

# Caracterización de la sedimentación *Lago Mare* (Messiniense terminal) y de la transgresión del comienzo del Plioceno en la cuenca de Málaga (Cordillera Bética)

*Characterization of the Lago Mare sedimentation (latest Messinian) and the transgression of the beginning of the Pliocene in the Malaga basin (Betic Cordillera)*

A. Guerra-Merchán <sup>(1)</sup>, F. Serrano <sup>(1)</sup>, M. Garcés <sup>(2)</sup>, S. Gofas <sup>(3)</sup>, A.C. López Garrido <sup>(4)</sup>, K. El Kadiri <sup>(5)</sup> y R. Hlila <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, 29071-Málaga. antguerra@uma.es / f.serrano@uma.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Estratigrafía, Paleontología y Geociencias Marinas, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona, 08028-Barcelona. mgarces@ub.edu

<sup>(3)</sup> Departamento de Biología animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, 29071-Málaga. sgofas@uma.es

<sup>(4)</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Universidad de Granada), Facultad de Ciencias, 18071-Granada. aclopez@ugr.es

<sup>(5)</sup> Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Abdel Malek Essaâdi, Tétouan, 93003. khallilekadiri@yahoo.fr / rhlila@yahoo.com

## ABSTRACT

*A stratigraphic unit deposited close to the Messinian-Pliocene boundary is newly discovered in the Malaga basin. This unit mainly consist of alluvial and lagoonal deposits. Paleontological and paleomagnetic data from these deposits and from the overlying sediments indicate that the former were formed in the latest Miocene, thus can be correlated with the so-called Lago Mare deposits. The latest Messinian and lower Pliocene deposits are separated by an erosive surface (latest-Messinian discontinuity) that is related to a relative sea-level fall previous to the earliest Pliocene general flooding.*

**Key words:** *Miocene-Pliocene transition, Lago Mare facies, Malaga basin, Betic Cordillera, Atlantic-Mediterranean connection.*

*Geogaceta, 44 (2008), 207-210*

*ISSN: 0213683X*

## Introducción

Después de la sedimentación evaporítica messiniense y antes del reestablecimiento de las condiciones marinas normales en el Mediterráneo a comienzos del Plioceno, como consecuencia de la apertura del estrecho de Gibraltar (5.33 Ma, Hilgen y Langereis, 1993), la sedimentación se caracterizó por diversos tipos de litologías y por la presencia de una típica fauna de aguas oligohalinas (brackish) procedente del Paratethys. Este episodio sedimentario que coincide con una etapa de dilución entre la crisis de salinidad y la inundación pliocena, es comúnmente denominado *Lago Mare* (Hsü *et al.*, 1977; Orszag-Sperber *et al.*, 2000) y se ha reconocido en diferentes áreas del Mediterráneo oriental y occidental (Orszag-Sperber, 2006). Contemporáneamente a la sedimentación *Lago Mare*, en algunas cuencas marginales tuvo lugar una etapa de emersión y erosión que dio lugar al desarrollo de superficies erosivas y discontinuidades (Rouchy, 1982; Orszag-Sperber *et al.*, 2000; Rouchy y Caruso, 2006).

En este trabajo se estudia la sedimentación durante la transición Mioceno-Plioceno en la cuenca de Málaga. Se aportan nue-

vos datos bioestratigráficos y paleomagnéticos que permiten precisar la posición cronoeestratigráfica de los depósitos tipo *Lago Mare* y se analizan los cambios paleogeográficos más importantes acontecidos durante el Messiniense terminal y la transgresión pliocena.

## Contexto geológico y estratigráfico

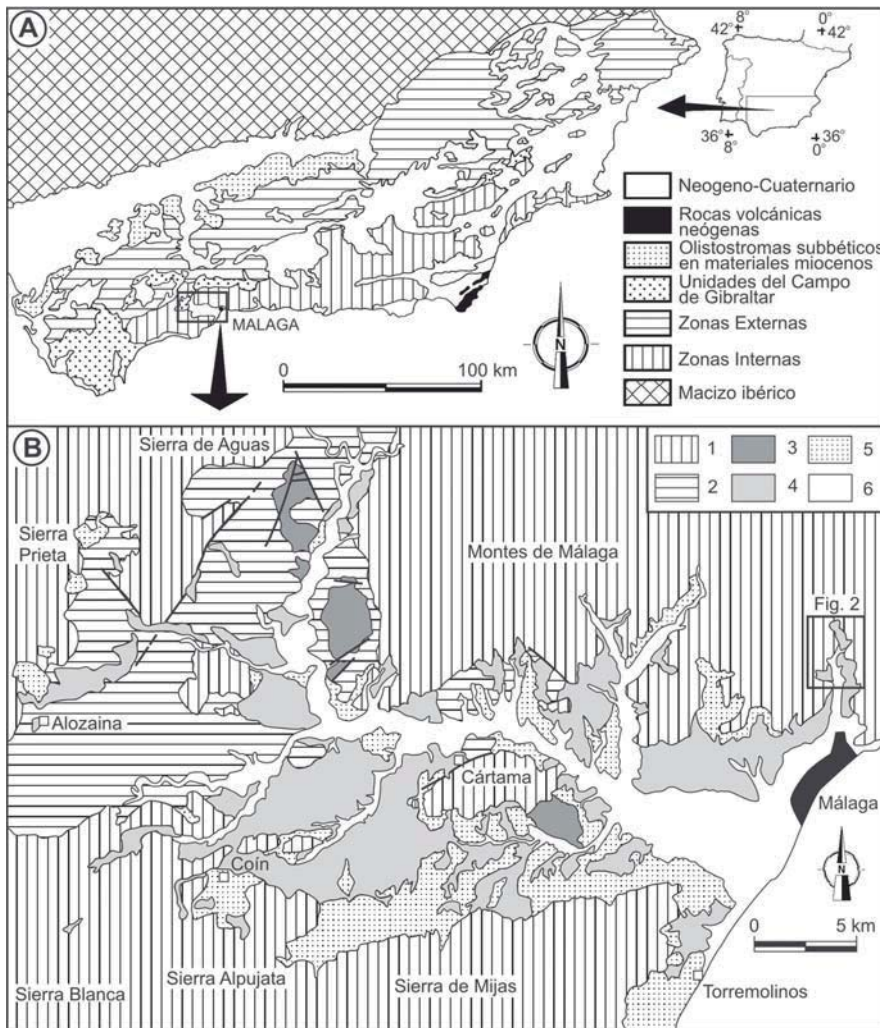
La cuenca de Málaga es una depresión marginal del mar de Alborán (Fig. 1A) desarrollada sobre un substrato perteneciente a las Zonas Internas de la Cordillera Bética estructuradas en mantos de corrimiento (Alpujarride y Maláguide) y al Complejo del Campo de Gibraltar (Fig. 1B).

El relleno sedimentario postorogénico abarca desde el Tortoniense superior al Cuaternario y comprende varias unidades estratigráficas separadas por discontinuidades. Los sedimentos del Tortoniense superior consisten en conglomerados, arenas y calcarenitas depositados en abanicos deltaicos, playas y en la base de acantilados.

Localmente, en la parte noreste de la cuenca cerca de la ciudad de Málaga (Fig. 2), directamente sobre el substrato Malá-

guide y discordantemente bajo la secuencia pliocena, afloran depósitos aluviales y de lagoon que pueden ser correlacionados con las facies tipo *Lago Mare*.

La secuencia pliocena se compone de tres unidades (PL-1, PL-2 y PL-3; Guerra-Merchán *et al.*, 2000). La unidad inferior (PL-1) representa una secuencia transgresiva constituida por conglomerados con fauna de moluscos que pasan verticalmente a limos grises y verdosos y a margas blancas ricas en foraminíferos planctónicos. La unidad intermedia (PL-2) está representada en los bordes de la cuenca por conglomerados deltaicos y litorales, los cuales pasan tanto distal como verticalmente a margas ricas en foraminíferos bentónicos y planctónicos. La parte alta consiste en arenas depositadas en una plataforma progradante. Esta unidad caracteriza un ciclo transgresivo-regresivo y es la más expansiva de las unidades pliocenas. La unidad superior (PL-3) representa un nuevo ciclo transgresivo-regresivo y consiste en conglomerados aluviales y deltaicos que pasan a arcillas y margas marinas someras. En algunas áreas se observa que hacia el techo, las facies finas cambian verticalmente a arenas y conglomerados litorales y deltaicos.



**Fig. 1.-** Localización de la cuenca de Málaga en el ámbito de la Cordillera Bética (A) y mapa geológico de la cuenca (B). 1: Zona Interna (complejo Alpujárride y Maláguide); 2: Complejo del Campo de Gibraltar; 3: Tortonense; 4: Plioceno inferior; 5: Cuaternario; 6: Depósitos fluviales recientes.

*Fig. 1.-* Location of the Malaga basin in the frame of the Betic Cordillera (A) and geological map of the basin (B). 1: Internal Zone (Alpujarride and Malaguide complexes); 2: Campo de Gibraltar Complex; 3: Tortonian; 4: Early Pliocene; 5: Pleistocene; 6: Recent alluvial deposits.

**Caracterización de los depósitos tipo Lago Mare**

*Rasgos litoestratigráficos y tectónicos*

La sedimentación *Lago Mare* comprende tres asociaciones de facies (miembros) que se relacionan mediante superficies que pueden ser concordantes, cambios de facies o discontinuidades (Fig. 2B). La asociación inferior, con un espesor de 15-20 m, consiste en brechas y conglomerados. En su parte baja, predominan facies heterogéneas mal estratificadas que corresponden a depósitos de debris flow. El tamaño de los cantos y espesor de las capas disminuye lateral y verticalmente, a la vez que la estratificación se hace más patente. Se reconocen secuencias sedimentarias positivas de escala métrica, constituidas por conglomerados y arenas que caracterizan el relleno de canales.

Mediante una superficie localmente erosiva se superpone el miembro intermedio, que constituye la asociación de facies más característica de los depósitos *Lago Mare*. Esta asociación con un espesor de 10-15 m está formada por lutitas laminadas variegadas (rojo, violeta, gris, amarillo), que en su parte baja aún presenta intercalaciones conglomeráticas y arenosas (Fig. 2C). Sobre las lutitas, erosiva y discordantemente se dispone el miembro superior (2-5 m de espesor) constituido por conglomerados y arenas que representan el relleno de canales.

Dentro de los depósitos *Lago Mare* se reconocen varias discontinuidades, alguna de las cuales son discordancias angulares con base erosiva, sobre la cual las capas se disponen en abanico (Fig. 2B). Estos depósitos se ven afectados también por fallas normales sinsedimentarias y en algunos

afloramientos muestran slumping. Estos rasgos reflejan una actividad tectónica sinsedimentaria.

*Contenido fosilífero e interpretación del medio sedimentario*

En las asociaciones de facies inferior y superior no se han encontrado restos fósiles.

La asociación inferior caracterizada por el predominio de depósitos de debris flow, su color rojo y su localización en el borde de la cuenca, parece corresponder a un medio de abanico aluvial, mientras que la asociación superior es más indicativa de depósitos de canales fluviales.

En lo que respecta al miembro intermedio, el predominio de facies finas laminadas sugiere un medio de depósito subacuoso de baja energía. Algunos niveles arenosos intercalados entre las muestras 4-6 de las facies finas (Fig. 2C) contienen una fauna relativamente diversa de gasterópodos y bivalvos que muestran una buena conservación de las conchas aragoníticas e incluso se conserva el patrón de color en las conchas calcíticas de algunos gasterópodos. Entre los gasterópodos se han reconocido ejemplares de las familias Neritidae (dos especies del género *Theodoxus*), Thiariidae (una especie del género *Melanoides*), Melanopsidae (una especie del género *Melanopsis*) e Hydrobiidae (una especie). Dentro de los bivalvos se han distinguido ejemplares de las familias Dreissenidae (una especie) y Cardiidae (subfamilia Lymnocardiidae, al menos seis especies pertenecientes a varios géneros). Este conjunto representa claramente una fauna de carácter oligohalino cuyo centro de origen se sitúa en el entorno del Paratethys (Esu, 2007). Por lo contrario, no comprende especie alguna que permita suponer una conexión marina con el Atlántico vecino. A pesar de su situación geográfica, la más occidental conocida para este tipo de fauna, el afloramiento se destaca por su riqueza específica, que supera en este aspecto a los yacimientos más diversos conocidos de Italia central o de Rumania.

Los niveles finos contienen una pobre microfauna caracterizada por el predominio de *Cyprideis*, que en algunas muestras aparece asociado con muy escasos foraminíferos y microgasterópodos. Los foraminíferos bentónicos son de pequeño tamaño y se han identificado *Osangularia*, *Cibicides*, *Textularia*, *Pullenia*, *Elphidium* y *Ammonia*. Por otra parte, dos muestras de la parte alta de la unidad también contienen algunos foraminíferos planctónicos de pequeño tamaño aparentemente autóctonos.

En base al contenido fósil, la sedimentación del miembro lutítico intermedio debió ocurrir en un medio oligohalino equi-

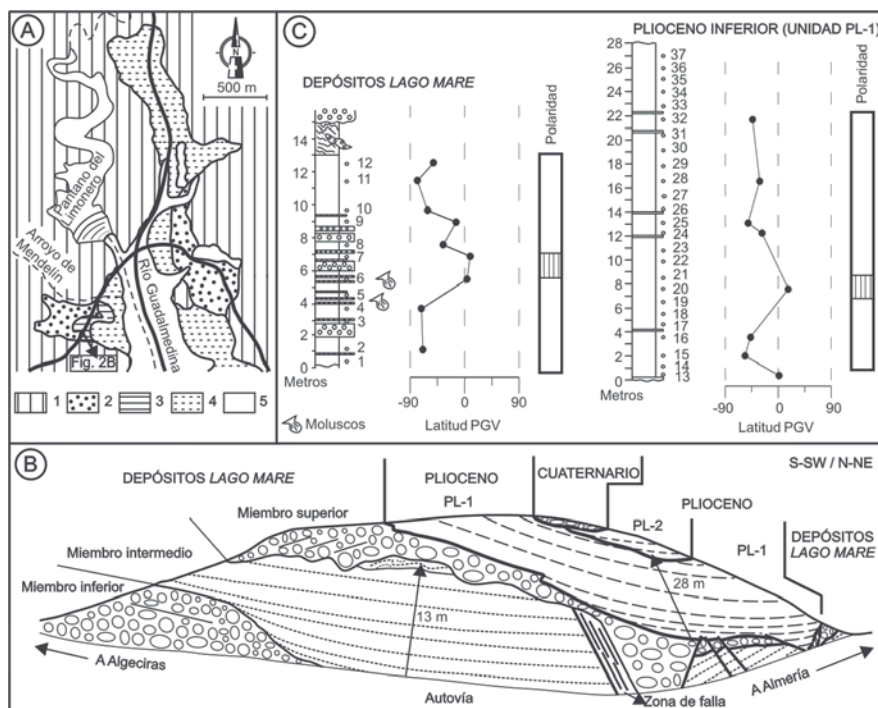


Fig. 2.- Mapa geológico (A) y corte geológico (B) del sector más oriental del borde norte de la cuenca de Málaga 1: Substrato (complejo Maláguide); 2: Depósitos *Lago Mare* (Messiniense terminal); 3: Unidad PL-1 (Plioceno basal); 4: Unidad PL-2 (Plioceno inferior); 5: Cuaternario. Las flechas en la figura B indican el lugar donde se tomaron las muestras para el estudio del paleomagnetismo (C).

Fig. 2.- Geological map (A) and geological cross-section (B) of the easternmost sector of the northern edge of the Malaga basin. 1: Substratum (Malaguide Complex); 2: Lago Mare deposits (latest Messinian); 3: PL-1 unit (basal Pliocene); 4: PL-2 unit (lower Pliocene); 5: Quaternary. In figure B, the arrows indicate the place where the samples for the paleomagnetic data were taken (C).

parable al ambiente *Lago Mare* documentado en el Mioceno terminal de varias partes de la cuenca Mediterránea (Esu, 2007). La ausencia de bioturbación y la laminación bien preservada en los sedimentos más finos podrían indicar que este lagoon estaría pobremente oxigenado y que tendría una baja actividad biótica en el fondo. La conexión esporádica con el mar habría permitido ocasionalmente la existencia en condiciones de estrés de algunos foraminíferos que viven en ambientes marinos.

El final de este ambiente sedimentario fue como consecuencia de la transgresión marina del Plioceno basal cuando se establecieron condiciones marinas abiertas en el área, y como resultado se depositaron los conglomerados con abundante fauna de moluscos y las margas ricas en foraminíferos planctónicos de la unidad PL-1.

#### Posición cronoestratigráfica

Los datos paleontológicos no precisan con seguridad la edad de los depósitos *Lago Mare*. La escasa microfauna planctónica caracterizada por *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globigerina decoraperta* Takayanagi y Saito, *Globigerinoides extremus* Bolli y Bermúdez, *Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny), *Sphaeroidinellopsis semi-*

*nulina* (Schwager) y *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow) con enrollamiento dextrorso, representa una asociación que caracteriza el Messiniense superior-Plioceno. La ausencia de *Globorotalia margaritae* Bolli y Bermúdez, 1965 no puede considerarse como un factor determinante que rechace una edad Pliocena, debido a la escasez de microfauna planctónica; en cambio, destaca la presencia de *G. elongatus*, un morfotipo que normalmente es encontrado en sedimentos marinos del Messiniense superior de las cuencas béticas (Serrano, 1979) y está prácticamente ausente en los del Zanclicense inferior, antes de reaparecer en el Zanclicense superior.

Los sedimentos finos de la PL-1, que cubren a los depósitos *Lago Mare*, son ricos en foraminíferos planctónicos. Las asociaciones de esta unidad están normalmente dominadas por *Globigerinoides* (principalmente *G. extremus*), y contiene escasos ejemplares de *G. margaritae* y *Neogloboquadrina* predominantemente con enrollamiento dextrorso, indicando una edad Plioceno basal. De hecho, la escasez o ausencia de *G. margaritae* en la mayoría de las muestras, junto con la relativamente baja diversidad de las asociaciones planctónicas podría ser indicativo de la zona MPL-1 del Zanclicense basal (Cita, 1975).

Para obtener datos magnetoestratigráficos se tomaron 12 muestras en las facies finas de los depósitos *Lago Mare* y 25 muestras en las margas blancas de la unidad PL-1 (Fig. 2C). La desmagnetización térmica progresiva reveló que la mayor contribución a la magnetización remanente natural (MRN) corresponde a una componente de baja temperatura paralela al campo actual y que es eliminada después de calentar a 250-300°C. Aproximadamente el 50% de las muestras presentaron magnetización remanente débil (por debajo de 0.01 mA/m) y/o direcciones erráticas a temperaturas más altas, por lo que fueron descartadas para el estudio magnetoestratigráfico. Las muestras restantes (Fig. 2C) mostraron una componente de polaridad inversa dominante y temperaturas máximas de desbloqueo entre 440 y 670°C. A pesar de la baja intensidad de la magnetización y el error en el cálculo direccional, fue posible calcular la polaridad magnética de un número significativo de muestras. La elevada dispersión de las direcciones se atribuye al solapamiento de una componente viscosa reciente de polaridad normal, que en algunos casos puede haber enmascarado totalmente la señal primaria. La aparente polaridad normal, o intermedia, de algunas muestras aisladas (6, 7, 13 y 20) puede deberse a la presencia de una componente viscosa relativamente estable, mientras que el predominio de polaridades inversas a lo largo de toda la sucesión sugiere que el intervalo estratigráfico estudiado se depositó durante un único cron de polaridad inversa (Fig. 2C).

En base a los datos bioestratigráficos y paleomagnéticos, tanto los depósitos *Lago Mare* como los de la unidad PL-1 se formarían durante el cron geomagnético de polaridad invertida C3r. Por otra parte, teniendo en cuenta que la base de la unidad PL-1 marca el comienzo de las condiciones marinas abiertas al principio del Plioceno, la sedimentación *Lago Mare* tendría lugar durante el Messiniense terminal.

#### Discusión y conclusiones

En el relleno sedimentario de la cuenca de Málaga se ha diferenciado una nueva unidad estratigráfica caracterizada por depósitos aluviales y de lagoon. Su posición estratigráfica y los datos bioestratigráficos y paleomagnéticos sugieren que esta unidad se depositó durante el Messiniense terminal. Por el tipo de depósito y su cronología, esta unidad muestra afinidad con los sedimentos tipo *Lago Mare*. Esta localidad sería la más occidental y próxima al estrecho de Gibraltar de entre las conocidas ac-

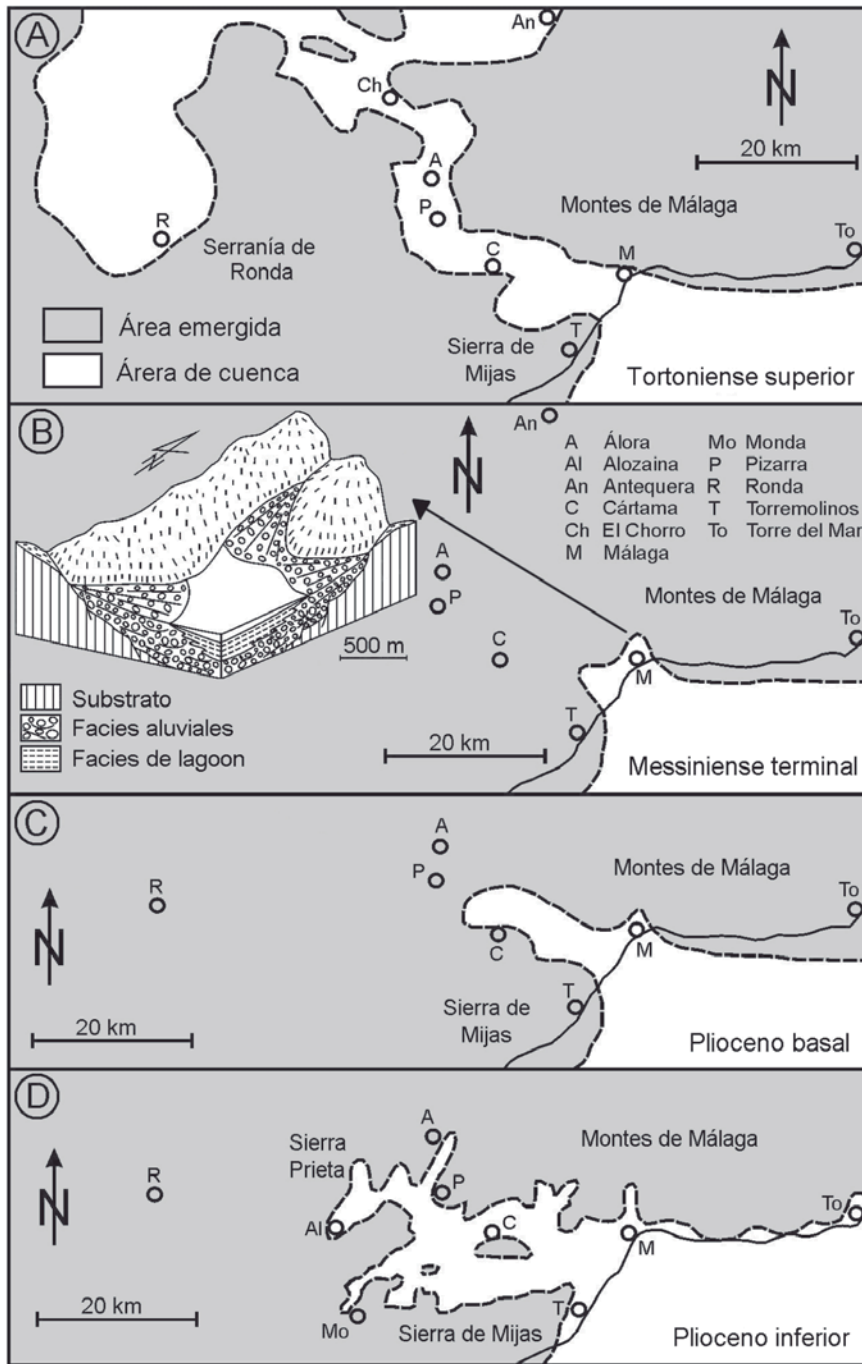


Fig. 3.- Principales etapas en la evolución paleogeográfica de la cuenca de Málaga durante el Mioceno superior y el Plioceno inferior. En cada etapa se representan los máximos transgresivos.

Fig. 3.- Main stages in the paleogeographic evolution of the Malaga basin during the Late Miocene and Early Pliocene. Transgressive peaks are represented in each stage.

tualmente (ver Fig. 2 en Orszag-Sperber, 2006 y Fig. 1 en Esu, 2007).

La caracterización de esta unidad permite precisar con más detalle la evolución paleogeográfica de la cuenca de Málaga durante el Mioceno superior y el Plioceno inferior. Después de una primera etapa sedimentaria durante el Tortoniano (Fig. 3A), en la que la cuenca de Málaga permitía, a través de El Chorro, la conexión marina entre el Atlántico y el Mediterráneo (Serrano 1979, Sanz de Galdeano y López

Garrido, 1991), esta cuenca permaneció emergida durante el Tortoniano terminal y la mayor parte del Messiniense.

Después de la crisis de salinidad, un nuevo cambio paleogeográfico tuvo lugar durante el Messiniense terminal, cuando se reanuda la sedimentación con depósitos de abanicos aluviales y de lagoón en la parte más oriental de la cuenca (Fig. 3B). La fauna de moluscos recogida en algunos niveles muestra una afinidad biogeográfica con el Paratethys. Sin embargo, la presen-

cia de foraminíferos planctónicos hacia la parte alta de esta unidad indicaría la conexión esporádica del lagoón con el mar.

La discordancia que separa los depósitos *Lago Mare* de la unidad PL-1 caracteriza una superficie erosiva mayor, que se ha reconocido también en otras cuencas periféricas del Mediterráneo occidental (discontinuidad fini-Messiniense). El desarrollo de la unidad PL-1 supuso una considerable transgresión marina al comienzo del Plioceno. Los conglomerados con moluscos de la base caracterizarían el lag transgresivo, mientras que las margas blancas ricas en foraminíferos planctónicos suponen una considerable profundización de la cuenca. Los depósitos de la unidad PL-1 se extienden más hacia el oeste (Fig. 3C), pero es con el desarrollo de la unidad PL-2 cuando la cuenca de Málaga experimenta mayor subsidencia y extensión (Fig. 3D).

**Agradecimientos**

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación P06-RNM-01521 y grupo de investigación RNM-146 de la Junta de Andalucía.

**Referencias**

Cita, M.B. (1975). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 81, 527-544.  
 Guerra-Merchán, A., Serrano, F. y Ramalho, D. (2000). *Geotemas*, 1, 108-110.  
 Esu, D. (2007). *Geobios*, 40, 291-302.  
 Hilgen, F.J. y Langereis, C.G. (1993). *Earth and Planetary Science Letters*, 118, 167-179.  
 Hsü, K.J., Montadert, L., Bernoulli, D., Cita, M.B., Erickson, A., Garrison, R.E., Kidd, R.B., Melières, F., Müller, C. y Wright, R. (1977). *Nature*, 267, 399-403.  
 Orszag-Sperber, F. (2006). *Sedimentary Geology*, 188-189, 259-277.  
 Orszag-Sperber, F., Rouchy, J.M. y Blanc-Valleron, M.M. (2000). *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 331, 483-490.  
 Rouchy, J.M. (1982). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 24, 653-658.  
 Rouchy, J.M. y Caruso, A. (2006). *Sedimentary Geology*, 188-189, 35-67.  
 Sanz de Galdeano, C. y López Garrido, A.C. (1991). *Geodinamica Acta*, 5, 173-186.  
 Serrano, F. (1979). *Los foraminíferos Planctónicos del Mioceno superior de la cuenca de Ronda y su comparación con los de otras áreas de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral, Univ. de Málaga, 272 p.