

El registro cuaternario sumergido de la Bahía de Cartagena (Murcia, España)

Underwater Quaternary record of the Cartagena Bay (Murcia, Spain)

Trinidad Torres¹, José E. Ortiz¹, Yolanda Sánchez-Palencia¹, Milagro Ros², Francisca Navarro³, Ignacio Manteca⁴, Ignacio López-Cilla⁵, Luis A. Galán⁵, Sebastián Ramallo², Tomás Rodríguez-Estrella⁴, Ana Blázquez⁶, Ángeles Gómez-Borrego⁷, Blanca Ruiz-Zapata⁸, María José Gil⁸ y Erwin Heine⁹

¹ Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. E.T.S.I. Minas y Energía de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ríos Rosas 21. 28003-Madrid. trinidad.torres@upm.es, joseeugenio.ortiz@upm.es, yolanda.sanchezpalencia@upm.es

² Departamento de Prehistoria, Arqueología, Historia Antigua, Historia Medieval y Ciencias y Técnicas Historiográficas, Universidad de Murcia. C/ Santo Cristo, 1. 30001-Murcia. mlarros@um.es, sfra@um.es

³ Departamento de Geografía, Universidad de Murcia. C/ Santo Cristo, 1. 30001-Murcia. franaheer@um.es

⁴ Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52. 30203-Cartagena. nacho.manteca@upct.es, tomas.rodriguez@upct.es

⁵ Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios, IGME. C/Ríos Rosas 23. 28003-Madrid. lgalan@igme.es, i.lopez@igme.es

⁶ Instituto Universitario de Medio Ambiente y Ciencias Marinas, Universidad Católica de Valencia. C/Guillem de Castro, 94. 46001-Valencia. ana.blazquez@uv.es

⁷ Instituto Nacional del Carbón (INCAR- CSIC), Apdo. 73, 33080 Oviedo. angeles@incar.csic.es

⁸ Facultad de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares. 28805-Alcalá de Henares. blanca.ruiz@uah.es, mjose.gil@uah.es

⁹ University of Natural Resources and Applied Life Sciences. Peter Johan Str. 82. 1190-Viena, Austria. erwin.heine@boku.ac.at

ABSTRACT

A new borehole was drilled at the end of the Cartagena Bay. The twofold aim of this operation was to obtain insights into the ancient Roman city seafloor, and to establish its chronostratigraphy and paleoenvironmental evolution. A continuous 30 m long core (E3) was drilled and sampled with high resolution. The sediments of the lower part (30-11.3 m) with predominant brown colour indicating oxidizing conditions, the brackish-water fauna (*Cerastoderma glaucum*/*Cyprideis torosa*) and mud/sand dominance, allow to interpret the sedimentary environment as formed in a coastal mud flat linked to an alluvial fan. Consistent AAR dating ages reveal that the whole MIS5 record is included. The upper part of the record (11.3-3.0 m), which belongs to MIS 1, is made of black muddy sand and gravel. It appears a high diversity of marine mollusk species mostly in juvenile stage of development. This represents a complex environment: a "cul-d-sac" at the protected end of the bay where plant debris accumulated, being intruded by alluvial inputs. A growing continental influence likely occurred at the top.

Key-words: paleoenvironmental reconstruction, amino acid racemization, MIS5, Holocene, coastal mud flat.

Geogaceta, 67 (2020), 27-30
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

Desde 2012 la Universidad de Murcia y la Universidad Politécnica de Cartagena desarrollaron los proyectos Arqueotopos I y II que tenían como fin último obtener una reconstrucción paleogeográfica de la Bahía de Cartagena durante tiempos antiguos (8000-2000 cal. años BP), especialmente en la época de su conquista por las tropas del cónsul romano Publio Cornelio Escipión (Manteca *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2018).

Sin embargo, el conocimiento del registro Holoceno de la Bahía de Cartagena es incompleto. En tiempos históricos la bahía de Cartagena era uno de los más importantes anclajes en el Mediterráneo. El conocimiento de sus ventajas llevó a que fuera considerado un anclaje seguro hasta nuestros días. Estas ventajas implicaron que las sucesivas mejoras del calado admisible acabaran por alterar profundamente el registro sedimentario del Holoceno. Para analizar estas modificaciones, en 2018 se per-

RESUMEN

Se perforó un sondeo de 30 m en la Bahía de Cartagena. El doble objetivo del mismo fue obtener datos sobre el antiguo frente marítimo de la ciudad romana y establecer la cronoestratigrafía y evolución paleoambiental. El sondeo (E3) se muestreó con alta resolución. Los sedimentos de la parte inferior (30-11,3 m) con predominio de colores marrones que indican condiciones oxidantes, la fauna de aguas salobres (*Cerastoderma glaucum*/*Cyprideis torosa*) y la sedimentación dominada por fangos y arenas, permiten interpretar el medio sedimentario estudiado como una llanura fangosa costera ligada a un abanico aluvial. Las edades AAR obtenidas revelan que todo el MIS5 está incluido en el registro. La parte superior (11,3-3,0 m), correspondiente al MIS 1, consiste en fangos orgánicos negros con arena y grava. Aparece una amplia diversidad de moluscos marinos en estadios juveniles de desarrollo. Todo esto representa el "cul de sac" de una bahía protegida donde se acumulaban restos vegetales, periódicamente afectada por llegadas de detriticos aluviales. Existe una somerización a techo del depósito.

Palabras clave: reconstrucción paleoambiental, racemización de aminoácidos, MIS5, Holoceno, llanura fangosa costera.

Fecha de recepción: 27/06/2019
Fecha de revisión: 17/10/2019
Fecha de aceptación: 22/11/2019

foró un sondeo en la calle de la Arena, denominado E3. Ahora se publica su bio y cronoestratigrafía que constituirían el trabajo nuclear de investigaciones específicas en curso.

Situación geográfica y geomorfológica

En la zona de Cartagena (Fig. 1) se pueden distinguir cuatro dominios geomorfológicos:

- Hacia el norte, se encuentra El Almar-

jal, una depresión endorreica, aunque con efímeros momentos de conexión con el mar. También recibió aportes de agua y sedimentos de las ramblas de Benipila, el Hondón y Saladillo, Su cuenca de drenaje es de 7,5 km² (Conesa y García-García, 2003). La fauna tiene carácter pauciespecífico, dominada por *Cerastoderma glaucum* Poiret y *Cyprideis torosa* Jones (Torres *et al.*, 2018). El abanico aluvial de La Concepción jugó un papel importante en la evolución holocena de la rambla de Benipila.

- Desde la desembocadura de la rambla de Benipila -mar de Mandarache hacia el sur se abre la bahía que, en su extremo norte, se apoya en el cerro del Molinete, que alberga los restos de las ciudades antiguas (cartaginesa y romana) y constituiría el "frente marítimo" durante el Holoceno (sondeo E3).

- Los márgenes de la bahía son acantilados, interrumpidos por las bahías de Algameca Grande y Algameca Chica en el borde occidental y la de Escombreras en el oriental. Los materiales más antiguos son filitas, dolomías y calizas del Complejo Alpujárride, fuertemente afectados por la Orogenia Alpina (Gordillo *et al.*, 1976; Dumas, 1977). También hay materiales detríticos del Neógeno (Rodríguez Estrella *et al.*, 2011). La morfología de la zona está condicionada por fallas alpinas, de las que las de mayor entidad son las de Cartagena-La Unión y la de Benipila. Rejuegos neotectónicos afectan al entorno del Cerro del Molinete y a los rellenos holocenos que lo fosilizan (Torres *et al.*, 2018). También condicionaron el desarrollo de la Cueva de los Aviones (Rodríguez-Estrella y Montes, 1985).

- Paleoplayas en el entorno de la bahía de Escombreras con *Persistrombus latus* (Lamarck) y en la base de los sondeos de la zona de El Almarjal del MIS5 y eolianitas del MIS4 (Torres *et al.*, 2018). A techo de estos depósitos aparecen fangos orgánicos del Holoceno y, presumiblemente, en la zona de la bahía ya bajo el agua.

Material y métodos

El sondeo E3 (37°35'59,4"N/0°59'15,3"/7 m s.n.m) se perforó a rotación con varillaje simple y alcanzó una profundidad final de 30 m. Los testigos se envolvieron en lámina de aluminio y se almacenaron en la cámara húmeda de la empresa perforadora (Horysu)

y, posteriormente, en la del Instituto Geológico y Minero de España donde permanece almacenada la mitad del mismo. De la otra mitad, la parte rica en materia orgánica (Holoceno) se muestreó con alta resolución, cada 3 cm. Las muestras obtenidas fueron destinadas para DRX, FRX, susceptibilidad magnética, Palinología, CHN y biomarcadores, entre otros análisis. En el tramo de colores oxidados se tomaron muestras a intervalos de 20 cm.

Sedimentología y paleontología

Las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente y se dispersaron en agua y tamizaron a 63 µm para determinar la cantidad de matriz (%), estudiar a la lupa la fracción arena y la

macro y microfauna.

En esta comunicación se presentan los resultados de la estratigrafía, sedimentología y macropaleontología ya que los restantes análisis están en curso.

Racemización de aminoácidos

Las muestras estudiadas estaban constituidas por valvas de la especie *C. torosa*. Los ostrácodos se limpiaron en agua en un baño de ultrasonidos y se seleccionaron empleando una lupa binocular Wild. Se prepararon y analizaron en el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la E.T.S.I. Minas de Madrid. El análisis se realizó en un cromatógrafo de líquidos de altas prestaciones (HPLC-1100) con detector de fluorescencia y columna hypersil BDS C18.



1.-El Armarjal, 2.-Abanico aluvial de la Concepción, 3.-El Molinete, 4.-Rambla Benipila, 5.-Mar de Mandarache, 6.-Algameca grande, 7.-Algameca chica, 8.-Cueva de los Aviones, 9.-Bahía de Escombreras.

Fig. 1.- Situación geográfica de la Bahía de Cartagena.

Fig. 1.- Geographical location of the Cartagena Bay.

Resultados

Cronología

Las relaciones D/L (dextrógiro/ levógiro) del ácido aspártico de los ostrácodos de los niveles estudiados se introdujeron en el algoritmo de cálculo de edad establecido por Ortiz *et al.* (2015) para muestras del Holoceno. Para muestras del Pleistoceno, se introdujeron los valores D/L Asp y D/L Glu en los algoritmos de Ortiz *et al.* (2004).

De acuerdo con los valores obtenidos aparecen dos conjuntos de edades claramente diferenciados (Fig. 2):

- En la parte inferior del sondeo (30-11 m) los materiales pertenecen al MIS5.
- Los 11 m superiores se depositaron durante el Holoceno (MIS1), aunque a techo tienen recubrimiento muy reciente.

Unidades estratigráficas

- Unidad D (0-320 cm; < 2000 años). Relleno reciente. La presencia de baldosas hidráulicas indicaría una antigüedad máxima de mediados del siglo XIX.
- Unidad C (320-366 cm; ¿histórico?). Fangos muy arenosos con helícidos, con color pardo rojizo (2.5 YR 3/4). No está datada, pero por su posición estratigráfica, podría ser histórica.
- Unidad B (366-1124 cm; 2400-7500 cal. años). Tramo compuesto por sedimentos muy ricos en materia orgánica con colores muy característicos que indican reducción (N0 a N6, localmente 10YR2/1). Predominan las arenas con grava y fango, seguidas de las arenas fangosas y las lutitas arenosas. Se observan grandes cantidades de moluscos marinos que presentan amplia diversidad específica. Abundan los restos vegetales, que van más allá de simples fitoclastos, ya que aparecen hojas, tallos, rizomas e incluso bolas de fibras (egagrópilas).

Se pueden diferenciar varias subunidades teniendo en cuenta el contenido paleontológico y la litología. En la figura 2 se indica la fauna a nivel de género. Por otra parte, muchos de los restos corresponden a individuos juveniles. Se diferenciaron seis subunidades:

- Subunidad B6 (564-366 cm). Arenas con baja proporción de matriz fangosa con diversidad de moluscos. Hay presencia de escamas y huesos de pez, así

como carbonos, semillas y abundancia de *C. torosa*.

- Subunidad B5 (740-564 cm). Está formada por fangos arenosos seguidos de arenas fangosas. Es notable la acumulación de fibras vegetales (fitoclastos). Aparece frecuentemente *Cyclichna*. Los restos de carbón son poco frecuentes. Aparecen ostrácodos marinos y salobres (*C. torosa*), así como foraminíferos bentónicos marinos (*Ammonia* muy rara).

- Subunidad B4 (820-740 cm). Fangos arenosos seguidos de arenas fangosas. Hay presencia discreta de fitoclastos, más abundantes hacia techo. La fauna es diversa y muy abundante.

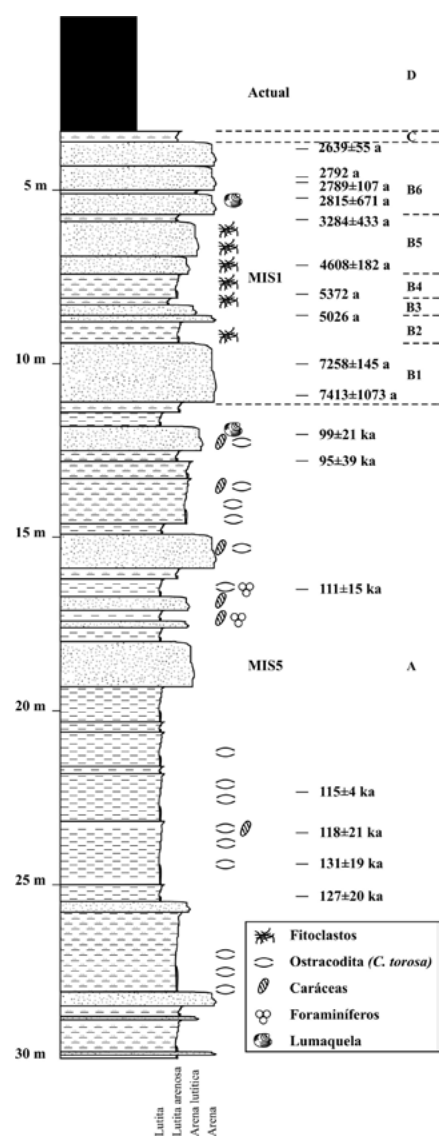
- Subunidad B3 (860-840 cm). Arenas fangosas seguidas de fangos arenosos. Existe una alta diversidad de moluscos y escasos fitoclastos. Hay niveles con presencia frecuente de yeso acicular. Abundan los ostrácodos y foraminíferos bentónicos.

- Subunidad B2 (940-860 cm). Fangos arenosos con nivel intercalado de gravas fangoso-arenosas. Abundan los restos vegetales y hay una importante diversidad de moluscos, pocos ostrácodos y foraminíferos.

- Subunidad B1 (1113-940 cm): arenas fangosas con bastante grava. Fauna marina abundante y diversa (Fig.2). Hay presencia frecuente de carbón, ostrácodos marinos y salobres (*C. torosa*), foraminíferos bentónicos, chelas de crustáceo, monoaxonas y algunos fitoclastos.

- Unidad A (1125-3000 cm; MIS 5). Predominan los fangos algo arenosos, seguidos en importancia por las arenas fangosas, arenas y gravas. Se caracteriza por su coloración amarillenta (10YR7/4, 7.5YR7/8, 7.5YR5/8 y 2.5YR3/4) que refleja su área fuente (arenas y fangos del Neógeno). La fauna fósil difiere totalmente de la de la unidad B: hay poca biodiversidad y, en muchos niveles, especialmente los de granulometría más gruesa, está ausente. En los tramos de fango la microfauna es más abundante, pero con baja biodiversidad.

Una de las características más notables es la presencia de niveles con abundancia de valvas bien preservadas y articuladas, de ejemplares adultos de *C. glaucum* (2500, 1230, 1125), aunque su presencia es constante a lo largo de todo el registro. Algo similar ocurre con el ostrácodo *C. torosa* que llega a constituir, por su abundancia, ostracoditas. Generalmente domina la asociación *C. glaucum*, *C. torosa*,



Dentalium (B2,3,4), *Alvania* (B5), *Bivonia* (B1,4,6), *Bolma* (B5), *Bulla* (B4,5), *Caecum* (B2,3,5), *Cerithium* (B1,5), *Conus* (B5), *Cyclichna* (B1,2,3,4), *Fasciolaria* (B3), *Fissurella* (B5), *Gibberula* (B4), *Gibbula* (B5), *Granulina* (B1,2,3,5), *Hydrobia* (B1,6), *Jujubinus* (B4,5), *Mathilda* (B6), *Potamides* (B1,2,4,5,6), *Rissoa* (B2,3,4,6), *Scaphander* (B5), *Smaragda* (B1,4), *Truncatella* (B4), *Abra* (2,3), *Anomia* (B3), *Arca* (B1,2,3,5), *Barbatia* (B5), *Cerastoderma* (B1,6), *Gastrana* (B3,4), *Limaria* (B5), *Loripes* (B1,2,3,4), *Mytilaster* (B2,3,6), *Ostrea* (B2,3,5,6), *Parvicardium* (B2,3,4), *Ruditapes* (B6), *Scrobicularia* (B6).

Fig. 2.- Serie estratigráfica del sondeo E3 con la cronología. Se incluye la distribución de géneros en las subunidades de la unidad B.

Fig. 2.- Stratigraphic sequence of borehole E3 with the chronology. We include the genera distribution in the subunits of B Unit.

Hydrobia ventrosa e *Hydrobia acuta*. Los elementos marinos son poco frecuentes si se exceptúa el tramo 2560-2500 cm, en el aparecen: *Mytilaster* sp., *Pirenella* (*Potamides*) *conica*, *Cerithium* sp., *Rissoa* sp. *Mastra* sp., *Abra tenuis*, *Donax* sp. *Ostrea* sp. y *Gastrana fragilis*.

Muchos de los elementos faunísticos solamente se determinaron a nivel de género, ya que predominantemente los individuos eran juveniles. Merece mención especial la presencia de abundantes ejemplares de *Parvicardium exiguum* (Gmelin) en dos intervalos del registro (1930-2010 cm y 2240-2300 cm).

Los foraminíferos bentónicos son frecuentes, en especial los miliólidos y rotálidos, aunque hay poca variación específica. Aparece con cierta frecuencia el microgasterópodo *Cyclichna*, que es su depredador.

La influencia continental está representada por oogonios de caráceas y gasterópodos terrestres.

Discusión

Interpretación ambiental

Unidad A

La granulometría, distribución de espesores y estado de oxidación de los depósitos, composición y facies, sitúa los depósitos datados en el MIS5 en una llanura fangosa costera surcada por canales que provienen del continente emergido (caráceas y helícidos). En ellos la fauna es escasa y poco diversa. En zonas de sombra de energía se depositan mayoritariamente fangos, que pueden mostrar laminación. La cercanía del mar se pone de manifiesto por la fauna de carácter eurihalino.

La coloración de los depósitos (oxidada) y la presencia de rizotúbulos ferrificados implica que la exposición aérea fue frecuente. Los fitoclastos no se preservaron.

Mención aparte merece el nivel que marca el techo de la unidad (1110 cm) en el que aparecen areniscas amarillas con abundante *C. glaucum*. Presenta una cementación única en todo el registro que podría ser resultado de una cementación vadosa que los protegió de la erosión y que tuvo lugar, al menos, durante el MIS4 (Torres et al., 2018).

Unidad B

En la unidad B dominan los materiales detríticos (arena y grava) con abundante matriz, lo que sugiere que no se produjo lavado de finos. La matriz fangosa siempre es rica en materia orgánica, lo que implica fondos hipóxicos, en los que proliferó *Loripes lacteus*.

Los moluscos están bien preservados, con ejemplares articulados. Se interpreta la existencia de una bahía angosta a la que llegaban vegetales marinos transportados por las olas (*P. oceanica*) y vegetales terrestres arrastrados durante activaciones de las ramblas (semillas, carbones, y arena y grava). De hecho, en la desembocadura de la rambla de Benipila se desarrolló un delta de tipo Gilbert (Torres et al., 2018). Hay escritos que describen que el Puerto de Galeras (Mar de Mandarache) quedaba relleno por "broza" arrastrada por las crecidas dificultando el amarre de galeras.

Las diferencias entre las subunidades podrán tener un origen climático o, más probablemente, deberse a cambios en la zona de acomodación de sedimentos. La subunidad B6, con abundancia de *C. torosa*, semillas y carbón, sugiere un cambio de salinidad por influencia de aguas continentales, que se hace más marcada en la subunidad B7.

Conclusiones

El sondeo E3 perforado en un solar de la calle Arena de Cartagena revela la existencia de dos unidades cronoestratigráficas principales bien diferenciables en el registro cuaternario de Cartagena, separadas por un prolongado hiato (entre MIS5 y MIS1).

La unidad inferior (A) se situó mediante racemización de aminoácidos en el MIS5 y las edades obtenidas permiten pensar que está completo. Esta unidad se depositó en una llanura costera predominantemente emergida y sometida a la acción fluvial. Escasos niveles con fauna pauciespecífica confirman episodios salobres con abundancia de *C. glaucum*.

La unidad superior (B) representa el Holoceno. Las dataciones por racemi-

zación de aminoácidos indican que la base de la transgresión no alcanzó este punto. Se definen siete subunidades depositadas en fondos hipóxicos, con abundante fauna de moluscos marinos, generalmente individuos juveniles. Se detectan aportes mixtos de materia vegetal: algas y restos de *Posidonia* flotados, y carbones vegetales y plantas terrestres arrastradas por canales que transportaron abundante arena y grava.

Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado con el Proyecto Arqueotopos (HAR2017-85726-C2-2-P), del Ministerio de Economía y Competitividad. Agradecemos a la Dra. Juana Vegas y al Dr. Luis Somoza la revisión del trabajo.

Referencias

- Conesa, C. y García-García, E. (2003). *Boletín de la Asociación Española de Geografía* 35, 79-100.
- Dumas B. (1977). *Le Levant spagnol. La genese du relief*. Tesis Doctoral, Univ. de Paris, 520 p.
- Gordillo, A., Espinosa, J. y Marín, J.M. (1976). *Mapa Geológico de España 1:50000, hoja nº 977 (Cartagena) y memoria*. IGME, Madrid, 97 p.
- Manteca, J.I., Ros-Sala, M., Ramallo-Asensio, S., Navarro-Hervás, F., Rodríguez-Estrella, T., Cerezo-Andreo, F., Ortiz, J.E., Torres, T. y Martínez-Andreu, M. (2017). *Environmental Science and Pollution Research* 24, 10584-10603.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Delgado, A., Julià, R., Llamas, F.J., Soler, V. y Delgado, J. (2004). *Quaternary Science Reviews* 23, 717-730.
- Ortiz, J.E. Torres, T., Ramallo, S. y Ros, M. (2015). *Geogaceta* 58, 59-63.
- Rodríguez Estrella, T. y Montes R. (1985). En: *Actas I Reunión Cuaternario Ibérico* 1, 355-366.
- Rodríguez Estrella, T., Navarro, F., Ros, M., Carrión, J. y Atenza, J. (2011). *Quaternary International* 243, 231-248.
- Torres, T., Ramallo, S., Sánchez-Palencia, Y., Ros, M., Ortiz, J.E., Navarro, F., Cerezo, F., Rodríguez-Estrella, T. y Manteca, I. (2018). *The Holocene* 28, 879-874.