

Nuevos datos cronoestratigráficos de la Fm. Marismas (Bajo Guadalquivir)

New chronostratigraphic data from the Marismas Formation (lower Guadalquivir Basin)

M.P. Mata¹, J.M. Salvany², T. Torres-Hidalgo³, A. Salazar¹, J.C. Larrasoña^{4,5}, J.E. Ortiz³ y C. Mediavilla⁶

1 Departamento Investigación en Recursos Geológicos. La Calera 1, Tres Cantos, 28760 Madrid. p.mata@igme.es, a.salazar@igme.es

2 Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, c/ Jordi Girona 1-3, D2, 08034 Barcelona. josepm.salvany@upc.edu.

3. Laboratorio de estratigrafía biomolecular E.T.S.I. Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 28003. trinidad.torres@upm.es, joseeugenio.ortiz@upm.es

4. Instituto Geológico y Minero. Depto. Investigación en Recursos Geológicos. c/Manuel Lasala 44, 9B, 50006 Zaragoza. jc.larra@igme.es

5 Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, CSIC, c/Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona.

6 Instituto Geológico y Minero de España, Plaza de España, Torre Norte, 41013 Sevilla. c.medivilla@igme.es

Resumen: La Formación Marismas forma la parte superior del relleno sedimentario del sector SW de la cuenca del Guadalquivir. Los datos previos sobre el sondeo Lebrija, indicaban que la parte más alta de esta formación tenía edades de hasta 9.6 kyr BP y en la parte inferior eran cercanas o fuera del rango del radiocarbono, pero posterior a la reversión Brunhes-Matuyama. En este trabajo se aportan 17 nuevas dataciones realizadas mediante racemización de aminoácidos en valvas de ostrácodos en este mismo sondeo, con el fin de completar la cronología y el modelo de edad de la parte superior e inferior de la Fm Marismas. El resultado indica que el tramo situado por debajo del metro 56, arroja edades que oscilan entre 164685 ± 14110 y 202830 ± 30255 , que se correlacionan con los estadios isotópicos marinos MIS 6-7 del Pleistoceno medio, edad sensiblemente más baja a las inferidas para esta formación en otros puntos de la Cuenca del bajo Guadalquivir.

Palabras clave: Formación Marismas, Cuenca del bajo Guadalquivir, racemización, cronología, MIS 6-7.

Abstract: *The Marismas Formation is the upper part of the sedimentary infill of the SW sector of the Guadalquivir basin. Previous chronological data of the Lebrija core sediments, indicated that the age at the top of this formation was 9.6 kyr BP and the bottom, 60 m, is near or beyond the range of radiocarbon, but post Matuyama - Brunhes reversal. In this work we present 17 new ages coming from the analysis of racemization of amino acid on valves of ostracods, in order to complete the chronology and the age-depth model of the Marismas Formation. The results indicates that the section located below the meter 56, throws ages ranging between 164685 ± 14110 and 202830 ± 30255 , which correlates with the marine isotope stage MIS6-7 Middle Pleistocene, significantly lower in age than described in other parts of the lower Guadalquivir basin.*

Key words: Marismas Formation, Lower Guadalquivir Basin, racemization, chronology, MIS 6-7.

INTRODUCCIÓN

La Formación Marismas forma la parte superior del relleno sedimentario del sector SW de la cuenca del Guadalquivir (Fig.1). Las dataciones de radiocarbono obtenidas en el sondeo Lebrija por Salvany et al. (2011), indican que la parte superior de la Fm Marismas (<41 m), que presenta facies de tipo lagoon y de marismas, tiene edades de hasta 9.6 kyr BP. La parte inferior de la formación, (60-76 m) caracterizada por depósitos fluviales y palustres, tiene edades o bien cercanas o bien fuera del rango del radiocarbono, pero posterior a la reversión Brunhes-Matuyama, por lo que se le supuso una edad Pleistoceno superior. En base a estas edades y facies, en la parte superior de la Fm Marismas queda por tanto representado el episodio transgresivo Holoceno, detectado igualmente por Pozo et al. (2010) en el sondeo de Palacio de las Nuevas, al W del sondeo Lebrija en esta misma parte de la Cuenca.

Los materiales por debajo de la Formación Marismas en el sondeo Lebrija se denominaron Formación Lebrija (Fig. 2), cuyo techo se dató magnetoestratigráficamente como perteneciente al reverso post-Olduvai. Los datos de este sondeo han sido utilizados como ejemplo del carácter discontinuo de la sedimentación, pues demuestra que cuando se constriñe la cronología adecuadamente, la serie es el resultado de la suma de cortos periodos de tiempo con tasas de sedimentación elevadas separados unos de los otros por hiatos (Mial, 2015).

En este trabajo se aportan nuevas dataciones, realizadas mediante racemización de aminoácidos en valvas de ostrácodos, con el fin de completar el modelo de edad de la Fm. Marismas y aportar nuevos datos cronológicos sobre sus niveles inferiores en el sondeo de Lebrija.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sondeo Lebrija (LE, Fig. 1) fue tomado en el año 2005 por el Instituto Geológico y Minero de España y cubre al completo la secuencia Plio-cuaternaria de la zona, mostrando una buena representación de la Fm Marismas (79 m de potencia). El sondeo fue perforado a rotación con recuperación continua de testigo hasta una profundidad de 230 m, con dos tramos a tricono entre 49,3 a 52,5 y 86 a 96 m, con muestreo de rípios cada medio metro. Desde 230 m hasta el final, a 336 m, la perforación se hizo con tricono y muestreo de rípios en cada metro. La Fm. Marismas se apoya sobre los depósitos aluviales de la Fm Lebrija, de edad principalmente Plioceno superior-Pleistoceno inferior de acuerdo con datos magnetoestratigráficos (Salvany *et al.*, 2011).

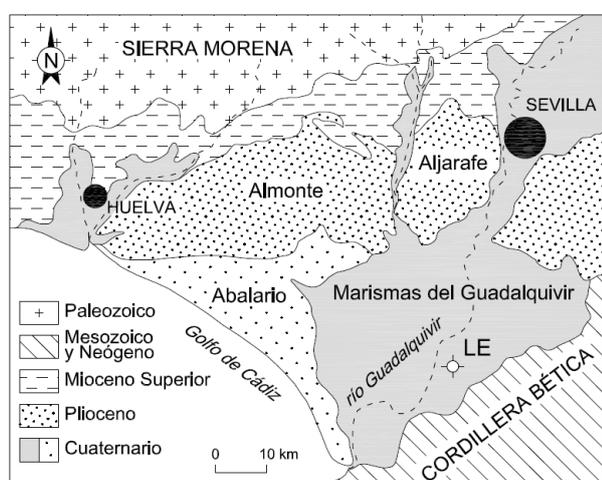


FIGURA 1. Esquema geológico de la zona y posición del sondeo Lebrija (LE). UTM(ED50): x 755,553; y 4,096,658; z 2).

Se han analizado 27 muestras de limos y arcillas grises repartidas a lo largo de los metros 4-76 de la Fm. Marismas (Fig.2). Las muestras fueron levigadas y tamizadas a $63\mu\text{m}$, y estudiadas bajo lupa binocular. Se separaron valvas de ostrácodos, principalmente de *Cyprideis torosa*, de las 27 muestras. Dichas valvas se limpiaron en baño de ultrasonidos y, posteriormente, con H_2O_2 . Todos los análisis han sido realizados en el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la E.T.S.I. Minas de Madrid de acuerdo con el protocolo y método de Kaufman y Manley (1998). El análisis se ha llevado a cabo en un cromatógrafo de líquidos de altas prestaciones (HPLC-1100) con detector de fluorescencia y columna hypersil BDS C18.

Las edades de radiocarbono fueron obtenidas en 8 muestras de restos carbonosos y se analizaron en el laboratorio Poznan (Polonia) (Salvany *et al.* 2011).

RESULTADOS

En la figura 2 se representan los cuatro tramos superiores del sondeo Lebrija. Tres de ellos, (T1-T2 y T3) pertenecen a la formación Marismas, y T4 a la formación Lebrija. (Salvany *et al.*, 2011).

Fm. Marismas. T-1: De 0 a 41 m formado por arcilla marrón (primeros 7 m) y gris oscuro, con conchas de bivalvos y niveles negros de materia orgánica. Incluye algunas capas de arena fina arcillosa. De 17 a 18,2 m destaca un nivel principal de acumulación de conchas. T-2: de 41 a 56 m: arena media-gruesa gris-ocre, con niveles de cantos rodados de hasta 7 cm en la mitad inferior del tramo (secuencia granodecreciente). Base, contacto neto (erosivo). T-3: de 56 a 79 m: arcilla gris oscuro, masiva, con algunos niveles negros laminados de materia orgánica (turba). Nivel de arena fina los 2 metros basales.

Fm. Lebrija. T-4: De 79 a 100,4 m: arena gruesa, ocre con gravilla (<1cm), que gradan hacia techo a arena media arcillosa gris. Entre 96 y 96,7 m se reconocen cantos rodados de hasta 10 cm (secuencia granodecreciente). Base, contacto neto (erosivo). La parte inferior de esta formación, no representada en este trabajo, de 100,4 a 221,5 m, está constituida por una alternancia de tramos de arcilla marrón con nódulos de carbonato y de arena gruesa limosa con gravilla, con algunos niveles subordinados de cantos rodados de hasta 7 cm.

De las 27 muestras estudiadas, 10 han sido descartadas por presentar cantidades significativas de L-serina, indicadora de contaminación por aminoácidos recientes (cf. Kaufman y Manley, 1998; Hearty *et al.*, 2004). Los resultados obtenidos para el resto de muestras se presentan en la figura 2 y tabla 1. Dado que la racemización sigue una cinética parabólica que se puede descomponer en tramos con diferentes velocidades, se han empleado tres algoritmos diferentes de cálculo de edad. (tabla I).

P(m)	N	D/L Asp	D/L Glu	Edad (años)
4	4	0.160±0.009	0.042±0.004	3560±900
5	1	0.197	0.058	7895
16	3	0.199±0.038	0.053±0.005	9240±4010
21	3	0.216±0.037	0.061±0.015	11490±6350
22	6	0.203±0.020	0.059±0.011	9105±2790
23	6	0.223±0.011	0.059±0.007	12220±1965
24	3	0.205±0.014	0.057±0.001	9245±2218
27	5	0.191	0.054	7195
28	5	0.210±0.017	0.064±0.006	10165±2665
29	4	0.197	0.049	8085
30	6	0.212±0.012	0.063±0.008	10422±1905
31	6	0.219±0.021	0.071±0.012	11710±3965
33	4	0.220±0.010	0.059±0.004	11700±1825
54	5	0.383±0.014	0.122±0.011	192130±34220
55	3	0.420±0.024	0.194±0.026	202830±30255
56	6	0.429±0.024	0.168±0.019	164685±14110
62	2	0.413	0.168	180740±12765

TABLA I. L-Ser/L-Asp > 0.80 y de acuerdo con Kaufman y Manley (1998), Hearty *et al.* (2004) están contaminadas.

La edad de los niveles LE-62 a LE-54, con valores de racemización altos típicos del Pleistoceno, se ha

determinado introduciendo los valores D/L del ácido aspártico y ácido glutámico en los algoritmos de cálculo de edad establecido para ostrácodos de la zona central y meridional de la Península Ibérica de Ortiz *et al.* (2004) que, a su vez, se dividen en dos grupos de cálculo. La edad de los niveles más recientes (LE-4 a LE-33), con valores de racemización bajos (D/L Asp < 0.25), se ha calculado mediante el algoritmo establecido para Pleistoceno superior-Holoceno

aplicado al ácido aspártico (Ortiz *et al.*, 2015), que es el que racemiza más rápidamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La combinación de los dos tipos de datos cronológicos arroja cuatro tramos bien diferenciados, tanto en edades como en facies:

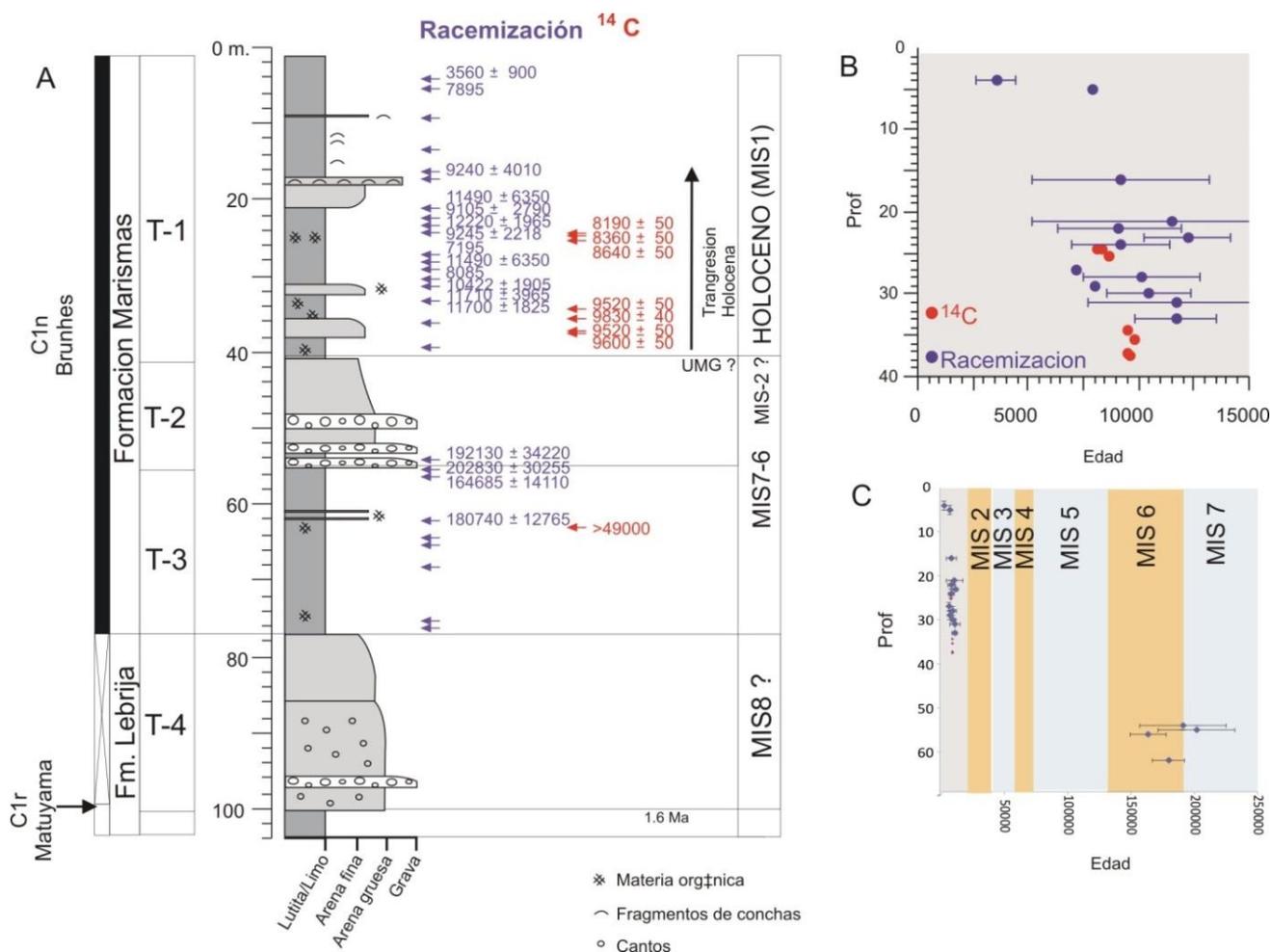


FIGURA 2. A) Columna estratigráfica de la parte superior del sondeo Lebrija (LE) con las edades obtenidas con el análisis por racemización de aminoácidos en ostrácodos (en azul) y por radiocarbono (en rojo). Las flechas azules sin edad corresponden a muestras contaminadas. B) modelo de edad para el tramo 1 (Holoceno). C) Modelo de edad con todas las edades analizadas en este trabajo.

El tramo 1, por encima del metro 33, arroja edades de hasta 11710±3985 que atestiguan una edad holocena para la parte alta de la formación Marismas. Las edades de racemización son sistemáticamente más antiguas que las obtenidas mediante radiocarbono para los mismos materiales, aunque siempre dentro del error analítico (Fig. 2b). Es interesante destacar que ambos tipos de datos arrojan tasas de acumulación mayores para la parte basal de la secuencia holocena que para su parte superior. La existencia de dos tendencias diferentes en las tasas de sedimentación de las zonas estuarianas del Sur Oeste de España, ha sido descrito por Lario *et al.* (2002), quienes encuentran tasas de 5 mm/ yr para el periodo 10000-6500 Cal Bp y de menos

de 2 mm/yr en el periodo 6500-presente, después del principal periodo transgresivo. Igualmente, el modelo de edades es coherente con aquellas obtenidas para la asociación de facies superior del sondeo Palacio de las Nuevas (Pozo *et al.* 2010)

El tramo 2: los datos cronológicos superiores (T-1) e inferiores (T-3), construyen la edad de este tramo conglomerático (48-54 m) en un amplio rango de edades comprendidos entre los estadios isotópicos MIS2 y MIS6, lo cual es consistente con las edades propuestas para dicho tramo en base a su correlación con la terraza T2 del río Guadiamar (Salvany *et al.*, 2011). Por otro lado, en el propio valle del

Guadalquivir este tramo se correspondería con el encajamiento y depósito del denominado grupo de terrazas medias y el grupo de terrazas inferiores, cuya cronología abarca desde el Pleistoceno medio (MIS 6) hasta el Pleistoceno superior (Caro *et al.*, 2011). Posiblemente no todos los estadios glaciares e interglaciares queden representados como consecuencia del marcado carácter erosivo de este tramo fluvial.

El tramo 3, situado por debajo del metro 56, arroja edades que oscilan entre 164685 ± 14110 y 202830 ± 30255 , de manera que se correlaciona tentativamente con el estadio isotópico marino MIS6-7 del Pleistoceno medio. Esta edad es sensiblemente más baja a las inferidas para esta formación en otros puntos de la cuenca hasta el momento, y constituyendo por otro lado, uno de los pocos afloramientos correspondientes a los episodios MIS6-7 para esta zona.

Tal como fue previamente descrito por Salvany *et al.*, (2011) y posteriormente por Mial (2015), se confirma la existencia de grandes hiatos en esta serie desde el Plioceno, claro ejemplo de una secuencia formada por la alternancia de etapas con altas tasas de sedimentación y etapas de erosión (hiatos). El estudio detallado de facies y su comparación con el resto de registros Holocenos descritos en el bajo Guadalquivir, llevará a completar el modelo de evolución climático y a precisar en qué medida la reciente tectónica de la zona (González-Castillo *et al.*, 2015) ha condicionado la secuencia descrita y los cambios en las tasas de sedimentación en esta parte de la Cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto Guadaltyc (Impacto del clima y la tectónica en el registro sedimentario de la Cuenca del Guadalquivir, CGL2012-30875).

REFERENCIAS

Caro, J. A., Díaz del Olmo, F., Cámara, R., Recio, J. M., Borja, C. (2011): Geoarchaeological alluvial terrace system in Tarazona: Chronostratigraphical transition of Mode 2 to Mode 3 during the Middle-Upper Pleistocene in the Guadalquivir River valley (Seville, Spain). *Quaternary International*, 243, 143-160.

González-Castillo, L., Galindo-Zaldívar, J. Pedrera, A., Martínez-Moreno, y F.J. Ruano, P. (2015) Shallow

frontal deformation related to active continental subduction: structure and recent stresses in the westernmost Betic Cordillera. *Terranova*, 27, 114-121.

- Hearty, P.J., O'Leary, M.J., Kaufman, D.S., Page, M.C., Bright, J. (2004): Amino acid geochronology of individual foraminifer (*Pulleniatina obliquiloculata*) tests, north Queensland margin, Australia: a new approach to correlating and dating Quaternary tropical marine sediment cores. *Paleoceanography*, PA4022, doi:10.1029/2004PA001059
- Kaufman, D.S., Manley, W.F. (1998): A new procedure for determining DL amino acid ratios in fossils using reverse phase liquid chromatography. *Quaternary Geochronology*, 17, 987-1000.
- Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F., Silva, P.G., Sierro, F., González, F., Soler, V., Yll, R. (2002): Changes in sedimentation trends in SW Iberia Holocene estuaries. *Quaternary International*, 93-94: 171-176.
- Miall, A. D. (2015): Updating uniformitarianism: stratigraphy as just a set of "frozen accidents". in Smith, D. G., Bailey, R., J., Burgess, P., and Fraser, A., eds., *Strata and time*: Geological Society, London, Special Publication 404, 11-36.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Julià, R., Delgado, A., Llamas, F.J., Soler, V., Delgado, J. (2004): Numerical dating algorithms of amino acid racemization ratios from continental ostracodes. Application to Guadix-Baza basin (southern Spain). *Quaternary Science Reviews*, 23, 717-730.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Ramallo, S.F., Ros, M. (2015): Algoritmos de datación por racemización de aminoácidos de ostrácodos del Holoceno y Pleistoceno superior en la Península Ibérica. *Geogaceta*, 58, 63-66.
- Pozo, M., Ruiz, F., Carretero, M.I., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Abad, M., González-Regalado, M.L., (2010): Mineralogical assemblages, geochemistry and fossil associations of Pleistocene-Holocene complex siliciclastic deposits from the Southwestern Doñana National Park (SW Spain): A palaeoenvironmental approach. *Sedimentary Geology*, 225, 1-18.
- Salvany, J.M., Larrasoana, J.C., Mediavilla, C. & Rebollo, A., (2011): Chronology and tectono-sedimentary evolution of the Upper Pliocene to Quaternary deposits of the lower Guadalquivir foreland basin, SW Spain. *Sedimentary Geology*, 241, 22-39.