

Investigaciones Geológicas en la Costa de Huelva: balance y perspectivas

Geological researchs along the Coast of Huelva: Balance and perspectives.

J. G. Pendón

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. La Rábida. Palos de la Frontera. 21819 Huelva. España

ABSTRACT

Research results of works developed along the Huelva coast, s.w. Spain, are commented. The concept of coast is introduced within the interdisciplinary contributions of its studies from the classic antiquity. It is concluded with a perspective of future research lines centered on: (1) the modeling of high-resolution seismic reflections of the Holocene infilling; (2) increase of radiometric dating (^{14}C , ^{210}Pb , etc.) of coastal sequences as related to recent sea-level fluctuations; (3) increase of the vibracoring network on Holocene sediments; (4) determination of the origin and evolution of the geochemical composition of the Holocene sediments; and (5) modelling of the sedimentary transfer continent/ocean along the Gulf of Cadix.

Key words: *research history, research results, perspective, Coast of Huelva, Southwestern Spain.*

*Geogaceta, 21 (1997), 3-8
ISSN: 0213683X*

Introducción

La superficie de la Tierra comporta una variedad enorme de terrenos, desde montañas a valles y desde llanuras a mesetas. Las formaciones geológicas que los constituyen varían en edad y composición, y muchas de ellas quedan cubiertas por sedimentos. Pero en la costa, unión de Tierra y Océano, puede observarse con relativa facilidad la interacción de los procesos físicos naturales con los elementos geológicos infrayacentes. Así, los principios fundamentales que controlan la naturaleza y desarrollo de los medios costeros, se entroncan con rasgos geológicos básicos de la corteza de la Tierra, junto con características y procesos de los márgenes oceánicos.

La costa es el límite más extendido de nuestro planeta, que cubre una franja estrecha a escala global; pero se extiende a todos los climas, provincias geológicas y localidades geográficas. Así, las costas figuran entre nuestras más preciadas fuentes de recursos naturales (p.e. protección, lugares residenciales y de recreo, etc.). Por lo que esta frágil porción de la Tierra está amenazada por abuso, maltrato y/o sobreexplotación. No es indestructible, pero su destrucción no se deriva de los procesos naturales sino de la intervención humana en los sistemas naturales. Un mejor conocimiento de la dinámica y evolución costeras nos permitirá a todos tomar decisiones justificadas acerca de su futuro. Para nosotros, geólogos, el ocuparnos de esta última pági-

na del libro de la historia de la Tierra (Holoceno) puede ser útil, también, en cuanto a formación sobre la manera de aprehender el estudio del registro estratigráfico o geológico.

En la orilla norte del Golfo de Cádiz, la costa de Huelva, se distinguen una serie de medios costeros (marismas, estuarios, flechas litorales, playas, etc.) como resultado

de la última elevación del nivel del mar (Transgresión Flandriense, Holoceno). Los estudios de este transecto costero del Golfo de Cádiz se remontan casi a los albores de las primeras civilizaciones, al menos de las que disponemos de vestigios. Ya en la antigüedad clásica (Tab. 1) puede desprenderse, de los textos del historiador y geógrafo griego Estrabón, el inicio de las construc-

AUTOR	TRABAJO	APORTACIÓN
ESTRABÓN (1100 A.C.)	3 viajes desde Tiro a Occidente	Primeros ganchos Isla Saltés
HEMILCO (s. VI a.C.)	Periplo costa S Iberia	Laguna Estigia=Ría Huelva, Isla Cartare=Isla Saltés, Ganchos Isla Saltés
PTOLOMEO (s. II a.C)	Tablas	Descripciones
POMPONIO DE MELA (I a.C)	Chronografía	Descripciones
PLINIO (23 a.C.)	Historia Naturalis	Descripciones
EL EDRISI (s.XII)		Asentamiento población (Gancho El Almendral, Isla Saltés)
COELLO (1869)		Descripciones geográficas
MONTOJO (1873)		Descripciones geográficas
TERRERO (1952/1954)		Descripciones geográficas

Tabla 1.- Referencias clásicas de la costa de Huelva. Fuente de datos: Rubio (1985) y Borrego (1992).

Table 1.- Classic references of the Huelva coast after Rubio (1985) and Borrego (1992).

APORTACIÓN	AUTORES
APORTE SEDIMENTARIO	Pérez-Mateos y Riba (1961) Pérez-Mateos et al. (1982)
EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	Gonzalo y Tarín (1888); San Miguel de la Cámara (1913); Vanney (1970); Copelro (1977); Vanney y Menanteau (1979); Ménanteau (1982); Rodríguez-Vidal (1987ab); Dabrio y Zazo (1988); Ojeda (1988) Flor (1990); Rodríguez-Ramírez (1996)
MARCO DINÁMICO	Fernández-Lopez (1983 y; Stevenson (1977)-en Ojeda (1988)-; Mélières (1974); Menanteau et al. (1973); Lacombe (1971); Lab. Engh. Civ. Lisboa (1971); Suarez-Bores (1970; 1977)
MEDIOS SEDIMENTARIOS	IGME (1974) Dabrio et al. (1980; 1986); Dabrio (1982ab) Clemente et al. (1985); Requena et al. (1991) Zazo et al. (1994); Hernández-Molina et al. (1993; 1994)
CONTENIDO BIOLÓGICO	Horowitz (1981) Figueroa y Rublo (1981); Rublo (1985)
DATAACIONES	Menéndez-Amor y Florschütz (1964) Caratini y Vigular (1973) Mélières (1974) Zazo et al. (1981; 1994; 1996) Rodríguez-Ramírez et al. (1996)

Tabla 2.- Algunos trabajos recientes en la costa de Huelva.

Table 2.- Some recent works developed along the coast of Huelva.

ciones de flechas litorales en Isla Saltés en el año 1100 antes de Cristo. En la descripción del periplo de Hemilco, se ha querido reconocer su Laguna Estigia o Erebea como la actual Ría de Huelva, en la que desembocan dos ríos "infernales"; según consta en el texto de La Odisea. En esta línea, hay que citar los argumentos geográficos presentes en las obras de otros autores (Plinio, Pomponio de Mela, Ptolomeo, etc.).

El Edrisi, geógrafo árabe, menciona la presencia de una población importante en Isla Saltés, asentada sobre el gancho arenoso de El Almendral. Referencias posteriores de los últimos siglos, englobadas aquí como clásicas desde un punto de vista científico, aunque informal, son las descripciones geográficas de la franja litoral de Huelva que realizan, entre otros, Coello (1869), Montojo (1873) y Terrero (1954).

Los datos de análisis

En lo que concierne a los trabajos modernos (Tab. 2), estudios abordados en la edad contemporánea que arrancan, fundamentalmente, con el inicio del siglo presente; sin tratar de exponer aquí un árido inventario exhaustivo, conviene significar que comprenden aspectos muy variados; tales como la evolución geomorfológica costera (Gonzalo y Tarín, 1888; San Miguel de la Cámara, 1913). Este último autor es el primero que pone en evidencia el papel de la componente de deriva litoral en esta

costa, que marcha desde Occidente hacia el Este, y distinguiendo una tendencia regresiva en el sector occidental y otra transgresiva en la costa oriental de Huelva. Se consideró inicialmente que el aporte sedimentario a los diferentes medios costeros procede de los ríos principales, y de la remoción de los acantilados arenosos (Pérez-Mateos y Riba, 1961; Pérez-Mateos et al., 1982).

Un estudio geomorfológico detallado de los relieves costeros permite agrupar las dunas en formas heredadas y formas funcionales (Vanney y Menanteau, 1979). Flor (1990), por su parte, establece una clasificación de los complejos dunares de esta costa según se trate de: (1) dunas actuales activas ligadas a playas, (2) dunas activas desconectadas de la playa, (3) dunas subactuales activas, (4) dunas subactuales fijadas por la vegetación y (5) dunas pleistocénicas

Rodríguez-Vidal (1987ab) se ocupa de la evolución reciente de este sector costero, en base a los datos proporcionados por autores anteriores y propone un modelo de evolución geomorfológica de la flecha litoral de Punta Umbria, estuario del Río Odiel, en el que distingue cinco etapas de acuerdo con la igualdad en las direcciones de bermas antiguas a uno y otro lado del canal principal. Dabrio y Zazo (1988) realizan una descripción morfológica de la costa de Huelva, de su evolución holocena, e interpretan algunas modificaciones de los procesos como consecuencia de la actividad humana.

Se ha estudiado, recientemente, el manejo de las unidades geomorfológicas distinguidas en este transecto costero, desde el punto de vista de la gestión del litoral en base al estudio de la dinámica costera mediante técnicas de teledetección con tratamiento de imágenes de satélite (Ojeda, 1988). Rodríguez-Ramírez (1996) correlaciona algunas unidades geomorfológicas, distinguidas en el litoral neógeno. cuaternario, con el contexto dinámico de la costa.

El marco hidrodinámico del Golfo de Cádiz está constituido por la presencia de tres masas de aguas con diferentes caracteres físico-químicos (p.e. Fernández-López, 1983): (1) agua atlántica superficial en las plataformas ibérica y africana, que se desplaza en dirección al Estrecho de Gibraltar; (2) agua mediterránea más densa y profunda, desplazándose desde el Estrecho de Gibraltar hacia el oeste y condicionada por la morfología de los fondos submarinos y el flujo general del océano Atlántico; y (3) agua mixta, asociada a la presencia de accidentes submarinos significativos, p.e. cañones submarinos, que propician la mezcla de las dos aguas originales.

Las aguas superficiales circulan, en el Golfo de Cadiz, de forma que las procedentes del norte se dirigen hacia el sur y se bifurcan, a la altura del cabo de San Vicente, en dos ramas (Stevenson, 1977): (1) una, con movimiento anticiclónico, que se bifurca en el Estrecho de Gibraltar y entra en el Mediterráneo; continuando la otra componente en dirección a Canarias; y (2) la segunda rama, que desde el Cabo de San Vicente continúa en dirección a Canarias.

La vena de agua mediterránea, que se une al entrante del Estrecho de Gibraltar, puede interferir con la marea invirtiendo, así, la dirección en los 200 m. superficiales y en función del momento del ciclo mareal (Menanteau et al., 1983); por causa del Efecto Coriolis se desvía hacia la derecha en el meridiano 6° 30' y a 800 m. de profundidad (Mélières, 1974). Con todo, la diferencia de volumen entrante y saliente (60.000 m³/s) puede representar la compensación necesaria para equilibrar el balance hídrico del Mediterráneo (Lacombe, 1971; Mélières, 1974).

El oleaje que se aproxima a este transecto costero ha sido estudiado, también, en relación con las numerosas obras de infraestructura realizadas durante las últimas décadas, con lo que se caracterizaron algunos parámetros del oleaje escalar y algunas dominancias regionales (Suarez-Bores, 1970 y 1977; Laboratorio de Ingeniería Civil da Lisboa, 1971; Copeiro, 1984; etc.), con ausencia de una caracterización precisa del oleaje direccional. También

se conoce el desplazamiento de la onda de marea en el Golfo, su carácter mesomareal y sus incrementos de rango a lo largo de su recorrido (p.e. Vanney, 1970; Mélières, 1974; Ojeda, 1987).

El conocimiento acerca de los diferentes medios sedimentarios albergados a lo largo de esta región puede establecerse que parte de un buen informe inédito en base a la aplicación de sísmica de reflexión en la plataforma adyacente (IGME, 1974). Posteriormente aparecen estudios puntuales que describen algunos aspectos; como, por ejemplo, Dabrio *et al.* (1980) que, después de ocuparse de las generalidades dinámicas y la distinción de medios en esta costa, la caracterizan como mesomareal de baja energía y tratan algunos efectos de la actividad humana sobre estos medios. Se ha interpretado, también, la secuencia de facies en un sector de playa abierta, comparándolos con medios similares pero de carácter micromareal, así como la evolución reciente de la costa de Huelva en base a referencias históricas, mapas antiguos y fotogramas aéreos actuales (Dabrio *et al.*, 1982ab)

Clemente *et al.*, (1985) reconstruyen medios sedimentarios del estuario del Río Odiel y la evolución de su relleno sedimentario, al interpretar una serie a partir de sondeo con recuperación de testigos; medio en el que posteriormente se caracteriza la mineralogía y geoquímica del sedimento en su curso fluvial (Requena *et al.*, 1991). La evolución histórica de la flecha del estuario del Río Piedras pudo ser distinguida en tres etapas, de acuerdo con el dominio del oleaje o de la marea y en función de las características del aporte sedimentario (Dabrio *et al.*, 1986). Zazo *et al.*, (1994) interpretan el crecimiento de la flecha del estuario del Río Piedras en relación con etapas de dominio del oleaje, como consecuencia de la alternancia de condiciones ciclónicas (retrogradación) y anticiclónicas (progradación de barras) en relación con fenómenos meteorológicos del Estrecho de Gibraltar. En condiciones ciclónicas se desarrollan superficies de "swale", que separan los ganchos.

Estudiada la estructura sedimentaria del mar de Alborán (Hernández-Molina *et al.*, 1993), se aplican perfiles sísmicos de alta resolución en cinco sectores del margen continental español (Hernández-Molina *et al.*, 1994) y se interpreta la secuencia deposicional tipo de la plataforma que, para el caso de la adyacente a la costa de Cádiz, se considera similar a un modelo de rampa poco subsidente y en donde la curva eustática no es una transgresión simple, sino que viene modelada por tres grupos de ciclos con diferente período.

APORTACIONES	AUTORES
DOMINIOS ESTUARINOS	Borrego (1988)
RÉGIMEN/CICLOS MAREALES	Borrego y Pendón (1989b)
MODIFICACIONES ANTRÓPICAS	Borrego y Pendón (1988; 1989a)
DINÁMICA MAREAL (ESTUARIO GUADIANA)	Borrego <i>et al.</i> (1992a) Morales <i>et al.</i> (1994) Morales (1993; 1995ab; in rev.)
DINÁMICA MAREAL (ESTUARIO PIEDRAS)	Borrego <i>et al.</i> (1992c; 1993); Jimenez <i>et al.</i> (1995)
DINÁMICA MAREAL (ESTUARIO ODIEL)	Borrego (1992)
OLEAJE	Borrego (1992); Borrego <i>et al.</i> (1993) Morales (1993; 1995a; in rev.)
APORTE FLUVIAL	Borrego (1992); Borrego <i>et al.</i> (1993) Morales (1993; 1995a; in rev.)
COSTA ENERGIA MIXTA	Borrego <i>et al.</i> (1995b); Pendón <i>et al.</i> (in rev.) Morales <i>et al.</i> (este vol.)

Tabla 3.- Referencias de trabajos realizados en la costa de Huelva por miembros del Grupo de Sedimentología aplicada de la Universidad de Huelva: Aportaciones a la dinámica costera.

Table 3.- Reference of works developed along the Huelva coast by the Applied Sedimentology Group of the Huelva University: Contributions to coastal dynamics.

Otros autores se han ocupado del contenido biológico de los sedimentos: al estudiar el pólén en distintos ambientes de la llanura costera Horowitz (1981) establece dos periodos evolutivos en el Holoceno; las comunidades vegetales que soporta el medio físico del estuario del Río Odiel, así como las implicaciones ecológicas de estos medios mareales, también son conocidas (Figueroa y Rubio, 1981; Rubio, 1985).

Las primeras dataciones radiométricas en estos sedimentos costeros conducen a concluir que el medio parálico de la Laguna de las Madres hubo de estar incomunicado con el mar hace, al menos, algo más de 5000 años y, posiblemente, debido al desarrollo de cordones litorales de dunas (Menéndez-Amor y Florschütz, 1964). Con anterioridad, entre los 7000 y 5000 años BP, el nivel del mar hubo de estar varias decenas de metros por debajo de su nivel actual (Caratini y Viguier, 1973). Se propuso que el nivel del mar actual hubo de estabilizarse a finales de la transgresión Flandriense (Holoceno) hace unos 7000-6000 años (Mélières, 1974). Zazo *et al.*, (1981) proporcionan una edad comprendida entre los 12000 y 41000 años BP para los restos de turba que aparecen en el cantil de la Torre del Loro, previamente estudiada por Caratini y Viguier (1973) y Pastor y Leiva (1976).

En el estudio de la flecha litoral del estuario del Río Piedras se ha considerado que el inicio de su crecimiento se produjo hace unos 6900 años BP (Zazo *et al.*, 1994) y, como consecuencia de cambios meteorológicos en áreas relacionadas (mar de Alborán), se suceden diferentes etapas de crecimiento.

Se ha interpretado la curva eustática holocena en el Golfo de Cádiz (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 1996; Zazo *et al.*, 1996) como consecuencia del ascenso del nivel del mar después del último estado glacial. La desaceleración de este ascenso originó depósitos de turba en los valles fluviales inundados (p.e. 10000 a BP, 9000 a BP, etc.). La dinámica posterior al máximo flandriense consiste en una sucesión de periodos progradantes y erosivos, como consecuencia de la alternancia de situaciones ciclónicas y anticiclónicas y sus influencias concretas en la franja litoral.

Hay que hacer referencia, finalmente, a la existencia de muchos otros estudios científicos y tecnológicos que no están publicados y figuran como informes inéditos de algunos organismos (Instituto Español de Oceanografía, Agencia del Medio Ambiente de Andalucía, Ministerio de Fomento, CEDEX, Autoridad Portuaria de Huelva, etc.)

Por otra parte, las investigaciones realizadas por miembros del grupo de

APORTACIONES	AUTORES
LITOFACIES ESTUARINAS	Morales y Pendón (1996) Pendón y Morales (1995; in press) Borrego et al. (1992d)
MODELOS PREDICTIVOS	Pendón -Ed- (1996) Morales (in rev.): GUADIANA Borrego et al. (1995ac): ODIEL y PIEDRAS Borrego et al. (1990a) y Pendón et al. (1995; in rev.): DOMINGO-RUBIO Morales et al. (este vol.): TINTO
MINERALOGÍA y GEOQUÍMICA	Borrego et al. (1990b; 1992b) González-Regalado et al. (1992) Borrego (1992); Morales (1993) López y Borrego (1995) Borrego et al. (1994ab; in rev.)
CONTENIDO BIOLÓGICO	González-Regalado et al. (1991; 1996) Ruiz-Muñoz (1995), Ruiz-Muñoz et al. (1994; 1996; in press)
TRANSGRESIÓN HOLOCENA	Borrego et al. (in prep.): 8720, 5390 aBP Pendón et al. (in rev.): 3090, 300 aBP

Tabla 4.- Referencias de trabajos realizados en la costa de Huelva por miembros del Grupo de Sedimentología aplicada de la Universidad de Huelva: Aportaciones a los medios deposicionales.

Table 4.- Reference of works developed along the Huelva coast by the Applied Sedimentology Group of the Huelva University: Contributions to depositional environments.

Sedimentología Aplicada de la Universidad de Huelva, han permitido compilar una base de datos acerca de procesos y productos sedimentarios intervinientes en este sector litoral. Se desarrollaron los estudios de varias tesis doctorales acerca de la dinámica costera y arquitectura de facies de algunos sistemas estuarinos: el del Río Odiel (Borrego, 1992) y el del Río Guadiana (Morales, 1993); existiendo otras actualmente en

curso de elaboración, sobre esta misma temática (estuario del Río Piedras) como, también, sobre la evolución geoquímica del relleno estuarino (agua y sedimento).

Con los diferentes proyectos de investigación ejecutados, se ha realizado una serie de aportaciones, que se pueden englobar siguiendo el orden de esta exposición de la manera siguiente (Tab. 3 y 4):

En este sentido, nos ocupamos en pri-

mer lugar de dinámica costera, que se inició describiendo los dominios estuarinos identificados en la desembocadura del Río Odiel y analizando la interrelación procesos/productos sedimentarios (Borrego, 1988) y la caracterización del régimen y ciclo mareales en la costa de Huelva (Borrego y Pendón, 1989b) como mesomareal, semidiurno y con una oscilación diaria leve, en el que diferentes niveles críticos de marea por causa de las fluctuaciones del rango mareal, pueden aparecer registrados a lo largo de la costa. La modificación de la dinámica costera por causa de las actuaciones humanas en la Ría de Huelva ha sido otro tema abordado (Borrego y Pendón, 1988, 1989a).

Se interpretó la dinámica mareal en la desembocadura del estuario del Río Guadiana (Borrego *et al.*, 1992a) como interacción de las corrientes de reflujo desde el interior del estuario, con una característica evolución a lo largo del ciclo mareal (Morales, 1995b), con las corrientes mareales que contornean la costa abierta; la recurrencia entre el dominio mareal y el del oleaje que se traduce en una sucesión de marismas y flechas (Morales *et al.*, 1994). Se dispone, así, de una caracterización exhaustiva del marco dinámico costero en la desembocadura y en el interior de este estuario con referencia a los procesos, oleaje, mareas y aporte fluvial (Morales, 1993; 1995; *e in rev.*).

Del mismo modo se puede argumentar para otros estuarios de esta costa: el del Río Piedras (Borrego *et al.*, 1992c; 1993; 1995c), o el del Río Odiel (Borrego, 1992). Como consecuencia de estas aportaciones pudo interpretarse este transecto costero, en función de los valores medios de la energía de los procesos actuantes como un tipo de costa de energía mixta, pero dominada por la acción de la marea (Borrego *et al.*, 1995b) y que ha pasado a ser dominada por la acción del oleaje como consecuencia del paleorrelieve inundado durante la transgresión holocena y el relleno sedimentario de los sistemas estuarinos (Borrego *et al.*, 1995b). El resto de sistemas deposicionales del sector avalan esta interpretación (Morales *et al.*, este volumen; Pendón *et al.*, *in rev.*).

La consideración de estos estuarios como sistemas deposicionales permitió la interpretación conjunta de procesos y productos; es decir, medios y facies. Lo que equivale a la interpretación de las litofacies estuarinas identificadas en superficie y en testigos (subsuelo) como facies deposicionales del relleno de estos sistemas (Morales y Pendón, 1995; Pendón y Morales, 1995; *e in press*); de los que se dispone de modelos predictivos (Pendón -ed-, 1996) para los cinco estuarios del sector occidental de

CRITERIOS	LÍNEAS
Unificación y complementariedad diferentes líneas investigación distintos equipos	-1: modelado sísmico de relleno de los entrantes costeros -2: dataciones C14 -3: arquitectura facies -4: evol. geoquímica -5: intercambio de sedimento

Tabla 5.- Criterios y perspectivas de líneas de investigación futuras a desarrollar en la costa de Huelva.

Table 5.- Criteria and perspective of future research lines to develop along the coast of Huelva.

la costa de Huelva como se indica en la Tabla 3, tanto para el estuario del Guadiana (Morales, *in rev.*), los del Piedras y Odiel (Borrego *et al.*, 1995a y c), el del Domingo-Rubio (Borrego *et al.*, 1990a; Pendón *et al.*, 1995; *in rev.*) y el del Río Tinto (Morales *et al.*, este volumen).

Se amplió la caracterización de las facies estuarinas delimitando sus contenidos mineralógico y geoquímico; así, por ejemplo, se interpretó el contenido de algunos minerales pesados en función de la dinámica natural del medio (Borrego *et al.*, 1990b; González-Regalado *et al.*, 1992; Borrego, 1992; Morales, 1993); otro tanto con las relaciones CO/S en el sedimento y agua (López y Borrego, 1995; Borrego *et al.*, *in rev.*), que fundamentan la presencia de sulfuros framboidales de hierro en los sedimentos estuarinos (Borrego *et al.*, 1992b). El contenido biológico de los sedimentos costeros, así como su significado ecológico mediante el análisis de las implicaciones ambientales de foraminíferos y ostrácodos, fué puesto en evidencia para medios naturales poco o nada contaminados (González-Regalado *et al.*, 1991 y 1996; Ruiz-Muñoz, 1995; Ruiz-Muñoz *et al.*, 1994; 1996; *in press.*).

Se documentó, desde el punto de vista sedimentario-litológico como, también, con las asociaciones biológicas y sus implicaciones ecológicas, el inicio y desarrollo de la transgresión flandriense en la costa de Huelva y en relación con otras áreas del Golfo de Cádiz (Borrego *et al.*, *in prep.*), que consiste en dos estadios que sintetizan la transgresión regional (Holoceno) en la costa de Huelva: (1) el primero de ellos comprendido entre los 8720 ± 260 y 5390 ± 155 aBP, y que supone una elevación continua del nivel del mar durante el que se desarrollan sucesivamente acreción estuarina, corrientes mareales de alta energía y, finalmente, la acción del oleaje; y (2) el segundo -5390 ± 155 años BP a la actualidad- con un nivel del mar estabilizado en el que se produce el decrecimiento vertical de la energía de las corrientes mareales, lo que favorece el depósito en canales mareales someros y en zonas de marisma.

Pendón *et al.*, (*in rev.*) puntualizan este mismo fenómeno, en cotas topográficamente más elevadas, de estuarios adyacentes y de acuerdo con el significado ambiental de los medios y facies estuarinos presentes. Con todo, puede matizarse que la transgresión holocena en la costa de Huelva, después de su inicio regional, se realiza según tres estadios (1) uno inicial -3090 ± 60 a BP- y dominado por la acción de la marea, con fuertes corrientes en canales muy energéticos de un medio marino

abierto; (2) un periodo dominado por la acción del oleaje -hasta los 300 ± 80 aBP- durante el que se introduce arena al interior de los estuarios, a la vez que se construyen las flechas litorales arenosas y, finalmente, (3) un segundo estadio dominado por la acción de la marea -desde 300 ± 80 aBP hasta la actualidad- en el que las corrientes mareales, ya más débiles, distribuyen el sedimento.

Perspectivas

La ampliación, durante los últimos años, de la base de datos acerca de procesos y productos sedimentarios intervinientes a lo largo de la costa de Huelva constituye un panorama alentador para los estudiosos de la temática. Permítaseme hacer una llamada de atención a una serie de puntos, que consideramos candentes en esta investigación. Son los siguientes:

Se necesita de unificar y complementar las líneas de investigación de los diferentes equipos que trabajan en la región. De unificar, al menos, los esfuerzos; de no ocuparnos de un único tema desde los diversos puntos de vista. Quizá el establecimiento de reuniones periódicas pudiera solventar esta carencia.

Hay que profundizar en algunas líneas aún esbozadas. Tales como, a título de ejemplo, son más urgentes para nosotros en este momento (Tab. 5) las siguientes:

(1) el modelado sísmico (de reflexión) del relleno holoceno en los entrantes costeros y plataforma litoral adyacente.

(2) el aumento de las dataciones radiométricas mediante técnicas de ¹⁴C, en sedimento carbonoso y restos de conchas, de las secuencias holocenas y su relación directa con la interpretación de las fluctuaciones recientes del nivel del mar.

(3) completar y refinar la arquitectura de facies deposicionales costeras, mediante el aumento de la malla de estaciones de testificación por vibración ("vibracoring"), que permite la obtención de testigos largos y sin apenas deformación.

(4) El estudio de la evolución de la composición geoquímica de los sedimentos holocenos, tanto lateral como en la vertical (ésta última apoyada en los testigos largos de vibración) y junto con el estudio detallado de algunos metales pesados. Con ello, podrá llegarse a delimitar y caracterizar la presencia de contaminantes en esta costa, con atribución precisa a causas industriales, urbanas y/o naturales o históricas.

(5) Modelización del traspaso de sedimento desde el continente al océano, a través de la línea de costas. Cuantificar el volumen de sedimento que interviene en el in-

tercambio dinámico (lateral y vertical), sobre todo en las playas y en el interior de los estuarios.

No conviene olvidar que estos estudios científicos futuros deberán acompañarse con los estudios tecnológicos en la región. Y, en esta línea, hay que hacer la pertinente llamada a la Administración, en sus tres vertientes, local, regional y estatal. Para que sirva y actúe como almacén y catalizador, que vertebré los esfuerzos investigadores de la Universidad y Organismos de investigación. Que, en la medida de lo posible, los criterios políticos de la Administración (p.e. Autoridad Portuaria de Huelva, Agencia del Medio Ambiente, etc.) se tornen factibles para abordar la problemática científica en la investigación.

En relación implícita con la investigación, hay que indicar el inicio del Programa EUROMASTER de la Unión Europea, que tuvo lugar en Gante (Bélgica) durante la semana pasada. Dicho Programa está inmerso en el LEONARDO DA VINCI como continuación de SOCRATES. Trata del intercambio de conocimientos entre universidades e industrias mediante el reconocimiento del grado master a nivel europeo, con fijación de contenidos de algunos cursos; p.e. sobre tecnología portuaria y, también, sobre gestión integrada de ríos y costas, como dos cursos master pilotos. Se pretende, también, la impartición de algunos cursos de impacto y el establecimiento de redes regionales, para la mejora de la educación y la investigación. Se han seleccionado ocho regiones europeas, todas ellas nucleadas alrededor de la Facultad Internacional de Sheldt (Holanda), por la experiencia adquirida en el anterior proyecto COMETT; y entre ellas figura la de Huelva, como región estuarina que comparte con el Algarve el estuario del Río Guadiana.

Agradecimientos

Financiado por la DGICYT, proyecto PB93-1205.

Referencias

- Borrego, J. (1988): *II Congr. Geol. España, Granada, Comunicac.* 1,363-366 pp.
 Borrego (1992): *Tesis Doct. Univ. Sevilla (Mem. inédita).*
 Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1990a): *Geogaceta*, 7: 90-92.
 Borrego, J., Morales, J.A., Pendón, J.G. y Romero-Segura, M.J. (1990b): *Geolis* 4, 81-115.
 Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1992a): *Geogaceta*, 11: 86-89.
 Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G.

- (1992b): *Geogaceta*, 11: 125-127.
- Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1992c): *Geogaceta*, 11: 89-92.
- Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1992d): *Tidal Clastics '92*, Wilelms-haven, Abstracts, 11-12.
- Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1993): *Jour. Coastal Res.* 9, 242-254.
- Borrego, J., López, M., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1994a): *XIV Reun. Cient. Soc. Esp. Min.*, 2 p
- Borrego, J., López, M., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1994b): *Rev. Soc. Esp. Min.* 17: 116-117.
- Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1995a): *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 24: 151-170.
- Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1995b): *1st. SEPM Congr. Sedim. Geol.*, St. Petersburg, Abstracts, 1 p.
- Borrego, J., Lopez, M., Pendón, J.G. y Morales, J.A. (in rev.): *Jour. Coastal Res.*
- Borrego, J., Ruiz, F.; Morales, J.A., Pendón, J.G. y González-Regalado, M.L. (in prep.): *Jour. Quaternary Res.*
- Borrego, J. y Pendón, J.G. (1988): *HENARES Rev. Geol.*, 2: 299-305.
- Borrego, J. y Pendón, J.G. (1989a): *Geolis*, 3: 125-131.
- Borrego, J. y Pendón, J.G. (1989b): *XII Cong. Esp. Sedim.*, Bilbao, *Comunicac.*, 1: 97-100.
- Caratini y Viguier (1973): *Estudios geol.*, 29: 325-328.
- Clemente, L., Ménanteau, L. y Rodríguez-Vidal, J. (1985): *I Reun. Cuat. Ib.*, Lisboa, 339-353.
- Copeiro, E. (1977): *Subdirecc. Gen. Costas y S.M.M.O.P.*, Madrid (Informe inédito).
- Copeiro, E. (1984): *Rev. Obras Públicas*, Madrid.
- Dabrio, C.J. (1982a): *Sedim. Geol.*, 32: 141-151.
- Dabrio, C.J. (1982b): *Rev. Cartaya*, 36-39.
- Dabrio, C.J., Boersma, J.R. y Fernández, J. (1986): *IX Congr. Nac. Sedim.*, Salamanca, *Comunicac.*, 1: 329-341.
- Dabrio, C.J., Boersma, J.R., Martín, J.M. y Polo, M.D. (1980): *I Reun. Nac. Geol. Amb. Ord. Territ.*, Santander, 337-356.
- Dabrio, C.J. y Zazo, C. (1988): In: *Riesgos geol., I.T.G.E.*, Madrid, Ser. geol. amb., 227-250.
- Figuerola, M.E. y Rubio, J.C. (1981): *Coloq. Hispano-francés Esp. Lit.*, Madrid, *Comunic.*: 115-129.
- Flor, G. (1990): *Estudios Geol.*, 46: 99-109.
- González-Regalado, Ma.L., Ruiz-Muñoz, F., Borrego, J. y Pendón, J.G. (1991): *Actas I Reunión Medio Ambiente Andalucía*, Córdoba, 274-280.
- González-Regalado, E., Ruiz-Muñoz, F. y González-Regalado, M.L. (1992): *III Congreso Geol. Esp. y VIII Congr. Latinoamericano Geol.*, Salamanca, 2: 428-431.
- González-Regalado, M.L., Ruiz-Muñoz, F. y Borrego, J. (1996): *Revista Esp. Paleontol.*, 11: 1-10.
- Gonzalo y Tarín (1888): *Mem. Com. Mapa Geol. Esp.* Provincia de Huelva, Madrid.
- Hernández-Molina, F.J., Vázquez, J.T., Somoza, L. y Rey, J. (1993): *Geogaceta*, 14: 40-45.
- Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Rey J. y Pomar, L. (1994): *Marine Geol.*, 120: 129-174.
- Horowitz, A. (1981): *Ed. Labor*, Barcelona, 201 pp.
- IGME (1974): *Informes*; Madrid, 134 pp. (inédito)
- Jimenez, I., Borrego, J., Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1995): *XIII Congr. Nac. Sedim.*, Teruel, *Comunicac.*: 65-66.
- Laboratorio Engenaria Civil da Lisboa (1974): *Informe inédito* (Autoridad Portuaria de Huelva)
- Lacombe, H. (1971): *Cah. Océanogr.*, 13: 430p.
- Lopez, M. y Borrego, J. (1995): *XIII Congr. Nac. Sedim.*, Teruel, *Comunicac.*: 67-68.
- Mélières, F. (1974): *These Univ. Paris-VI*, 325 pp.
- Ménanteau, L. (1982): *These Univ. Paris-Sorbonne*, 2 vols.
- Ménanteau, L., Vanney, J.R. y Zazo, C. (1973): *Publ. Casa Velázquez* 4, 2.
- Menéndez-Amor, J. y Florschütz, F. (1964): *Estudios geol.*, 20: 183-186.
- Morales, J.A. (1993): *Tesis Doct. Univ. Sevilla*, 300 pp.
- Morales, J.A. (1995a): *Serv. Public. Univ. Huelva*, 321 pp.
- Morales, J.A. (1995b): *Geogaceta*, 18: 83-86.
- Morales, J.A. (in rev): *Marine Geol.*
- Morales, J.A. y Pendón, J.G. (1995): *XIII Congr. Esp. Sedim.*, Teruel, *Comunic.*: 87-88.
- Morales, J.A., Pendón, J.G. y Borrego, J. (1994): *Rev. Soc. Geol. Esp.*, 7: 155-167.
- Ojeda, J. (1988): *Tesis Doct. Univ. Sevilla*, 411 pp. (inédita).
- Pendón -Editor- (1996): *Serv. Publ. Univ. Huelva* (in press).
- Pendón, J.G. y Morales, J.A. (1995): *XIII Congr. Esp. Sedim.*, Teruel, *Comunicac.*: 93-94.
- Pendón, J.G. y Morales, J.A. (in press): *Cuad. Geol. Ib.*, 22: 165-190.
- Pendón, J.G., Morales, J.A. y Borrego, J. (1995): *El cambio de la costa: los sistemas de rías*, Vigo, *Comunic.*: 15-18.
- Pendón, J.G., Morales, J.A., Borrego, Jimenez, I. y López, M. (in rev): *Marine Geol.*
- Pérez-Mateos, J. y Riba, O. (1961): *II Reun. Grupo Esp. Sedim.*, Madrid, *comunic.*: 84-94.
- Pérez-Mateos, J., Pinilla, A., Alcalá del Olmo, L. y Aleixandre, T. (1982): *Bol. Geol. Min.*, 93: 1-18.
- Requena, A., Clauss, L. y Fernández-Caliani, J.C. (1991): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 16: 135-144.
- Rodríguez-Ramírez, A. (1996): *Tesis Doct. Univ. Huelva* (inédita).
- Rodríguez-Ramírez, A.; Rodríguez-Vidal, J., Gracia, F.J., Cáceres, L., Guerrero, V. y Cantano, M. (1996): *MBSS Newsletter*, 18: 7-12.
- Rodríguez-Vidal, J. (1987a): *Trab. Neóg. Cuatern.*, 10: 259-264.
- Rodríguez-Vidal, J. (1987b): *Cuaternario y Geomorfología*, 1: 247-256.
- Rubio, J.C. (1985): *Tesis Doct. Univ. Sevilla.*: 603 pp. (inédita)
- Ruiz-Muñoz, F. (1995): *Serv. Public. Univ. Huelva*, Libro electrónico nº 1.
- Ruiz-Muñoz, F., González-Regalado, M.L. y Borrego, J. (1994): *Coloquios Paleontol.*, 46: 175-189.
- Ruiz-Muñoz, F., González-Regalado, M.L. y Morales, J.A. (1996): *Geobios*, 29: 1-16.
- Ruiz-Muñoz, F., González-Regalado, M.L. y Muñoz, J.M. (in press): *Geobios*.
- Suarez-Bores, P. (1970): *Puerto Autónomo de Huelva* (Informe inédito).
- Suarez-Bores, P. (1977): *Centro Est. Exp. Obras Públ.*, Madrid (Informe inédito)
- Terrero, J. (1952): *Estudios Geogr.*: 671-698.
- Vanney, J.R. (1970): *Publ. C.S.I.C.*, Madrid, 176 pp.
- Vanney, J.R. y Ménanteau, L. (1979): *Mélanges Casa Velázquez*, Madrid, 15: 5-52.
- Zazo, C., Goy, J.L., Hoyos, M., Dumas, B.; Porta, J., Martinell, J., Baena, J. y Aguirre, E. (1981): *Estudios geol.*, 37: 257-262.
- Zazo, C., Goy, J.L., Somoza, L., Dabrio, C.J., Belluomini, G., Improta, S., Lario, J., Bardají, T. y Silva, P.G. (1994): *Jour. Coastal Res.*, 10: 933-945.
- Zazo, C., Lezine, A.M., Borja, F.; Denèfle, M., Dabrio, C.J., Lario, J., Rodríguez-Vidal, J., Goy, J.L., Bardají, T., Diaz del Olmo, F., Cáceres, L., Clemente, L., Baeteman, C. y Rodriguez, A. (1996): *MBSS Newsletter*, 18: 13-17.