

# Tasas de sedimentación reciente en la Ría de Huelva.

## Recent sedimentation rates along the Ría of Huelva.

J.A. Morales <sup>(1)</sup>, E.G. San Miguel <sup>(2)</sup> y J. Borrego <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. de Geología. Fac. Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. Campus Universitario del Carmen, s/n. 21007 Huelva (España). jmorales@uhu.es  
<sup>(2)</sup> Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. Campus Universitario del Carmen, s/n. 21007 Huelva (España).

### ABSTRACT

The Ría of Huelva is located at the central sector of the Huelva Coast. It is a mesotidal estuary supplied by two rivers (Tinto and Odiel). Tinto and Odiel rivers have small mean discharges (100.48 Hm<sup>3</sup> and 429.40 Hm<sup>3</sup>) but they are strongly seasonal. The mean tidal range is two meters. Sedimentation is controlled by the water mixing model, which is well mixed in both cases. Water usually has high concentrations of suspended matter, so the sediment is mainly muddy in the central basin. The fluvial estuarine channels may accumulate fluvial sandy bars during winter discharges. The outer estuary displays sandy facies of marine origin.

The results of accumulation rates (<sup>210</sup>Pb y <sup>14</sup>C) supplied by this paper suggest a direct relation between the aggradation rate, the depositional subenvironment and the lithology. These rates oscillate between 1 and 4 mm/year for subtidal and intertidal unvegetated muddy environments and grow to about 6 mm/year for sandy subtidal environments and more than 1 cm/year in vegetated marshes.

**Key words:** Estuarine sediments, sedimentation rates, <sup>14</sup>C and <sup>210</sup>Pb radiometric ages..

Geogaceta, 33 (2003), 15-18  
 ISSN:0213683X

### Introducción

Los estuarios de la Costa de Huelva se formaron con el inicio de la Transgresión Flandriense (Holoceno), que significó la inundación marina de los principales valles fluviales excavados por los ríos durante el Pleistoceno. El sistema estuarino de la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, conocido como Ría de Huelva, se encuentra en un avanzado estado de colmatación como causa de la estabilización del nivel del mar hace aproximadamente unos 6500 años (Zazo *et al.*, 1994; Rodríguez-Ramírez, 1996) y una elevada tasa de acumulación durante el holoceno.

Al igual que en el resto de los estuarios, los estuarios de los ríos Tinto y Odiel presentan una división longitudinal en tres dominios. En los dominios fluviales existe un fuerte control de los ríos tanto desde el punto de vista energético como del aporte de sedimento. La descarga fluvial de ambos ríos es marcadamente estacional y con una gran irregularidad interanual. El aporte medio anual del Tinto es de

MUESTRA	SUBMEDIO	ESPESOR	TASA (cm/año)	REFERENCIAS PREVIAS
HCT-1	Borde de Canal	0-47 cm	0.26 ± 0.05	
HCT-2	Borde de Canal	0-32 cm	0.39 ± 0.01	Davis et al. (2000)
HCT-3	Borde de Canal	0-41 cm	0.30 ± 0.01	
S-3	Llanura Mareal	0-18 cm	0.10 ± 0.01	
OD-2	Borde de Canal	0-15 cm	0.45 ± 0.01	
O-1	Marisma Baja	0-36 cm	1.06 ± 0.02	
	Borde de Canal	36-45 cm	0.18 ± 0.01	San Miguel (2001)
TUP	Marisma Baja	0-40 cm	1.21 ± 0.03	
	Borde de Canal	40-80 cm	0.40 ± 0.01	
VEC-6	Marisma Alta	0-27 cm	0.21 ± 0.02	

Tabla I.- Tasas de sedimentación actuales en los medios funcionales de la Ría de Huelva.

Table I.- Present sedimentation rates on the functional environments within the Ría de Huelva.

100.48 Hm<sup>3</sup> y el del Odiel de 429.40 Hm<sup>3</sup> (serie 1966/67-1981/82), aunque estos valores son muy poco significativos y, si bien, en las avenidas más importantes pueden sobrepasar los 200 Hm<sup>3</sup>, es frecuente que la aportación de un solo mes de un año lluvioso supere a la total anual de un año seco. Las aguas de ambos ríos presentan un acusado carácter ácido con una media de pH 2 para el Tinto y 3.5 para el Odiel, lo que les permite contener altas concentraciones iónicas. El sedimento aportado por los ríos está constituido arenas rojas con

alto contenido en Fe que son transportadas en carga de fondo y limos amarillos que son transportados en suspensión.

El régimen de mareas es el principal factor de control en la dinámica sedimentaria del sector central de los estuarios, ya que la velocidad de las corrientes mareales en relación con la altura de mareas y el número de horas de exposición y submersión controlan directamente las condiciones de sedimentación existentes en la franja intermareal y en los canales del estua-



Fig. 1.- Localización del área de estudio y de los testigos analizados.

Fig. 1.- Location of the study area and the analyzed cores.

rio (Swinkbanks y Murray, 1981). De igual modo, la propagación de la onda de marea en el interior de los estuarios condiciona, junto con los aportes fluviales: (1) las condiciones de mezcla de aguas, (2) la circulación interna de las masas de agua y (3) el intercambio con la zona costera adyacente. Este sistema estuarino es afectado por un régimen mesomareal semidiurno, con un rango medio en su sector central de 2.69 metros, donde se producen ciclos bisemanales de mareas vivas y muertas y ciclos semestrales de equinoccio y solsticio. Durante las mareas vivas llega a alcanzarse un rango medio de 3.06 metros, mientras que en las mareas muertas la media es de sólo 1.70 m.

En el sector marino del estuario la sedimentación está controlada por la acción conjunta entre mareas y oleaje. Donde dominan las olas procedentes del S.O., lo que da lugar a una deriva litoral que transporta sedimento de Este a Oeste, y que es responsable de la construcción de las principales macroformas arenosas en la desembocadura de la Ría de Huelva.

Además de la mencionada zonación longitudinal del estuario existe una división vertical de submedios marcada por

los niveles de exposición y submersión. A los términos de este trabajo se consideran tres tipos de submedios: submareales (canales y cuerpos de acreción estuarina) intermareales no vegetados (bordes de

canal y llanuras mareales) e intermareales vegetados (marismas).

El objetivo de este trabajo es delimitar las tasas de sedimentación medias del registro sedimentario y las existentes en la actualidad en los distintos sectores y submedios sedimentarios que configuran la Ría de Huelva como respuesta a la interacción de los mencionados factores hidrodinámicos. Para ello se tomaron testigos de diferente longitud cuya localización se muestra en la fig. 1.

**Metodología.**

*Dataciones por <sup>210</sup>Pb*

Se tomaron 8 testigos de sedimento en tubos de PVC de 70 mm de diámetro y hasta un metro de longitud utilizando un método de extracción de pistón. Estos testigos fueron congelados y posteriormente cortados en rodajas de 1-2 cm, utilizando una sierra circular. Estas rodajas de sedimento fueron analizadas por separado.

La medida de los radionúclidos <sup>226</sup>Ra y <sup>210</sup>Pb fue usada para determinar las tasas de acumulación en los submedios sedimentarios funcionales en la actualidad. Ambos radionúclidos fueron determinados en cada rodaja por espectrometría gamma: el <sup>226</sup>Ra a partir de una calibración en eficiencia desarrollada para el rango energético 150-1500 keV (Pérez-Moreno *et al.*, 2002) y el <sup>210</sup>Pb a través de su emisión gamma de 46.5 keV. En varios testigos, el <sup>210</sup>Pb tuvo que ser determinado mediante espectrometría alfa a través de su descendiente el <sup>210</sup>Po. El proceso radioquímico puede consultarse en otros trabajos (San Miguel *et al.*, 2001).

TESTIGO	PROF. TECHO (cm)	PROF. BASE (cm)	FECHA TECHO (B.P.)	FECHA BASE (B.P.)	FACIES	SUBMEDIO	TASA (cm/año)
VT-8	0	240	0	1702	Fango	C + CAE	0,141
VT-14	0	370	0	351	Fango-Arena	C + CAE	1,054
VT-15	0	410	0	3558	Fango	C + CAE	0,115
	0	130	0	3930	Fango-Arena	LI	0,033
ST-1	130	390	3930	4530	Fango	BC	0,433
	390	750	4530	5600	Arena Fina	C	0,336
	750	1270	5600	8000	Fango	CAE	0,217
VH-5	0	565	0	1295	Fango	C + BC + MA	0,436
VEC-10	0	400	0	2915	Fango	C + BC + MA	0,137
STE-4	0	1400	0	7909	Fango	CAE	0,177
	0	1000	0	5705	Fango	C + BC + MA	0,070
SB-1	1000	3250	5705	9060	Fango-Arena	CAE	0,671
	0	1310	0	5447	Fango	C	0,240
SO-19	1310	2210	5447	9180	Fango	CAE	0,241
VR-3....	0	340	0	2795	Conchas-Fango	C + BC + MA	0,122
VR-17	0	355	0	330	Fango	BC + MB	1,076

Tabla. II.- Tasas de acumulación en el registro sedimentario de la Ría de Huelva. Las edades <sup>14</sup>C están calibradas. Clave de submedios: C= Canal, BC= Borde de canal, MA= Marisma Alta. MB= Marisma Baja, CAE= Cuerpos de Acreción Estuarina, LI= Llanura de Inundación fluvio-marina.

Table II.- Accumulation rates of the sedimentary record of the Ría de Huelva. The <sup>14</sup>C ages are calibrated ages. Subenvironment key: C= Subtidal channel, BC= Channel margin, MA= High salt marsh, MB= Low salt marsh, CAE= Estuarine accretion bodies, LI= Fluvio-marine floodplain.

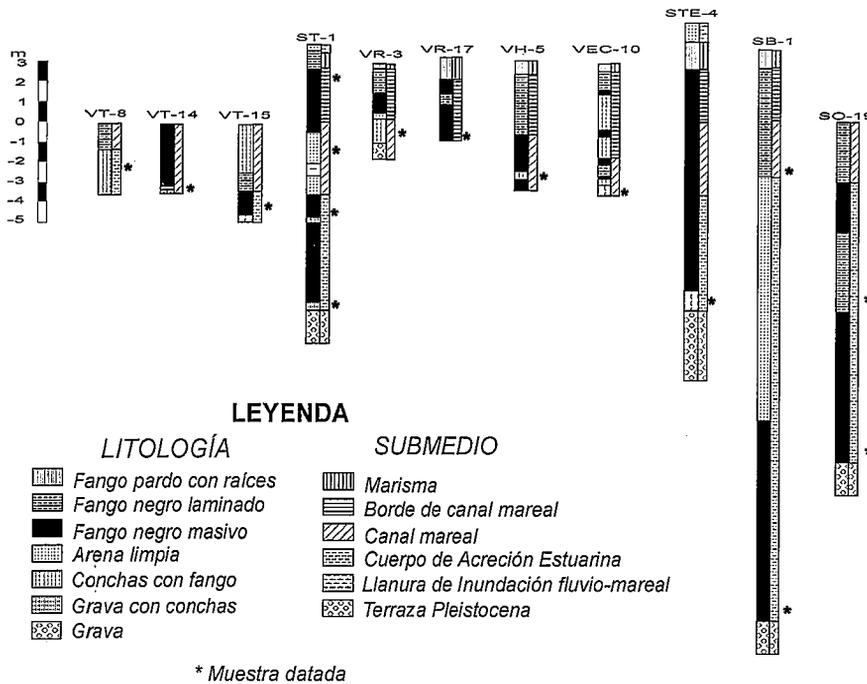


Fig. 2.- Columnas litológicas de los testigos estudiados y localización de las muestras datadas con  $^{14}\text{C}$ .

Fig. 2.- Lithological logs of the studied cores and location of  $^{14}\text{C}$  dated samples.

Tres muestras de sedimento fueron analizadas en la Universidad de Florida y el resto en los laboratorios del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva. Las razones de sedimentación fueron obtenidas mediante el modelo CRS de Appleby y Oldfield (1978).

Además de los problemas usuales para la datación por  $^{210}\text{Pb}$ , hay que tener en cuenta que en el sistema estudiado se desarrolla una intensa actividad industrial cuyos desechos están enriquecidos con radionúclidos de la serie del  $^{238}\text{U}$  y que, por tanto, constituyen fuentes de  $^{210}\text{Pb}$  de origen antropogénico en los sedimentos del estuario lo que constituye un inconveniente adicional. Debido a este hecho los fechados de las capas afectadas por la contaminación industrial han tenido que ser realizados en algunos de los sedimentos analizados utilizando otros indicadores como la presencia del pico de Cs correspondiente al año 1963 y el fechado alternativo mediante el cociente de isótopos de Th que permiten identificar en los sedimentos la influencia de la contaminación industrial que se inició en el año 1968 (San Miguel *et al.*, 2001).

#### Dataciones por $^{14}\text{C}$

Se realizaron en testigos de mayor longitud obtenidos por dos métodos diferentes: Los testigos siglados con V fueron obtenidos por el método de vibración de Lanesky *et al.* (1979), mientras que los

testigos siglados con S fueron obtenidos mediante rotación utilizando camisas de PVC para la preservación de los testigos. En ambos tipos de testigos fueron tomadas muestras de conchas en posición de vida para el análisis de fechado por  $^{14}\text{C}$ , que fueron realizados en los laboratorios Geochron de Krueger Enterprises Ltd. en Massachusetts (EE.UU.). En estos casos se ha determinado la tasa de acumulación media del registro teniendo en cuenta la naturaleza del sedimento y la compactación de los testigos.

La identificación de las facies en los testigos se realizó siguiendo los criterios de descripción de facies mareales de Frey y Howard (1986). La asociación de las secuencias de litofacies con el submedio en el que se depositaron se realizó de acuerdo con los criterios de Pendón y Morales (1997).

#### Resultados.

##### Tasas de sedimentación actuales

Se han calculado en 8 testigos de sedimento (Tab. I), los cuales fueron tomados en diferentes submedios sedimentarios, principalmente en zonas de dominio fundamentalmente mareal (con influencia mínima de río y oleaje). Las facies en las que estas tasas han sido determinadas son de naturaleza fundamentalmente fangosa (por debajo de 63 mm), excepto el testigo

S-3 en el que las facies son fango-arenosas. Las facies de marisma son fácilmente distinguibles de las facies de borde de canal por su color pardo y su alta bioturbación causada por la actividad de las plantas.

En términos generales se observa que las tasas de sedimentación en los bordes de canal oscilan entre los 2.1 y los 4.5 mm/año, presentándose valores aún menores (1 mm/año) en el testigo de llanura mareal situado en el estuario marino (S-3). En contraste, las tasas correspondientes a las marismas bajas son mucho más elevadas, superando incluso el cm/año, mientras que la única medida de tasa de sedimentación realizada en una marisma alta (VEC-6) presenta valores similares a los de borde de canal.

##### Tasas de acumulación medias en el registro holoceno del estuario.

Los resultados obtenidos mediante dataciones por  $^{14}\text{C}$  ofrecen una precisión menor que los datos de  $^{210}\text{Pb}$ , dado que han sido promediados para tramos de sedimentos de diferente litología y depositados en diferentes medios sedimentarios. Es posible que incluyan periodos de no depósito o superficies de erosión, por lo que se trata de tasas de acumulación. De cualquier modo, los datos ofrecen una evidente similitud con los datos de tasas de sedimentación actuales (Tab. II).

En términos generales se observa que las tasas de acumulación en los testigos que presentan facies de canal, bordes de canal y marisma alta presentan una alta dispersión de valores oscilando entre los 0.7 y los 4.3 mm/año, valores muy similares a los que ofrecen los testigos que sólo presentan facies de canal y borde de canal. De forma similar a lo observado en los datos de  $^{210}\text{Pb}$ , las tasas correspondientes a los testigos que incluyen facies de marismas bajas son mucho más elevadas, superando siempre el cm/año (VT-14 y VR-17). Las tasas que ofrecen los testigos con facies fango-arenosas interpretadas como llanura de inundación fluvio-mareal (tramo superior del ST-1) ofrecen los valores más bajos de tasas de acumulación (0.3 mm/año), coincidiendo además con el hecho de que este testigo presenta en este tramo numerosas superficies erosivas reconocidas. Las facies submareales interpretadas como cuerpos de acreción estuarina (tramos inferiores de los testigos ST-1, SB-1 y SO-19) presentan valores muy similares (en torno a los 2 mm/año) en los tramos de litología fangosa. Por el contrario, en el testigo SB-1, los cuerpos de acreción estuarina incluyen tramos de litología arenosa: en este caso las tasas son muy superiores (6.7 mm/año).

**Discusión y conclusiones.**

Los datos de tasas de acumulación en el registro sedimentario holoceno determinados mediante  $^{14}\text{C}$  ofrecen una evidente similitud con los de tasas de sedimentación en los medios funcionales en la actualidad determinados mediante  $^{210}\text{Pb}$ . Ambos conjuntos de datos dan como resultado una relación directa de la velocidad de acumulación del sedimento con el submedio sedimentario en el que tiene lugar el depósito y con su litología. Los submedios en los que tiene lugar principalmente el depósito de sedimentos fangosos (canales mareales, bordes de canal activo y cuerpos de acreción estuarina) las tasas de sedimentación oscilan entre 2 y 4 mm/año dependiendo de la localización de los canales respecto a la zona de mezcla del estuario, en torno a la cual se observan los valores mayores.

Las facies de marisma ofrecen resultados dispares, en función de la madurez de la marisma: En marismas jóvenes las tasas de sedimentación superan el cm/año, mientras que marismas altas maduras presentan tasas similares a los bordes de canal de litología fangosa. Este hecho ha sido interpretado como un elevado incremento de la tasa de sedimentación que tiene lugar en el medio intermareal al aparecer la vegetación, que ejerce un papel eficiente como trampa de sedimento, al ejercer de pantalla física a las corrientes y favorecer la floculación de geles al modificar la química del agua para mantener su balance osmótico durante los momentos de submersión. Sin embargo, esta tasa de sedimentación disminuye con

la topografía al ser cada vez menores los momentos de submersión, esto hace que disminuya la tasa al ser medida en marismas maduras.

Los sedimentos arenosos presentan resultados dispares, que están en relación con la alta movilidad del sedimento arenoso. La acumulación del sedimento arenoso es alta en general, sin embargo, este sedimento es fácilmente removilizable desde su lugar de depósito. En aquellos casos que tiene lugar este retrabajo (puesta de manifiesto por la presencia de numerosas superficies de erosión y reactivación de las formas de fondo asociadas) resulta una tasa de acumulación muy baja, como es el caso de las llanuras de inundación o como podría ser el caso de los canales de bypassing conectados a la fuente fluvial (de los que no se dispone de datos). En el caso de los cuerpos de acreción estuarina de litología arenosa (tramo inferior del SB-1), el grado de reactivación es mínimo, resultando tasas de acumulación muy altas.

Esta interpretación contrasta con la ofrecida por otros autores los cuales interpretan las altas tasas de acumulación observadas en el tramo inferior del testigo SB-1 como resultado de una sedimentación más activa en los sectores más bajos del estuario durante el periodo de la transgresión Flandriense previo a la estabilización del nivel marino hace 6500 años.

**Agradecimientos**

Estamos muy agradecidos a los Drs. J. P. Bolívar y R. García-Tenorio por su valiosa ayuda en la datación mediante

$^{210}\text{Pb}$ . Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos PB93-1205, AMB94-0160-CO4-04, 1FD97-0900-C02-01 y 1FD97-0900-C02-02 de la D.G.I.C.Y.T. y el proyecto de la Junta de Andalucía "Diagnóstico ambiental y sanitario del entorno de la Ría de Huelva".

**Referencias**

- Appleby, P.G. y Oldfield, F. (1978): *Catena*, 5, 1-8.
- Davis Jr., R.A., Welty, A.T., Borrego, J., Morales, J.A., Pendon, J.G. y Ryan, J.G. (2000): *Environmental geology*, 39(10), 1107-1126.
- Frey, R.W. y Howard, J.D. (1986): *Journ. Sed. Petrol.*, 56, 911-924.
- Lanesky, D.E., Logan, B.W., Brown, R.G. y Hine, A.C. (1979): *Journ. Sed. Petrol.*, 39, 655-657.
- Pendón, J.G. y Morales, J.A. (1997): *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22, 165-190.
- Pérez-Moreno, J.P., San Miguel, E.G., Bolívar, J.P. y Aguado, J.L. (2002). *Nucl. Inst. and Meth. A* 491, 152-162.
- Rodríguez-Ramírez, A. (1996): Tesis Doctoral inédita. Universidad de Huelva. 370 pp.
- San Miguel, E. G. (2001): Tesis Doctoral inédita, Universidad de Sevilla. 330 pp.
- San Miguel, E.G., Bolívar, J.P., García-Tenorio, R., Martín, J.E., (2001): *Environmental Pollution*, 112, 361-368.
- Swinkbanks, D.D. y Murray, J.W. (1981): *Sedimentology*, 28, 201-237.
- Zazo, C., Goy, J.L., Somoza, L., Dabrio, C.J., Belluomini, G., Improta, S., Lario, J., Bardaji, T., y Silva, P.G. (1994): *Journ. Coastal Res.*, 10, 933-945.