

Facies deposicionales Holocenas de la Costa de Huelva: propuesta de nomenclatura para litofacies estuarinas

J. GABRIEL PENDÓN y JUAN A. MORALES

Universidad de Huelva, Dpto. de Geología,
21819 Palos Fra., Huelva

RESUMEN

Las facies deposicionales holocenas que aparecen a lo largo de la costa de Huelva se han agrupado en nueve conjuntos: (1) barra fluvial lateral, (2) llanura de inundación fluvial, (3) canal estuarino, (4) canal mareal, (5) borde de canal, (6) llanura mareal, (7) delta mareal, (8) marisma salada y (9) flecha litoral arenosa. Se propone una nomenclatura y clasificación de litofacies estuarinas, terminología descriptiva, e identificadas en diferentes medios costeros relacionados, en las que se utilizan letras mayúsculas para indicar la litología, letras minúsculas para las estructuras sedimentarias físicas, una letra griega para el tipo de bioturbación y un número para el grado de bioturbación. Las diferentes litofacies individuales distinguidas se agrupan, así, en nueve conjuntos de litofacies: (1) gravas, (2) acumulaciones orgánicas vegetales, (3) acumulaciones de conchas, (4) arenas limpias bioturbadas, (5) arenas limpias sin bioturbar, (6) arenas fangosas, (7) fangos arenosos, (8) fangos sin bioturbación y (9) fangos bioturbados. Estos conjuntos de litofacies se interpretan según facies deposicionales, con indicación de las litofacies estuarinas individuales, que las componen, y las variaciones laterales, verticales y longitudinales que muestran a lo largo de los diferentes sectores estuarinos. La aplicación de la nomenclatura propuesta facilita: (1) la síntesis de las facies presentes en los estuarios actuales y (2) la descripción de facies en los estuarios antiguos y su comparación con los actuales.

Palabras clave: Litofacies estuarinas, Facies deposicionales, Costa de Huelva, España suroccidental.

ABSTRACT

Depositional holocene facies identified along the Huelva coast, southwestern Spain, are joined into nine sets: (1) lateral-fluvial bars, (2) fluvial flood plain, (3) estuarine channel, (4) tidal channel, (5) channel-margin, (6) tidal flat, (7) tidal delta, (8) salt-marsh and (9) sandy spit. A nomenclature of estuarine lithofacies, descriptive terminology, as identified in different and related coastal environments is proposed. Estuarine lithofacies can be classified according to capital letters to represent lithology, small letters for physical sedimentary structures, a Greek letter for burrowing type and, finally, a number to indicate the burrowing degree. Nine estuarine lithofacies groups with various associations of individual lithofacies are distinguished: (1) gravels, (2) plant-derived organic accumulations, (3) shell accumulations, (4) burrowed clean sands, (5) unburrowed clean sands, (6) muddy sands, (7) sandy muds, (8) unburrowed muds and (9) burrowed muds. Depositional facies occurred along the Huelva coast, with indication of every associated estuarine lithofacies group, are interpreted showing their lateral, vertical and longitudinal variability as occurred along the different estuarine domains. The application of the proposed nomenclature contribute to: (1) make the synthesis of the facies showed on the modern estuaries and (2) to facilitate the facies description in the old estuaries as well as its comparison with the modern ones.

Key words: Estuarine lithofacies, Depositional facies, Huelva coast, Southwestern Spain.

1. INTRODUCCIÓN

La identificación de las litofacies constituyentes de cada uno de los medios litorales es un paso previo y fundamental para la interpretación de la arquitectura de las facies deposicionales costeras. Terwindt (1981) introduce una clasificación de facies en la cuenca mareal del mar del Norte, ordenando sus texturas y estructuras en función de la intensidad del proceso generador (corrientes, oleaje y tormentas); y las conforma en secuencias en función de la existencia de cambios graduales en estructuras, tamaño de grano, y espesor/número de las capas de fango. Estas secuencias, laterales o verticales, significan, en otros términos, secuencias de facies deposicionales. En la misma línea puede citarse, también, el trabajo de Coles y Funnell (1981).

No existe, pues, una nomenclatura de uso general, que se haya propuesto para las facies estuarinas; no obstante la disponibilidad de ciertas facies, con connotaciones deposicionales, en algunos trabajos publicados no permite su utilización generalizada; como ocurre, por ejemplo, con las facies fluviales (Miall, 1977 y 1978). La inexistencia de una nomenclatura generalizada para

la identificación y descripción, rápidas y sintéticas, de las facies estuarinas puede hacer aún más complejo el proceso de análisis del conjunto.

Diversas descripciones de facies, en el sentido de Reading (1978) —una unidad de roca que se forma bajo unas determinadas condiciones de depósito y reflejan procesos particulares o medios sedimentarios—, se han efectuado ya en otros tantos transectos costeros a lo largo del litoral de Huelva (Borrego, Morales y Pendón, 1990; Borrego, 1992; Borrego, Morales y Pendón, 1993; Morales, 1993; Morales, Pendón y Borrego, 1994; Borrego, Morales y Pendón, 1995). El objeto de este trabajo es la identificación de las litofacies presentes en el sector costero estudiado, estableciendo una primera jerarquía y clasificación, que resulten útiles en trabajos similares y relacionados con la descripción y modelización de las facies estuarinas. Se aplica esta nomenclatura a ejemplos actuales de la costa de Huelva. Después de una exposición de los procesos actuantes en esa morfología costera, se refieren las litofacies producidas en dichos medios, e interpretadas en el contexto de la dinámica litoral acaecida y conformando secuencias de facies deposicionales.

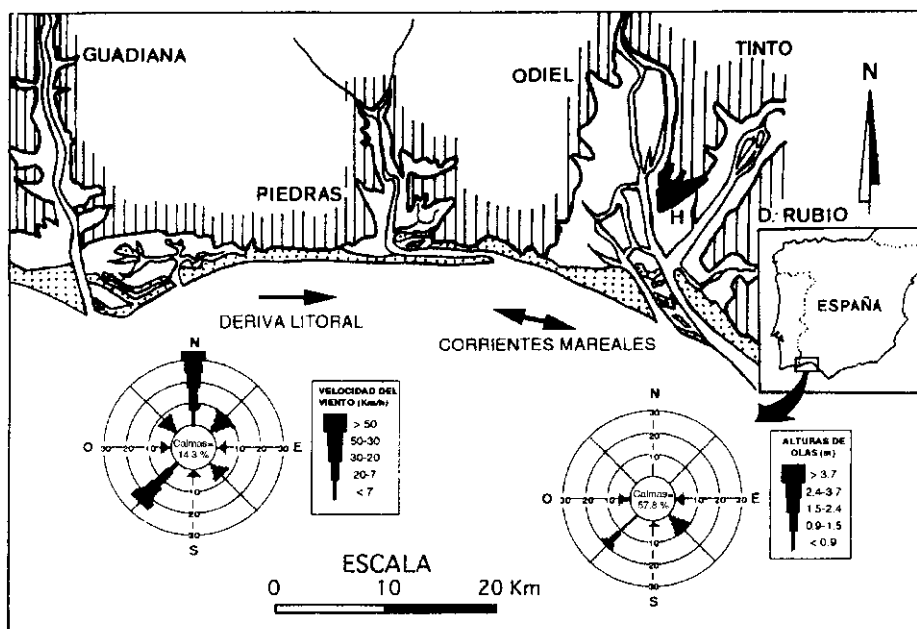


Fig. 1.—Localización de la costa de Huelva y características de los factores dinámicos principales. H: Ciudad de Huelva.

Fig. 1.—Location of the Huelva coast with indication of their hydrodynamic setting. H: Huelva city.

El sector occidental de la costa de Huelva (Fig. 1) ocupa parte del sur-oeste peninsular, en el Golfo de Cadiz, y está delimitado por las desembocaduras de los ríos Guadiana y Tinto. Diversos medios deposicionales, a diferente escala, se albergan a lo largo de este sector costero; tales como: playas, dunas, flechas litorales, lagunas, marismas, estuarios, ríos, etc.

La aparición del conjunto de sistemas estuarinos a lo largo de la costa de Huelva es consecuencia de la transgresión Flandriense (Holoceno) y la elevación subsiguiente del nivel del mar del orden de unos 100 metros (Nichols y Biggs, 1985; Ojeda, 1989, etc.), con lo que se inundaron las desembocaduras fluviales. Parece que la velocidad de subida de las aguas ha sido menor en los últimos 5.000 años, por lo que los estuarios se han rellenado de forma rápida. Existe mucho desacuerdo en la precisión cronológica de estas fluctuaciones, así como en las tasas de ascenso de las aguas (Davis y Clifton, 1987). El estudio radiométrico de los sedimentos holocenos de la costa de Huelva está en proceso de estudio, a fin de establecer alguna aproximación cronológica e interpretar las aportaciones aisladas, como por ejemplo la que ofrecen Zazo *et al.*, (1994). La asociación de facies y medios estuarinos es, consecuentemente, muy compleja: marismas, bahías, lagunas, llanuras intermareales, cuerpos arenosos, etc. La formación y desarrollo de un estuario depende de la interacción entre procesos marinos (oleaje y mareas) y procesos continentales (régimen fluvial) teniendo, además, una influencia notable otros factores; como son: (1) la elevación del nivel del mar y (2) el volumen de sedimento aportado (Nichols y Boyd, 1993).

2. MÉTODOS DE ESTUDIO

La distinción de litofacies costeras se ha efectuado en base al estudio de perfiles sedimentológicos contruidos a partir de: 1) 168 testigos cortos de sedimento reciente, 2) 86 testigos de vibración (*vibracoring*; Lanesky *et al.*, 1979), 3) varias decenas de testigos en caja (*box-cores*) y 4) un elevado número de secciones sobre el terreno.

La diferenciación de litofacies se ha efectuado en función de características del sedimento constituyente, como son: textura, composición, color, formas de fondo presentes, tipos de contacto, contenido biológico y posición geomorfológica o topográfica.

Las muestras obtenidas de los testigos de sedimento realizados han sido analizadas mediante una serie de técnicas de laboratorio, con objeto de caracterizar la litofacies respectiva: el estudio textural, mediante contador Coulter (modelo ZM) para las fracciones finas (<0.063 mm) y tamizado para la fracción más grosera. El contenido en materia orgánica de los sedimentos se determinó mediante el método de Courau (1983). Las secuencias de estructuras sedimentarias se estudiaron directamente a partir del corte de los testigos y

mediante radiografías de éstos antes de cortar, así como mediante pieles de laca. Los datos que se ofrecen acerca de los procesos litorales actuantes, así como sobre los medios deposicionales, en el sector estudiado responden a diversos trabajos ya publicados y citados previamente.

3. EL MARCO HIDRODINÁMICO

Diversos procesos continentales, marinos y antrópicos interactúan a lo largo de una franja litoral, para determinar la dinámica sedimentaria allí resultante. Los principales factores que controlan esta dinámica sedimentaria en cualquier tipo de costa son: 1) su estructura geológica, 2) el régimen hidrodinámico que le afecta y 3) la cantidad y calidad del aporte sedimentario (Moslow, 1984); mientras que la presencia, morfología y distribución lateral de sus secuencias sedimentarias viene directamente relacionada al rango mareal y a la acción de las tormentas.

Los sistemas deposicionales situados a lo largo de la costa de Huelva se disponen sobre formaciones clásticas neógeno-cuaternarias, que representan el relleno del borde occidental de la depresión del Guadalquivir (Pendón y Borrego, 1987). La parte alta de los sectores fluviales de estos sistemas discurre sobre materiales paleozoicos (*bedrocks*) pertenecientes a la zona surportuguesa de la meseta ibérica (Moreno, 1987; Borrego, 1992; Morales, 1993).

Una caracterización sinóptica del marco hidrodinámico de la costa de Huelva (Fig. 1) comprende la evaluación, al menos, de los siguientes procesos: mareas, oleaje, componente fluvial, aporte sedimentario y componente antrópica, si procede. Este sector costero está sometido a un clima templado-cálido y la onda de marea se propaga desde el Estrecho de Gibraltar hacia el Cabo de San Vicente, describiendo un giro levógiro desde su punto anfifrómico, aproximadamente en la cercanía de las islas Azores; lo que se traduce en un recorrido este-oeste en el litoral septentrional del Golfo de Cádiz, o costa de Huelva. El régimen mareal que afecta a esta costa es de naturaleza mesomareal, semidiurno y con oscilación diaria leve (Borrego y Pendón, 1989), siendo la diferencia máxima del rango mareal entre mareas muerta y viva de 2'15 m. Cuando la onda de marea encuentra entrantes, durante su propagación a lo largo de esta línea de costa, continúa por el interior de éstos siguiendo diferentes modelos de propagación en función del contexto fisiográfico, así como de la respuesta a fenómenos de fricción y convergencia (Borrego *et al.*, 1995): propagación sincrónica en el estuario del Guadiana, hiposincrónica en el estuario del Piedras, e hipersincrónica en el estuario del Odiel.

Los vientos dominantes proceden del suroeste y del norte. El oleaje procedente del S.O. actúa el 20% del tiempo, siendo su altura media inferior siempre a los 0,6 m. y la componente de deriva litoral marcha desde el oeste

hacia el este, aportando potencialmente unos 360.000 de metros cúbicos de sedimento al año (M.O.P.U., 1987),

La descarga fluvial en este sector costero es marcadamente estacional, siendo alta durante el invierno y muy baja durante el verano. A escala interanual esta descarga es muy irregular. Por ejemplo, en los ríos Piedras y Odiel es inferior a 11.1 m³/seg. El Río Guadiana constituye el principal aporte de sedimento al litoral de Huelva, y se estima su descarga media anual en 144.4 m³/seg.

De acuerdo con los valores medios de la altura del oleaje y del rango mareal (Hayes, 1979; Davis y Hayes, 1984), la costa de Huelva se puede clasificar como dominada por la acción de la marea y, concretamente, de energía mixta. No obstante la morfología costera en las desembocaduras fluviales muestra formas características del dominio de la acción del oleaje como, por ejemplo, flechas litorales arenosas y alargadas.

4. FACIES DEPOSICIONALES Y LITOFACIES CONSTITUYENTES: UNA INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA DE FACIES

Las litofacies y conjuntos de litofacies, objeto de este trabajo, se han identificado en el seno de la fisiografía estuarina de la costa de Huelva, sobre la que actúan los procesos que se acaban de referir. Con objeto de interpretar posteriormente dichas litofacies estuarinas, es aconsejable ubicarlas en su contexto genético; lo que significa determinar la relación directa medio/facies y sus caracterizaciones recíprocas. En otros términos, procede introducir el concepto de medios y facies deposicionales.

Por lo tanto, se describe a continuación el modo de aparición de litofacies y conjuntos de litofacies estuarinas en cada uno de los submedios y sectores de los sistemas estuarinos albergados a lo largo de la costa de Huelva (Figs. 2 y 3); y se indica el número de orden del conjunto de litofacies estuarina, que se le confiere en este trabajo (cfr. apartado siguiente). Con todo ello, este apartado supone una síntesis de las facies y medios deposicionales estuarinos en la costa de Huelva que es aplicable, tanto a la interpretación del relleno completo de los estuarios actuales que comprende facies profundas no aflorantes en superficie, como también a la comparación con otros estuarios actuales y antiguos.

4.1. BARRAS FLUVIALES LATERALES

Aunque se trata de un submedio fluvial, aparece asociado a los estuarios en las zonas sub- e intermareal, sufriendo retoques mareales leves. Presentan estratificación cruzada planar, en la que alternan lechos centimétricos o decimétricos de gravas de tamaños diferentes con arenas gruesas y muy gruesas.

También presentan, a veces, láminas centimétricas de limos amarillos, que corresponden a períodos posteriores a crecidas de caudal. Muestran, también, láminas de fangos negros y correspondientes a períodos estivales de claro influjo mareal (conjuntos de litofacies —C.L.— 1, 5 y 8).

4.2. LLANURAS DE INUNDACIÓN FLUVIAL

Son submedios supramareales de los sectores fluvial y/o alto de los estuarios, que se inundan solamente por avenidas fluviales o por las pleamares vivas superiores a la media. También recogen los aportes fluviales de los arroyos que las surcan.

Sus depósitos representan las fluctuaciones energéticas del régimen fluvial y consisten (Fig. 3) en alternancias de (1) limos amarillos y fangos negros con laminación paralela, (2) arenas finas a muy finas de color pardo con laminación *ripple* y (3) gravas inmaduras sin ordenamiento interno. Son los conjuntos de litofacies (C.L.) 1, 5 y 8.

4.3. CANAL ESTUARINO

Corresponden a los cauces fluviales de las desembocaduras situados bajo el nivel de Marea Baja Viva Media, en zona submareal por lo tanto, y constituyen el estuario s. str. La corriente y descarga fluviales lo utilizan, a la vez que son las vías de propagación de la onda de marea; por lo que se desarrollan importantes procesos de mezcla de agua a lo largo de su longitud, que origina una gradación de procesos y productos.

Presentan diferentes asociaciones de litofacies, según el sector estuarino que ocupen:

— Estuario fluvial

Aparecen lechos potentes de gravas cuarcíticas con estructura masiva (C.L. 1), que pueden alternar con arenas gruesas en las zonas profundas del canal, o con limos arenosos en las zonas someras del mismo (C.L. 5 y 6). Estas alternancias reflejan, lógicamente, los cambios estacionales e interanuales del caudal fluvial, que interfieren asimismo con las fluctuaciones del régimen mareal determinando el dominio de uno u otro proceso.

— Estuario central

El canal estuarino en este sector muestra una alternancia de arenas fangosas con fangos negros (C.L. 6 y 9) en las zonas profundas, disminuyendo el tamaño de grano del sedimento hacia las zonas someras del canal, convirtiéndose en una asociación monótona de fangos de color negro y bioturbados por anélidos (C.L. 9). Ello es debido a la interacción de las fluctuaciones de los caudales fluvial y mareal.

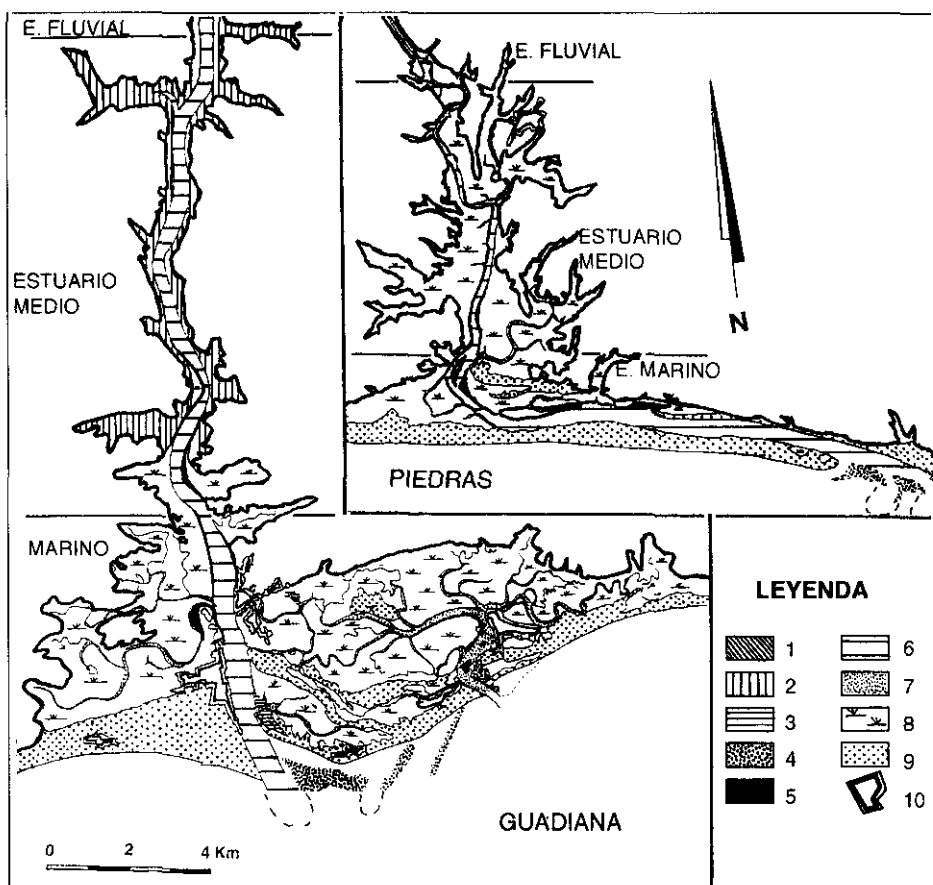


Fig. 2.—Cartografía de las facies deposicionales: (1) Barra fluvial lateral, (2) Llanura de inundación fluvial, (3) Llanura mareal, (4) Delta mareal, (5) Borde de canal, (6) Canal estuarino, (7) Canal mareal, (8) Marisma salada, (9) flecha litoral arenosa, (10) Núcleo urbano. En los estuarios de los ríos Odiel y Tinto no se subdivide el estuario medio, según sea dominado por la acción del oleaje (estuario inferior) o por la acción de la marea (estuario superior), al no ser necesario para el objeto de este trabajo.

Fig. 2.—Map of depositional facies: (1) Lateral fluvial bar, (2) Fluvial flood plain, (3) Tidal flat, (4) Tidal delta, (5) Active channel margin, (6) Estuarine channel, (7) Tidal channel, (8) Salt marsh, (9) Sandy spit, (10) City. The subdivision of the middle estuarine domain, within the estuaries of the Odiel and Tinto rivers, into upper tide-dominated estuary domain and lower wave-dominated estuary domain, is not indicated according to the purpose of the paper.

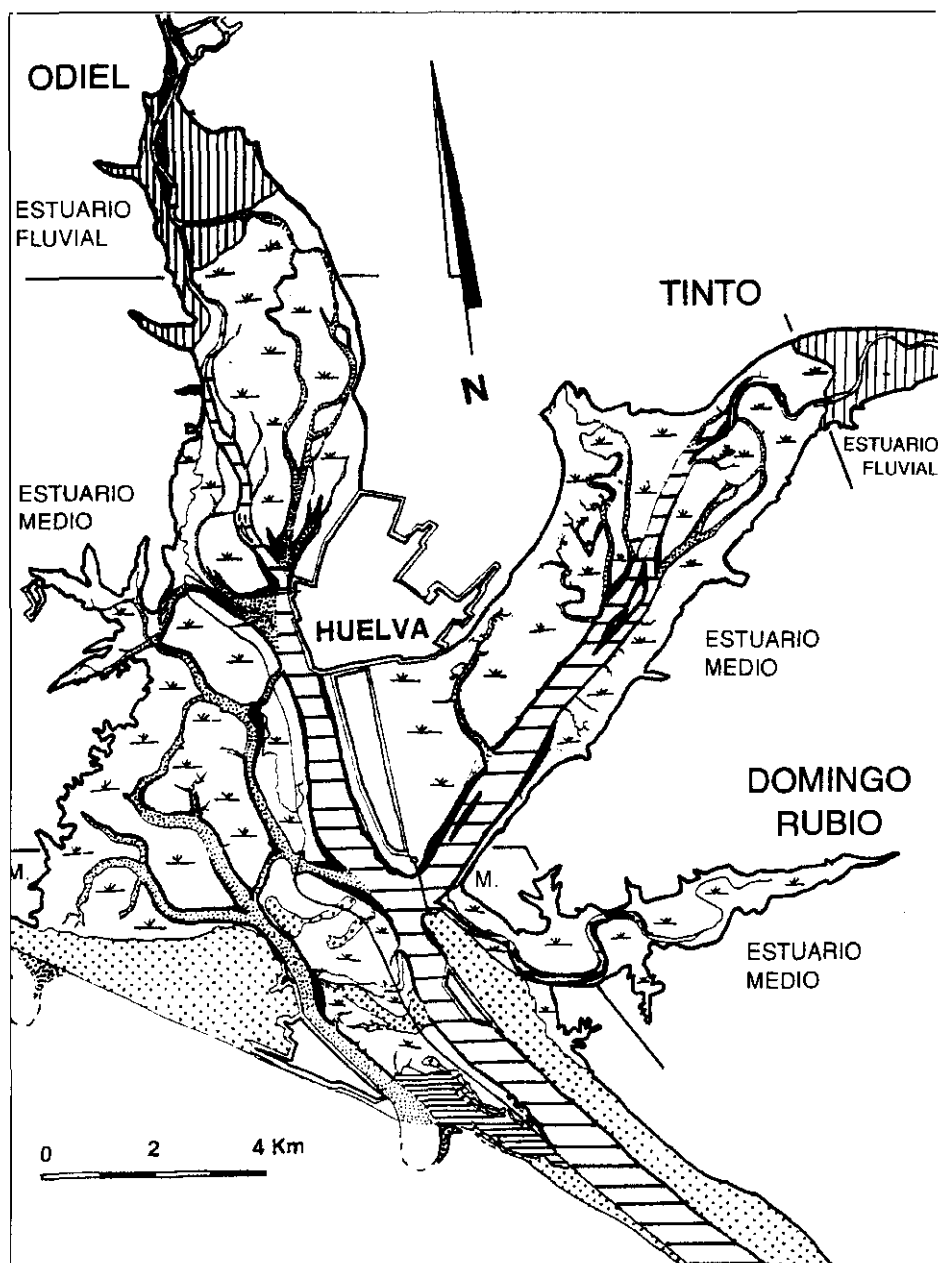


Fig. 2.—(continuación)

Fig. 2.—(continuation)

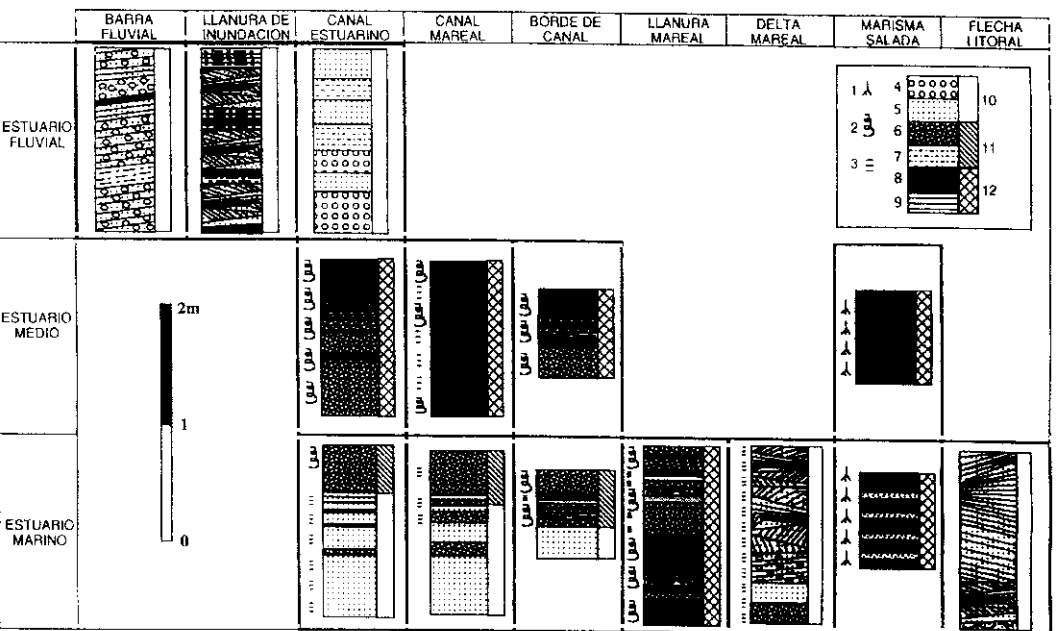


Fig. 3.—Síntesis de las facies deposicionales de la costa de Huelva con indicación de los sectores estuarinos en que aparecen. 1: bioturbación por raíces; 2: bioturbación animal; 3: conchas y fragmentos de conchas; 4: gravas; 5: arenas limpias; 6: arenas fangosas; 7: limos; 8: fangos; 9: laminación s.l.; 10: bioturbación ausente; 11: bioturbación escasa; 12: bioturbación intensa.

Fig. 3.—Summary of depositional facies occurring along the mesotidal Huelva coast, southwestern Spain. Variability across the different estuarine domains is also indicated. 1: roots burrowing; 2: animal burrowing; 3: shells and shell fragments; 4: gravels; 5: clean sands; 6: muddy sands; 7: silts; 8: muds; 9: s.l. lamination; 10: absent burrowing; 11: scarce burrowing; 12: intense burrowing.

— Estuario marino

A lo largo de estos sectores aparecen lechos de acumulaciones de conchas con matriz arenosa (C.L. 3) y arenas limpias sin bioturbar, de grano grueso, que hacia las zonas someras se vuelven de grano medio-fino con matriz fangosa y bioturbación por galerías (C.L. 6).

4.4. CANALES MAREALES

En los sectores medio y marino estos canales submareales quedan parcialmente protegidos de la acción del oleaje, siendo las corrientes mareales los procesos dominantes en ellos. Los conjuntos de litofacies asociados en ellos (Fig. 3) dependen de la profundidad y anchura del canal, así como de la cercanía a la fuente de aporte arenoso.

En zonas próximas a la fuente de aporte arenoso, y en canales alimentadores, únicamente se presentan arenas limpias sin bioturbar (C.L. 5), por causa de las velocidades elevadas que pueden alcanzar en ellos las corrientes mareales; el sustrato no se coloniza por esta misma razón, unido también a la movilidad de éste. En la cara interna de las flechas litorales, estos canales mareales muestran alternancia de arenas fangosas bioturbadas (C.L. 6) con arenas limpias sin bioturbación (C.L. 5). En los canales mareales estrechos alimentados desde el canal estuarino principal se presentan alternancias centimétricas de arenas fangosas bioturbadas y arenas limpias sin bioturbación con laminación ondulada. Son conjuntos de litofacies 5 y 6, con alternancias más finas.

En las zonas alejadas de la fuente de aporte arenoso, las más internas de los sistemas estuarinos, se producen casi exclusivamente fangos bioturbados en grado variable, que pueden presentar, además, conchas y fragmentos de éstas abundantes (C.L. 9); siendo a veces el componente mayoritario en los canales cuando funcionan con alta energía.

4.5. BORDE DE CANAL ESTUARINO

Los sectores intermareales (situados entre los niveles de Marea Alta Muerta Media y Marea Baja Viva Media) de extensión areal reducida y ligados a canales se desarrollan, sobre todo, en los sectores marinos y su límite con el sector medio; aguas arriba de los sistemas ganan pendiente, llegando a desaparecer prácticamente.

Las secuencias de facies producidas en estos bordes de canal activo (Fig 3) consisten en arenas limpias sin bioturbar (C.L. 5), que pasan verticalmente hacia arenas fangosas bioturbadas (C.L. 6) con niveles esporádicos de acumulaciones orgánicas vegetales (C.L. 2); siempre que se trate de bordes de ca-

nal cercanos a la fuente de aporte arenoso. Cuando se alejan de dicha fuente de aporte, se desarrollan arenas fangosas bioturbadas (C.L. 6), que pasan verticalmente a fangos bioturbados (C.L. 9); siendo muy característico de este submedio las intercalaciones milimétricas y/o centimétricas de arenas fangosas y fangos con laminación ondulada; que se deben a los incrementos energéticos originados por la alternancia de ciclos de mareas vivas y muertas.

4.6. LLANURA MAREAL

Cuando estos sectores intermareales, denominados como borde de canal, aumentan su extensión lateral y disminuyen la pendiente, si el aporte arenoso es abundante, se comportan como verdaderas llanuras mareales donde se reduce la acción del oleaje debido a su baja pendiente y carácter somero; favoreciendo la colonización por organismos bentónicos.

Se distingue una llanura mareal arenosa por debajo de una llanura mareal fangosa; cuya secuencia de facies (Fig. 3) registra arena fangosa bioturbada (C.L. 6), con fragmentos de conchas abundantes, que alterna con arenas limpias sin bioturbar (C.L. 5) en las cercanías de la flecha litoral. La llanura mareal fangosa, por su parte, presenta exclusivamente fangos y fangos arenosos bioturbados, originados por la migración/colmatación de los pequeños canales que drenan esta llanura (C.L. 7 y 9).

4.7. DELTA MAREAL

Se desarrollan deltas mareales, tanto de flujo como de refluo, a lo largo de los sectores submareales bajos y delimitados por los niveles de Marea Alta Muerta Media y Marea Baja Viva Equinocial Extrema. Los sedimentos arenosos dominan en estas macroformas (C.L. 4 y 5), donde están presentes muchos grupos de litofacies identificados en la llanura mareal. La única distinción puesta en evidencia es que las arenas limpias bioturbadas, que son las facies más abundantes en los deltas mareales, no se han identificado en las llanuras mareales.

4.8. MARISMA

Las llanuras intermareales colonizadas por vegetación halófila presentan unas características gradacionales a lo largo de los diferentes sectores estuarinos, como también entre los diferentes estuarios. Dichas características dependen fundamentalmente de la diferencia de salinidad del agua que la inun-

da, de las especies que la colonizan, de los patrones de bioturbación, del grado de cercanía a la fuente de aporte arenoso y de su diferente extensión areal.

La secuencia sedimentaria producida en la marisma (Fig. 3) está constituida, casi exclusivamente, por fangos bioturbados por raíces (C.L. 9); aunque pueden aparecer arenas fangosas (C.L. 6), incluso, niveles de arena limpia (C.L. 5). Aparecen, también, acumulaciones orgánicas vegetales (C.L. 2) que, en este caso, se trata de auténticos niveles de turba. Los contenidos en materia orgánica son muy altos en la marisma (30-70%) y mayor aún en la turba, aunque las arenas limpias que aparecen no presentan restos de materia orgánica, porque responden a momentos de régimen alto de flujo mareal y/o fluvial. La secuencia culmina, en todo caso, por un nivel decimétrico de fangos salinos sin bioturbar (C.L. 8), aunque con marcas de grietas de desecación, que corresponden a la marisma estéril.

4.9. FLECHA LITORAL

Estas acumulaciones arenosas intermareales se desarrollan en la entrada a los estuarios por encima del nivel de Marea Alta Muerta Media, cuya longitud puede alcanzar varios kilómetros y su anchura sólo algunas decenas de metros.

Están constituidas por facies de arena limpia (C.L. 5) y acumulaciones de conchas (C.L. 3), generadas por la acción del oleaje (Fig. 3). Se inician con alternancia de arenas gruesas con laminación *ripple* con acumulaciones de conchas, que pasan verticalmente hacia arenas de tamaño de grano medio con laminación cruzada planar inclinada hacia tierra y la inclinación se suaviza hasta convertirse en laminación paralela horizontal. Arenas de grano medio, con laminación cruzada planar inclinada hacia el mar, culminan la secuencia.

La tendencia evolutiva de todas las secuencias de facies deposicionales estuarinas en la costa de Huelva, según se acaba de comentar, es hacia el relleno de cada uno de los sistemas deposicionales (Borrego *et al.*, 1995); es decir una somerización que viene indicada por el tránsito vertical desde facies submareales hasta facies supramareales, con el intermedio de facies intermareales. Dicha tendencia se ha visto facilitada por la buena disponibilidad de sedimento aportado al interior de los sistemas.

5. LAS LITOFACIES ESTUARINAS

La jerarquía y nomenclatura de litofacies que se propone en este trabajo (Tabla 1) es la que ha resultado más operativa en el estudio de los medios costeros, que se desarrollan en el transecto analizado, porque prioriza sólo-

mente los aspectos más representativos de aquellas, seleccionando únicamente varios de ellos; lo que permite reducir enormemente el número de litofacies estuarinas, al no considerar factores que responden a fluctuaciones menores de la energía del medio (Miall, 1984; Reading, 1978).

Se han utilizado los criterios propuestos por Howard y Frey (1985) y Frey y Howard (1986) y, de éstos, principalmente los siguientes: (1) litología y textura, (2) estructuras sedimentarias físicas y (3) tipo y grado de bioturbación o alteración orgánica. La propuesta de nomenclatura descriptiva para las facies estuarinas, que aquí se presenta, supone una ampliación de la introducida por Morales (1993), utilizando criterios semejantes a los empleados por Miall (1977 y 1978) por ejemplo, en la nomenclatura descriptiva de las facies fluviales.

De esta forma, se utilizan (Tabla 1) una o dos letras mayúsculas, como indicación de la litología; una o dos letras minúsculas para las estructuras sedimentarias físicas más significativas, una letra griega para el tipo de bioturbación y un número final, que indica el grado de bioturbación. Con ello se visiona rápidamente el conjunto del total de facies y se uniformizan los criterios descriptivos utilizados en el análisis de litofacies estuarinas. Una vez descritas las facies individuales, se agrupan éstas en facies semejantes y en función de los dos aspectos más significativos del medio deposicional es-

LITOLOGÍA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	TIPO DE BIOTURBACIÓN	GRADO DE BIOTURBACIÓN
R = GRAVAS	m = relleno masivo	ρ = raíces	0 = 0%
A = ARENAS	h = lam. paral. horizontal	β = galerías	1 = en trazas
L = FANGOS	i = lam. paral. inclinada		2 = 5-30%
T = TURBA	p = estr. cruz. planar		3 = 30-60%
C = CARBONATOS	a = est. cruz. en artesa		4 = 60-90%
	r = laminación ripple		5 = 90-99%
	w = laminación ondulada		6 = 100%
	n = granuloc. normal		
	t = granuloc. invertida		
	s = erosiones		
	z = sup. de reactivación		

Tabla 1.—Nomenclatura de las litofacies estuarinas. Tomado de Morales y Pendón (1995).
Table 1.—Nomenclature of estuarine lithofacies after Morales & Pendón (1995).

tuarino: (1) la litología y (2) la presencia/ausencia de bioturbación. Se ordenan, finalmente, en los nueve conjuntos de litofacies (C.L.) distinguidos, describiendo el resto de caracteres distintivos del submedio deposicional respectivo.

Las distribuciones granulométricas de las diferentes litofacies estuarinas estudiadas se indican en la Figura 4.

Los nueve conjuntos de litofacies distinguidos en el sector estudiado, que comprenden la totalidad de las que afloran, son los siguientes: (1) gravas, (2) acumulaciones orgánicas vegetales, (3) acumulaciones de conchas, (4) arenas limpias bioturbadas, (5) arenas limpias sin bioturbación, (6) arenas fangosas, (7) fangos arenosos, (8) fangos sin bioturbación, y (9) fangos bioturbados. La asociación de litofacies individuales, acordes con la nomenclatura que se propone, y de conjuntos de litofacies, para cada una de las facies deposicionales se indica en la Tabla 2. Las litofacies individuales que componen cada conjunto de litofacies pueden ser muy numerosas y, por esta razón, se indican solamente algunas de ellas en la referida tabla.

1. GRAVAS

En el Estuario del Guadiana aparecen gravas cuarcíticas maduras, con distribución granulométrica tipo A-1 (Fig. 4), asociadas a la dinámica del río en el estuario fluvial; tanto en el canal, en donde no se observa laminación visible (Facies Rm0); como en las barras laterales, mostrando mayor madurez en el seno de una matriz lutítica que presenta distribución granulométrica de tipo B-4 y con laminación paralela subhorizontal (Facies RLh0). En ningún caso muestran bioturbación (Fig. 3 y Tabla 2).

Esta litofacies aparece, también, en el sector fluvial del estuario del Río Piedras; tanto en el canal —la matriz es fangosa— (Facies RLM0), como en los bordes de canal conformando, también, barras laterales —con matriz arenosa (Facies RAR0). En el estuario del Odiel se desarrolla la misma litofacies en sectores y submedios idénticos y asociada a arenas groseras. Las gravas canalizadas no muestran laminación visible y en las barras laterales se observan *megaripples* arenosos. No hay bioturbación.

En el estuario del Río Tinto esta litofacies aparece en los mismos sectores y submedios estuarinos, sin laminación visible y con granuloclasificación y restos vegetales; siendo el color dominante pardo-amarillento (Facies RAN0). Se asocian con arenas gruesas del mismo color y estructura. En el sistema Domingo-Rubio aparece una litofacies de gravas y arenas, que engloban acumulaciones de conchas (Facies RAM0), que aparecen en las partes basales de todos los testigos de vibración y representan el inicio de relleno de un canal energético. Destaca la ausencia de bioturbación y la presen-

FACIES DEPOSICIONALES	LÍMITES (N.C.M.)	CONJUNTOS DE LITOFACIES	LITOFACIES INDIVIDUALES
FLECHA LITORAL	MAVEE MBVEE	3) Acumulaciones de conchas 4) Arena limpia bioturbada 5) Arena limpia sin bioturbación	RAM0, RLM0-6 Alhβ5, Amβ3, Ahβ2-3, Arβ4 Ar0, Ap0, Ah0, Ai0
MARISMA	MAVEE MAMM	3) Acumulaciones de conchas 4) Arena limpia bioturbada 6) Arena fangosa 9) Fangos bioturbados	RAM0, RLM0-6 Amp3-4 ALm0 Lhp2-5, Lmp6
BORDE DE CANAL	MAMM MBVM	2) Acumul. orgánicas vegetales 3) Acumulaciones de conchas 4) Arena limpia bioturbada 5) Arena limpia sin bioturbación 6) Arena fangosa 7) Fangos arenosos 8) Fangos sin bioturbación 9) Fangos bioturbados	TLm0, TAM0 RAM0, RLM0-6 Amβ2-4, Ahβ1-5 Ah0, Am0 ALmβ2-4 LAMβ2-5, LAhβ4-5 Lh0 Lmβ2-6, Lhβ1-5
LLANURA MAREAL	MAMM MBVM	3) Acumulaciones de conchas 5) Arena limpia sin bioturbación 6) Arena fangosa 7) Fangos Arenosos 8) Fangos sin bioturbación 9) Fangos bioturbados	RAM0, RLM0-6 Am0 ALmβ5, ALh0 LAh0 Lm0 Lhβ5, Lmβ2-6
DELTA MAREAL	MAMM MBVEE	3) Acumulaciones de conchas 4) Arena limpia bioturbada 5) Arena limpia sin bioturbación 6) Arena fangosa	RAM0, RLM0-6 Aiβ3, Am2, Amp4 Am0, Ar0, Ai0 Alhβ2-5
CANAL SUBMAREAL	MBVM	1) Gravas 3) Acumulaciones de conchas 5) Arena limpia sin bioturbación 6) Arena fangosa 9) Fangos bioturbados	Rm0, RAr0, RAn0, RLh0, RLM0 RAM0, RLM0-6 Am0 ALmβ3-4, ALhβ2-5, ALrβ1-4 Lmβ3-6, Lhβ1-4

Tabla 2.—Litofacies y facies deposicionales estuarinas de la costa de Huelva. Características de las facies deposicionales, con indicación de los Niveles Críticos de Marea (N.C.M.) que las limitan, los conjuntos de litofacies que en ellas se asocian y las litofacies individuales que conforman estos conjuntos. MAVEE: Marca Alta Viva Equinocial Extrema, MAMM: Marca Alta Muerta Media, MBVM: Marca Baja Viva Media, MBVEE: Marca Baja Viva Equinocial Extrema. Tomado de Pendón y Morales (1995).

Table 2.—Estuarine lithofacies and depositional facies from the Huelva coast. The facies boundaries by means of Tidal Critical Levels (N.C.M.), the lithofacies sets and the individual lithofacies are all indicated. MAVEE: extreme equinox spring high water; MAMM: mean neap high water; MBVM: mean spring low water; MBVEE: extreme equinox spring low water. After Pendón & Morales (1995).

cia de macrofauna marina retrabajada (*Ch. gallina*) hacia la desembocadura y formas salobres/estuarinas (*C. edule* y *B. tuberculatum*) hacia el interior del sistema.

2. ACUMULACIONES ORGÁNICAS VEGETALES

Esta litofacies aparece de dos formas diferentes: (1) como niveles decimétricos de acumulaciones de raíces relacionadas con la marisma alta en todos los estuarios, que presentan un contenido variable de matriz lutítica (Facies TLM0-6); son asimilables a turberas, puesto que las plantas se encuentran *in situ* y (2) como niveles decimétricos o centrimétricos, que aparecen en los bordes de canal y en la playa expuesta de la mayoría de los estuarios estudiados; y en relación con la descomposición de acumulaciones de algas en matriz lutítica (Facies TLM0) o arenosa (Facies TAM0); en este caso no se trata de turberas, porque los vegetales no están *in situ*.

3. ACUMULACIONES DE CONCHAS

En el estuario del Guadiana puede tratarse de acumulaciones de conchas sésiles incluidas en una matriz arcillosa (Facies RLmB6) conservados *in situ*; o bien, de acumulaciones residuales que aparecen en los canales o borde de canal; en este caso pueden estar englobadas en matriz arenosa (Facies RAM0) o en matriz arcillosa (Facies RLm0). Aparecen, también, en la zona delantera de flechas litorales, respondiendo a procesos energéticos de la actividad del oleaje (Facies RAM0).

Estas facies están presentes, también, en el canal estuarino de los ríos Piedras y Odiel, a lo largo de sus sectores medio y marino, englobadas tanto en matriz fangosa como arenosa (Facies RLm0 y RAM0). Las acumulaciones de conchas en el estuario del Tinto comprenden acumulaciones de fragmentos de conchas no articuladas (*Ostrea edulis*, *Cerastoderma edule* y *Veneritapsis decussatus*) junto con algunas especies de gasterópodos (*Rissoa* sp y *Nassa Incrassata*); todos estos restos están incluidos en una matriz fangosa con arena de color negro, apareciendo en los bordes de canal del estuario marino y en las barras fluviales del inicio del estuario fluvial (Facies RLm0). También existen acumulaciones de conchas articuladas, principalmente de la especie *Cerastoderma edule*, conservando las valvas, y englobadas en una matriz fangosa con arenas y de color negro. Se disponen en los bordes de canal a lo largo de los sectores bajo y alto del estuario.

En el sistema Domingo-Rubio se distinguen acumulaciones de conchas de bivalvos (*Ostrea*, *Crassostrea*, etc.) envueltas en matriz fangosa de color negro y sin bioturbación (facies RLm0). Responden a depósitos residuales y/o verdaderos canales de alta energía.

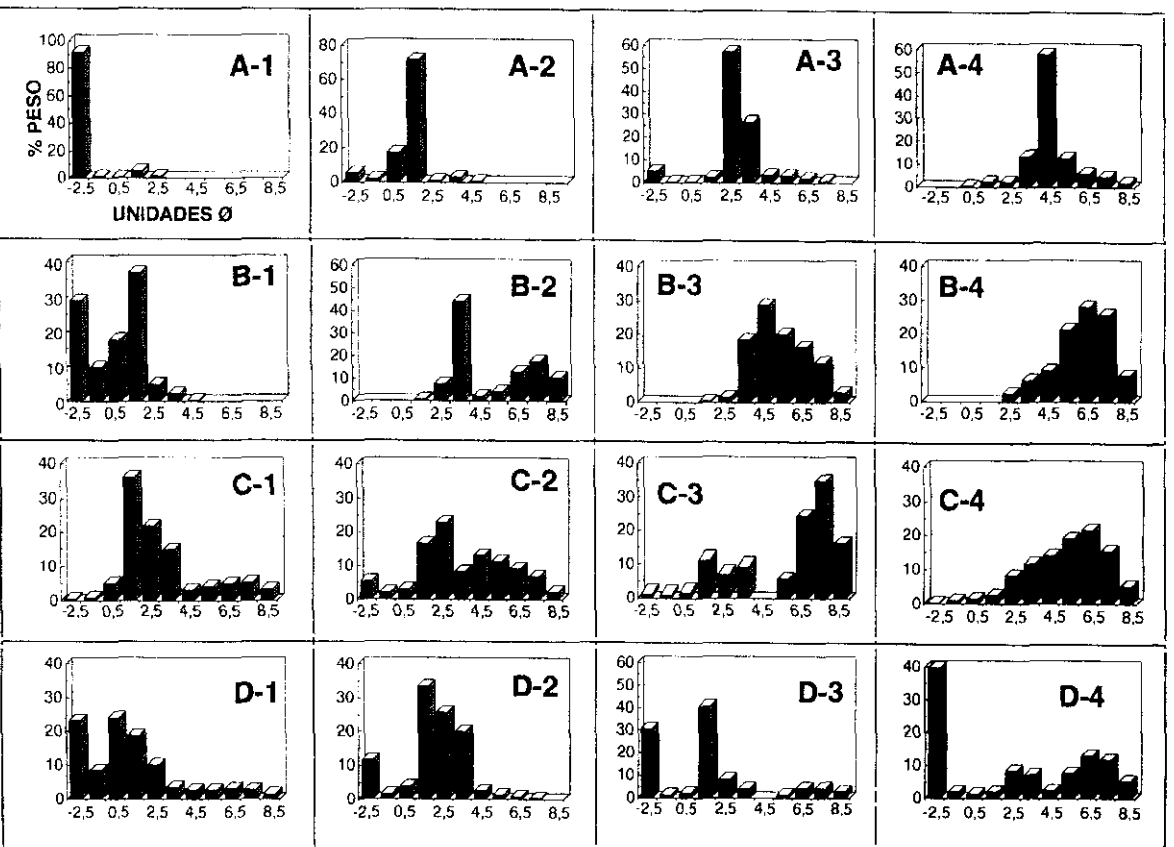


Fig. 4.—Distribuciones granulométricas más frecuentes de las litofacies estuarias de la costa de Huélfva. Las letras representan una disminución desde A hacia D en la clasificación de las partículas del sedimento y los números (1 a 4) la disminución del tamaño de grano medio.

Fig. 4.—More frequent textural trends of the estuarine lithofacies from the Huélfva coast. Letters from A to D refer a progressively decreasing of the sediment sorting. Numbers from 1 to 4 a decreasing in the mean size grain.

4. ARENAS LIMPIAS BIOTURBADAS

Se trata de arenas sueltas, sin contenido lutítico apreciable. Del mismo modo que la litofacies anterior, aparecen en distintos submedios y existen dos nuevos factores para su diferenciación, que son el tipo y el grado de bioturbación. Pueden situarse en los siguientes submedios estuarinos:

a) **Delta mareal.** Este tipo de litofacies aparece, en el estuario del Guadiana, con distribución granulométrica tipo B-1 (Fig. 4), con laminación paralela inclinada y bioturbación por anélidos, crustáceos y bivalvos (estos últimos organismos pueden aparecer en posición de vida). El grado de bioturbación es variable (30-60%) y constituye la Facies AiB3.

b) **Bordes de canal.** Son capas de arenas medias a finas, masivas o laminadas horizontalmente; de color grisáceo y distribución granulométrica del tipo A-3 (Fig. 4), incluso pueden presentar granuloclasificación normal. Estos caracteres quedan enmascarados total o parcialmente por la existencia de galerías de crustáceos y bivalvos, que bioturban el sedimento en grado variable (5-100%). Son facies de los tipos Amb2-4, AhB1-5 y Amb3. En el sistema del Río Tinto, esta litofacies aparece en los bordes de canal del estuario marino y está presente en la mayoría de los sectores de borde de canal de esta costa.

c) **Flecha litoral.** Se trata de arenas finas amarillas, con laminación horizontal y fragmentos de conchas; que se sitúan en la zona trasera de la flecha. Aparecen galerías de crustáceos, puestas de manifiesto por el cambio de color que origina el distinto grado de oxidación del sedimento. El grado de bioturbación oscila entre 30-60% (Facies Amb3). Aparece en el estuario del Guadiana, así como, también, en la estructura de la flecha litoral del estuario del Piedras, tanto con laminación horizontal (Facies AhB2), como con laminación ripple (Facies ArB4). Mientras que en el estuario del Domingo-Rubio la litofacies de arenas limpias no se separa en función de su grado de bioturbación, porque éste oscila ampliamente (0-80%). Se trata de arenas de color amarillo, de finas a gruesas. Hay galerías rellenas de arena, fragmentos de conchas y conchas de bivalvos en posición de vida, laminación horizontal y foraminíferos escasos (*Q. seminulum* y *T. Oblonga*) con un único ejemplar juvenil de ostrácodos (*X. comon*). Esta litofacies aparece debida al aporte arenoso esporádico desde la flecha litoral (**washover fan**).

d) **Marisma.** Cuando en este submedio aparecen láminas centimétricas o decimétricas de arena, se debe siempre a la proximidad del canal estuarino del Guadiana, capaz de depositar láminas arenosas finas y masivas en su superficie durante periodos de crecida. Muestran bioturbación por raíces entre 30-90% (Facies Ampr3-4).

e) **Canal estuarino.** Esta litofacies aparece en el estuario del Piedras en el canal del estuario medio, alterada por la acción de raíces de halófitas marinas (Facies Amr4), y en el canal del estuario marino (Facies Am2), asociada a restos de conchas.

5. ARENAS LIMPIAS SIN BIOTURBACIÓN

Se trata de una litofacies arenosa, que puede aparecer en diferentes submedios y presenta caracteres distintivos (estructura interna, distribución granulométrica, presencia/ausencia de conchas o fragmentos, color, etc.), cuando aparece en cada uno de ellos. Se ha distinguido su presencia en:

a) **canal estuarino**. Cuando esta litofacies aparece en la zona submareal del estuario del Guadiana, presenta un característico tamaño de grano grueso-medio y color pardo-rojizo debido a la presencia de óxidos de hierro, menos frecuentes en los otros submedios. Se presenta con distribución granulométrica tipo B-2 y en forma de depósitos masivos sin laminación aparente, que pueden presentar fragmentos de conchas diseminados y muy raras veces valvas enteras (Facies Am0). Esta litofacies aparece en el estuario del Piedras, en zonas intermareales a lo largo de las barras fluviales laterales del estuario fluvial, con ordenamiento masivo (Facies Am0), o de foresets de *megaripples* (Facies Ar0); y, también, asociadas a las gravas del estuario fluvial y en el canal estuarino del sector marino, adosado a la flecha litoral. En el estuario del Odiel esta litofacies se desarrolla en el canal principal del estuario fluvial; son arenas gruesas/medias de color rojo y con abundantes fragmentos de roca. Forman campos de *megaripples* de reflujo, que migran durante la bajamar viva o los periodos de descarga fluvial intensa.

b) **canales mareales**. Estas litofacies se presentan en canales alimentadores y distribuidores del estuario del Guadiana, como arenas amarillas con abundantes fragmentos de conchas, a veces enteros (*Glycymeris* sp y ostreidos), con distribución granulométrica tipo B-1 y D-3 y en forma de depósitos masivos (Facies Am0).

c) **Deltas y llanuras mareales**. Las características son idénticas a las del canal alimentador (color amarillo y distribución tipo C-1), aunque la cantidad de conchas suele ser bastante mayor y en ocasiones puede aparecer una laminación paralela subhorizontal (Facies Ah0) o inclinada (Facies Ai0), que a veces puede ser incluso laminación cruzada de base plana (Facies Ap0). Estas estructuras no se han observado en los testigos, debido a su reducido perfil. También puede aparecer granuloclasificación normal (Facies Ahn0).

d) **bordes de canal**. En este submedio aparecen arenas finas a medias, de color grisáceo, y con distribuciones de tipo A-3 o B-1. Siempre con gran cantidad de conchas y fragmentos, y una laminación paralela horizontal muy marcada (Facies Ah0). En el sistema del Río Tinto aparecen arenas finas-medias de color negro, con conchas dispersas, sin bioturbación ni laminación (Facies Am0), en los sectores de borde de canal del estuario marino; así como litofacies de arenas finas amarillas en la llanura de inundación del estuario medio.

e) **flecha litoral**. Se trata de arenas gruesas-medias amarillas y con abundantes fragmentos de conchas y laminación *ripple* (Facies Ar0), o estratifica-

ción cruzada planar (Facies Ap0) que, longitudinalmente, se transforman en arenas finas con laminación paralela subhorizontal (Facies Ah0), o inclinada hacia tierra (Facies Ai0).

6. ARENAS FANGOSAS

Las facies de arenas fangosas aparecen a lo largo de distintos submedios con diferentes grados y tipos de bioturbación:

a) **canales mareales**. Este tipo de facies se sitúa en zonas cercanas a las fuentes de aporte arenoso del estuario del Guadiana, pero lo suficientemente internas (sectores externos de los canales de distribución mareal), como para que la fracción fina tenga cierta relevancia. Son arenas finas con distribución granulométrica del tipo C-3, de ordenamiento masivo o, bien, presentando una cierta laminación paralela horizontal. Muestran restos de bioturbación de bivalvos (30-90%) y Facies ALm β 4 y ALh β 3-4. Esta litofacies de arenas fangosas se distribuye, a lo largo del estuario del Piedras, en el canal principal de los sectores fluvial (Facies ALm β 4) y marino (Facies Alm β 3). Asimismo en el estuario del Odiel, por el canal de Punta Umbría, con bioturbación variable (desde trazas hasta el 90%) y presentando estructuras flaser (Facies ALr β 1-4). En el sistema del Domingo-Rubio esta litofacies está compuesta por arenas de color negro, con matriz fangosa o arcillosa y laminación paralela, en muchas ocasiones Facies ALh β 2-5). La bioturbación es muy variable (5-99%). Dominan formas redepositadas de ostrácodos. Estas facies se sitúan en las partes basales de la mayoría de los perfiles, respondiendo a facies de canal y/o delta mareales.

b) **llanura mareal**. Se trata de arenas con matriz arcillosa y abundante materia orgánica, que presentan distribuciones granulométricas intermedias entre los tipos C-2 y D-2; sin laminación aparente y sí abundantes fragmentos de conchas e, incluso, conchas en posición de vida al final de sus propias galerías, que son muy abundantes (90-95%). Son Facies ALm β 5.

c) **bordes de canal**. Estas arenas fangosas aparecen en el estuario marino, con distribución granulométrica de los tipos A-3 y D-2; por lo que se tratan de arenas finas con matriz lutítica y sin laminación, bioturbadas mediante galerías de crustáceos (5-90%) y en facies ALm β 2-4. Esta litofacies puede recibir todas las denominaciones litológicas posibles, en función de la amplia variabilidad de sus componentes arenoso y lutítico, a lo largo de todo el estuario de los ríos Tinto y Odiel, y en los sectores de borde de canal. Son de color negro, con laminación paralela y siempre con fragmentos de conchas dispersos.

c) **marisma**. Las arenas fangosas de este submedio presentan distribución del tipo C-1 (Fig. 3) y no es visible ningún resto de bioturbación, aunque abundan los fragmentos de plantas. Esta litofacies aparece, pues, en marismas incipientes de los estuarios marinos, con bioturbación escasa (Facies ALm0).

7. FANGOS ARENOSOS BIOTURBADOS

Esta litofacies aparece en los sectores de borde de canal del estuario marino del Río Guadiana, presentando distribuciones granulométricas de los tipos A-3, B-4 y D-2, con fragmentos de conchas y bioturbación por galerías de bivalvos (60-90%). Presentan tanto laminación paralela subhorizontal, como aspecto masivo (Facies LAmB 4-5 y LAhB 4-5). En el estuario del Río Tinto, esta facies es de color negro y se desarrollan a lo largo del borde de canal del estuario marino y de la marisma salada del estuario medio; así como en buena parte de los canales mareales. En los estuarios del Odiel y Piedras se presenta esta litofacies con las mismas características.

8. FANGOS SIN BIOTURBACIÓN

Se trata de limos arcillosos negros con abundante materia orgánica, que aparecen en los bordes de canal del estuario medio del Río Guadiana. Presentan distribuciones granulométricas de los tipos B-3 y B-4, con fragmentos de concha y laminación paralela subhorizontal (Facies Lh0).

Esta litofacies aparece en los bordes de canal de los sectores fluvial y marino del estuario del Piedras; así como, también, en el canal principal de los sectores medio (bioturbación en trazas) y marino. Se identifican, también, fangos sin bioturbar a lo largo del estuario del Odiel: en el canal de los sectores medio y marino, y en los bordes de canal y marisma de todo el estuario. También se presenta esta litofacies en sectores y submedios equivalentes del estuario del Río Tinto, en los que se distingue laminación paralela horizontal cuando lo permite la alternancia de colores (Facies Lh0).

9. FANGOS BIOTURBADOS

Son limos negros con bastante materia orgánica y grado de bioturbación variable. Esta bioturbación, al igual que ocurre en otras facies, puede enmascarar total o parcialmente la estructura interna del sedimento. Presentan cierta cantidad de arena, en función de la naturaleza arenosa del aporte. Esta litofacies se distingue en varios submedios:

a) **Canales mareales.** Son facies muy similares a las que se presentan en los bordes de canal, distinguiéndose únicamente por el tipo de bioturbación, ya que no aparecen galerías de crustáceos, y por la distribución granulométrica del sedimento (tipos A-4 y D-4). Presentan un contenido alto en materia orgánica, hasta el 24%, y están relacionadas con los procesos de floculación orgánica ocasionados por la mezcla de agua. En las zonas más internas

de la marisma de la desembocadura del estuario del Guadiana se trata de arcillas masivas negras, con abundantes conchas que aparecen, a veces, enteras e incluso en posición de vida. La bioturbación es variable (30-100%) y la facies Lm β 3-6. Esta litofacies de fangos bioturbados es muy abundante en el estuario del Piedras, concretamente en el canal principal del estuario fluvial (Facies Lh β 3). También son muy frecuentes los fangos bioturbados a lo largo de los estuarios del Odiel y Tinto, en el canal del estuario medio (Facies Lh β 1-3).

b) **llanura mareal**. Estas facies son típicas de la llanura mareal lutítica del sistema del Guadiana, en transición a borde de canal. La estructura interna puede ser masiva o con laminación paralela horizontal, y con distribuciones granulométricas de los tipos B-3 y B-4. Existe bioturbación por galerías de anélidos, crustáceos y bivalvos (5-100%). Son facies Lh β 5 y Lm β 2-6.

c) **bordes de canal**. Se trata, también, de limos arcillosos negros, masivos o con laminación paralela subhorizontal y distribución granulométrica de los tipos C-4 y B-4. Presentan bioturbación por galerías de anélidos, bivalvos y crustáceos (1-100%); y aparecen en los bordes de canal menos energéticos del sistema del Guadiana, o en la transición hacia la marisma salada (Facies Lm β 2-6 y Lh β 1-5), como, también, en los bordes de canal de los sectores fluvial (Facies Lh β 3), medio (Facies Lh β 2) y marino (Facies Lh β 4) del sistema del Río Piedras. En este último caso las galerías rellenas de arena destruyen la estructura original del sedimento. Aparecen, también, a lo largo de los bordes de canal de los estuarios del Odiel y Tinto, sectores medio y marino (Facies Lh β 1-3).

d) **marisma salada**. Son limos arenosos masivos, de color rojo, con laminación paralela horizontal y distribuciones granulométricas tipo C-4 (Fig. 2). La bioturbación por acción de raíces es variable (5-100%), llegando a formarse verdaderos aglomerados de raíces (Facies Lhr2-5 y Lmr6) en transición a turberas. Esta litofacies está presente en la marisma de todos los estuarios estudiados.

6. CONCLUSIONES

Los datos aportados en este trabajo permiten introducir a la arquitectura de las facies estuarinas de la costa de Huelva, al sintetizar las características de sus facies deposicionales. Los sectores o dominios fluviales de estos estuarios se caracterizan por presentar secuencias sin bioturbar y constituidas por gravas, arenas limpias y lutitas. La mayoría del sedimento es de origen mixto, aunque el desarrollo de barras laterales en los ríos Odiel y Guadiana significa un dominio local de los procesos fluviales. Las secuencias de facies de los canales estuarinos presenta una asociación variable, sin bioturbar, de estas mismas clases litológicas y con retrabajo mareal en el dominio fluvial del

estuario; que pasan a secuencias de arenas fangosas y fangos, ambos muy bioturbados, conforme se desarrollan en el estuario central. Estas facies de canal estuarino se componen de arenas limpias y arenas fangosas muy bioturbadas con abundantes conchas y restos de ellas, conforme alcanzan los dominios de los estuarios marinos.

Las facies de canal mareal muestran facies fangosas muy bioturbadas y con restos de conchas, a lo largo del estuario medio; que se hacen una asociación de arenas limpias y arenas fangosas muy bioturbadas, con restos de conchas, en el dominio del estuario marino. Los sectores morfológicos de borde de canal exhiben secuencias fangosas y arenoso-fangosas muy bioturbadas en el interior de los estuarios medio/central, e incorporando niveles de arenas limpias a lo largo del estuario marino; donde pueden evolucionar a verdaderas llanuras mareales, con una secuencia de facies similar y muy bioturbada.

Las facies de marisma son fundamentalmente fangosas, muy bioturbadas por acción de raíces. Se desarrollan, fundamentalmente, en los estuarios medio y marino; con la característica distintiva de alternancia de niveles arenosos en las facies de este último dominio. Las facies de deltas mareales están constituidas por *megaripples* arenosos y con grava, en los que pueden alternar todos los tipos de arenas identificados en este trabajo, de entre los que son más frecuentes las arenas limpias y las arenas fangosas. Presentan, también, muchos restos de conchas. Las facies de flecha litoral están constituidas por arenas limpias con laminaciones cruzadas, que aparecen a lo largo de los estuarios marinos por acción de retrabajo del oleaje.

Se sintetizan las facies deposicionales presentes en la costa de Huelva actual, con indicación de los conjuntos de litofacies (C.L.) estuarinas que las integran y sus relaciones laterales y verticales presentes a lo largo de los sectores o dominios estuarinos estudiados. Las secuencias de facies estuarinas, que actualmente se forman en la costa de Huelva pueden aplicarse al análisis del registro estratigráfico, siempre que sea factible la interpretación de los factores que controlan el desarrollo y preservación de las secuencias costeras (Davis y Clifton, 1987): (1) fluctuaciones del nivel del mar, (2) acumulación sedimentaria, (3) erosión del sedimento y (4) procesos marinos (oleaje y marea).

En este trabajo se evidencia la utilidad de la nomenclatura de litofacies que en él se propone, como ha quedado manifiesta en el estudio de los estuarios clásticos, albergados a lo largo de la costa mesomareal de Huelva. Dicha propuesta se realiza con objeto de facilitar el análisis de conjunto de estos sistemas litorales, y se subraya la utilidad que presenta en el momento de introducir a la arquitectura de facies deposicionales. La propuesta de nomenclatura de litofacies estuarinas es de carácter abierto, puesto que podrán incorporarse a ella otros tipos de litologías, de estructuras sedimentarias, etc. que se presenten en sectores diferentes al contexto de la costa de Huelva.

7. AGRADECIMIENTOS

El Dr. A. Sánchez-Pajares (Huelva) ha realizado amablemente numerosas radiografías de los testigos de sedimento. Varios compañeros del Departamento de Geología ayudaron durante las campañas de testificación sobre el terreno (J. Borrego, I. Jimenez y M. Lopez). Los comentarios sobre el manuscrito original de dos revisores anónimos contribuyeron a la mejora del texto. Este trabajo ha sido financiado con fondos de la DGICYT Proyecto PB93-1205.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORREGO, J. (1992): *Sedimentología del estuario del Río Odiel. Huelva, S.O. España*, Tesis Doctoral Universidad de Sevilla, 315 pp. (Mem. inédita).
- MORALES, J. A. y PENDÓN, J. G. (1990): «Submedios asociados a un sector intermareal de la Ría de Huelva», *Geogaceta* 7, 90-92.
- MORALES, J. A. y PENDÓN, J. G. (1993): «Holocene filling of an estuarine lagoon along the mesotidal coast of Huelva: the Piedras River mouth, southwestern Spain», *Jour. Coast. Res.*, 9, 242-254.
- MORALES, J. A. y PENDÓN, J. G. (1995): «Holocene estuarine facies along the mesotidal coast of Huelva, south-western Spain», en B. W. Flemming y A. Bartholomä (eds.), *Tidal Signatures in Modern and Ancient Sediments*, Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 24, 151-170.
- PENDÓN, J. G. (1989): «Caracterización del ciclo mareal en la desembocadura del Río Piedras», *XII Congr. Esp. Sediment.*, Bilbao, *Comunicaciones* 1, 97-100.
- COLES, B. P. L. y FUNNELL, B. M. (1981): «Holocene palaeoenvironments of Broadland, England», en S. D. Nio, R.T.E. Shüttenhelm & T.C.E. van Weering (eds.), *Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin*, Spec. Publs. Int. Ass. Sediment. 5, 123-131.
- COURAU, P. (1983): «Traces metalliques: principes des méthodes, réduction des contaminations», en *Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin*, CNPEO, 395 PP.
- DAVIS, R. A. JR. y HAYES, M. O. (1984): «What is a wave-dominated coast?», *Marine Geol.* 60, 313-329.
- FREY, R. W. y HOWARD, J. D. (1986): «Mesotidal estuarine sequences: a perspective from the Georgia Bight», *Jour. Sediment. Petrol.* 56, 911-924.
- HAYES, M. O. (1979): «Barrier islands morphology as a function of tidal and wave regime», en S. P. Leatherman (ed.), *Barrier Islands*, Academic Press, Nueva York, pp. 1-27.
- HOWARD, J. D. y FREY, R. W. (1985): «Physical and biogenic aspects of backbarrier sedimentary sequences, Georgia coast, U.S.A.», *Marine Geol.* 63, 77-127.
- LANESKY, D. E., LOGAN, B. W., BROWN, R. G. y HINE, A. C. (1979), «A approach to portable vibracoring under water and on land», *Jour. Sedim. Petrol.* 39, 655-657.
- MIALJ, A. D. (1977): «A review of the braide river depositional environment», *Earth Sci. Rev.* 13, 1-62.
- (1978): «Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers: A summary», en A. D. Miall (ed.), *Fluvial Sedimentology*, Can. Soc. Petrol. Geol. Mem. 5, 597-604.

- (1984): *Principles of Sedimentary Basin Analysis*, Springer Verlag, 490 pp.
- MOPU (1987): *Proyecto de trasvase de arenas a la Playa de Castilla*, Servicio de Costas de Huelva, 16 pp. (Informe inédito).
- MORALES, J. A. (1993): *Sedimentología del estuario del Río Guadiana (S.O. España-Portugal)*, Tesis Doct. Univ. Sevilla, Servicio Publicaciones Universidad de Huelva (1995), 323 pp.
- y PENDÓN, J. G. (1995): «Propuesta de nomenclatura para litofacies estuarinas clásticas», *XIII Congr. Esp. Sedim.*, Teruel, *Resum. Comunic.*, 2 p.
- y BORREGO, J. (1994): «Origen y evolución de flechas litorales recientes en la desembocadura del estuario mesomareal del Río Guadiana (Huelva, S.O. de España)», *Rev. Soc. Geol. Esp.* 7, 155-167.
- MORENO, C. (1987): *Las facies Culm del anticlinorio de Puebla de Guzmán (Huelva, España)*, Tesis Doct. Univ. Granada, 370 pp. (Mem. inédita).
- MOSLOW, T. F. (1984): «Depositional Models of Shelf and Shoreline Sandstones», *Am. Ass. Petrol. Geol. Cont. Educ. Cours. Not. Ser.* 27, 102 pp.
- PENDÓN, J. G. y BORREGO, J. (1987): «El Neógeno del extremo occidental de la cuenca del Guadalquivir», *Mediterránea* 6, 97-114.
- y MORALES, J. A. (1995): «Facies deposicionales en los estuarios mesomareales de la costa de Huelva: Litofacies constituyentes», *XIII Congr. Esp. Sedim.*, Teruel, *Resum. Comunic.*, 2 p.
- READING, H. G. (1978): «Facies», en H.G. Reading (ed.), *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell Scient. Publs., pp. 4-14.
- TERWINDT, J. H. J. (1981): «Origin and sequences of sedimentary structures in inshore mesotidal deposits of the North Sea», en S. D. Nio, R. T. E. Shüttenhelm y T. C. E. van Weering (eds.), *Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin*, Spec. Publs. Int. Ass. Sediment. 5, 4-26.
- ZAZO, C., GOY, J. L., SOMOZA, L., DABRIO, C.J., BELLUOMINI, G., IMPROTA, S., LARIO, J., BARDAJÍ, T. y SILVA, P. G. (1994): «Holocene Sequence of Sea-Level Fluctuations in Relation to Climatic Trends in the Atlantic-Mediterranean Linkage Coast», *Jour. Coast. Res.* 10, 933-945.

Manuscrito recibido: 29 de junio 1995

Manuscrito aceptado: 8 febrero 1996