

La Crisis de Salinidad del Messiniense en la cuenca sedimentaria de Palma (Mallorca, Islas Baleares)

The Messinian Salinity Crisis Record in the Palma basin (Mallorca, Balearic Islands)

Guillem Mas Gornals y Joan J. Fornós Astó

Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa, km 7,5, 07122 Palma, (Mallorca, Illes Balears), España, masgornals@gmail.com, joan.fornos@uib.cat

ABSTRACT

The Messinian and Pliocene stratigraphic record in the Palma basin (Mallorca) shows four stratigraphic units and two major unconformities. The Reef Unit (late Tortonian-Messinian) recorded the pre-evaporitic marine sedimentation (pre-Messinian Salinity Crisis). This unit is limited at the top by the intra-Messinian unconformity, representing a subaerial erosive phase related to a first major sea-level fall. The evaporitic marginal episode is characterized by the Terminal Carbonate Complex changing basinward into massive selenite gypsum. The post-evaporitic deposits (latest Messinian) are characterized by lacustrine-continental sedimentation, related to the so called Lago Mare episode. At the top of the Lago-Mare Unit is located the fini-Messinian unconformity, caused by a second major sea-level fall. Over this unconformity lies the Pliocene Units (early Pliocene), represented by marine deposit which marks a transgression, and the subsequent final of the Messinian Salinity Crisis.

Key-words: Messinian Salinity Crisis, Lago-Mare, Terminal Carbonate Complex, Mallorca, Western Mediterranean.

RESUMEN

El registro estratigráfico del Messiniense y Plioceno de la cuenca de Palma (Mallorca) muestra cuatro unidades estratigráficas y dos superficies de discontinuidad importantes. La Unidad Arrecifal (Tortoniano superior-Messiniano) registra la sedimentación marina pre-evaporítica (depósitos pre-crisis). Esta unidad se encuentra limitada a techo por la superficie de discontinuidad intra-Messiniano, representando una fase erosiva subaérea relacionada con una primera gran caída del nivel del mar. El episodio evaporítico marginal está representado por el Complejo Carbonático Terminal evolucionando lateralmente a yesos seleníticos masivos hacia el centro de cuenca. Los depósitos post-evaporíticos (Messiniense final) están representados por una sedimentación lacustre-continental relacionada con el denominado episodio Lago-Mare. A techo de esta Unidad Lago-Mare se localiza una superficie de discontinuidad fini-Messiniano, consecuencia de una segunda caída importante del nivel del Mar. Sobre esta última discontinuidad se disponen las unidades pliocenas, representadas por depósitos marinos transgresivos que marcan el final de la Crisis de Salinidad del Messiniense.

Palabras clave: Crisis de Salinidad Messiniense, Lago-Mare, Complejo Carbonático Terminal, Mallorca, Mediterráneo occidental.

Geogaceta, 52 (2012), 57-60.
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 14 de diciembre de 2011
Fecha de revisión: 26 de abril de 2012
Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

Introducción

Durante la Crisis de Salinidad del Messiniense (MSC) la desecación del Mediterráneo causó la acumulación de potentes depósitos de evaporitas en las cuencas abisales así como la emersión de las zonas marginales. En estas cuencas marginales (o periféricas) también se encuentran depósitos evaporíticos y superficies de erosión cuya naturaleza, posición y temporización son todavía objeto de debate (Rouchy and Caruso, 2006; CIESM, 2008; Ryan, 2009).

Según un primer modelo (Clauzon *et al.*, 1996, Cornée *et al.*, 2008), una primera discontinuidad intra-Messiniano (intra-M) se correspondería con una caída del nivel del mar inicial de poco calado que habría

provocado la deposición de las evaporitas marginales, seguida de una re-inundación, parcial o total, que habría dado lugar a la deposición del Complejo Carbonático Terminal (CCT, Esteban, 1979) y de los depósitos *Lago-Mare* (LM). A todo ello seguiría una segunda caída del nivel del mar, de más envergadura, que habría provocado la sedimentación de evaporitas en las llanuras abisales del Mediterráneo, y una nueva discontinuidad fini-Messiniano (fini-M), antes de la reinundación pliocena.

Sin embargo, un segundo grupo de modelos (Riding *et al.*, 1998; Braga *et al.*, 2006; Rouchy and Caruso, 2006; Soria *et al.*, 2008; Bourillot *et al.*, 2010) postula que la mayor caída del nivel del mar se habría producido desde un primer momento, coin-

ciendo con la discontinuidad intra-M, dando lugar a la deposición de las evaporitas inferiores, seguida de una progresiva y cíclica re-inundación messiniense que habría dado lugar a las evaporitas marginales y al CCT, terminando con el episodio LM de máxima dilución, que culmina con una nueva etapa regresiva-erosiva, que habría dado lugar a una discontinuidad fini-M, justo antes de la completa reinundación por parte del mar plioceno.

La cuenca neógena de Palma ha sido poco estudiada en relación con los nuevos escenarios propuestos para la MSC. Dicha cuenca presenta un registro adecuado para poder estudiar la expresión estratigráfica y establecer la sucesión de los eventos relacionados con la MSC. En concreto, la cuenca

de Palma ofrece datos sobre los siguientes acontecimientos principales: i) etapas erosivas messinienses, ii) depósitos evaporíticos, iii) episodio LM, y iv) reinundación del Plioceno.

En este trabajo se han analizado seis secciones estratigráficas georeferenciadas (Fig. 1A), todas ellas localizadas a lo largo de una línea que cruza la cuenca de Palma en dirección NW-SE.

Se ha procedido al análisis estratigráfico (litología, contenido paleontológico, ambiente sedimentario) de las secciones estudiadas (Fig. 1B), así como su correlación en aras a la reconstrucción de un posible escenario. Para ello, las principales discontinuidades, la geometría estratigráfica y los cambios de facies han sido caracterizados en términos de mayores superficies de erosión, correlaciones laterales y organización vertical de facies (Fig. 2).

Contexto geológico

La isla de Mallorca (Islas Baleares) constituye el segmento emergido más importante del denominado Promontorio Balear, que a su vez constituye la prolongación hacia el NE de las zonas externas de la Cordillera Bética hacia el interior del Mar Mediterráneo, así como el margen meridional del denominado Surco de Valencia.

La cuenca neógena de Palma constituye una cuenca periférico-marginal del Mediterráneo occidental localizada en el SW de la Isla de Mallorca (Fig. 1A), que se halla delimitada al NW por los relieves de la Sierra de Tramuntana, al SE por la plataforma de Llucmajor, al NE por los relieves del anti-forme de Marratxí-Sta. Eugenia y al SW por el mar de la bahía de Palma. La cuenca responde a un semi-graben desarrollado como consecuencia de un campo de esfuerzos extensionales que ha estado activo hasta el Cuaternario. En la cuenca afloran principalmente los materiales post-alpinos en gran parte cubiertos por depósitos cuaternarios.

La sucesión del Messiniense-Plioceno en la cuenca de Palma

El registro sedimentario del Messiniense y Plioceno de la cuenca de Palma muestra principalmente depósitos correspondientes a cuatro formaciones, que de base a techo son: (i) carbonatos arrecifales progradantes, pasando a centro de cuenca hacia facies bioclásticas con abundantes

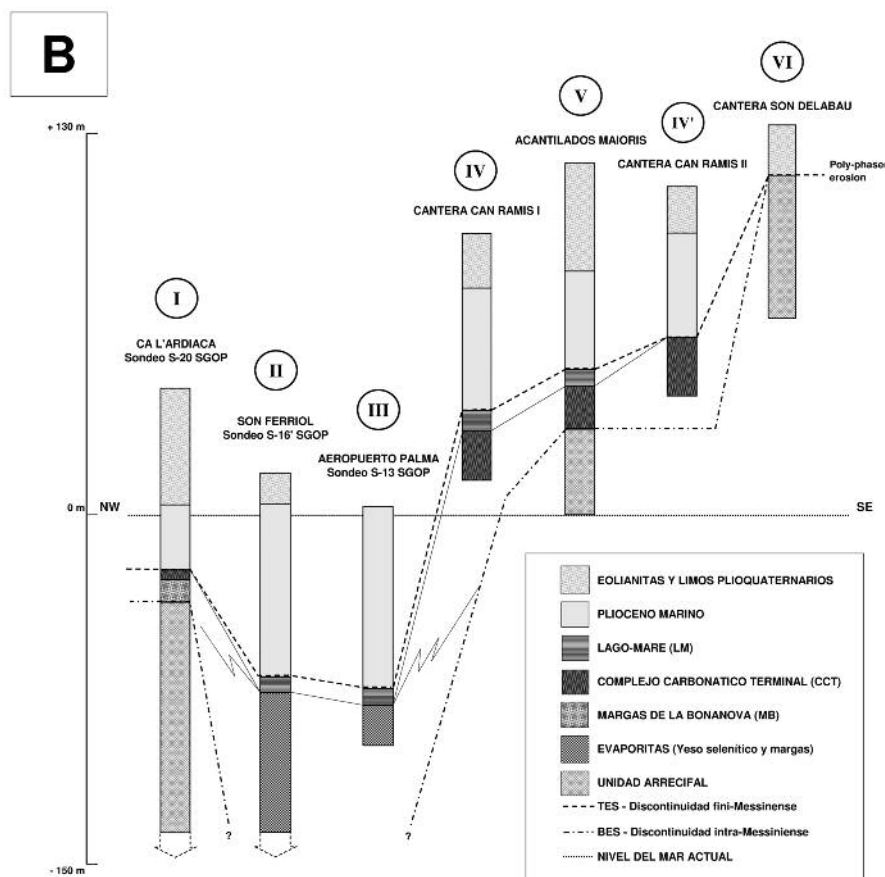
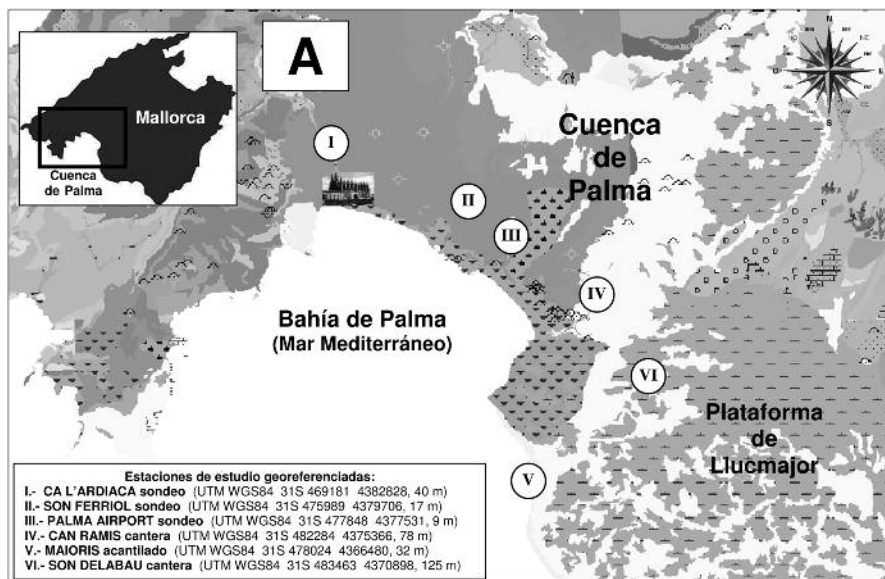


Fig. 1.- A) Localización de la cuenca de Palma en la isla de Mallorca y de las secciones estratigráficas estudiadas; B) Correlación estratigráfica de las unidades diferenciadas en las estaciones estudiadas.
 Fig. 1.- A) Location of the Palma basin and the stratigraphic sections studied on the island of Mallorca; B) Stratigraphic correlation of the different units at the stations studied.

algas coralinas (rodolitos), niveles de *Hali-medea* y moluscos (Tortonense-Messiniense, Unidad Arrecifal, Pomar *et al.*, 1983); (ii) microbialitas, oolitas y margas de carácter transgresivo-regresivo (Complejo Carbonático Terminal, CCT, Esteban, 1979) localmente afectadas por importan-

tes procesos diagenéticos (Facies Pont d'Inca, con fuerte recristalización, dolomitación, porosidad de gran tamaño) pasando lateralmente hacia el centro de la cuenca a yesos seleníticos masivos y margas (evaporita marginal). Esta unidad, hacia el borde noroccidental, bordeando la

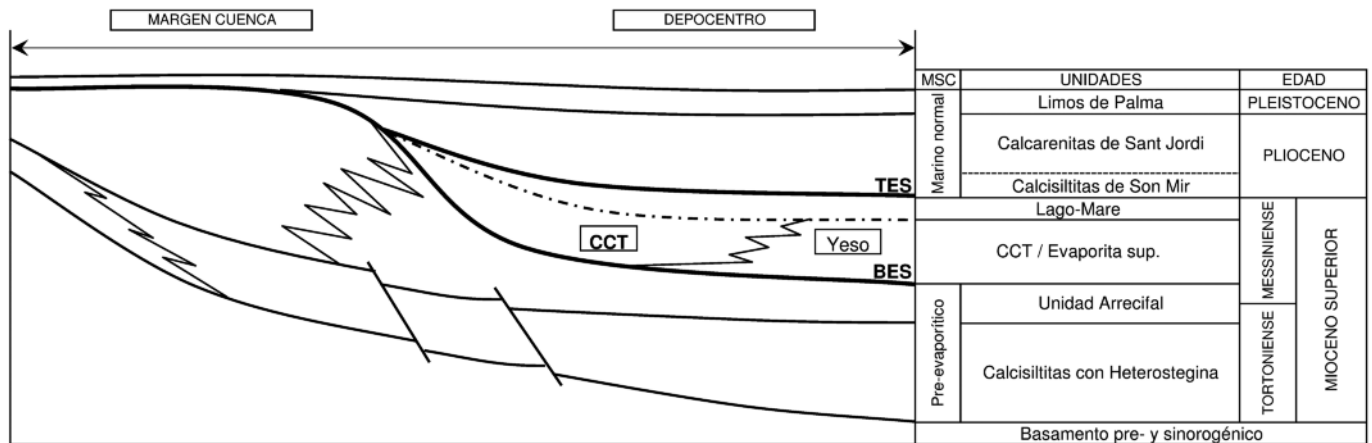


Fig. 2.- Organización estratigráfica de la cuenca de Palma con expresión de unidades estratigráficas, principales discontinuidades y su relación con los principales eventos de la MSC.

Fig. 2.- Stratigraphic Organization of the Palma basin, with expression of stratigraphic units, major discontinuities and their relationship to the main events of the MSC.

base de los relieves de la sierra, cambia de facies a margas, limos y conglomerados de colores rojizos, correspondientes a la progradación de un abanico aluvial (Margas de la Bonanova, MB, Pomar *et al.*, 1983); (iii) margas arenosas, con fauna salobre y de agua dulce, con oogonios de caráceas (*Chara*), bivalvos de afinidad paratethyense (*Dreissena*, Limnocardinae), gasterópodos (Hydrobiidae, Neritidae, Melanopsidae, Thiaridae y pulmonados), ostracodos (*Cyprideis*) y escasos foraminíferos bentónicos resedimentados (*Ammonia*, *Elphidium*) (Unidad *Lago-Mare*, Mas and Fornós, 2011); y (iv) calcsiltitas amarillentas con abundantes valvas de *Amusium* y foraminíferos planctónicos (Calcsiltitas de Son Mir, Pomar *et al.*, 1983) que verticalmente y hacia los márgenes pasan a biocalcarenitas amarillentas con una lumaquela (playa, *near-shore*) y eolianitas a techo (Calcarenitas de Sant Jordi, Pomar *et al.*, 1983) (Unidades pliocena y pliocuaternaria).

Estructuralmente los sedimentos messinienses y plioquaternarios de la cuenca de Palma, presentan una disposición subhorizontal, habiendo sufrido únicamente una ligera inclinación y flexión asociadas a fallas normales y de desgarre que actuaron entre el Neógeno superior y el Pleistoceno medio (Pomar *et al.*, 1996).

En relación a las principales discontinuidades observadas en la cuenca sedimentaria de Palma, la base del CCT recubre, hacia los márgenes, una superficie de discontinuidad desarrollada a techo de la Unidad Arrecifal (TRU, Top Reef Unconformity, *sensu* Bourillot *et al.*, 2010) en forma de una superficie de erosión mayor (BES, Bottom Erosion Surface, *sensu* Lofi *et al.*,

2011). A lo largo del margen NW de la cuenca, los depósitos MB también se superponen directamente sobre la TRU.

La unidad del CCT muestra abundantes estructuras de desecación, pero ninguna superficie de erosión interna importante. Tampoco se detecta ninguna discontinuidad importante entre los depósitos del CCT y los del episodio LM.

La unidad LM constituye un nivel guía, ya que tanto las evaporitas en el centro de cuenca como los depósitos del CCT en los márgenes, se hallan directamente recubiertos por los depósitos lagunares de la unidad LM, sin ninguna superficie erosiva evidente que los separe.

Posteriormente una nueva e importante superficie de erosión se desarrolla sobre los depósitos LM, llegando en ocasiones a erosionarlos completamente, afectando también a los depósitos del CCT.

Tanto el incremento de dilución de agua dulce (unidad LM) como un mayor incremento de la denudación y erosión del terreno al final de la serie messiniense (discontinuidad fini-M) posdatan la reinundación intra-Messiniense (evaporitas y CCT), a la vez que constituyen una evidencia de que esta no llegó a ser completa.

Finalmente, los depósitos marinos del Plioceno recubren, de forma abrupta y amplia, la superficie de erosión fini-M, que forma el límite Mioceno/Plioceno (TES, Top Erosion Surface, *sensu* Lofi *et al.*, 2011).

Discusión

En relación a las manifestaciones de la crisis de salinidad en las cuencas marginales (o periféricas) del Mediterráneo, la sec-

ción de la cuenca de Palma muestra la siguiente secuencia de eventos (Fig. 3): 1) sedimentación marina pre-evaporítica o pre-crisis representada por los depósitos de la Unidad Arrecifal; 2) primera caída del nivel del mar y erosión, registrada por una discontinuidad intra-M o BES; 3) sedimentación correspondiente a una fase evaporítica, representada por los materiales del CCT en las zonas proximales y por las evaporitas en las distales; 4) depósitos lacustre-continentales post-evaporíticos correspondientes al episodio LM; 5) segunda caída del nivel del mar y erosión, registrada por la discontinuidad fini-M o TES; y 6) reinundación de la cuenca y sedimentación marina post-crisis, caracterizada por las unidades pliocenas.

Las dos discontinuidades y las facies LM reconocidas representan cambios paleogeográficos mayores ocurridos durante el Messiniense en una cuenca marginal del Mediterráneo occidental.

Conclusiones

Asumiendo el modelo de cuenca profunda desecada, se propone que la mayor caída del nivel del mar, que dio origen a la precipitación de evaporitas en las llanuras abisales del Mediterráneo, coincidió con la discontinuidad intra-M (BES o TRU), teniendo en cuenta que la segunda discontinuidad (TES) ocurre una vez que el episodio LM, considerado como una unidad post-evaporítica que posdata tanto el CCT como las evaporitas, ya ha finalizado.

Teniendo en cuenta esta interpretación, la Unidad Arrecifal (pre-evaporítica) se depositó cuando toda la cuenca de Palma, al

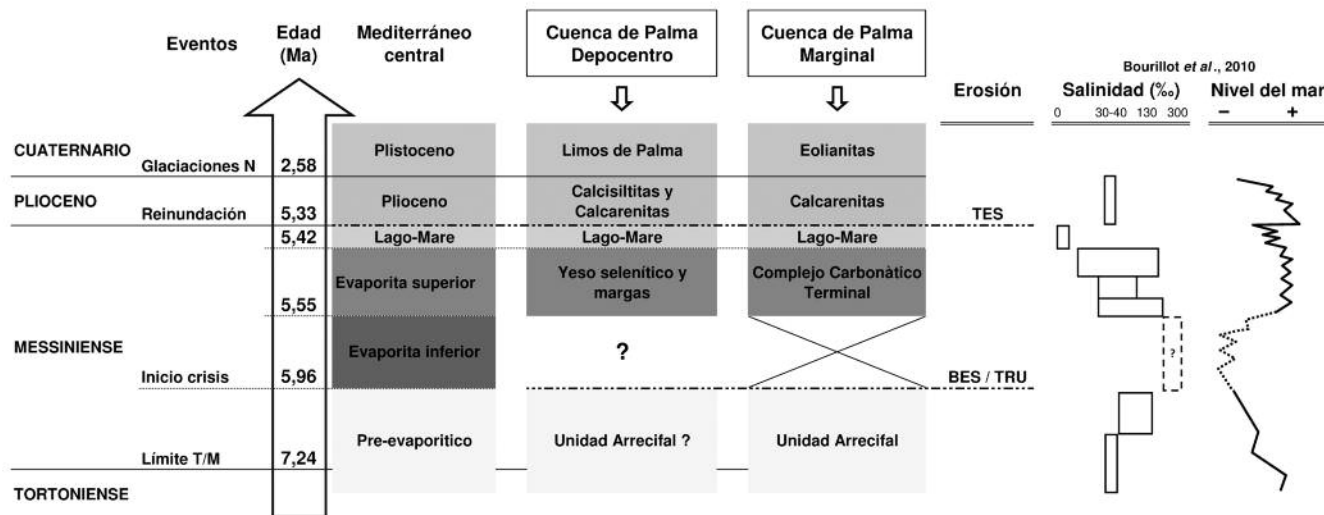


Fig. 3.- Escenario propuesto y correlación del registro observado en la cuenca de Palma con los principales eventos registrados en el Mediterráneo central durante la MSC.

Fig. 3.- Proposed scenario and log correlation observed in the basin of Palma with major events recorded in the central Mediterranean during the MSC.

igual que el resto del Mediterráneo, estaba ocupada por el mar, lo que se interpreta como un primer *highstand* messiniense. El límite situado entre las unidades Arrecifal y CCT, descrito como discontinuidad intra-M (BES), se interpreta como una superficie erosiva consecuencia de una caída del nivel del mar. Tras esta primera caída del nivel del mar, un nuevo ascenso inundaría parcialmente la cuenca dando lugar a la sedimentación de evaporitas marginales en el depocentro y el CCT en los márgenes, durante un segundo *highstand* messiniense. Al final de la sedimentación de estas unidades tuvo lugar, ya en condiciones regresivas, el episodio LM. Tras la sedimentación de la unidad LM se produjo una nueva reactivación regresiva que originó la superficie erosiva correspondiente a la discontinuidad fini-M (TES), que finalmente es rellenada como resultado de la subida definitiva del nivel marino provocada por la entrada del mar en la cuenca a principios del Plioceno (Zan-diense).

Agradecimientos

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizados por el Dr. Juan C. Braga (Universidad de Granada) y otro revisor anónimo en la revisión de este artículo.

Referencias

Bourillot, R., Vennin, E., Rouchy, J.M., Blanc-Valleron, M.M., Caruso, A. y Durlet, C. (2010). *Sedimentary Geology*, 229, 224-253.
 Braga, J.C., Martín, J.M., Riding, R., Aguirre, J., Sánchez-Almazo, I.M. y Dinarès-Turell, J. (2006). *Sedimentary Geology*, 188-189, 131-154.
 CIESM (2008). *CIESM Workshop Monographs*, 33, 7-28.
 Clauzon, G., Suc, J.P., Gautier, F., Berger, A. y Loure, M.F. (1996). *Geology*, 24, 363-366.
 Cornée, J.J., Maillard, A., Conesa, G., García, F., Saint Martin, J.P., Sage, F. y Münch, P. (2008). *Sedimentary Geology*, 210, 48-60.
 Esteban, M. (1979). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 29, 169-188.

Lofi, J., Devérchère, J., Gaullier, V., Gillet, H., Gorini, C., Guennoc, P., Loncke, L., Maillard, A., Sage, F. y Thion, I. (2011). *Seismic Atlas of the Messinian Salinity Crisis*. Mémoires de la SGF, 179, 72 p + 1 CD.
 Mas, G. y Fornós, J.J. (2011). En: *Joint RCMNS-RCANS Interim Colloquium, Salamanca, September, 2011. Abstracts Book*, 171-172.
 Pomar, L., Marzo, M. y Barón, A. (1983). En: *X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca 1983. Guía de las excursiones*, 21-44.
 Pomar, L., Ward, W.C. y Green, D.G (1996). En: *Concepts in Sedimentology and Paleontology Series*, 5, 91-225.
 Riding, R., Braga, J.C., Martín, J.M. y Sánchez-Almazo, I.M. (1998). *Marine Geology*, 146, 1-20.
 Rouchy, J.M. y Caruso, A. (2006). *Sedimentary Geology*, 188-189, 35-67.
 Ryan, W.B.F. (2009). *Sedimentology*, 56, 95-136.
 Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H., Dinarès-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J.E. y Yébenes, A. (2008). *Stratigraphy*, 5, 257-263.