

# La sección de San Miguel de Salinas (Cuenca del Bajo Segura). Significado paleoambiental de las asociaciones de foraminíferos en relación con la Crisis de Salinidad del Messiniense

*The San Miguel de Salinas section (Bajo Segura Basin). Palaeoenvironmental significance of the foraminiferal assemblages related to the Messinian Salinity Crisis*

Hugo Corbí <sup>(1)</sup>, Jesús Esteban Caracuel <sup>\*(1)</sup>, Jaime Dinarès-Turell <sup>(2)</sup>, Carlos Lancis <sup>(1)</sup>, José Antonio Pina <sup>(1)</sup>, Jesús Miguel Soria <sup>(1)</sup>, José Enrique Tent-Manclús <sup>(1)</sup> y Alfonso Yébenes <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Apdo. 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante. hugo.corbi@ua.es; dinares@ingv.it; carlos.lancis@ua.es; jose.pina@ua.es; jesus.soria@ua.es; je.tent@ua.es; alfonso.yebenes@ua.es

<sup>(2)</sup> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italia. dinares@ingv.it

## ABSTRACT

*In the composite section of San Miguel de Salinas the following synthems are represented: MI (pre-evaporitic Messinian), MII (syn-evaporitic Messinian) and P (post-evaporitic Pliocene). The foraminiferal assemblages of these synthems have been studied in order to reveal the palaeoenvironmental changes related to the Mediterranean Salinity Crisis. The change between MI and MII synthems is characterized by the reduction of the foraminiferal biodiversity. Synthem MII records palaeoenvironmental stress related to the evaporitic deposition during the Salinity Crisis. Synthem P marks an abrupt increase of the foraminiferal biodiversity in coincidence with the Pliocene reflooding of the Mediterranean Sea.*

**Key words:** Foraminifera, messinian salinity crisis, Pliocene, Bajo Segura Basin, palaeoenvironments

Geogaceta, 46 (2009), 131-134  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Las evaporitas del Messiniense y los sedimentos marinos del Plioceno inferior han sido las claves fundamentales para revelar la historia de la Crisis de Salinidad del Mediterráneo (Hsü *et al.*, 1973). Gran parte de la historia de la crisis se puede extraer a partir del estudio de las evaporitas marginales, como las representadas en la Cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética oriental). Dentro de esta cuenca, la sección compuesta de San Miguel de Salinas (SMdS, en adelante) muestra una secuencia estratigráfica que abarca el Messiniense superior y el Plioceno Inferior e incluye las unidades pre-, sin- y post-evaporíticas. Según nuestras observaciones esta secuencia presenta una doble singularidad: 1) la ausencia de la unidad Lago Mare sobre la unidad evaporítica, y 2) la existencia de dos discontinuidades mayores (superficies de erosión), localizadas a la base y a techo de la unidad evaporítica. En este trabajo se analizan las asociaciones de

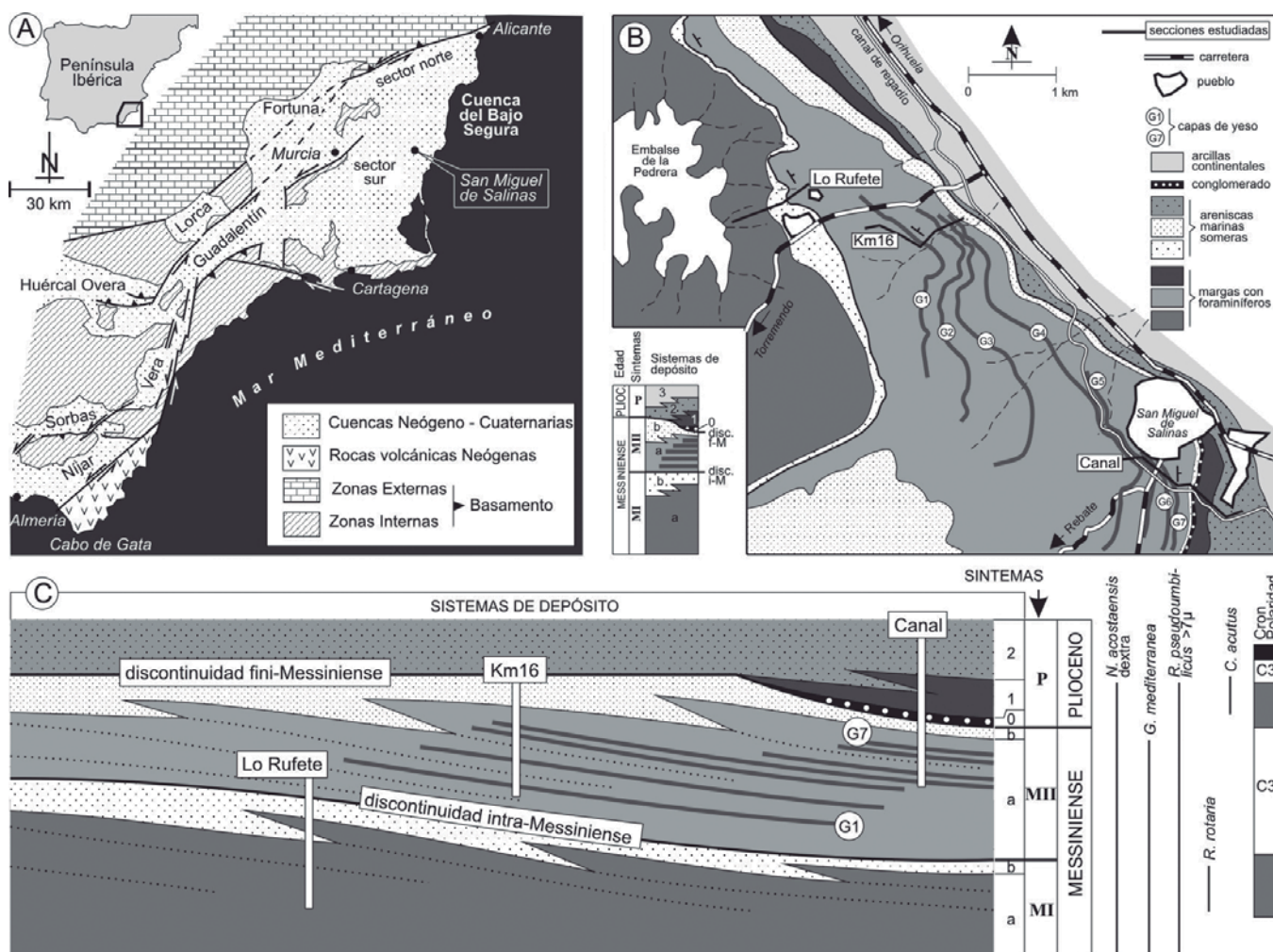
foraminíferos bentónicos y planctónicos para establecer las condiciones ambientales antes, durante y tras la fase evaporítica.

## Arquitectura estratigráfica

La sección compuesta de SMdS está localizada en el sector sur de la Cuenca del Bajo Segura (Fig. 1A). La cartografía y el análisis estratigráfico realizados en los alrededores del pueblo de San Miguel de Salinas (Figs. 1B y 1C) han permitido diferenciar tres unidades limitadas por discontinuidades o sistemas, denominados como MI, MII y P siguiendo la nomenclatura general de la cuenca propuesta por Soria *et al.* (2008). La combinación de datos bioestratigráficos (foraminíferos y nannoplancton calcáreo) y magnetoestratigráficos indica que la parte estudiada de los sistemas MI y MII son de edad Messiniense superior, y que el sistema P corresponde al Plioceno inferior (Fig. 1C). El sistema MI consta de dos sistemas de depósito; uno inferior o MIa dominado por margas ricas en foraminíferos y otro superior o MIb compuesto por areniscas marinas de aguas someras. A techo de este sistema se localiza

un nivel de estromatolitos con grietas de desecación de gran escala que marca la discontinuidad intra-Messiniense. El sistema MII está representado por otros dos sistemas de depósito. En su parte inferior, el sistema de depósito MIIa, que está constituido por margas con foraminíferos en las que aparecen regularmente espaciadas intercalaciones de areniscas; este sistema contiene, como rasgo más significativo, siete capas de yeso selenítico (G1 a G7, en las Figs. 1B y 1C). En posición superior, el sistema de depósito MIIb está dominado por areniscas con secuencias de tormentas y frecuentes estructuras de deformación. El límite superior de este sistema MII está definido por una superficie neta, erosiva en ciertos puntos, que dibuja suaves paleovalles y que es identificada como la discontinuidad fini-Messiniense. Sobre esta discontinuidad reposa el sistema P, cuyos términos estratigráficos inferiores son los sistemas de depósito P0 (conglomerado basal) y P1 (margas con foraminíferos), ambos ocupando los paleovalles. La parte superior de este sistema, de carácter extensivo ya que sobrepasa los paleovalles, está representada por los sistemas de depósito P2 (areniscas

† Dedicamos este trabajo a la memoria de nuestro entrañable amigo y compañero Jesús Caracuel fallecido recientemente.



marinas someras y costeras) y P3 (arcillas rojas continentales).

**Materiales y métodos**

En este trabajo se han analizado las asociaciones de foraminíferos registradas en tres secciones (Lo Rufete, Km 16 y Canal, ver Figs. 1C y 2), todas ellas próximas a San Miguel de Salinas. En conjunto, esta sección compuesta abarca la mayor parte del sintema MI, todo el sintema MII y la parte marina del sintema P. Se han analizado 59 muestras, mediante un estudio semicuantitativo de la fracción superior a 0,125 mm, determinándose al menos 300 ejemplares de foraminíferos por muestra. El criterio taxonómico seguido para la identificación de los foraminíferos ha sido el adoptado por Serrano (1979), AGIP (1982) y Loeblich y Tappan (1988), entre otros autores. Los parámetros paleoecológicos (Fig. 2) considerados para estimar la evolución

paleoambiental de las unidades, así como el impacto de la Crisis de Salinidad del Messiniense en la biodiversidad de foraminíferos han sido: i) diversidad específica considerada como el número de especies representadas en más de un 1% del total de la asociación; ii) índice de Shannon-Weaver (H(s); Shannon, 1949); iii) índice a de Fisher (Fisher et al., 1943), que considera la relación entre el número de especies y el número de individuos determinados para cada muestra analizada; iv) distribución de foraminíferos planctónicos con respecto al total de la asociación -100\*(P/P+B)-, relación comúnmente utilizada como expresión del grado de batimetría y/o grado de proximalidad-distalidad; y v) relación entre foraminíferos planctónicos de aguas cálidas y oligotróficas (principalmente *Globoturborotalita apertura*, *Globigerinoides* spp. y *Orbulina* spp.) y foraminíferos de aguas frías y eutróficas (*Globigerinia bulloides*, *Globigerinita*

*glutinata*, *Neogloboquadrina* spp. y *Turborotalita* spp.), éstos también característicos de condiciones ambientales de estrés (Sierro et al., 2003).

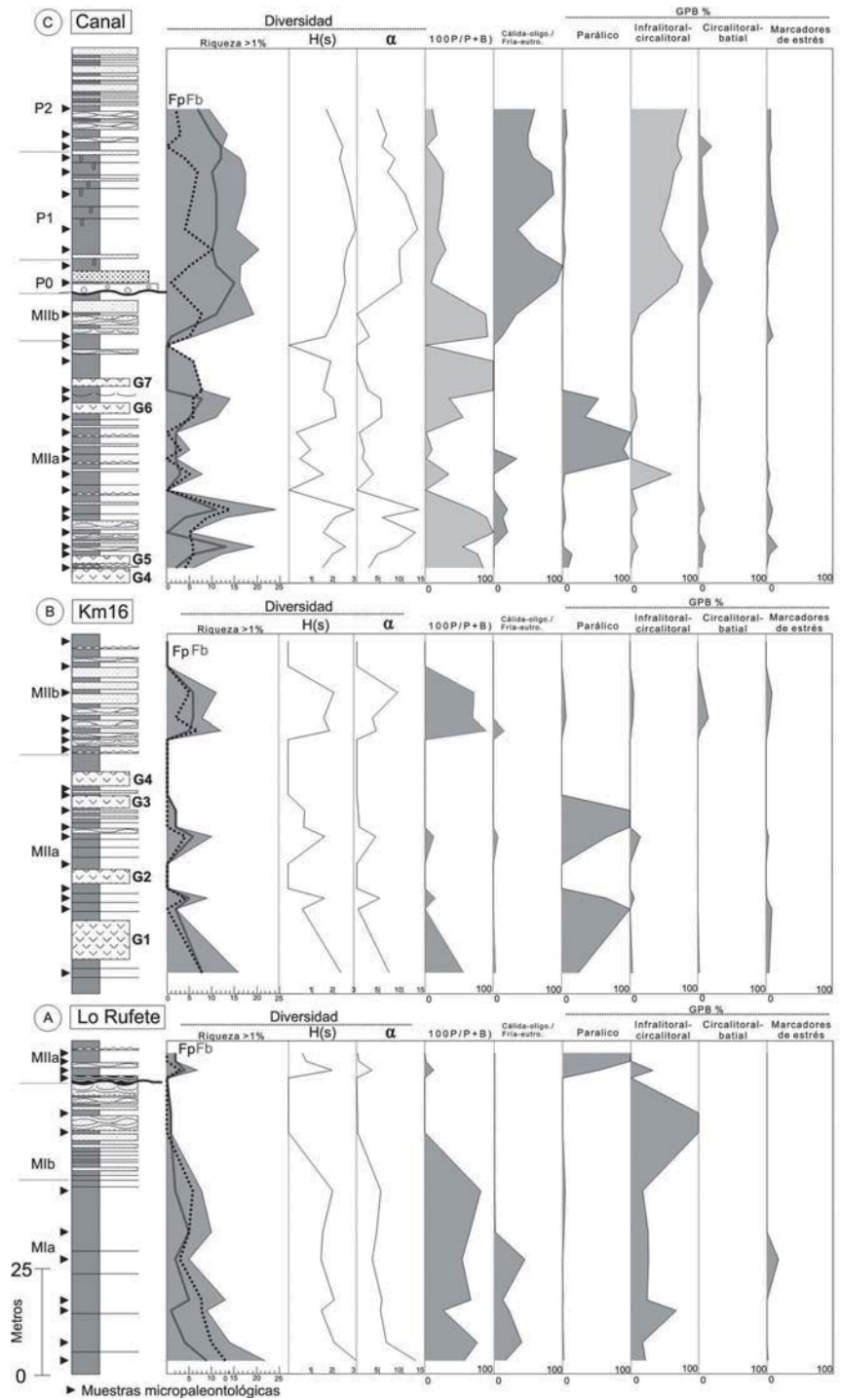
Las interpretaciones paleoambientales inferidas de las asociaciones de foraminíferos se han basado en el reconocimiento de la autecología de taxones actuales (Murray, 1991) y las características ecomorfológicas asociadas con el análisis de morfogrupos (Bernhard, 1986). Con el propósito de caracterizar las asociaciones de los sistemas de depósito y de establecer los cambios paleoambientales, se han diferenciado los siguientes grupos paleoecológicos de foraminíferos bentónicos (Fig. 2): a) asociación típica de ambientes parálidos que incluye fundamentalmente *Ammonia tepida*, *Elphidium granosum* y *Elphidium williamsoni*; b) asociación infralitoral-circalitoral característica de ambientes de plataforma, que incluye fundamentalmente foraminíferos epifíticos

(*Amphistegina*, *Asterigerinata*, *Cibicides* spp. -*C. lobatula* y *C. refulgens*-, *Elphidium* spp. (*E. crispum* y *E. macellum* fundamentalmente), *Textularia*, y *Reusella*, así como foraminíferos infaunales como *Nonion*; c) asociación circalitoral-batial, que incluye foraminíferos epibentónicos como *Cibicides dutemplei*, *Cibicides ungerianus*, *Gyroidina* y *Neoeponides*, así como otros de carácter infaunal (*Globocassidulina*, *Melonis* y *Pullenia*); y d) asociación típica de ambientes con estrés ambiental sobre el fondo (Hinsbergen *et al.*, 2005), con foraminíferos infaunales profundos: *Bolivina*, *Bulimina*, *Cancris*, *Fursenkoina*, *Globobulimina*, *Uvigerina* y *Valvulineria*.

**Asociaciones de foraminíferos y paleoambientes**

En su conjunto, las asociaciones del sintema MI registran una evolución paleoambiental gradual desde medios de plataforma externa (circalitoral, sistema de depósito MIIa) a ambientes de plataforma interna de carácter proximal (infralitoral, sistema de depósito MIB). Esta evolución paleoambiental se pone de manifiesto por la disminución, si bien gradual, de la diversidad y del contenido de foraminíferos planctónicos (Fig. 2A). En el sistema de depósito MIIa, predominan los foraminíferos planctónicos típicos de aguas frías y eutróficas pertenecientes a los grupos de *G. bulloides*, *G. glutinata*, *Neogloboquadrina* spp. y *Turborotalita* spp. (Fig. 2A). Por otra parte, en el sistema de depósito MIB, menos diverso y de carácter más detrítico que el anterior, predominan los foraminíferos bentónicos dominados por *Ammonia beccarii*, *E. crispum*, *E. macellum* y *E. granosum*, típicos de ambientes con vegetación marina de carácter proximal (infralitoral).

Las asociaciones del sintema MII son mucho más pobres y menos diversas que las del anterior (Fig. 2). Se han podido diferenciar dos asociaciones en el sistema de depósito MIIa, y una tercera en el sistema de depósito MIIb. El rasgo característico de la primera de ellas es el predominio de foraminíferos planctónicos de pequeño tamaño o enanos pertenecientes a los grupos de *G. apertura*, *G. bulloides*, *Globigerina* sp., *Neogloboquadrina* spp., *Turborotalia* spp. y *Turborotalita* spp. Esta asociación registra la existencia de condiciones marinas con estrés ambiental, relacionada con condiciones de anoxia y salinidad variables, como tam-



**Fig. 2.- Secciones estudiadas. A: Sección de Lo Rufete; B: Sección Km16; y C: Sección Canal. Parámetros paleoecológicos; Riqueza >1: especies representadas en más del 1%, FP: foraminíferos planctónicos y FB: foraminíferos bentónicos; H(s): índice de Shannon-Weaver; á: á de Fisher; 100\*P/P+B: relación de foraminíferos planctónicos con respecto al total de foraminíferos; Cálida-oligo./Fría-eutró.: relación entre foraminíferos planctónicos de aguas cálidas y oligotróficas y foraminíferos planctónicos de aguas frías y eutróficas; GPB: Grupos paleoecológicos de foraminíferos bentónicos: parálito, infralitoral-circalitoral, circalitoral-batial y marcadores de estrés.**

*Fig. 2.- Studied sections. A: Lo Rufete's section; B: Km16's section; and C: Canal's section. Palaeoecological parameters; Richness >1: species represented in more of 1%, PF: planktic foraminifera and BF: benthic foraminifera; H(s) Shannon-Weaver index; á: Fisher's á; 100\*P/P+B: planktic foraminifera ratio regard to the whole of the assemblage; Warm-olig./Cold-eutró.: ratio between warm, oligotrophic water planktic foraminifera and cold, eutrophic water planktic foraminifera; BPG: palaeoecological groups of benthic foraminifera: paralic, infralittoral-circalittoral, circalittoral-bathyal and stress markers.*

bién se pone de manifiesto por la presencia de tramos evaporíticos e intervalos ricos en materia orgánica (sapropeles). La segunda de las asociaciones del sistema de depósito MIIIa permite inferir condiciones predominantemente parálicas, como indica el predominio de faunas típicas de ambientes restringidos (*A. tepida*, *E. granosum* y *E. williamsoni*). La asociación perteneciente al sistema de depósito MIIIb, de carácter mucho más detrítico que los anteriores, presenta una mezcla de faunas de carácter parálico, infralitoral, circalitoral y marcadores de estrés sobre el fondo (Fig. 2, B y C). Además, esta asociación posee un estado tafonómico no homogéneo, con ejemplares de foraminíferos que presentan disolución, abrasión y rotura. Por ello, se interpreta como una asociación mezclada por procesos de resedimentación y/o reelaboración. En definitiva, las asociaciones de foraminíferos del sistema MII registran una progresiva restricción de la plataforma en un contexto de marcado estrés ambiental, con baja oxigenación y con variaciones importantes en la salinidad, que concuerda con la presencia de niveles sapropelíticos y episodios de precipitación de evaporitas.

En el sistema P (Fig. 2C) se han identificado tres asociaciones de foraminíferos correspondientes a los sistemas de depósito P0, P1 y P2. Estas asociaciones se suceden en la vertical de forma gradual y son en general mucho más diversas y ricas con respecto a las diferenciadas en el Messiniense (Fig. 2C). En la primera de las asociaciones (P0), presente en sedimentos de marcado carácter detrítico los foraminíferos más significativos son *A. beccarii*, *Amphistegina lessonii*, *Asterigerinata planorbis*, *C. dutemplei*, *C. lobatula* y *E. crispum*. Esta asociación es típica de sustratos arenosos, ambientes oxigenados y con vegetación, dentro de un contexto de plataforma de carácter proximal (infralitoral). La asociación del sistema de depósito P1 está constituida por distintas proporciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos y presenta los mayores índices de diversidad de la unidad (Fig. 2C). Los foraminíferos bentónicos más significativos de este sistema de depósito son

*Ammonia* spp., *C. dutemplei*, *Nonion commune* y *Textularia* spp. Además se constata la presencia de forma minoritaria de marcadores de estrés como *Bulimina*, *Bolivina*, *Fursenkoina*, *Uvigerina* y *Valvulineria*, indicando una relativa baja oxigenación del fondo marino. En lo que se refiere a los foraminíferos planctónicos, el rasgo característico de esta asociación es la abundancia de *Globigerinoides* (*G. trilobus* y *G. obliquus*) y *G. apertura*, característicos de ambientes de aguas cálidas y oligotróficas (Fig. 2C). En su conjunto la asociación P1 se interpreta como de plataforma (infralitoral-circalitoral) con aguas cálidas y oligotróficas. Esta última asociación evoluciona en la vertical a la asociación P2, que registra menores valores de diversidad e índice P/P+B (Fig. 2C). Los foraminíferos bentónicos más representativos de este último sistema de depósito son *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. y *N. commune*, registrando ambientes de carácter infralitoral con vegetación. En conclusión, la evolución gradual de las asociaciones del sistema P se interpreta como una secuencia transgresiva-regresiva dentro de un contexto de plataforma somera con aguas cálidas, oligotróficas y oxigenadas.

### Conclusiones

Los cambios paleoambientales relacionados con la Crisis de Salinidad del Messiniense quedan registrados como modificaciones significativas en las asociaciones de foraminíferos bentónicos y planctónicos. El cambio del sistema MI (pre-evaporítico) al MII (sin-evaporítico) conlleva una marcada reducción de la biodiversidad y tamaño de los foraminíferos, como consecuencia del desarrollo de ambientes de estrés y baja oxigenación. Estas condiciones de ambientes restringidos, características de la fase evaporítica, se relacionan con episodios de incrementos de salinidad, que lleva incluso a la precipitación evaporítica. El sistema P (post-evaporítico) registra un aumento de la biodiversidad y tamaño de los foraminíferos dentro de un contexto marino abierto con aguas cálidas y bien oxigenadas, como rasgos ambientales

asociados a la reinundación del Mediterráneo a inicios del Plioceno.

### Agradecimientos

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL2007-65832 (MCyT), la Beca FPU AP2005-1908 y el grupo de investigación Cambios Paleoambientales de la Universidad de Alicante (VIGROB-167).

### Referencias

- AGIP Mineraria. (1982). *Foraminiferi Padani (Terziario e Quaternario)*. Agip Mineraria, second edition, Milan, Italy, 52 lám.
- Bernhard, J.M. (1986). *Journal of Foraminiferal Research*, 16 (3), 207-215.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S. y Williams, C.B. (1943). *Journal of Animal Ecology*, 12, 42-58.
- Hinsbergen van, D.J.J., Kouwenhoven, T.J. y Van der Zwaan, G.J. (2005). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221, 245-265.
- Hsü, K.J., Cita, M.M. y Ryan, W.B.F. (1973). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 13 (II), 1203-1221
- Loeblich, A. R. y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970 p.
- Murray, J.W. (1991). *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific, 397 p.
- Serrano, F. (1979). *Los foraminíferos planctónicos del Mioceno Superior de la Cuenca de Ronda y su comparación con los de otras áreas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Univ. de Málaga, 272 p. 40 lám.
- Shannon, C.E. (1949). En: *The Mathematical Theory of Communication* (W. Weaver y C.E. Shannon, Eds.). University of Illinois Press, Urbana, 93 p.
- Sierro, F.J., Flores, J.A., Francés, G., Vazquez, A., Utrilla, R., Zamareño, I., Erlenkeuser, H. y Barcena, M.A. (2003). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, 289-316.
- Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H., Dinars-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J.E. y Yébenes, A. (2008). *Stratigraphy*, 5 (3-4), 257-263.