

marinos (Borrego y Pendón, 1988), a modo de llanura aluvial litoral.

### Morfología del sustrato

El inicio de la subsidencia neógena de la cuenca, flexiona el zócalo al S y crea un nivel de base marino para la red fluvial de ese momento. Se instalan así valles procedentes del N, adaptados a fracturas reactivadas, que disectan un relieve aplanado pre-Tortonense de amplia representación en la Meseta (superficie preterciaria) y que ha sido reelaborado con posterioridad.

La cartografía geomorfológica de este borde del Macizo Hespérico (E. 1:200.000) y su correlación con la posición topográfica y ubicación morfológica (E. 1:50.000), de los afloramientos asignados al Tortonense transgresivo, han permitido establecer los rasgos generales del paleorelieve para esos tiempos.

La pendiente topográfica era en rampa suave e inclinada hacia el SSE (1,5-3,0%), entre los meridianos de

Sevilla y Niebla, y S a SSO (<1,5%) al oeste de Niebla; incluso se comprueba la existencia de un amplio umbral a la sedimentación, formado por la sierra del Granado y su prolongación meridional, que creó un buzamiento local al E (1%) con amplia bahía (estuario?).

Los relieves positivos, al igual que en la actualidad, estaban constituidos por resaltes paleozoicos resistentes ONO-ESE, como rocas volcánicas, conglomerados y areniscas. Esto facilitó la existencia de una costa recortada con alternancia de entrantes y salientes, desarrollo de acantilados y plataformas de abrasión y/o mixtas (marino-continental).

El avance transgresivo invadió los relieves continentales de valles e interfluvios, hasta la cota actual de +270 m. (no se han considerado elevaciones tectónicas posteriores), condicionando el tipo de sedimentación y la distribución de subambientes; como ocurre con la relación valles fluviales-deltas, costa rectilínea-playa, acantilados-rasas, etc. Son igualmente frecuentes los altos fon-

dos y los afloramientos rocosos en la plataforma.

### Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al grupo de investigación nº 4079 (Cuaternario y Geomorfología) de la Junta de Andalucía.

### Referencias

- Borrego, J. y Pendón, J. G. (1988): *II Cong. Geol. Esp. SGE*, 1, 47-50.  
 Civis, J.; Sierro, F. J.; González, J. A.; Flores, J. A.; Andrés, I.; Porta, J. de y Valle, M. F. (1987): *Paleontología del Neógeno de Huelva*, 9-21.  
 Marín, J. M. (1988): *II Cong. Geol. Esp. SGE.*, 1, 123-126.  
 Sanz de Galdeano, C. (1989): *I Coll. Neog. Atlant. Medit.*, 87-89.  
 Sierro, F. J. (1984): *Stud. Geol. Salmant.*, 21, 7-85.  
 Sierro, F. J.; González, J. A.; Dabrio, C. J.; Flores, J. A. y Civis, J. (1990): *Paleont. Evol.*, m. e. 2, 209-250.

Recibido el 1 de octubre de 1991  
 Aceptado el 25 de octubre de 1991

## Elementos morfodinámicos responsables de la evolución reciente del estuario bajo del río Guadiana (Huelva).

### *Morphodynamic elements responsables of modern evolution of Guadiana River marine estuary (Huelva, SW Spain).*

J. Borrego (\*); J. A. Morales y J. G. Pendón (\*)

(\*) Universidad de Sevilla, Dpto. Geología y Minería. 21819 Palos Fra., Huelva.

#### ABSTRACT

*Guadiana estuary is located along the mesotidal coast of Huelva (SW Spain) and their modern configuration has been traditionally interpreted in terms of interaction among: 1) Littoral drift; 2) tidal range and 3) Fluvial supply. According to modern sedimentary evolution of this estuary, the interaction of both currents entering/exiting the estuary (flood, ebb and fluvial currents) and flood/ebb tidal currents which goes parallel to shoreline at external littoral zones can be regarded as the driving process of modern coastal configuration.*

**Key words:** *Modern evolution, Tidal currents, Coastal configuration, Guadiana estuary, Huelva.*

*Geogaceta*, 11 (1992), 86-89.  
 ISSN: 0213683X

### Introducción

La configuración actual de la costa de Huelva es consecuencia del efecto de los elementos hidrodinámicos principales a que está sometida

desde la pulsación transgresiva flandriense, que produjo una elevación del nivel del mar de unos 100 m. (Goy *et al.*, 1986). Esta elevación inundó todo el litoral y la parte baja de los ríos, produciéndose la estabili-

zación del nivel del mar después de un descenso de alrededor de 2 m., hace unos 5.000 años (Gabinete A.N.O.P., 1975) y situándose éste en el nivel actual.

En la desembocadura del río Gua-

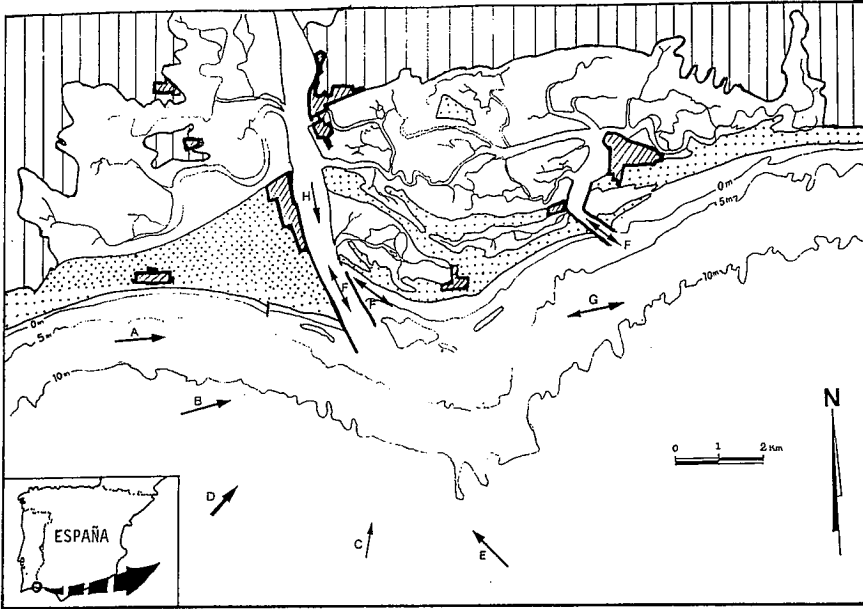


Fig. 1.—Situación del estuario del Guadiana y marco hidrodinámico del litoral de Huelva. A: Corriente de deriva litoral; B: Corrientes de fondo; C: Dirección dominante de aproximación del oleaje; D: Dirección de aproximación del oleaje durante temporales atlánticos; E: Dirección de aproximación del oleaje durante temporales de levante; F: Corrientes mareales (flujo/reflujo) en las zonas internas del estuario; G: Corrientes mareales en las zonas litorales externas; H: Corriente fluvial.

Fig. 1.—Location of Guadiana estuary and hydrodynamic setting of the coast of Huelva. A: Littoral drift current; B: Bottom currents; C: Waves approach direction; D: Waves approach direction during atlantic storms; E: Waves approach direction during storms from East; F: Tidal currents (flood/ebb) in the internal zones of the estuary; G: Tidal currents in the external littoral zones; H: Fluvial current.

diana esta inundación produjo un entrante costero bastante ancho, pero no muy pronunciado, hacia el continente; y debido, probablemente, al encajamiento del río en ese tramo sobre el sustrato (Figura 1).

La morfología de las macroformas sedimentarias que regularizan los principales entrantes costeros, de este sector del Golfo de Cádiz, ha sido tradicionalmente considerada como el efecto de la interacción de una importante componente de deriva litoral, el rango mareal y los aporte fluviales (Ojeda, 1988; Zazo, 1980; Dabrio, 1989; Borrego y Pendón, 1988; entre otros). Y se ha considerado a la deriva litoral como la responsable última de la orientación de las macroformas costeras. No obstante, a partir del estudio de la evolución sedimentaria reciente de la desembocadura del río Guadiana y su comparación con otros modelos de sedimentación costera actual (Oertel, 1975; Nummedal y Fisher, 1978; Sha li Ping, 1990; entre otros), parece evidente la necesidad de añadir un cuarto elemento que explique convenientemente la

evolución sedimentaria reciente de este sector de la costa de Huelva, y la orientación de sus sistemas más importantes.

### Elementos Morfodinámicos

La dinámica sedimentaria responsable de las macroformas costeras presentes en la desembocadura del río Guadiana está controlada por la interacción de tres elementos morfodinámicos que son: El régimen mareal, el oleaje y los aportes fluviales.

1. El régimen mareal. La onda de marea se propaga en el Golfo de Cádiz de sur a norte, aumentando los rasgos de marea en el mismo sentido (Ojeda, 1988). En la costa de Huelva el régimen mareal ha sido calificado como mesomareal, semidiurno y con una leve desigualdad diaria (Borrego y Pendón, 1989). El rango medio de mareas alcanza los 2 metros, superando los 3,50 metros las mareas vivas extremas.

2. El oleaje. En este tramo costero el oleaje dominante procede del

SO (74% del oleaje anual), existiendo una leve diferencia entre invierno (67,6%) y verano (81,3%). La dirección de aproximación de los trenes de olas es N-20°-E a N-30°-E, y no superan los 50 cm. de altura de onda, excepto en los temporales del SO en los que pueden superar el metro (Dabrio *et al.* 1980). La interacción de estos trenes de olas provoca una componente de transporte neto de sentido oeste-este (deriva litoral).

3. Los aportes fluviales. El río Guadiana es el principal elemento de la red hidrográfica ibérica que drena en el Atlántico y su cuenca tiene una extensión de 66.889 Km<sup>2</sup> (Ojeda 1988). Su régimen de aportes, está caracterizado por una importante estacionalidad dependiente de las aportaciones pluviales de su cuenca de drenaje. El mes de mayor aporte medio es febrero (1082 Hm<sup>3</sup>), seguido por enero (937 Hm<sup>3</sup>) y marzo (987 Hm<sup>3</sup>); el mes de menos aporte es agosto (41 Hm<sup>3</sup>). La aportación anual media es de 4.925 Hm<sup>3</sup> (para el período 1947-90), pero hay que destacar su importante irregularidad interanual con años muy secos donde se pueden alcanzar los 251 Hm<sup>3</sup>, y años húmedos con aportes de 13.880 Hm<sup>3</sup>. Con todo, el río es la vía de aporte sedimentario más importante de este sector costero; aunque estos aportes han disminuído considerablemente en los últimos años, como consecuencia de la intensa regulación que sufre su cuenca de drenaje.

### Evolución sedimentaria reciente

En la figura 2 se recogen las cartografías realizadas en base a la interpretación de los datos cartográficos existentes para estos últimos dos siglos (1793-1991) de la desembocadura del río Guadiana. A partir del análisis de estas cartografías se puede observar cómo la regularización de la costa se produce mucho antes en el lado portugués (poniente), que en el lado español (levante). Ya en 1793 la formación arenosa que constituye la Punta de Santo Antonio está consolidada y emergida, mientras que a levante sólo aparece emergida la contraflecha de Isla Canela.

La otra observación importante reside en el aspecto recurrente que pre-

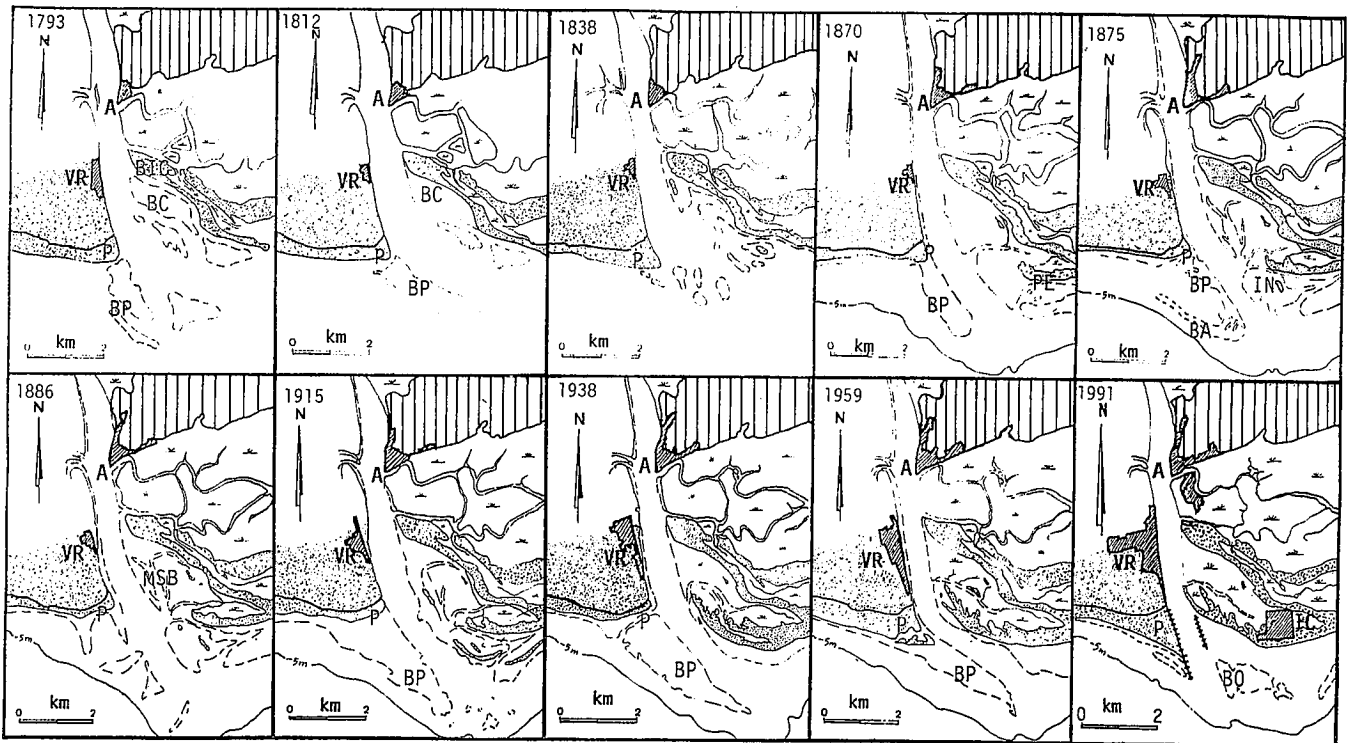


Fig. 2.—Evolución histórica reciente del estuario marino del Guadiana (Periodo 1793-1991). A: Ayamonte; VR: Villareal; IC: Isla Canela; BP: Bajos de poniente; BC: Bajo de las Canaletas; P: Punta De Santo Antonio; BIC: Barra de la Isla de Canela; PE: Punta de la Espada; IN: Isla Neutra; BA: Bajo de las Almas; MSB: Marisma de San Bruno; Bajo do O'Bril.

Fig. 2.—Modern historic evolution of Guadiana marine estuary (Period 1793-1991). A: Ayamonte; VR: Villareal; IC: Canela Island; BP: Western Shoalings; BC: Las Canaletas shoaling; P: Santo Antonio cap; BIC: Isla Canela bar; PE: La Espada cap; IN: Neutra Island; BA: Las Almas shoaling; MSB: San Bruno marsh; BO: O'Bril shoaling.

senta el crecimiento y orientación de los bajos asociados a la Punta de Santo Antonio, y a la diferente orientación que tiene el canal principal en función de la evolución de estos bajos. Así, se puede ver cómo al ir desarrollándose y creciendo este bajo, su migración hacia el NE, obliga a desplazarse en la misma dirección al canal principal. El crecimiento de estos bajos se debe a periodos de dominio relativo de la actividad de las olas sobre las corrientes de refluo marea, asociadas a los aportes fluviales. En los momentos de menor desarrollo de los bajos, el canal principal vuelve a situarse más hacia el oeste (1886). La destrucción parcial o total de éstos, coincidirá con grandes avenidas del río Guadiana y/o grandes tormentas; y por lo tanto con un dominio relativo de las corrientes de salida del estuario (La situación de 1838 coincide con una gran avenida histórica del río).

Esta dinámica recurrente, se ve modificada con la construcción de los espigones de protección de la entrada del estuario.

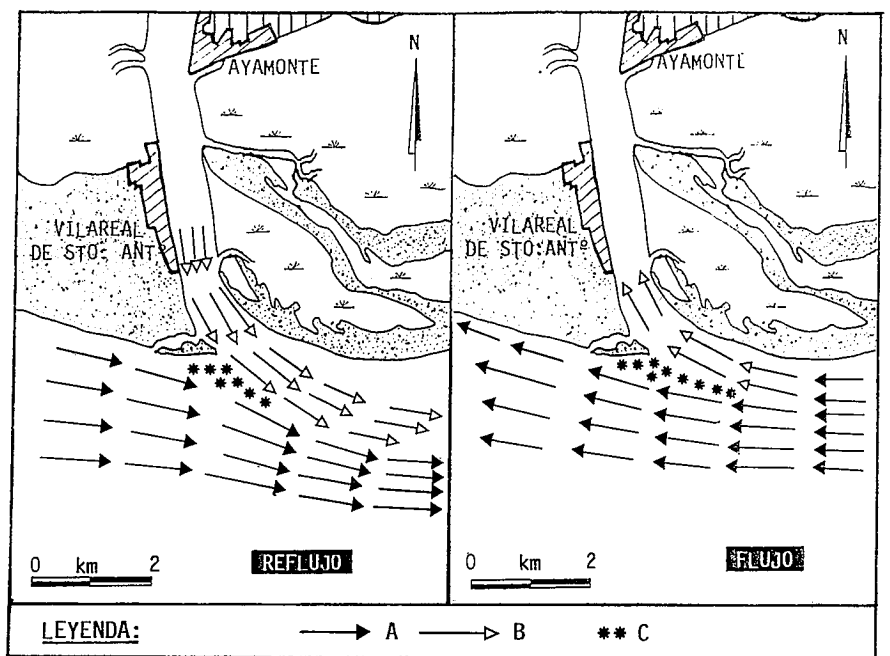


Fig. 3.—Modelo hidrodinámico en la desembocadura del río Guadiana. A: Corrientes mareales (flujo/reflujo) en las zonas litorales externas; B: Corrientes mareales (flujo/reflujo) en las zonas internas del estuario, C: Zonas de sombra dinámica.

Fig. 3.—Hydrodynamic model in Guadiana River-mouth. A: Tidal currents (flood/ebb) at the external littoral zones; B: Tidal currents (flood/ebb) at the internal zones of the estuary; C: Dynamic shadow zones.

## Discusión y conclusiones

Atendiendo a la clasificación de Hayes (1979), la desembocadura del río Guadiana se encontraría en una situación de costa dominada por la acción de las mareas (rango mareal medio 2,20 m. y altura media de olas inferior a 50 cm.). En estas condiciones, la importancia de las corrientes de marea en la desembocadura del río Guadiana sería superior que en las costas de Georgia o el este de las islas Frisian ( en la zona alemana del Mar de Wadden), ya que la altura de onda media del oleaje en el sector que nos ocupa es bastante inferior, para rangos mareales relativamente similares en las tres regiones.

La comparación de este sector costero con modelos propuestos para otras costas (Oertel, 1975; Sha li Ping, 1990), permite esbozar un nuevo modelo hidrodinámico. Así pues, en contra de las concepciones tradicionales, consideramos que la corriente de deriva litoral no es el factor determinante de la dirección de crecimiento y orientación de las principales macroformas presentes en la desembocadura del río Guadiana. A nuestro entender, la responsable directa debe de buscarse en la interacción de las corrientes

de entrada y salida del estuario (flujo, reflujo y aporte fluvial), y corrientes de flujo y reflujo mareal paralelas a la línea de costa (Figura 3). La intersección de la corriente de reflujo de salida del estuario con una corriente de reflujo externa, paralela y en sentido oeste-este, dará lugar a la aparición de una zona de sombra dinámica en el margen portugués y otra de erosión y/o *bypassing* activo, en la zona española. Para una dirección de flujo externo en sentido este-oeste, la situación sería la misma.

Sin embargo, si las condiciones de reflujo externo fueran las contrarias, es decir en sentido este-oeste, se invertirían las condiciones de sedimentación y erosión. La sombra dinámica se produciría en la margen española (levante) y, para las condiciones actuales de oleaje dominante, parece poco probable pensar que la deriva litoral asociada a éste pudiera actuar de contrapeso suficiente como para imponer condiciones de orientación contrarias.

## Agradecimientos

Trabajo financiado por la CICYT, proyecto de investigación PS890113.

Así mismo agradecemos la colaboración de M. Gil (Puerto Autónomo de Huelva), que nos ha proporcionado las cartografías antiguas de la costa de Huelva.

## Referencias

- Borrego, J. y Pendón, J. G. (1989): *Geoligis*, 3, 125-131.
- Dabrio, C. J. (1989): In A. Arche—*Coord—C.S.I.C.*, 541p.
- Gabinete A.N.O.P. (1975): Informe inédito, 213 p.
- Goy, J. L.; Zazo, C.; Dabrio, C. J. Hillaire-Marcel, C.L. (1986): In *Change-ments Globaux en Afrique durant le Quaternaire Passée-Présent et Future*. Ed. Orstom, París, 197, 169-172. ayes, M. O.
- Hayes, M. O. (1979): *Estuarine Res.*, 2, 3-22.
- Nummedal, D. y Fisher, I. A. (1978): *16th Coast Enq. Conf. Am. Soc. Civil Engrs.*, 1215-1231.
- Oertel, G. F. (1975): *Estuarin Res.*, 2, 267-276.
- Ojeda, J. (1988): *Tesis Doct. Univ. Sevilla* (Inédita), 411 p.
- Sha, L. P. (1990): *Geol. Ultraiectina* 64, 160 p.
- Zazo, C. (1980): *Tesis Doct. U. C. M.*

Recibido el 1 de octubre de 1991  
Aceptado el 25 de octubre de 1991

# Efectos derivados de las actuaciones antrópicas sobre los ritmos de crecimiento de la flecha litoral de El Rompido (Huelva)

## *Derived effects of Artificial Constructions on Growth Patterns from El Rompido Spit (Huelva, SW Spain)*

J. Borrego (1); J. A. Morales (1) y J. G. Pendón (1)

(1) Universidad de Sevilla, Dpto. Geología y Minería, 21819 Palos Fra., Huelva.

## ABSTRACT

Factors which mainly controls the evolution of depositional environments along the mesotidal coast of Huelva (SW Spain) are: 1) Sediment supply; 2) Hydrodynamic setting and 3) Artificial constructions. These factors are taken into account in this note to analyse growing in the recent past of a spit located along Piedras River mouth. It is concluded that decreasing of tidal prisma entering this estuary, caused by both natural and artificial factors, is the responsible of spit growth.

**Key words:** Spit growth, Artificial constructions, Hydrodynamic setting, Huelva.

*Geogaceta*, 11 (1992), 89-92.  
ISSN: 0213683X