-darmstadt.de

## ABSTRACT

The Parauta Radiolarite Formation (Nieves unit, Rondaides) is dated as Middle Bathonian by radiolarians and indirect biostratigraphic criteria. It was deposited in a deep basin, perched and confined in the distal zone of a starved continental palaeomargin, formed after rifting of a Triassic carbonate platform. The Rondaide margin constituted the westernmost end of the Mesozoic terrane from which the Betic Internal Zones are derived, as well as the southeastern border of an oceanic basin that connected the Central Atlantic and the Ligurian-Piemont oceans. The Parauta Radiolarite Formation shows striking similarities with some coeval Austroalpine and Prealpine radiolarites.

**Key-Words:** radiolarites, radiolarians, nannoplankton, Bathonian, Rondaide, Austroalpine.

*Geogaceta*, 24 (1998), 211-214  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La unidad de las Nieves (Fig. 1) es la más extensa y característica de las unidades que fueron denominadas **Rondaides** por Blumenthal (1927, 1949). Dicho autor consideró que los Mantos Rondaides eran equivalentes occidentales de los Alpujárrides, definidos en los sectores central y oriental de la Cadena (Van Bemmelen, 1927), pero autores posteriores atribuyeron estas unidades a un dominio denominado «Dorsal» (Durand-Delga y Foucault, 1967). Los Rondaides (Felder, 1980; Martín-Algarra, 1987) incluyen mantos de corrimiento y escamas aflorantes en el frente de las Zonas Internas béticas y caracterizados por: a) cabalgar sobre el Complejo del Campo de Gibraltar y/o sobre las Zonas Externas; b) ser ampliamente cabalgados por los Mantos Alpujárrides medios y superiores y por los Maláguides; y c) estar constituidos por sedimentos marinos del Mesozoico y Terciario notablemente semejan-

tes a las sucesiones de los Mantos Austroalpinos, clásicamente considerados como equivalentes alpinos de los Alpujárrides (Staub, 1934).

La serie de la unidad de las Nieves se divide en las siguientes unidades (Fig. 2):

1.- Una potente (>1100m) formación dolomítica del (Carno-)Noriense, con facies marinas someras idénticas a las de las formaciones coetáneas (*Hauptdolomit* o *Dolomia Principale*) del Austroalpino-Sudalpino.

2.- Una formación de alternancias calizo-margosas del Retiense, de hasta 200 m de espesor, en facies de plataforma abierta, semejantes a la *Fm. Koessen* austroalpina.

3.- Una sucesión pelágica del Liásico inferior (150-200m), formada por calizas con sílex, margocalizas y margas con niveles de calizas nodulosas rojas con ammonites, con facies de tipo *Hiertlatz*, *Adnet* y otras del Jurásico de los Alpes.

4.- Una sucesión heterolítica poco potente (decenas de metros), de edad Jurásico Medio a Cretácico, en facies de cuenca, que

incluye un intervalo radiolarítico delgado que se describirá más abajo.

5.- Finalmente, la sucesión aparece coronada por formaciones terciarias del Paleógeno-Mioceno Inferior, últimos depósitos previos a la incorporación de la cuenca al edificio de mantos de las Zonas Internas béticas.

## Formación Radiolaritas de Parauta.

La sucesión condensada puede dividirse en tres unidades estratigráficas: pre-radiolarítica, radiolarítica y post-radiolarítica (Fig. 2). La primera está formada por calizas con sílex y nodulosas fuertemente estilolitizadas, rojas o subordinadamente verdosas, con microfacies biomicríticas ricas en filamentos, crinoides, radiolarios, foraminíferos bentónicos (*Lenticulina* sp. entre otros) y planctónicos (protoglobigerinas) y embriones de ammonites. El paquete radiolarítico se define formalmente como **Formación Radiolaritas de Parauta**. Descan-

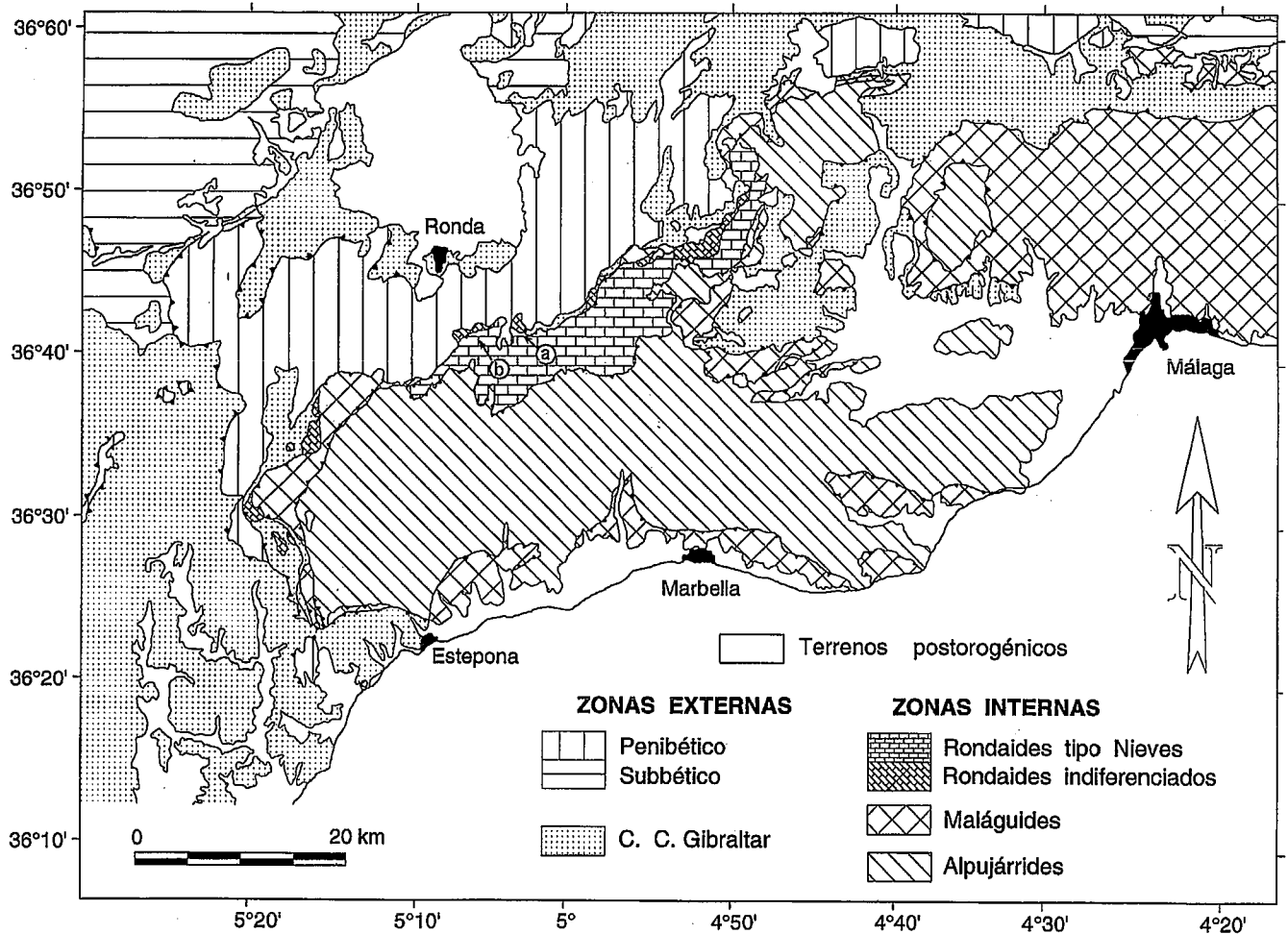


Fig. 1.- Esquema geológico de la Cordillera Bética occidental y posición de los cortes estudiados (a: Arroyo del Taramar; b: carretera de Parauta.

Fig. 1.- Geological sketch of the Western Betic Cordillera and location of the studied sections (a: Taramar creek; b: Parauta road)

sa sobre la unidad pre-radiolarítica mediante una superficie neta que probablemente representa una discontinuidad estratigráfica (paraconformidad), al igual que el contacto superior, asimismo neto, que separa esta formación de la unidad suprayacente. Esta última está constituida por calizas margosas tableadas, de aspecto esquistoso y colores grises, con intercalaciones esporádicas de calizas algo nodulosas rojas, con *aptychus* y nódulos de sílex. La unidad post-radiolarítica presenta microfacies variables, desde biomicritas (*packstones-wackestones*) con abundante *Saccocoma* sp., radiolarios, filamentos, secciones de *aptychus* y otros microfósiles pelágicos, a micritas (*mudstones*) con tintínidos y, por último, a micritas con escasos terrígenos finos y radiolarios calcitizados.

La Formación Radiolaritas de Parauta alcanza un espesor máximo cercano a 10 m en la margen S del arroyo del Taramar (holoestratotipo: coord. U.T.M. UF141619) y se adelgaza lateralmente hasta alcanzar apenas 3 metros en el la carretera de Parau-

ta (paraestratotipo, Fig.1: coord. U.T.M. UF102603), de donde la formación toma el nombre, dado que la denominación «Formación Capas del Taramar» fue previamente utilizada para así nombrar a una formación terciaria de la unidad de las Nieves, que aflora también en el arroyo del Taramar (Martín-Algarra, 1987). La Fm. Parauta está constituida por una alternancia rítmica de estratos tabulares o en plaquetas (de espesor deci a centimétrico) de roca silíceo (*chert*) fracturada de color pardorrojizo a pardoveroso oscuro, algo más claro en los estratos más gruesos. Las capas silíceas están separadas unas de otras por finos interlechos pelíticos de colores grises a verdosos, localmente incluso negros, de espesor promedio entre mili y centimétrico. Los planos de estratificación suelen ser netos, la bioturbación es rara y las capas muestran a veces pinzamientos y engrosamientos puntuales (*pinch and swell structures*).

Petrográficamente estas rocas corresponden a radiolaritas en el sentido más estricto del término. El tipo petrográfico prin-

cipal es una variedad completamente desprovista de carbonatos, moderadamente recristalizada y hematítica, de color pardorrojizo pálido, que grada lateralmente a una caliza silíceo con radiolarios. El tamaño medio de los radiolarios varía entre 30-100mm (máximo 130mm) y su contenido varía entre 10-60% en volumen, con un valor promedio entre el 30-50%, variaciones que están reflejadas por la laminación. Aunque algunas capas aparecen homogéneas al microscopio, la mayoría muestran una laminación horizontal y continua lateralmente, más o menos difusa, causada por variaciones microestratigráficas en el contenido en radiolarios. El grosor de las láminas está comprendido entre 100mm y 1mm y pueden aparecer sublaminaadas. También pueden observarse microlentes ricas o pobres en radiolarios, así como algunos niveles gradados, sobre todo en radiolaritas calcáreas. En las láminas delgadas estudiadas no se detecta aplastamiento tectónico pero sí una disolución a presión, tardidiagenética, de las conchas de los radiolarios a favor

de frecuentes microestilolitos paralelos a la estratificación. La recristalización y el crecimiento termal de los granos es moderado a intenso. Los radiolarios suelen estar bien preservados, casi exclusivamente como microcuarzo, salvo en láminas con alto contenido en radiolarios, donde procesos secundarios de recristalización y relleno dificultan la distinción de las conchas. Los rellenos están formados por: 1) mezclas de microcuarzo y hematites de grano muy fino; 2) calcedonia o calcedonia con algo de microcuarzo; y 3) uno o pocos cristales de megacuarzo (>35mm de diámetro), siendo este último caso bastante raro.

### Edad

Por su posición estratigráfica entre niveles con nanoflora calcárea y microfácies muy características (corte de Parauta), la Formación Radiolaritas de Parauta puede ser asignada al Jurásico medio. Además ha proporcionado asociaciones de radiolarios de esta edad en los cortes de Parauta y del Taramar.

En otros puntos de la Cordillera Bética, bien datados mediante ammonites, microfácies con protoglobigerinas análogas a las reconocidas en el techo de la unidad pre-radiolarítica se detectan por primera vez dentro del Bajociense y continúan hasta la base del Malm (Sandoval, 1983). Además, en el corte de Parauta estos niveles han proporcionado restos mal preservados de nanofósiles calcáreos resistentes a la disolución y cosmopolitas, tales como *Watznaeria britannica* (Stradner) Reinhardt, *W. barnesae* (Black) Perch-Nielsen y *Discorhabdus striatus* Moshkovitz y Ehrlich. Esta observación, junto con la ausencia de otras formas cosmopolitas y resistentes a la diagenesis, como *Hexalithus magharensis* Moshkovitz y Ehrlich y *Carinolithus superbus* (Deflandre) Prins o *Watznaeria manivitae*, Bukry (Moshkovitz y Ehrlich, 1976; Bown *et al.*, 1996) permite asignar una edad Bathoniense para el techo de la sucesión pre-radiolarítica.

De un total de 67 muestras preparadas para el estudio de radiolarios en las dos secciones estudiadas, 9 han proporcionado asociaciones unitarias de estos microfósiles, que han permitido una datación precisa de la formación como Bathoniense Medio (UA Zona 6 de Radiolarios: *cf.* Baumgartner *et al.*, 1995 y O'Dogherty *et al.*, 1995, 1997). Como especies más representativas de esta zona se encuentran: *Tricolocapsa plicarum* (Yao), *Stylocapsa spiralis* (Matsuoka), *S. catenarum* (Matsuoka), *Stichomitratokanoensis* Aita, *Stichocapsa robusta* Matsuoka, *Archaeodictyomitra* (?) *anabilis* Aita, *Amphipy-*

*dax tsunoensis* Aita y *Eucyrtidiellum ptyctum* (Riedel y Sanfilippo), entre otras muchas (hasta unas 40 especies por muestra estudiada, siendo principalmente la fauna de nasselarios).

Un nivel margoso muestreado unos decímetros sobre el último nivel radiolarítico del corte de Parauta ha proporcionado una asociación de nanofósiles constituida por *W. britannica* (Stradner) Reinhardt, *W. barnesae* (Black) Perch-Nielsen y *W. manivitae* Bukry >10 mm, forma esta última que indica una edad máxima Calloviense inferior o, más probablemente, algo más moderna dada la escasa presencia de este nanofósil (Moshkovitz y Ehrlich, 1976; Bown *et al.*, 1996). Ello demuestra la existencia de una laguna a techo de la formación que afecta por lo menos al Bathoniense superior. Las microfácies de las calizas suprayacentes a las radiolaritas, con abundante *Saccocoma* sp., *aptychus*, *Globochaete alpina* Lombard, *Stomiosphaera* sp. y *Cadosina* sp., caracterizan el Kimmeridgiense-Tithónico inferior alpino-mediterráneo (Azéma *et al.*, 1979), y un nódulo de sílex de estas mismas calizas ha proporcionado una asociación de radiolarios con *Emiluvia orea ultima* Baumgartner y Dumitrica, *Acanthocircus trizonalis* ssp. *dicracanthos* (Squinabol) y *Podobursa helvetica* (Rüst), entre otras formas del Kimmeridgiense (UA Zona 10 de Baumgartner *et al.*, 1995). Muestras recogidas más arriba en el corte de Parauta contienen *Conusphaera mexicana mexicana* Trejo, muy abundantes *W. manivitae* Bukry >13mm y *Diazomatolithus subbeticus* Grün, asociación típicamente tethysiana que indica el Tithónico superior, y que está plenamente de acuerdo con la existencia de microfácies con con abundantes *Calpionella alpina* (Lorenz), del Tithónico terminal/Berriasiense inferior. Finalmente, una muestra recogida en los niveles margosos de la parte alta del corte de Parauta ha proporcionado *Nannoconus steinmannii* ssp. *steinmannii* Kamptner, *N. steinmannii* spp. *minor* Déres y Achértegui, *D. subbeticus* Grün, *Micrantholithus obtusus* Straedner y ejemplares dudosos de *Calcicalathina oblongata* (Worsley) Thierstein, que indican un intervalo comprendido entre el Berriasiense Medio y el Barremiense Inferior (Aguado, 1994).

### Significado paleogeográfico.

La sedimentación radiolarítica de la unidad de las Nieves fue precedida y sucedida por sendas interrupciones en la sedimentación, en relación con las cuales tuvieron lugar cambios importantes en el

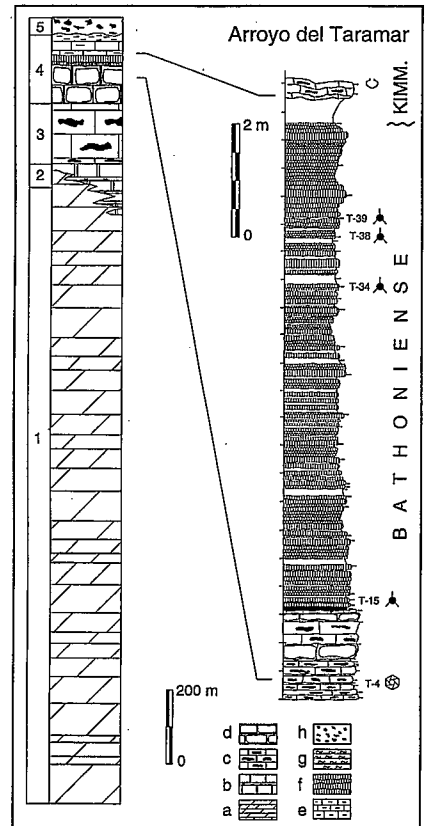


Fig. 2- Estratigrafía de la unidad de las Nieves (ver texto), estratotipo de la Fm. Radiolaritas de Parauta y posición de las muestras con dataciones. Litologías. a: dolomías; b: alternancias calizo-margosas; c: calizas con sílex; d: calizas nodulosas; e: margocalizas; f: radiolaritas; g: margas; h: breccias.

Fig. 2- Stratigraphy of the Nieves unit (see text), stratotype of the Parauta Radiolarite Fm. and position of dating samples. Lithologies. a: dolostones; b: marly-limy alternances; c: cherty limestones; d: nodular limestones; e: marlstones; f: radiolarites; g: marls; h: breccias

tipo de sedimentos que llegaban al fondo de la cuenca. El reducido espesor de la Formación Radiolaritas de Parauta y su depósito durante un periodo de tiempo dilatado indican que la velocidad de sedimentación fue muy lenta, del orden de uno a pocos mm/10<sup>3</sup> años (valores sin descompactar). El depósito tuvo lugar en una cuenca subalimentada (*starved*), en la que la única contribución sedimentaria era la fracción de la "lluvia pelágica" que llegaba al fondo, que estaba casi exclusivamente constituida por esqueletos de radiolarios, con escasísimos carbonatos y terrígenos muy finos. La estratificación homogénea y la laminación horizontal indican una sedimentación por decantación, pero la presencia de láminas gradadas o microlenticulares sugiere la acción esporádica de débiles corrientes de fondo

y/o de corrientes de turbidez muy diluidas que retrabajarían sedimentos pelágicos previamente depositados. Estos rasgos, en particular, la total ausencia de carbonatos autóctonos representados por restos de nanoflora calcárea dentro de la formación radiolarítica, indican una sedimentación en una cuenca muy distal y profunda. Las aguas superficiales estaban posiblemente empobrecidas en nutrientes lo que dificultaría la productividad primaria del fitoplancton y, como consecuencia de ello, la producción de sedimentos biogénicos que pudieran alcanzar el fondo de la cuenca. A juzgar por el color oscuro de las facies radiolaríticas y, particularmente, de los interlechos pelíticos, la cuenca debía estar topográficamente confinada, lo que dificultaba la circulación y aireación de sus aguas y producía condiciones de fondo pobremente óxicas o incluso anóxicas.

Aunque se debieron formar a notable profundidad, estas radiolaritas no se depositaron sobre corteza oceánica, sino que representan la culminación de una secuencia de profundización típica de la individualización de un margen continental divergente. Dicho margen se generó tras la fragmentación de una plataforma carbonatada fuertemente subsidente durante el Triásico superior. Ello aconteció hacia el límite Triásico-Liásico, cuando tuvo lugar, en los dominios alpinos del sur de España, la primera entrada reconocida de facies pelágicas con ammonites abundantes, (Martín-Algarra, 1987). En resumen, la Fm. Radiolaritas de Parauta se interpreta como el relleno de una pequeña cuenca, profunda y confinada, generada por fallamiento en la parte distal del margen continental que constituyeron los Rondaides durante el Mesozoico.

#### Relaciones con otros dominios alpinos

El Dominio Rondaide constituyó la frontera noroccidental de un bloque de corteza continental, que ha sido considerado como una microplaca (Durand-Delga y Fontboté, 1980) o como un terreno alóctono Mesomediterráneo (Martín-Algarra, 1987; Guerrero *et al.* 1993). Este bloque fue desgajado de la zona situada entre las grandes placas de Iberia y África como consecuencia de los procesos de fragmentación continental (*rifting*) relacionados con la apertura de las cuencas oceánicas del Atlántico Central y del Tethys Occidental. Entre el Margen Rondaide y el borde interno del Margen Sudibérico, del que derivan las Zonas Externas béticas, se abrió una estrecha cuenca oceánica durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior. En ella se depositaron

sucesiones arcillosas y turbidíticas de facies muy profundas, que aparecen actualmente en el Complejo del Campo de Gibraltar (Martín-Algarra *et al.*, 1992). A través de esta cuenca profunda conectaban los dominios oceánicos del Atlántico Central y del Tethys Occidental (Océano Liguro-Piamontés). La pequeña cuenca en la que se depositó la Formación Radiolaritas de Parauta probablemente estaba colgada en la parte distal del margen continental, cerca de la base del talud, en las proximidades de un fondo oceánico estrecho que, contemporáneamente de la sedimentación radiolarítica, se estaba abriendo entre el Margen Sudibérico y el Dominio Rondaide.

Sucesiones de radiolaritas que muestran facies y edades equivalentes a las reconocidas en la Fm. Radiolaritas de Parauta han sido reconocidas por los autores en algunas unidades situadas en el frente tectónico de las Zonas Internas Alpinas, en concreto en el Manto de Gets (Prealpes franco-suizos: O'Dogherty y Masson, trabajo en preparación) y en algunos Mantos Austroalpinos Juvávicos de la región al S de Salzburgo (Fm. Strubberg al S del río Lammer: Gawlick, 1996). Todas estas unidades constituyeron o bien el margen continental meridional del Océano Piamontés (Mantos Austroalpinos) o bien los sectores más internos de dicha cuenca, actualmente visibles en los Prealpes (Manto de Gets).

En conclusión, al igual que en el Triásico-Liásico, el margen continental Rondaide muestra, durante el Jurásico medio, unas características morfológicas, facies y evolución paleoceanográfica y paleogeográfica comparables a las de los sectores noroccidentales del continente de Adria, del cual derivan los Mantos Austroalpinos de los Alpes, y áreas oceánicas a ellos adyacentes en la cuenca de sedimentación. Así se explican las notables semejanzas reconocidas en las facies y edades de la sedimentación radiolarítica en ambos dominios. Las radiolaritas estudiadas constituyen depósitos pelágicos muy profundos, acumulados en una cuenca estrecha y confinada, generada tectónicamente al mismo tiempo que se estaban abriendo nuevos fondos oceánicos en sectores más distales. La Formación Radiolaritas de Parauta y sus equivalentes alpinos registran periodos dilatados de subalimentación sedimentaria y de circulación oceánica limitada, y proporcionan información sobre la posición del nivel de compensación de los carbonatos en el margen continental y sobre las condiciones paleoceanográficas (baja paleoproduktividad de las aguas superficiales, es-

tancamiento temporal y pobre oxigenación de las aguas de fondo) en ciertos sectores del Tethys Jurásico.

#### Agradecimientos

Este trabajo es una contribución de la Acción Integrada Hispano-Alemana HA1997-0089, de los Proyectos PB96-1430, PB94-0050 y PB94-0786 (DGI-CYT), y de los Grupos de Investigación nº 4089 y 4064 de la Junta de Andalucía.

#### Referencias

- Aguado, R. (1994): *Tesis Univ. Granada*, 413 p.
- Azéma J., Foucault A., Fourcade E., García-Hernández M., González-Donoso J.M., Linares A., Linares, D., López-Garrido A.C., Rivas P. y Vera J.A. (1979): *Serv. Pub. Univ. Granada*, 99 p.
- Baumgartner, P., Bartolini, A., Carter E.S., Conti, C., Cortese, G., Danelian, T., De Wever, P., Dumitrica, P., Dumitrica-Jud, R., Goricani, S., Guex, J., Hull, D.M., Kito, N., Marcucci, M., Matsuoka, A., Murchev, B., O'Dogherty, L., Savary, J., Vishnevskaya, V., Widz, D., and Yao, A. (1995): *Mem. Geol. Lausanne*, 23: 1013-1048.
- Blumenthal M. (1927): *Eclog. Geol. Helvet.*, 20: 487-592.
- Blumenthal M. (1949): *Bol. I.G.M.E.*, 52, 11-203.
- Bown, P.R., Baldanza, A., Bergen, J., Cobiainchi, M., Cooper, K., Erba, E., Gardin, S., De Kaenel, E., Lozar, F., Mattioli, E., Monechi, S., Pirini-Radrizzani, C., Reale, V., and Roth, P.H. (1996): *GeoResearch Forum*, 1-2: 55-66.
- Durand-Delga, M. y Foucault A. (1967): *Bull. Soc. Géol. France*, 9: 723-728.
- Durand-Delga M., et Fontboté, J.M. (1980): *Mém. B.R.G.M.*, 15: 67-85.
- Felder T.E. (1980): *Geol. Rundsch.*, 69: 131-148.
- Gawlick, H.-J. (1996): *Mitt. Ges. Geol. Bergbaudstud. Österr.*, 39/40: 119-186.
- Guerrera F., Martín-Algarra A. and Perrone V. (1993): *Terra Nova*, 5: 524-544.
- Martín-Algarra A. (1987): *Tesis Univ. Granada*, 1171 p.
- Martín-Algarra A., Ruiz-Ortiz, P.A. and Vera (1992): *Rev. Soc. Geo. España*, 5: 53-80.
- Moshkovitz, S., and Erlich, A. (1976): *Bull. Geol. Survey Israel*, 69: 1-47.
- O'Dogherty, L., Baumgartner, P.O., Sandoval, J., Martín-Algarra, A. and Pillecuit, A. (1995): *Mem. Geol. Lausanne*, 23:717-724.
- O'Dogherty, L., Molina-Cámara, J.M., Ruiz-Ortiz, P.A., Sandoval, J. y Vera, J.A. (1997): *Estudios geol.*, 53:145-157.
- Sandoval, J. (1983): *Tesis Univ. Granada*, 613 p.
- Staub, R. (1934): *Vierteljahrsh. d. Naturf. Ges. Zürich*, 71: 196-261.
- Van Bemmelen, R.W. (1927): *Tesis, E.T.S. Delft*, 175 p.