

ACTAS DE LAS XXXII JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA



Editores: Guillermo Meléndez
Alizia Núñez
Marta Tomás



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico
y Minero de España

ACTAS DE LAS XXXII JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Editores:

Guillermo Meléndez, Alizia Núñez y Marta Tomás

Instituto Geológico y Minero de España

2016

Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO. Nº 20

Sociedad Española de Paleontología. Jornadas (32. 2016. Molina de Aragón, Guadalajara)

Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología / editores, Guillermo Meléndez, Alizia Núñez, Marta Tomás. – Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 2016

541 p. : fig., tb. ; 24 cm. – (Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Cuadernos del Museo Geominero ; 20)

ISBN: 978-84-9138-016-0

1. Paleontología 2. Congreso 3. España I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. Meléndez Hevia, Guillermo, ed. III. Núñez, Alizia, ed. IV. Tomás, Marta, ed.

56(460)

Explicación de la portada: Castillo de Zafra, fortaleza emplazada sobre una atalaya rocosa de la facies Buntsandstein en el Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo. Su aspecto inexpugnable y su posición entre los reinos de Castilla y Aragón hicieron que fuera un importante enclave estratégico durante la Edad Media. Fotografía de Guillermo Meléndez.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier otro sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor o editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

NIPO: 728160213

ISBN: 978-84-9138-016-0

Depósito Legal: M-29946-2016

Catálogo y venta de publicaciones de la Administración General del Estado en:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Imprime:

DIN IMPRESORES, S.L.

c/ Cabo Tortosa, 13-15 - Pol. Ind. Borondo 28500 - Arganda del Rey (Madrid)

CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL ATOLÓN MESSINIENSE DE SANTA POLA (SE ESPAÑA)

H. Corbí¹, I. Fierro^{1,2}, F. Asensio-Montesinos³ y A. Abellán⁴

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Apdo. Correos 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante, España. hugo.corbi@ua.es

² GeaLand Patrimonio S.L. C/ Tibi 3, 03011 Alicante, España. fierro@gealandpatrimonio.com

³ Grado en Ciencias del Mar, Universidad de Alicante. asensiomontesinos@hotmail.com

⁴ Scott Polar Research Institute, Geography Department, University of Cambridge, UK

RESUMEN

El arrecife de coral tipo atolón y de edad Messiniense de Santa Pola, ubicado en el borde norte de la cuenca neógena del Bajo Segura, es uno de los lugares de interés geocientífico más relevantes de Provincia de Alicante. En este trabajo se presenta la caracterización de su patrimonio geológico y paleontológico, exponiendo, en primer lugar, su valoración patrimonial cuantitativa, a través de dos metodologías distintas, la del Instituto Geológico y Minero de España y la del Museo de Paleontología de Elche. El análisis del modelo digital del terreno junto a datos observacionales de campo permitió establecer el afloramiento más representativo y mejor conservado del complejo arrecifal. De este enclave, se realizó un modelo tridimensional de alta resolución con alto potencial didáctico y científico mediante la técnica fotogramétrica "Structure From Motion". Finalmente, se presenta una selección de puntos y lugares observacionales panorámicos enmarcados dentro del inventario de lugares de interés geológico y paleontológico, punto de partida inicial para la propuesta de itinerarios de uso didáctico y turístico/recreacional.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, Messiniense, Mediterráneo, Lugar de Interés Geológico, atolón.

ABSTRACT

The Messinian coral reef (atoll type) of Santa Pola, placed in the northern sector of the Bajo Segura neogene basin, is one of the most important places of geoscientist interest from Alicante Province. In this work, the characterization of its geological and paleontological heritage is presented. Firstly, the quantitative patrimonial evaluation is proposed through two different methodologies from the "Instituto Geológico y Minero de España" and "Museo de Paleontología de Elche". The analysis of the Digital Elevation Model together with field observation data has allowed to determine the most representative and best preserved "Reef Complex" outcrop. In this site, a three-dimensional model of high resolution with high educational and scientific potential, by the photogrammetric technique "Structure From Motion" was performed. Finally, a selection of points and observational panoramic places marked in the inventory of geological and paleontological sites, the initial starting point for proposed itineraries of educational and tourist/recreational use, is presented.

Key words: Paleontological heritage, Geological heritage, Messinian, Geosite, atoll.

INTRODUCCIÓN

El atolón Messiniense de Santa Pola, ubicado al sur de la ciudad de Alicante, es uno de los enclaves sedimentológicos y paleontológicos más relevantes del registro neógeno del sureste de España (p.ej. Calvet *et al.*, 1996; Feldmann y McKenzie, 1997; Esteban, 1979; Esteban *et al.*, 1996). Recientemente, se han publicado artículos de divulgación, destinados al gran público (Corbí y Yébenes, 2012, 2010), que permitieron plantear el itinerario de campo de la edición 2013 del Geolodía de Alicante en este enclave geológico (Aberasturi *et al.*, 2013). Tomando este punto de partida inicial, este trabajo aborda por primera vez en profundidad el estudio del patrimonio geológico y paleontológico representado en este arrecife fósil, punto de partida inicial para establecer las herramientas técnicas necesarias para la protección de este enclave de interés múltiple.

Este arrecife Messiniense, ubicado en el sector norte de la cuenca del Bajo Segura, constituye una plataforma calcárea de 5 km de diámetro, aislada y elevada con respecto a su entorno, lo cual proporciona excelentes afloramientos que permiten reconocer la geometría tridimensional de las distintas partes del propio arrecife (Fig. 1). En el denominado "Complejo Arrecifal" se pueden distinguir tres ambientes sedimentarios fundamentales: frente arrecifal, talud y lagoon. El "frente arrecifal" posee forma de cantil semicircular y se pueden reconocer: a) Zonación morfológica en platos, bastones y masivos de las asociaciones de *Porites*; b) desarrollo de barrancos repetidos con cierta periodicidad y formados en los antiguos "canales" del sistema arrecifal; y c) "contrafuertes", estructura que podría asociarse a los "spur and groove" (SAG) típicos de los arrecifes de coral actuales. Por su parte en el "talud arrecifal" presenta depósitos gravitacionales y abanicos de calcarenitas con abundantes *halimeda* (lenguas de *halimeda*). Finalmente, los depósitos de "lagoon" están constituidos por parches arrecifales y calcarenitas con *halimeda* y bivalvos. Además, en el entorno del arrecife se pueden diferenciar las siguientes unidades estratigráficas: 1) calcarenitas amarillas de Tabarca (Tortonense superior); 2) Complejo Carbonatado Terminal con grandes estructuras estromatolíticas (Messiniense superior); 3) Calcarenitas muy fosilíferas (Plioceno); 4) Formación Sucina (arcillas rojas y calizas continentales del Plioceno-Pleistoceno); y 4) Terrazas marinas (Pleistoceno).

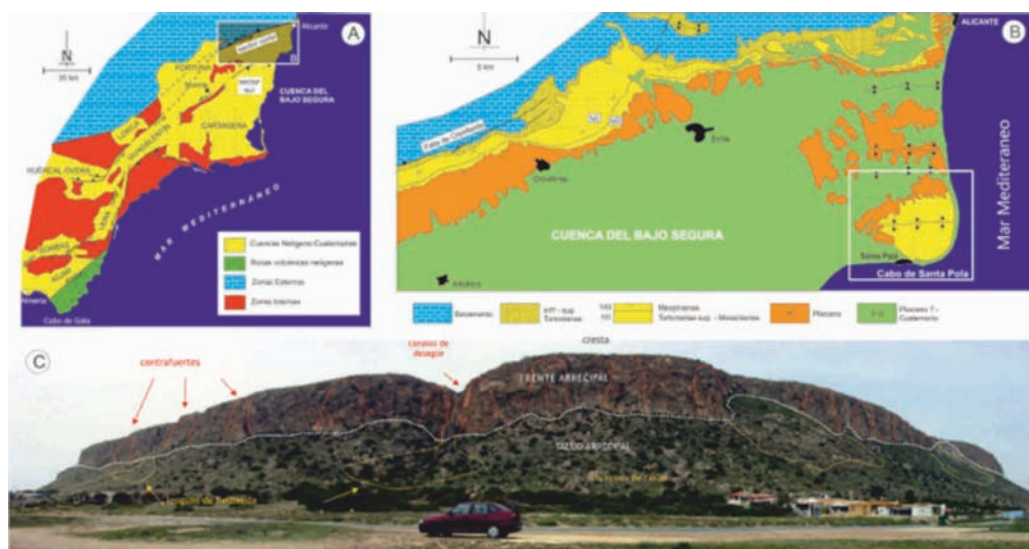


Figura 1. A-B: Contexto geológico del atolón de Santa Pola. C: Vista panorámica en la que se pueden diferenciar: pared arrecifal, contrafuertes, canales, talud y abanicos de "*halimeda*".

METODOLOGÍA

Para la valoración patrimonial se han considerado dos metodologías distintas y complementarias: a) Instituto Geológico y Minero, para el inventario Español de Lugares de Interés Geológico (García-Cortés *et al.*, 2014); y b) “Fósiles y Patrimonio de Alicante” del Museo Paleontológico de Elche (Sánchez Férris, 2016). El inventario de lugares de interés geológico y paleontológico y puntos panorámicos observacionales representativos fue realizado atendiendo tanto a los afloramientos descritos en la extensa bibliografía científica (p. ej. Calvet *et al.*, 1996; Feldmann y McKenzie, 1997; Esteban, 1979; Esteban *et al.*, 1996; Corbí y Yébenes, 2012, 2010), como a observaciones propias sobre el terreno.

En la determinación del afloramiento del “Complejo Arrecifal” menos afectado por los procesos erosivos y la presión urbanística, así como más representativo de todos los ambientes sedimentarios y, por tanto, con mayor potencialidad de uso didáctico y divulgativo, se consideraron los siguientes elementos: a) modelo digital del terreno visualizado a través de QSIG y el MDT (1 metro, LIDAR 2009) de la Generalitat Valenciana; b) análisis de la red hidrográfica actual mediante software tipo Grass (herramientas *.r.fill.dir* y *r.wasterhed*); y c) datos observacionales de campo tomados sobre el terreno. En un punto observacional panorámico representativo, expresado en la figura 2, se elaboró un modelo digital tridimensional de alta resolución mediante la técnica fotogramétrica “StructureFromMotion (SFM)” y con tratamiento de datos con el programa AgisoftPhotoscan Professional. Esta técnica permite obtener de forma rápida, a partir de secuencias de fotografías, la ubicación 3D de los puntos del terreno, así como la restitución de la deformación de la cámara, permitiendo la implementación de un modelo tridimensional de alta resolución (Westboy *et al.*, 2012). La adquisición de fotografías de alta resolución se realizó mediante cámara integrada en un vehículo aéreo no tripulado (DronePhantom DJI 3 Advanced).

RESULTADOS

Valoración patrimonial

La tabla 1 muestra la valoración numérica considerada para cada uno de los apartados contemplados en las dos metodologías de valoración de patrimonio implementadas. Esta valoración geocientífica, debidamente argumentada punto a punto en el documento de trabajo generado previamente a esta valoración, pone de manifiesto los siguientes aspectos patrimoniales esenciales: 1) “Alta representatividad del afloramiento” ya que ilustra excepcionalmente los contextos geológicos considerados por el IGME como: a) “episodios evaporíticos Messinienses” ilustrando paleoambientalmente la fase pre-evaporítica y el Complejo Carbonatado del Messiniense terminal (Esteban, 1979; Soria *et al.*, 2008); y b) “estructuras y formaciones geológicas singulares de las cuencas cenozoicas continentales y marinas” ya que sus dimensiones, estado de conservación, tipo de arrecife y registro estratigráfico asociado supone uno de los mejores ejemplos conocidos para representar lo atolones coralinos (Esteban, 1979, Esteban *et al.*, 1996); 2) Aunque no es localidad tipo de ningún fósil, sí que en dicha sierra, está definido el Complejo Carbonatado Terminal, unidad estratigráfica de carácter regional del Messiniense superior (Esteban, 1979); 3) “Amplio grado de conocimiento científico” puesto de manifiesto por la realización de 1 tesis doctoral, 4 tesinas o trabajos fin de carrera, 11 artículos en revistas de alto impacto y 10 publicaciones de divulgación del patrimonio geológico (referencias en Corbí y Yébenes, 2012); 4) “Buen estado de conservación” ya que no se detectan deterioros significativos (15% del afloramiento incluido en zonas urbanizadas); 5) “Excelentes condiciones de observación” siendo posible la observación a distintas escalas tanto a nivel de panorámica y afloramiento (ambientes sedimentarios del atolón) como a escala de puntos concretos de observación (facies de corales y halimeda); 6) “Rareza” o “abundancia de afloramientos similares” significativa, al constituir un sistema arrecifal Messiniense de tipo atolón único en la Comunidad Valenciana y uno de los más representativos del Mediterráneo Occidental (Corbí y Yébenes, 2012; Esteban *et al.*, 1996); 7) “Excepcional diversidad geológica y paleontológica” ya que en el entorno se encuentran representados otras unidades de relevancia estratigráfica y paleontológica (calcarenitas del Tortoniense, estromatolitos en forma de cúpula del Messiniense superior, terrazas marinas o playas fósiles del Pleistoceno, conteniendo muchas de estas unidades fósiles de especial significado paleoambiental). Además, el entorno posee elementos geomorfológicos y paisajísticos de interés excepcional (sistema

dunar de El Carabassi y humedales de interés ambiental); 8) "Potencial científico y didáctico elevado", ya que el afloramiento tiene un grado alto para ilustrar procesos, estando la historia sedimentaria del arrecife ligada a la evolución de la crisis de sanidad del Messiniense. Además se conserva de forma excepcional la zonación geomórfica original del propio atolón. El potencial didáctico se pone especialmente de manifiesto por el elevado número de publicaciones didácticas y divulgativas realizado en este entorno (p.ej. Aberasturi *et al.*, 2013; Corbí y Yébenes, 2010, 2012).

La cuantificación de estos elementos patrimoniales, junto a otros de menor significancia, ha permitido establecer a través de las metodologías contempladas un valor patrimonial de 8, lo cual indica que estamos ante un lugar de interés geológico y paleontológico de alta relevancia científica y patrimonial (tabla 1). Aunque los dos modelos de valoración (IGME y MUPE) concluyen con la misma cuantificación, cada una de las metodologías implementadas aporta distinta información que ha sido recientemente analizada en Corbí y Fierro (2016).

Por su parte, la tabla 2 incluye los puntos observacionales dónde es posible contemplar panorámicas representativas de los distintos ambientes sedimentarios del atolón, así como los lugares de interés geológico y paleontológico más significativos (afloramientos relevantes). Se incluye una breve descripción geológica y/o paleontológica, el tipo de interés geológico/paleontológico de cada punto, así potencialidad de uso científico, didáctico o turístico.

Modelo IELIG (IGME)			Modelo FOPALI (MUPE)		
Parámetro/peso	Puntos	Valor parcial	Parámetro	Puntos	Valor medio (0-4)
Representatividad (30%)	4	120	Abundancia de afloramientos similares	2	3,2
Carácter localidad tipo (10%)	1	10	Localidad tipo	2	
Grado de conocimiento científico (15%)	4	60	Paleodiversidad/Geodiversidad	4	
Estado de conservación (10%)	2	20	Paleodisparidad	4	
Condiciones de observación (10%)	4	40	Conservación inmueble	3	
Rareza (15%)	2	30	Interés tafonómico/genético	4	
Diversidad Geológica (10%)	4	40	Interés Geológico	3	
Total	21	320	Utilidad como modelo de procesos	3	
Valor científico (0-10)	8		Potencial científico	4	
			Total	32	
			Valor científico (0-10)	8	

Tabla 1. Valoración geocientífica del arrecife Messiniense de Santa Pola según las metodologías del IGME y del Museo Paleontológico de Elche.

Nombre	Localización	Descripción	Interés	Categoría	Uso
Panorámica Complejo Arrecifal (N)	Barranco de la Hermita	Observación geomórfica de la cresta, canales (barrancos incisos) y contrafuertes.	S, G.	P	D
Panorámica Complejo Arrecifal (S)*	Sector sur CIMAR	Observación geomórfica de la cresta, canales, contrafuertes, talud y abanicos de halimeda	S, G E.	P	C, D
Panorámica desde la cresta arrecifal	Pasarela/mirador del faro	Observación a gran escala de todo el cantil semicircular, frente arrecifal.	G	P	D, T
Estromatolitos en forma de cúpula	Barranco Pao Mañano	Estromatolitos del Messiniense superior (Complejo Carbonatado Terminal)	S, G, E	L	D, C
Bloques en el talud	Sector sur CIMAR	Reconocimiento de asociaciones de Porites y halimedas	P	L	D, T
Terraza marina fósil	Entorno del CIMAR.	Terraza marina fósil del Pleistoceno (a +30 metros) con abundantes fósiles de Glycimeris	S, P	L	D
Duna fósil	Barranco de l'Escolgador de Crist	Eollianitas del Pleistoceno con estratificación cruzada	S	L	D
Calcarenitas con rodolitos	Entorno del CIMAR	Calcarenitas con rodofíceas (rodolitos) del Tortoniense superior (Calcarenitas de Tabarca).	P, E	L	D

Tabla 2. Catalogo de lugares de interés geológico/paleontológico y puntos observacionales panorámicos. Interés: Estratigráfico (E), Sedimentológico (S), Paleontológico (P), Geomorfológico (G). Categoría: PA: Panorámica observacional; L: Punto o afloramiento concreto. Uso potencial: Científico (C), Didáctico (D) y Turístico (T). CIMAR: Centro de Investigación Marina de Santa Pola. *: Modelo 3D de alta resolución (figura 2).

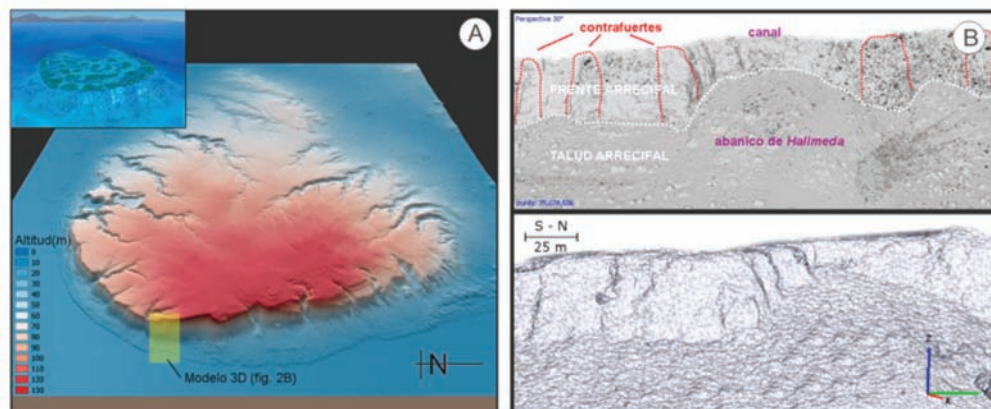


Figura 2. A: Modelo digital de elevación del terreno de la Sierra de Santa Pola realizado con el software QSIG (se incluye el punto de observación panorámico representativo del Complejo Arrecifal donde se ha elaborado el modelo 3D de alta resolución). Arriba a la izquierda recrea artística del atolón Messiniense de Santa Pola (modificado de Corbí y Yébenes, 2012). B: Modelo tridimensional de alta resolución (donde se incluyen las principales facies del arrecife) del punto observacional panorámico realizado con la técnica fotogramétrica "StructureFromMotion". Visualización del modelo 3D en forma de "nube de puntos densa" de tipo "dense cloudclasses" (arriba) y en forma de malla de tipo "shaded" (abajo).

Modelo tridimensional de distribución de facies

La figura 2 muestra, por una parte el modelo digital del terreno, junto con la recreación artística del atolón Messiniense de Santa Pola. Como se puede observar el afloramiento representativo elegido, ubicado al sur del Centro de Investigación Marina de Santa Pola, se encuentra menos afectado por la red hídrica actual, sometido a menos presión urbanística y, por tanto, idóneo para considerarlo representativo de todo el Complejo Arrecifal. En este área se ha elaborado un modelo tridimensional de alta resolución mediante la técnica fotogramétrica "StructurefromMotion" en el que, por lo tanto, es posible reconocer de forma excepcional los distintos ambientes sedimentarios representados en el propio arrecife: frente arrecifal, canal, contrafuertes, abanico de *halimeda* y talud.

CONSIDERACIONES FINALES

En esta comunicación se presentan los primeros resultados del análisis del patrimonio geológico y paleontológico del arrecife Messiniense de Santa Pola, cuya valoración patrimonial y el inventario de lugares de interés geológico y paleontológico propuesto suponen la herramienta técnica necesaria para promover su futura protección y gestión adecuada abordando las posibilidades de uso turístico y recreativo a través de itinerarios geológicos y paleontológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto GRE14-05 y el grupo de investigación "Cambios Paleoambientales" de la Universidad de Alicante.

REFERENCIAS

Aberasturi, A., Alfaro, P., Corbí, H. Yébenes, Soria, J.M. et al. 2013. *Geología de Alicante: Arrecife Messiniense de Santa Pola*. Universidad de Alicante, 24 pp.

- Corbí, H. y Fierro, N. 2016. El patrimonio geocientífico del arrecife Messiniense de Santa Pola (sureste de España: comparación entre dos modelos de valoración patrimonial). *Geotemas* (en prensa).
- Corbí, H. y Yébenes, A. 2012. El arrecife de coral Messiniense de Santa Pola, un lugar geológico de interés excepcional. En: *Santa Pola, arqueología y museo: Museos municipales en el MARQ*, Fundación MARQ, 96-101.
- Corbí, H. y Yébenes, A. 2010. El Arrecife fósil de Santa Pola. En: *Senderos Geológicos: Guía de Lugares de Interés Geológico de la Provincia de Alicante*, Diputación de Alicante.
- Esteban, M., Braga, J. C., Martín, J. M. Y Santisteban, C. 1996. Western Mediterranean reef complexes. En: Franseen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C. y Rouchy, J.M. (eds.), *Models Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions*. Conc. Sediment. Paleont. Series, S.E.P.M., Tulsa, OK, USA, 5, 55-72.
- Esteban, M. (1979): Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 29, 169-188.
- Feldmann y Mackenzie, J.A. 1997. Messinian stromatolite-thrombolite associations, Santa Pola, SE Spain: an analogue for the Palaeozoic? *Sedimentology*, 44, 893-914.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de Lugares de Interés Geológico (ELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 64 pp.
- Sánchez Ferris, E. J., Fierro, I., Caracuel, J. y Marín Ferrer, J. M. 2008. El modelo de valoración patrimonial del Proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante). *XXIV Jornadas de Paleontología*, Caravaca, 196.
- Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H., Dinarès-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J. E. y Yébenes, A. 2008. The Bajo Segura Basin (SE Spain): implications for the Messinian salinity crisis in the Mediterranean margins. *Stratigraphy*, 5(3-4), 257-263.