

# CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS Y SUS RELACIONES SEDIMENTARIAS EN LA RÍA DEL EO (GALICIA-ASTURIAS, NOROESTE DE ESPAÑA)

G.Flor (1), L.A.Fernández-Pérez (1) y R.Cabrera-Ceñal (1)

(1) Departamento de Geología. Área de Estratigrafía. Universidad de Oviedo. C/ Arias de Velasco s/n. 33005-OVIEDO.

## RESUMEN

Se estudian las características dinámicas del estuario del Eo a partir de los registros de salinidad, de velocidades y de los sentidos de corriente en la vertical, tanto en estaciones fijas como en embarcación. Las ondas mareales disminuyen su rango, de una forma regular y paulatina, hacia la cola estuarina, mientras que la onda salina se comporta irregularmente con una tendencia a adaptarse a la mareal. El tipo de estuario se asimila al verticalmente homogéneo y, ocasionalmente, de mezcla parcial. El esquema general de circulación consiste en la entrada de agua salada por el borde occidental y de reflujos de aguas de mezcla por el oriental. Durante pleamares, se individualizan giros levógiros, debido a la aceleración de Coriolis, y dextrógiros de compensación, simultáneamente a corrientes intensas de fondo totalmente independientes. Se han definido las principales facies y subfacies sedimentarias del ambiente estuarino de acuerdo con la morfología superficial, litología, distribución textural, estructuras sedimentarias superficiales, infauna y colonización vegetal. Estas facies son: playa inter- y submareal, deltas mareales de flujo y reflujos, barras longitudinales, lóbulos *spillover*, canales principal y secundario, y llanuras de fangos. Las fracciones arenosas se reparten entre las categorías de arena media y fina, siendo las mayores en el delta de flujo y en el canal principal, y las menores en la playa, el delta de reflujos, las barras y los lóbulos. Buenas clasificaciones en general, excepto cuando se nota la influencia fluvial (moderada). Asimetrías negativas en áreas muy energéticas y positivas en donde domina la decantación. Los carbonatos bioclásticos son más abundantes en las zonas de energía, excepto en el canal principal con influencia fluvial, disminuyendo desde la desembocadura hasta la cola. Las partículas sedimentarias más gruesas de 1 mm se transportan por rodamiento con algo de suspensión gradada y las de menor tamaño por suspensión gradada menos en las constitutivas de las llanuras fangosas que lo hacen por suspensión pelágica. Se han deducido los movimientos principales de las masas sedimentarias en función de la circulación y de las grandes formas de lecho; los canales principal y laterales, así como los mareales, se modelan mejor en la mitad del ciclo mareal (media marea descendente a media marea ascendente); el secundario se activa en pleamar debido al giro levógiro y se retoca hacia bajamar. Los deltas mareales de flujo y reflujos, así como los lóbulos y barras longitudinales tienen una mayor actividad desde media marea ascendente a media marea descendente.

**Palabras clave:** dinámica, facies sedimentarias, estuario, norte de España.

## ABSTRACT

Estuarine dynamic characteristics from the records of the salinity, the direction and velocity of the currents in the water column in some controlled stations and on a boat are studied in the Eo estuary (Asturian and Galician regions, Northern Spain). Tidal wave decreases gradually and uniformly upstream, while saline wave is most irregular. This is a vertically homogeneous estuary, and occasionally partially mixed estuary. The general circulation scheme shows a landward flow of marine water on the left and mixed flow seaward on the right. During high tides, horizontal circulation pattern is developed as a consequence of the Coriolis force, simultaneously to strong bottom flows. Main sedimentary facies and subfacies, according to the morphology, lithology, textural distributions, sedimentary superficial structures, infauna and vegetation are defined: foreshore and backshore beach, flood and ebb tidal deltas, longitudinal bars, spillover lobes, main and secondary channels, and muddy flats. The sandy fraction varies between medium and fine sand, maximum in the ebb tidal delta and main channel and minimum in the beach, flood tidal delta and main channel and minimum in the beach, flood tidal delta, longitudinal bars and spillover lobes. Generally, sorting is good almost everywhere with the exception where fluvial influence is important. The asymmetry is negative when the area is very energetic and positive one when settling is dominant (tidal flats). Bioclastic carbonate content is maximum in strong energetic areas, except in the main channel with fluvial influence, decreasing from the mouth to inner part. Particles larger than 1 mm are transported by rolling with some graded suspension and lower than 1 mm by graded suspension; nevertheless, pelagic suspension is typical in tidal flats. The main transport of sediment has been deduced from the general circulation and the morphology of the biggest bedforms; main channel and

tidal creeks are activated rather from the falling half tide to the rising half tide; the secondary channel is developed during the high tide due to the horizontal circulation (counterclockwise), and it is reworked at low tide. Flood and ebb tidal deltas so as the spillover lobes and longitudinal sand bars area activated fundamentally from the rising half tide to falling half tide.

**Key words:** Dynamics, sedimentary facies, estuary, northern Spain.

Flor,G., Fernández-Pérez,A. y Cabrera-Ceñal,R. (1992): Características dinámicas y sus relaciones sedimentarias en la Ria del Eo (Galicia-Asturias, Noroeste de España). *Rev. Soc. Geol. España*, 5: 7-25.

Flor,G., Fernández-Pérez,A. and Cabrera Ceñal,R. (1992): Dynamic characteristics and their sedimentary relations of the Eo Estuary (Galicia-Asturias, Northwestern of Spain). *Rev. Soc. Geol. España*, 5: 7-25.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ría de Eo se encuentra en el límite de las Comunidades de Galicia (Provincia de Lugo) y del Principado de Asturias, al noroeste de la Península Ibérica (Fig. 1).

Tiene una forma alargada y estrecha, pudiéndose dividir en dos grandes segmentos. El comprendido entre la desembocadura externa y la villa de Vegadeo alineado N-S, sobre una longitud de 9 km 750 m y una anchura media de 800 m. Y el tramo Vegadeo-Abres, orientado NNE-SSO sobre una longitud de 4 km 500 m y anchuras sumamente variables, con un máximo de 571 m y un mínimo de 95 m; en este tramo las mareas son reducidas, permitiendo una dinámica predominantemente fluvial.

La ría del Eo se sitúa en el área septentrional de la Zona Asturoccidental-leonesa y, dentro de ésta, en el Dominio del Manto de Mondoñedo, cuya gran unidad estructural es la Unidad del Eo (Marcos, 1973). Los materiales más antiguos (Cámbrico Inferior) de la ría pertenecen a la Caliza de Vegadeo (calizas y dolomías recristalizadas), que aflora formando un eje anticlinal fallado. Por encima, ocupando la mayor parte de la zona, se sitúa la Serie de Los Cabos (Cámbrico Inferior-Medio hasta el Arenig), en la que Marcos y Pérez-Estaún (1981) diferencian cinco miembros. Los depósitos cuaternarios más importantes se restringen a los ligados dinámicamente a la ría: los aluviales (llanuras de inundación), prácticamente inactivos de la cola estuarina, y los distribuidos de acuerdo con la dinámica periódica de mareas y descargas fluviales, principalmente.

La alineación estructural de los materiales es NNE-SSO, mientras que la del eje de la ría se acerca mejor a una trayectoria N-S, lo que induce a pensar en la existencia de una gran fractura de esta dirección. Se evidencian otras fallas transversales, responsables pasivas de las aperturas de las ensenadas de La Linera (ONO-ESE), El Torrón y Reme (ENE-OSO). Fernández-Catuxo (1990) modifica la cartografía existente, apuntando la existencia de la falla de La Linera y una falla rotacional en Figueras.

Es un estuario de valle fluvial inundado, según la clasificación de Pritchard (1967), semiconfinado en su

desembocadura (área de Los Santos), mediante un estrechamiento rocoso que hace las veces de una barra arenosa.

Ha sido estudiado, desde el punto de vista de la dinámica de las mezclas de aguas y de la distribución sedimentaria superficial, por Encinar (1982) y Encinar y Flor (1983), y de las unidades morfológicas por Flor *et al.* (en prensa).

Los objetivos de este trabajo consisten en conocer las características dinámicas de las mezclas de aguas en el estuario a través del estudio de las ondas mareales y salinas. Se establecen los tipos teóricos de estuario en función de las predicciones mareales y de los caudales fluviales obtenidos en la cola del estuario. Se propone un esquema general del movimiento de las masas de agua en un ciclo mareal medio a lo largo de los momentos más representativos: pleamar, media marea descendente, bajamar y bajamar ascendente, asignándole unas condiciones medias de circulación. La definición de las facies y subfacies sedimentarias en función de la morfología, litología, parámetros granulométricos, composición bioclástica, estructuras sedimentarias superficiales más significativas y contenido biológico (bentos y colonización vegetal, si la hubiere) permite correlacionar su distribución superficial con las corrientes principales de agua.

## 2. METODOLOGÍA

Los caudales del río Eo se determinan a partir de los aforos de la Comisaría de Aguas del Norte de España. Se calculan los caudales medios desde 1943-44 a 1981-82 y los de los días en que se realizaron los muestreos. Los caudales fluviales y mareales se refieren a un ciclo mareal, calculando estos últimos mediante la planimetría de la superficie estuarina afectada por las mareas, aplicando los rangos mareales correspondientes a mareas vivas, muertas y medias, y corrigiendo las alturas en función de los registros reales.

Se parte de condiciones fluviales de estiaje por ser las más frecuentes a lo largo del año junto con mareas vivas y muertas, habiéndose realizado dos campañas de medidas en estaciones fijas y otras dos en embarcación

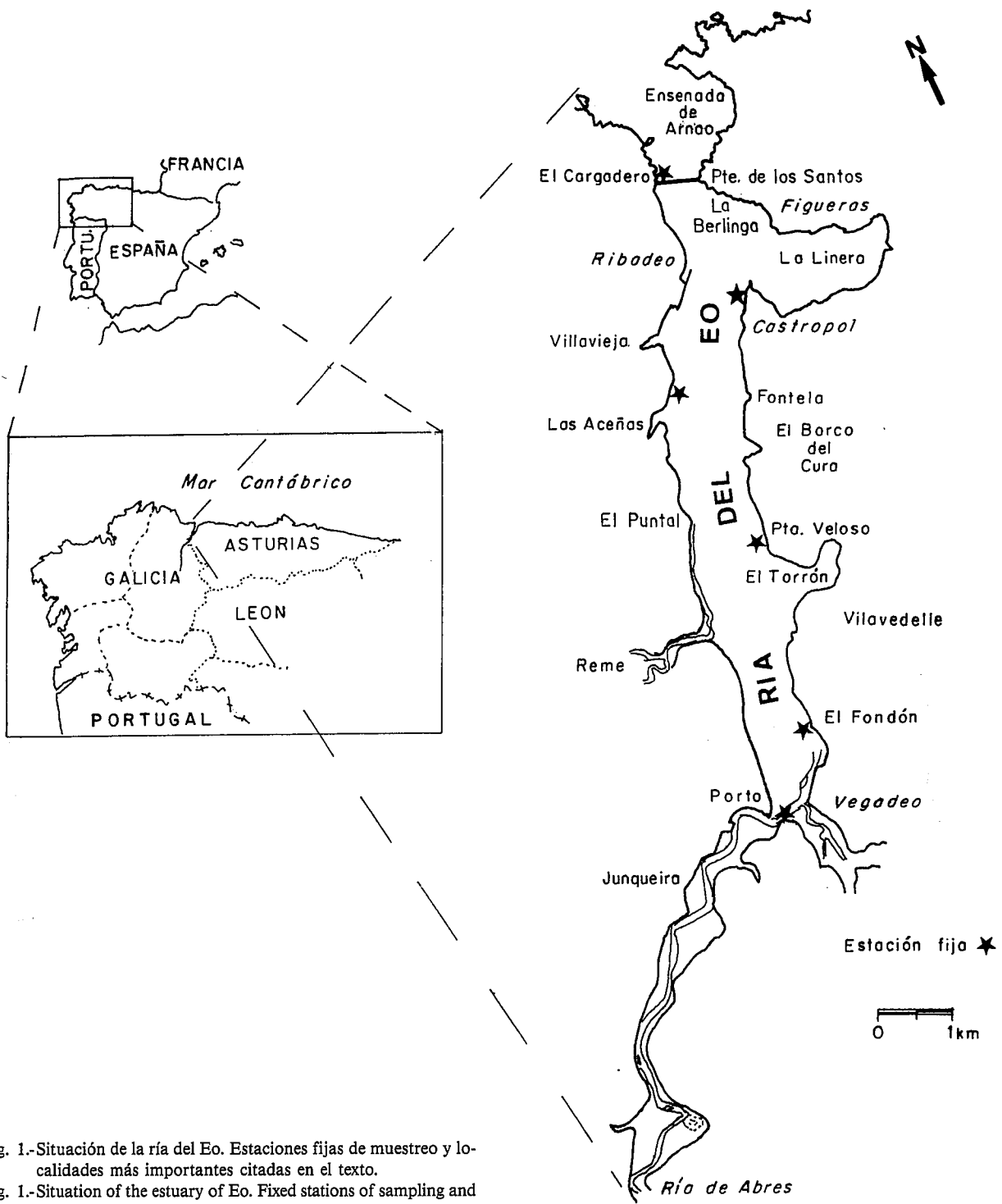


Fig. 1.-Situación de la ría del Eo. Estaciones fijas de muestreo y localidades más importantes citadas en el texto.

Fig. 1.-Situation of the estuary of Eo. Fixed stations of sampling and the most important localities cited.

el último trimestre de 1989. Se establecieron tres estaciones diarias de muestreos de alturas mareales y salinidades en cada margen durante dos días consecutivos para abarcar todo el estuario, separándolos en dos campañas para mareas vivas y muertas (Fig. 1) con lo que se controlan la influencia de las ondas mareales (alturas) y de las ondas salinas superficiales (salinidades) desde la desembocadura hacia la cola. En cuatro estaciones (Castropol, punta Veloso, N de Las Aceñas y puente de Vegadeo), se registraron, además, las salinidades en

profundidad y en dos de ellas el registro de velocidades de corriente de toda la columna de agua (Castropol y puente de Vegadeo). En embarcación, se materializaron al día siguiente de los registros en estaciones fijas, durante un día o dos consecutivos. Se siguieron trayectorias a lo ancho con la realización de 12 perfiles transversales, en zig-zag, separados entre 500 y 1.000 m, en función de la complejidad del área, con 3 (lo más frecuente), 2 ó 4 puntos de muestreo y, en cada uno de ellos, con la realización de varias medidas en toda la

columna de agua, de salinidad, velocidad y sentido de la corriente, individualizando las masas de aguas estratificadas para determinar el grado de mezcla de las aguas y su evolución en de un ciclo mareal completo (12 horas y 20 minutos, aproximadamente).

Para las tomas de datos de salinidad se utilizó un salinómetro portátil Ysi Model 33 S-C-T Meter y para los registros de velocidades de corriente un corrientómetro General Oceanic, Inc. Model 2035 - MK III, hasta una profundidad máxima de unos 4 m.

Se construyeron curvas mareales (onda mareal) y de salinidad (onda salina) y diagramas de contraste de la salinidad en profundidad, al objeto de evaluar las mezclas de aguas. Para la reconstrucción dinámica, comoquiera que existe una gran variabilidad y volumen de datos de salinidad, velocidad y sentido de corrientes, se han confeccionado series de esquemas cada 0,50 m de profundidad (no incluidos en la documentación gráfica), desde una hora antes hasta otra después de cada momento mareal considerado, asignándoles unas condiciones medias de circulación.

Se recogieron 9 muestras arenosas de la playa intermareal de Arnao, con el fin de completar el esquema sedimentológico del resto del estuario, compuesto por más de 200 muestras arenosas y de fango, deducido de trabajos anteriores (Encinar, 1982; Encinar y Flor, 1983). Como en la ocasión anterior, se tamizaron a intervalos de 0,50  $\phi$  mediante una vibradora estándar, a partir de 100 gramos iniciales. Los datos, después de pesados, se acumularon en papel probabilístico para obtener los parámetros de rango y de relación, estos últimos según Folk y Ward (1957).

El contenido carbonatado, exclusivamente de origen biogénico, se determina mediante el calcímetro de Bernard (método volumétrico), partiendo de 0,2 gr de CO<sub>2</sub> Ca puro como muestra patrón, y el peso de la muestra problema en función del contenido.

En todos los casos, se calculan las medias de parámetros y carbonatos en función del número de datos para cada facies y subfacies considerada. Por último, se contrasta la media de tamaños con los restantes parámetros granulométricos y el contenido carbonatado.

Se utilizaron diferentes juegos de fotografías aéreas para controlar la distribución y forma superficial de bancales y barras arenosas, así como para determinar la trayectoria de las corrientes que las remobilizan. La distribución que se propone en este trabajo corresponde a la integral de los procesos más probable en cualquier tipo de marea y caudales de estiaje, que son los dominantes a lo largo del año.

### 3. AGENTES DINÁMICOS

Mareas y descargas fluviales son los agentes energéticos principales que interactúan estrechamente promoviendo las mezclas de aguas continentales y marinas en el estuario, de manera que la repartición sedimentaria será el resultado final de estos procesos.

Las mareas en mar abierta son semidiurnas (com-

ponente M<sub>2</sub> semilunar principal) con rangos mareales variables entre micromareales (próximos a 1,0 m) en mareas muertas y mesomareales (4,20 m) en mareas vivas. En este caso, se debe asimilar a un estuario mesomareal.

Las mareas teóricas se deducen de las Tablas de predicción para el litoral asturiano, estableciéndose la correlación con las reales y en todo el estuario mediante los registros de la estación más externa (El Cargadero) representativa de mar abierta (Fig. 1).

Por otra parte, la descarga fluvial del Eo tiene marcadas variaciones estacionales: estiajes en el verano que se extienden hasta el otoño e incluso el invierno y avenidas en los meses de invierno y primavera, alcanzando el máximo en febrero. Su caudal absoluto medio anual, registrado en San Tirso de Abres (estación próxima a la cola estuarina) para un período de 39 años es de 20,11 m<sup>3</sup>/seg. Los caudales máximo y mínimo diarios son de 425 m<sup>3</sup>/seg y 0,60 m<sup>3</sup>/seg, respectivamente (Fernández Martínez, 1981).

El caudal mareal en mareas muertas (rango mareal medio de 1,72 m: 22 y 23 de octubre de 1989), calculado para la ría del Eo, es de 1,02  $\times 10^7$  m<sup>3</sup>, pasando a 2,41  $\times 10^7$  m<sup>3</sup> para mareas vivas (rango mareal medio de 4,00 m: días 15 y 16 de Octubre de 1989).

A partir de la serie de 39 años, los caudales fluviales referidos a un ciclo mareal son: estiajes de 2,66  $\times 10^4$  m<sup>3</sup>/12 h 20', avenidas de 18,87  $\times 10^6$  m<sup>3</sup>/12 h 20' y 8,93  $\times 10^5$  m<sup>3</sup>/12 h 20' para caudales medios. Los caudales mareales para mareas vivas y muertas son 2,43  $\times 10^7$  m<sup>3</sup> y 5,86  $\times 10^6$  m<sup>3</sup>, respectivamente, mientras que el relativo a mareas medias es de 1,42  $\times 10^7$  m<sup>3</sup>.

Se han determinado las relaciones Q<sub>F</sub>/Q<sub>M</sub> para los muestreos, tanto en las estaciones fijas como en embarcación. En los días 15, 16, 22 y 23 de octubre en estaciones fijas y 7, 27 y 28 de noviembre en embarcación los valores de Q<sub>F</sub>/Q<sub>M</sub> fueron menores de 0,010, comportándose el estuario como verticalmente homogéneo.

De acuerdo con los datos obtenidos en ésta y anteriores ocasiones, de una forma general, los extremos de la relación oscilan entre una circulación de estuario altamente estratificado o con estratificación horizontal y de mezcla total o verticalmente homogéneo.

Los oleajes pueden ser importantes en las áreas de desembocadura, particularmente en la zona de la ensenada de Arnao, procediendo de mar abierta, mientras que en el interior derivan del efecto del viento y son responsables de la formación de playas incipientes de cantos aplanados al pie de los acantilados, así como de retoques locales y temporales sobre los movimientos sedimentarios y sobre las formas de lecho mayores. Los trenes más frecuentes a lo largo del año proceden del NO, siendo importantes los del NE durante el verano. Las olas tienen una media de 1 m de altura y períodos de 8 a 20 segundos. Los oleajes de tormenta proceden del NO y N, registrándose alturas de hasta 4 metros (Losada *et al.*, 1989).

Los vientos juegan un papel secundario, retocando la superficie de bancales y barras y creándose pe-

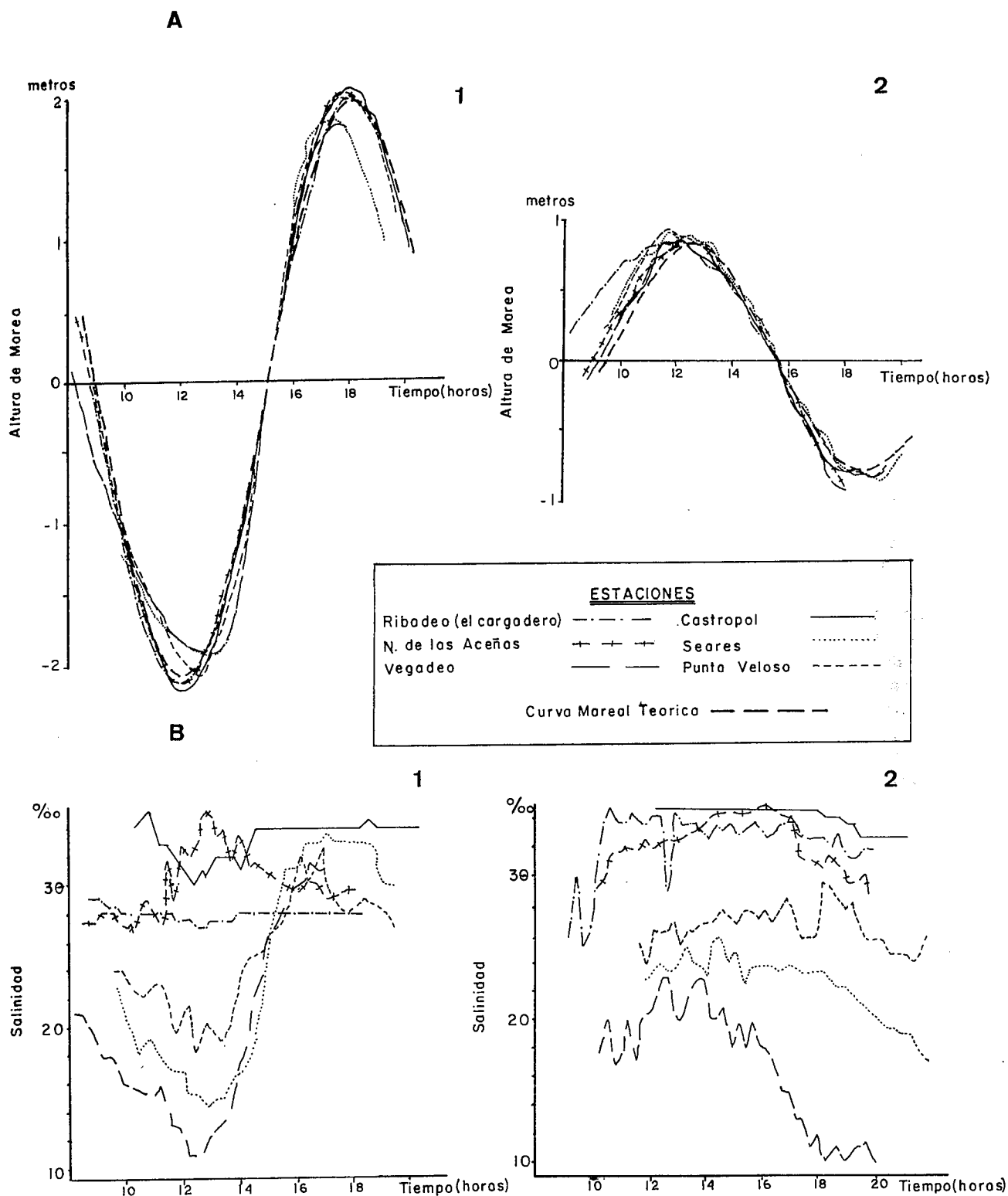


Fig. 2.-Ondas mareales (A), incluyendo la teórica, y salinas superficiales (B), para caudales fluviales de estiaje y mareas vivas (1) y muertas (2), en las diferentes estaciones.

Fig. 2.-Superficial tidal and saline waves, so as the theoretic one, when low fluvial water and spring (a) and neap (b) tides recorded in the fixed stations.

queñas corrientes inducidas. Los reinantes son del cuarto cuadrante (NO), y los del NE persistentes en condiciones anticiclónicas. Los vientos del S, muy frecuen-

tes en otoño, tienen una incidencia poco duradera pero significativa en la creación de oleaje dentro del estuario.

## 4. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS

### 4.1. Ondas mareales

Las ondas mareales (Fig. 2A) muestran, por lo general, un gran paralelismo entre sí y con la curva teórica. Existen diferencias horarias entre las ondas registradas en el estuario y la deducida de las Tablas de Mareas, calculándolas a partir de los datos de El Cargadero de Mineral. En mareas vivas, la bajamar teórica se debería producir 30 minutos después que la real, mientras que la pleamar teórica 24 minutos después, debiéndose al efecto de estrechamiento y confinamiento de la onda mareal, como pone de manifiesto Giresse (1970) en el pequeño estuario de La Sienne (N de Francia).

Otro aspecto constatable es el de una reducción del rango mareal desde la desembocadura hacia la cola del estuario, al amortiguarse la onda estacionaria mareal.

También se manifiestan irregularidades en el trazado de las curvas mareales consistentes en elevaciones y depresiones con relación al trazado general del perfil, frecuentes durante las pleamares en prácticamente todas las estaciones. Ya Martínez Cedrún (1984) cita estas anomalías en la ría del Asón (Cantabria), interpretándolas como debidas a procesos de taponamiento y sucesiva extrusión por estrechamientos morfológicos, si bien pueden atribuirse exclusivamente a la propia dinámica de la onda mareal y al movimiento del agua superficial de salida, que divaga hacia la desembocadura.

### 4.2. Ondas salinas

Se midieron las salinidades en superficie a partir

de estaciones fijas (Fig. 1), registrándose máximos y mínimos no coincidentes con las pleamares y bajamares, respectivamente, ni con las teóricas y ni siquiera con las correspondientes a las reales (El Cargadero). El cambio es notorio desde mareas vivas a muertas, siendo las asimetrías más netas en el primer caso y mayores las irregularidades de las distribuciones en el segundo. (Fig. 2B).

En las estaciones externas, la distribución salina mucho más irregular (máximos y mínimos sucesivos) por el efecto de oleajes y proximidad a mar abierta, tiende a trazar curvas asimétricas que, en El Cargadero, alcanzan los máximos con una mayor rapidez.

Para la mayor parte de las estaciones, se establece un esquema simple de variación de la salinidad superficial a lo largo de un ciclo mareal. Así, después de unas dos horas de culminada la pleamar, las salinidades disminuyen más o menos regularmente alcanzando un mínimo, variable en el tiempo de unas estaciones a otras (más tarde cuanto más hacia el interior), que tiene lugar al mismo tiempo que la bajamar teórica en Castropol y unas dos horas después en Vegadeo. Desde este momento, la salinidad aumenta rápidamente en las tres horas siguientes hasta alcanzar un máximo que tiende a conservarse durante un período relativamente dilatado, mayor cuanto más externa es la estación.

La estación situada al N de la ensenada de Las Aceñas tiene un comportamiento contrario a las restantes por el cual los mínimos parecen situarse en la mitad de la marea descendente, para alcanzar el máximo en un tiempo corto (tan sólo en hora y media), siempre después de la bajamar real, y que coincide con el mínimo en Vegadeo.

Para mareas muertas, las variaciones son más irregulares, excepto en Castropol. Las restantes estaciones

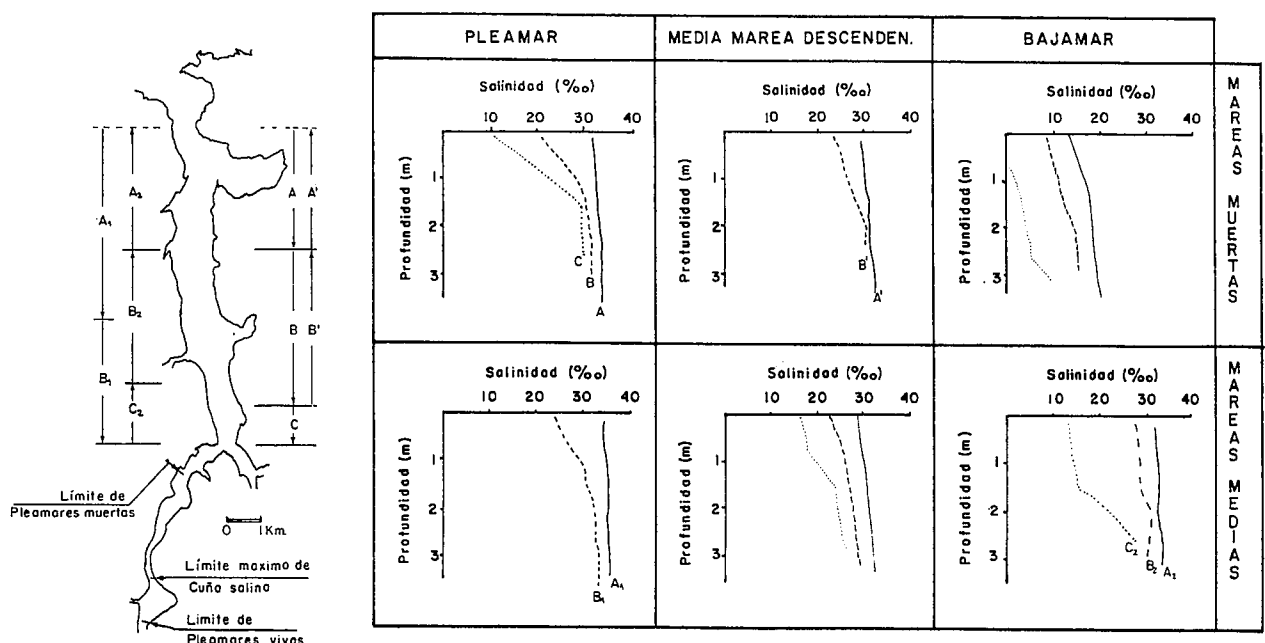


Fig. 3.-Perfiles verticales de salinidad desde momentos de pleamar a bajamar, en mareas muertas y vivas. Dominan las mezclas de aguas asimilables a condiciones verticalmente homogéneas.

Fig. 3.-Vertical profiles of salinity from low tide to high tide, at neap and spring tides. Vertically homogeneous estuary is dominant.

muestran una cierta afinidad ya que las ondas salinas, con las consabidas diferencias, tienden a dibujar curvas sinuosas asimétricas. Son más tendidas y menos salinas cuanto más hacia el interior del estuario. Entre la ensenada del Barco del Cura y Vegadeo, desde antes de la pleamar hasta un momento comprendido entre la pleamar y la bajamar, se produce el máximo de salinidad con un gradiente de aumento de la salinidad mucho más suave, mientras que el mínimo la hace entre la bajamar y la pleamar siguiente y con un gradiente más acusado que en el caso anterior (Fig. 2B).

La zona de Vegadeo es muy diferente, en primer lugar, porque las salinidades son menores, pero con valores más contrastados y, en segundo lugar, porque la distribución salina dibuja una onda asimilable a la onda mareal, con la diferencia de que los máximos ocurren unas pocas horas antes de la pleamar y los mínimos algo antes de la bajamar.

#### 4.3. Perfiles salinos

Los perfiles salinos muestran la tendencia de las mezclas de agua en los diferentes sectores del estuario. Así, en las áreas de desembocadura, los perfiles son verticalmente homogéneos con valores altos de la salinidad. A medida que se penetra en el interior, se conserva la misma distribución pero con el metro más superficial algo más salobre, incluso más acusado en el margen oriental, como corresponde a una salida de agua procedente de las zonas más internas. Hacia la punta Veloso comienza a hacerse notar un perfil de mezcla en un espesor variable entre el metro y el metro y medio superior, quedando el agua de fondo representada por agua salada de mezcla; también en el margen oriental se manifiestan más notoriamente aún las salinidades más bajas (Fig. 3).

### 5. ESQUEMA DE CIRCULACIÓN ESTUARINA

Los estudios previos en la ría del Eo (Encinar, 1982; Encinar y Flor, 1983) permitieron establecer que los caudales fluviales de estiaje (12,88 m<sup>3</sup>/seg) contrastados con los mareales daban una circulación general verticalmente homogénea ( $Q_F/Q_M < 0,1$ ; Simmons, 1955).

Desde el punto de vista de la dinámica salina, el estuario se subdividía en tres sectores. En el más interno, comprendido entre Abres y Vegadeo, predominan las mezclas de agua con estratificación horizontal; obviamente, durante la bajamar, el tramo se reduce a un canal por lo que la dinámica fluvial es dominante. Entre Vegadeo y la punta Veloso, hay mezcla parcial con aguas predominantemente poco saladas en caudales de avenida y saladas en estiajes y mareas vivas. Entre punta Veloso y la desembocadura, mezclas de agua que resultan en una distribución homogénea en la vertical.

Se separan cuatro momentos representativos de un ciclo mareal: pleamares, media marea descendente, ba-

jamar y media marea ascendente, que abarcan un intervalo aproximadamente desde una hora antes hasta una hora después. Se tienen en cuenta los flujos superficiales y del agua de fondo; en el primer caso, la columna de agua no suele rebasar el metro y medio, si bien oscila ampliamente. También, la superficie cubierta de agua es muy desigual de unas mareas a otras y de pleamar a bajamar, de ahí que se consideren unas circunstancias medias.

#### 5.1. Media marea ascendente

Las aguas marinas que penetran en el estuario se encauzan, primero, por los canales principales y después, cuando estos canales, banales y barras son recubiertos, creando corrientes de entrada por el margen occidental y de extrusión por el oriental. Los canales secundarios y mareales son meros transmisores pasivos del caudal ascendente. El proceso de entrada de agua salada se realiza paulatinamente con perfiles salinos verticalmente homogéneos. Las aguas dulce y de mezcla dulce se sitúan en la superficie de la columna de agua, con un reflujo neto (Fig. 4 A).

Queda muy contrastada la salida de agua menos salada por el E según perfiles verticales desde Vegadeo hasta Ribadeo. Comienzan a construirse las células circulatorias de La Berlinga, entrando agua por el fondo hacia La Linera, y de El Torrón. En el canal secundario, en Figueras, se registran las velocidades máximas (0,20 m/seg) con sentido hacia el oeste.

#### 5.2. Pleamares

En superficie, se detecta una corriente de agua de reflujo de baja salinidad desde la cola del estuario hasta El Fondón que, para caudales de avenida, se extiende hasta El Torrón. Se coloca mejor en el margen oriental, debido al efecto Coriolis. Comoquiera que, en estas circunstancias, las corrientes superficiales de flujo son muy débiles, en su avance por el margen occidental cabe deducir que la entrada principal de agua salada se realiza por el fondo aprovechando los canales ahora sumergidos.

Además, se puede evidenciar un reflujo de tipo sinuoso, a modo de corrientes estrechas de agua dentro de la masa total que meandrifican con un control del canal principal situado morfológicamente por debajo. Las corrientes que manifiestan sentido levógiro hacen aflorar agua más salada desde el fondo, mientras que los dextrógiros son de agua más dulce con un movimiento de descenso hacia el fondo. Frente al Torrón, se producen, en la pleamar, fenómenos de giro levógiro muy tenues como se deduce de las isohalinas superficiales que provocan en dicha zona procesos de ascenso de agua de fondo ligeramente más salada y de algunos registros de corrientes en la porción meridional que indican flujo netos hacia el Este. Este se compensa, hacia el N, entre punta Veloso y el Barco del Cura, por otro

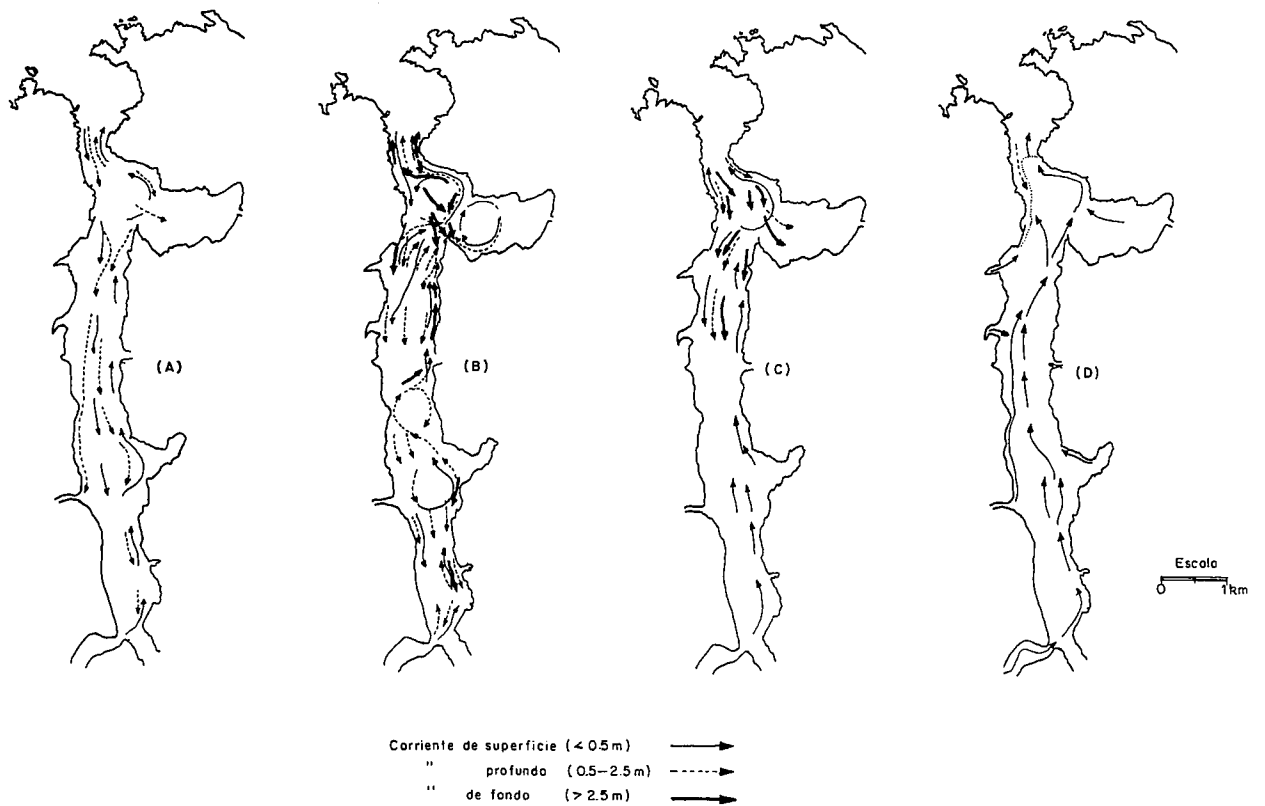


Fig. 4.-Esquemas de circulación durante media marea ascendente (A), pleamar (B), media marea descendente (c) y bajamar (D), en toda la columna de agua.

Fig. 4.-Circulatory scheme during half rising tide (A), high tide (B), half descending tide (C) and low tide (D).

movimiento de signo contrario: dextrógiro. En la bahía de Ribadeo, sobre los banales de La Berlinga, se produce un giro levógiro mucho más ostensible y en todas las profundidades hasta 4 m al menos, en pleamares vivas y medias y hasta los 2,5 m en muertas, registrándose simultáneamente entradas de agua de fondo con un flujo uniforme muy intenso hacia el SE. Estos dos procesos dinámicos simultáneos modelan el banal de La Berlinga. Justo al E de la zona de actuación del giro levógiro se individualiza otra célula circulatoria de sentido contrario (dextrógiro), originando un fondo subplano ligeramente deprimido hacia el eje de giro. En determinadas fotografías aéreas se comprueba una alineación circular de las praderas de *Zostera* adaptadas a este giro. Estos movimientos circulares de componente horizontal son asimétricos en cuanto a intensidad de las corrientes que los constituyen; así, para giros levógiros, la mayor intensidad de corriente tiene lugar en el borde oriental, mientras que en los dextrógiros se produce en el occidental.

Las áreas de desembocadura no revelan, a partir de los datos de corrientes, trayectorias preferentes del agua; no obstante, los registros de salinidad manifiestan aguas de mezcla o algo menos saladas por el borde oriental con velocidades durante la pleamar prácticamente inapreciables, que podría ser indicativo de una salida muy débil, pero que adquirirán mayor relevancia a medida que el volumen de agua decrece.

En profundidad, la distribución de corrientes es

muy distinta. Prácticamente por el fondo estuarino entra agua salada hacia la cola, como inercia de la onda salina a alcanzar o conservar los máximos hasta después de la pleamar. Este flujo se deja sentir hasta en el canal estrecho de Vegadeo. Su intensidad es alta, por lo que cabe deducir que este fenómeno es unidireccional; disminuye suavemente hacia el fondo por rozamiento, aún cuando en multitud de registros hay cifras importantes. Existen datos en que los movimientos de reflujo son claros, como en la zona de El Torrón a 1,5 m de profundidad, que podrían indicar el límite inferior de la capa de agua con circulación horizontal de sentido levógiro, antes mencionada.

Las velocidades máximas se dan en superficie, con 0,40 m/seg al S de Castropol y frente a la ensenada de El Fondón, y en profundidad, 0,35 m/seg al N de Las Aceñas.

Por lo que respecta a la estratificación vertical, se identifican cuñas salinas desde la cola estuarina, que se extienden hasta Vegadeo, con potencias en esta última localidad, para mareas medias y muertas, de alrededor de un metro y de al menos dos metros en caudales de avenida; el agua más dulce se canaliza por la zona oriental. Esta capa superficial se diluye progresivamente hacia El Fondón con caudales de estiaje y todo tipo de mareas y hasta El Torrón en avenidas, dando en dicha capa superficial perfiles salinos de mezcla parcial; se manifiesta también un movimiento de reflujo de agua más dulce por el borde oriental. Entre la pun-



ta Veloso y la ensenada del Barco del Cura, el perfil vertical es de mezcla total, siendo la salinidad ligeramente mayor por el centro que en los extremos. Este esquema se continúa en el resto del estuario, salvo en la desembocadura de Los Santos donde el agua es algo menos salada por el borde E, lo que induce a pensar en una extrusión de agua dominante por dicha zona. En el área N de Ribadeo, hay cifras algo más dulces de lo que debería corresponder debido al flujo de entrada de agua salada; influirían, muy probablemente, los vertidos residuales de la villa en esa orilla, hecho que se pone de manifiesto en algunos puntos concretos (Fig. 4 B).

### 5.3. *Media marea descendente*

Las masas de agua salada entran por el fondo restringiéndose más a los canales principales, pero sin rebasar el tramo comprendido entre las ensenadas de El Torrón y El Fondón. En superficie, entra el agua por el margen occidental y se extruye por el oriental. Sobre La Berlinga, el giro levógiro permanece hasta una profundidad de 2,5 m en mareas vivas, y la penetración de agua de fondo salada en todos los frentes hacia el SE y, fundamentalmente, a través de los canales que drenan la ensenada de La Linera. Se conserva aún el giro horizontal frente al Torrón, aunque de forma tenue.

Entre El Torrón y Castropol, afloran burbujas de agua más dulce, que se mueven claramente siguiendo giros dextrógiros, mejor desarrollados sobre la mitad oriental, ya que en el otro extremo hay rozamientos sobre el fondo suavemente inclinado de las llanuras zosteriales sin que sean posibles movimientos horizontales.

Por el borde oriental, el agua menos salada se dirige desde Vegadeo hasta la desembocadura, produciéndose a la vez una entrada de agua algo más salada por el occidental. Esta corriente de extrusión, tanto en superficie como por el fondo, alcanza cifras de más de 0,50 m/seg.

En Vegadeo, se insinúa una masa estratificada de agua dulce superficial en el metro superior, para caudal en estiaje y mareas tanto vivas como muertas, siendo el agua de fondo bastante salada (30 por mil). Esta distribución evoluciona rápidamente a un perfil verticalmente homogéneo irregular. El agua más dulce se mueve por el E, repitiéndose este mismo esquema entre Ribadeo y Castropol, pero con un agua de fondo ligeramente más salada; en superficie, el agua es algo más dulce por el borde oriental.

Durante caudales de avenida, la capa superficial alcanza espesores de 1,5 a 2 m, y los perfiles salinos altamente estratificados evolucionan a mezcla parcial en dicha capa hasta punta Veloso, a partir del cual se tornan verticalmente homogéneos. En estas condiciones, las aguas más dulces, desplazándose por el borde E, son más notorias (Fig. 4 C).

### 5.4. *Bajamar*

La circulación estuarina se reduce al reflujó del

agua dulce, con velocidades máximas de 0,50 m/seg al S de Castropol, y de mezcla, algo más salina hacia el fondo, con entrada de agua marina en las áreas más externas por el borde occidental. Los canales menores y canales mareales ("tidal creek") drenan las llanuras fangosas y actúan como verdaderos cauces fluviales, divagando según trayectorias meandriformes y erosionando, predominantemente cabeceras y márgenes en aquellos más rectilíneos (Fig. 4 D).

## 6. FACIES SEDIMENTARIAS

Las facies sedimentarias caracterizan los ambientes y subambientes estuarinos con su morfología y situación particulares, resultado de los agentes dinámicos que determina su litología, estructuras sedimentarias, infauna, colonización vegetal, etc.

Varias publicaciones de Asensio-Amor (1959a,b,c, 1960a,b,c, 1974) y por Hernández-Pacheco y Asensio-Amor (1963) y Pérez-Mateos y Asensio-Amor (1963) han versado sobre aspectos granulométricos del componente arenoso, fundamentalmente, y de la fracción canto.

La morfoscopia de las arenas cuarzosas del Eo (Asensio-Amor, 1960 b) revela granos redondeados y subredondeados brillantes y no desgastados, siendo en 0,30 mm donde se separan mejor las clases representativas de los agentes fluvial y marino. Utilizando el concepto de gradiente morfoscópico, define tres tramos:

a) Desembocadura-Puente de Los Santos, donde actúan las condiciones marinas típicas derivadas de la acción del oleaje.

b) Puente de Los Santos-ensenada de Villavieja, donde habría un doble trabajado marino y fluvial.

c) Villavieja hacia el interior, donde predominan las condiciones de trabajado fluvial.

La composición mineralógica de las arenas se caracteriza por una proporción variable de carbonatos bioclásticos (Encinar y Flor, 1983) y cuarzo, siendo accesorios feldespatos, moscovita y pizarras; éstas son ligeramente más abundantes hacia la cola del estuario, donde domina el cuarzo y los restos bioclásticos pasan a ser muy ocasionales.

Pérez Mateos y Asensio-Amor (1963), estudiando las asociaciones de minerales pesados, encontraron más proporción de minerales opacos, micas y cloritas, seguidos de andalucita, granate, turmalina y circón, así como otros de menor importancia: anfíboles, silimanita, estauroлита, etc. Definen dos asociaciones: una, rica en minerales de metamorfismo para la desembocadura y banales centrales y, otra, con alta proporción de micas y cloritas propias de los terrenos que rodean la ensenada de La Linera.

Los sedimentos de la ría tienen tres procedencias: fluvial, marina y del propio estuario. La fluvial es mayoritariamente de fracción arena y limo más arcilla, así como de cantos y gravas, que se transportan, de una manera más efectiva, en crecidas del río. La marina proviene del litoral a través de la corriente costera desde las áreas más occidentales, en buena parte del contiguo estuario de Foz. Los sedimentos externos son are-

nosos: cuarzo y, mayoritariamente, bioclastos carbonatados, que derivan de organismos con caparazón, cuyo hábitat está en las áreas intermareales rocosas: mejillones (*Mytilus*), lapas (*Patella*), gasterópodos (*Gibbula*, *Littorina*,...), balanos, etc. Debe considerarse la introducción de sedimentos, y en particular fangos, desde la plataforma continental, pero se desconoce totalmente esta circunstancia. En cuanto a la aportación del estuario, se distinguen dos vías; por una parte, la producción bioclástica de organismos con concha, mayoritariamente Bivalvos filtradores, que viven como infauna en el canal principal y canales secundarios: navajas (*Solen*), almejas (*Venerupis*), berberechos (*Cerastoderma*) o en las llanuras fangosas: *Scrobicularia*, *Lucina*,...; también como epifauna: ostras (*Crassostrea* y *Ostrea*) y, menos abundantes, pequeños gasterópodos, asociados a las llanuras de fangos: *Littorina*, *Bittium*, *Hydrobia*,... Por otra parte, la contribución de los acantilados es local a través de movimientos en masa, y aunque los materiales sean groseros, en su mayor parte, lo que induce a la formación de playas peculiares de cantos, también se incorporan tamaños arenosos y limosos.

Una contribución fundamental es la producción de materia orgánica, junto con los cortejos vitamínicos y otros nutrientes. Permiten una alta productividad orgánica en su seno y una cesión de una parte a las zonas costeras. En esta última zona, las comunidades litorales se benefician de estos componentes (Flor, 1980; Flor *et al.*, 1982).

## 6.1. Facies de playas arenosas externas

Se separan toda una serie de subfacies arenosas restringidas a la ensenada de Arnao, propias de las zonas submareal e intermareal; no se desarrolla la zona supramareal permanente, al situarse los acantilados inmediatamente sobre la playa. Existen playas discontinuas de cantos intermareales, más destacadas en el borde occidental.

Están desligadas de la dinámica general estuarina, pero dependen de la actuación de los oleajes, apreciándose influencias del estuario al existir aportaciones sedimentarias desde el interior del mismo.

Dada su configuración morfológica, los oleajes del NO y N actúan estacionalmente en los movimientos sedimentarios. Los del NO son los más frecuentes, generando corrientes inducidas con sentido dominante hacia el SE. Así, se produce una deriva de los sedimentos playeros en ese mismo sentido, que tiende a amortiguarse por la salida del estuario de agua y sedimentos a través del borde oriental de Los Santos, formándose una célula circulatoria dextrógira, sin pérdida apreciable de sedimentos.

### 6.1.1. Subfacies de playa sumergida en la ensenada de Arnao.

Los sedimentos arenosos se transportan desde el litoral occidental (Galicia), introduciéndose desde el NO

al SE. Son de tamaño fino con tonos beige y grises, evolucionando gradualmente a medios hacia el intermareal. Ganan batimetría hacia el NO y más acusadamente hacia el eje de la ría. Las granulometrías (n=13) revelan tamaños más finos con la profundidad; así, el centil y la media pasan de 0,5  $\phi$  (0,71 mm) y 2  $\phi$  (0,25 mm) en la orilla hasta 1  $\phi$  (0,5 mm) y 2,5  $\phi$  (0,18 mm) en las zonas más alejadas, respectivamente. Los calibrados varían de buenos a moderadamente buenos, con asimetrías entre 0 y ligeramente positivas y curvas tendentes a leptocurtósicas (picudas). El promedio de carbonatos se mueve entre un 50 % y algo menos del 40 %, disminuyendo hacia la bocana externa de la ría.

En superficie, se forman multitud de ripples de oleaje y de corriente, y, con cierta frecuencia, ripples de interferencia. Hacia la zona submareal, aumenta progresivamente la bioturbación orgánica del sedimento, mayoritariamente por anélidos y bivalvos, mientras que anélidos y gasterópodos practican multitud de pistas sobre la superficie arenosa.

### 6.1.2. Subfacies de playas intermareales de Arnao.

Son depósitos arenosos adosados al acantilado, con extensiones que nunca superan el centenar de metros. En pleamar, las pequeñas playas se desconectan unas de otras, aflorando únicamente la parte alta intermareal. Las arenas están lavadas (n=9), con tamaños máximos y medios de 0,24  $\phi$  (0,85 mm) y 1,92  $\phi$  (0,26 mm), y cierta dispersión, mayores en la parte alta de la playa; las clasificaciones son buenas (0,51  $\phi$ ), mejores hacia la parte media y las asimetrías negativas (-0,13  $\phi$ ); las curvas tienden a chatas (0,9), con valores extremos variables; y el contenido carbonatado bioclástico tiene una media que supera el 65% de CO<sub>3</sub>Ca, como corresponde a un entorno más energético que el submareal.

Son muy frecuentes ripples romboidales, marcas de arroyada ("rill marks"), marcas horquilladas ("current crescents") por cantos pequeños y bioclastos (*Mytilus*, *Cerastoderma*,...), y ocasionales microdeltas. Son abundantes las pistas de anélidos en la mitad inferior superficial.

## 6.2. Facies arenosas sumergidas de desembocadura

El enlace de la playa sumergida con el área compleja de la desembocadura se efectúa gradualmente, constituyendo ésta el frente terminal de mayor pendiente del prisma sedimentario estuarino, que conserva una pendiente de 0,5° desde la cola estuarina (Vergnolle, 1988). Representa un gran delta sumergido complejo de reflujo surcado por canales laterales, separado por un bancal intermedio.

### 6.2.1. Subfacies de bancal sumergido.

Denominado bancal de La Carabela, presenta un lecho plano propio de alto flujo. Tiene forma alargada N-S, siguiendo las trayectorias del flujo y reflujo con

una morfología bilobulada por crecimiento sedimentario en su borde N. Enlaza insensiblemente con el bancal emergido septentrional de La Berlinga. Los pilares del puente de Los Santos modifican a barlovento y sotavento la superficie, creando grandes depresiones de erosión ("scours") y formas sedimentarias positivas alargadas a ambos lados.

Las arenas (n=11) son de tamaños muy variables con centil y media:  $-0,45 \phi$  (1,37 mm) y  $1,71 \phi$  (0,3 mm), que revelan tamaños gruesos algo inferiores a los de los canales laterales, siendo menores cuanto más próximos se encuentran de ambos y cuanto más al S. Tienen clasificaciones moderadamente buenas (0,62  $\phi$ ), asimetrías con tendencia negativa ( $-0,06 \phi$  y curvas picudas (1,22). Las carbonatos son altos, del orden del 76,5 %.

### 6.2.2. Subfacies de canales sumergidos.

En ambos márgenes, se individualizan formas acanaladas estrechas en el fondo arenoso, incididas por el flujo de entrada en el borde occidental y reflujo en el oriental, que se continúan de forma distinta hacia el interior del estuario; la primera, de mayor calado, por los muelles de la villa de Ribadeo y, la segunda, por el borde próximo a la población de Figueras.

Granulométricamente, ambos canales muestran tendencias bien diferentes, como respuesta a la dinámica en cada uno de ellos. El canal occidental (n=4) tiene tamaños máximos y medios más finos:  $-0,85 \phi$  (1,80 mm) y  $1,94 \phi$  (0,26 mm), respectivamente. Las arenas están mejor clasificadas: 0,43  $\phi$  (buena). Las asimetrías son negativas:  $-0,35 \phi$  y las curvas muy picudas: 1,6. Los carbonatos se reparten alrededor del 50 %. El canal oriental (n=3), con menor calado y mayor sedimentación, soporta corrientes de reflujo más intensas. Así, centil y media son  $-0,93 \phi$  (1,9 mm) y  $1,31 \phi$  (0,4 mm). Las clasificaciones son moderadamente buenas (0,67  $\phi$ ). Las curvas próximas a simétricas (0,03  $\phi$ ) con angulosidades medias (1,03) y carbonatos que dan un promedio del 74 %.

### 6.3. Facies de bancal emergido

Se identifican construcciones deltaicas de flujo, propias de estuarios mesomareales (Hayes, 1975). Son grandes formas positivas con tendencia subelíptica en planta, situadas dentro de la zona externa (bahía de Ribadeo), donde el estuario amplía su superficie. Intervienen tres procesos dinámicos; por una parte, el modelado inducido por el giro levógiro horizontal durante la pleamar, debido a la aceleración de Coriolis que determina la forma convexa principal con mayor incisión en el borde oriental; por otra, la creación de un delta de flujo con toda una serie de megaformas de lecho (Boothroyd y Hubbard, 1975) con una migración dominante hacia el SE; y, por último, otra removilización con fuerte incisión derivada de la acción del canal secundario oriental, durante las bajamares. En la porción meridional, el bancal se subdivide, formándose una

barra/bancal fusiforme en planta, cuyo eje mayor apunta hacia el SE, originándose por la doble actuación de reflujos por el E y flujos por el O.

Las arenas están muy lavadas (n=9), con tamaños máximos y medios de  $0,7 \phi$  (0,61 mm) y  $1,93 \phi$  (0,26 mm), respectivamente, siendo ligeramente mayores a barlovento que a sotavento. Buenas clasificaciones (0,48  $\phi$ ), mejores en los bordes de sotavento. Las curvas tienden a negativas en barlovento (mayor energía por lavado de finos y concentración de gruesos) y a positivas en sotavento (decantación de finos), con una media de  $0,03 \phi$ . Tienden a picudas, con valores medios de 1,19, siendo más agudas en sotavento. Los carbonatos dan medias de 63,63 %, con valores mayores en barlovento.

Desarrollan multitud de ondas de arena y ripples de corriente superpuestos que crecen hacia el SE. La infauna que actúa sobre los banales se suele restringir a los bordes de los canales. Son muy frecuentes anélidos (*Spio filicornis*, *Nephtys cirrosa*, etc), bivalvos (*Angulus tenuis*, *Cerastoderma edule* o berberecho, *Tellina tenuis* o coquina,...) y equínidos (*Echinocardium cordatum*) ligados a las áreas con mayor claridad de aguas. La mayor parte de la superficie del bancal, por su alta energía, apenas si sostiene actividad orgánica y desarrolla una porosidad de esponja.

La barra/bancal meridional se diferencia por sus parámetros (n=6). Tamaños máximos y medios de  $0,82 \phi$  (0,57 mm) y  $2,12 \phi$  (0,23 mm), mayores en barlovento. Las clasificaciones son muy buenas (0,36  $\phi$ ), algo mejores en barlovento. Las asimetrías tienen medidas de  $-0,17 \phi$ , con valores muy contrastados, siendo más negativas a sotavento. Las curvas son claramente picudas (1,36), mayor aún en sotavento. Los carbonatos tienen medidas de 54,77%, sin que exista una tendencia clara.

### 6.4. Facies de barras longitudinales

Se desarrollan particularmente en el sector comprendido entre la alineación Castropol-muelle de Ribadeo y la ensenada de El Torrón, por la dinámica fluvial y mareal, actuando corrientes de flujo y de reflujo. Son fusiformes de trazado rectilíneo o ligeramente arqueadas alargadas con dimensiones hectométricas y anchuras decamétricas de naturaleza arenosa. En superficie, se superponen ondas de arena, fundamentalmente, y todo un cortejo de ripples de corriente. Se tomaron cuatro muestras en una barra situada en el margen noroccidental. Los centiles y medias representan energías altas ( $-1,32 \phi$  y  $1,75 \phi$ , respectivamente), mayores en la parte septentrional. Las clasificaciones próximas a buenas (0,53  $\phi$ ), peores al N. Las asimetrías negativas ( $-0,23 \phi$ ) y las curvas tendentes a picudas (1,18). Los carbonatos son altos (48,56 %). En otra barra en el margen oriental al N de la ensenada del Barco del Cura, para n=5, los tamaños son mayores (centil= $0,45 \phi$  y media= $2,24 \phi$ ), las clasificaciones buenas (0,65  $\phi$ ), curvas ligeramente positivas (0,09  $\phi$ ) y picudas (1,13) con carbonatos variables (media del 33,6

‰). En el área más suroriental, la distribución paramétrica (n=4) es muy similar: centil (0,47  $\phi$ ), media (2,06  $\phi$ ), clasificación (0,63  $\phi$ ), asimetría (0,11  $\phi$ ) y angulosidad (1,05), pero los carbonatos descienden drásticamente a 1,4 ‰.

### 6.5 Facies de lóbulos (“spillover”)

Son muy frecuentes al sur del bancal emergido. Entre Castropol y la punta Veloso, se hacen mucho más alargadas y estrechas, pudiendo formarse indistintamente, tanto por flujos como por reflujos. El lóbulo tomado como referencia está situado entre Ribadeo y Castropol, originado por el flujo mareal. En planta, dibuja una banda en horquilla cuya convexidad apunta hacia el S. Entre ambas alas, se sitúa un canal menor de dirección N-S que se someriza hacia el cierre. Éste adquiere en el frente de sotavento una pendiente ligeramente menor que la de barlovento. Las dimensiones varían de decamétrica a centimétrica. Se pueden distinguir varias subfacies, caracterizándose granulométricamente como sigue:

#### 6.5.1. Subfacies de las alas.

La occidental (n=2) tiene centiles mayores que la oriental (n=4), siendo los medios muy similares: -0,25  $\phi$  (1,19 mm) y 2,07  $\phi$  (0,24 mm) y 0,5  $\phi$  (0,71 mm) y 2,04  $\phi$  (0,24 mm), respectivamente. Las clasificaciones son parecidas: 0,42  $\phi$  (bien clasificadas). Las curvas algo más negativas en la occidental: -0,19  $\phi$  que en la oriental: -0,06  $\phi$  y más picudas en esta última: 1,29, siendo de 1,07 en la occidental. Los carbonatos son algo superiores en la oriental: 54,66 ‰ que en la occidental: 51,8 ‰.

#### 6.5.2. Subfacies del canal.

Para (n=4) los centiles son de 0,64  $\phi$  (0,64 mm) y medios de 1,83  $\phi$  (0,28 mm). Clasificaciones buenas (0,4  $\phi$ ). Asimetrías claramente negativas (-0,26  $\phi$ ). Curvas medias (1,07) y contenidos carbonatados altos, los mayores de todo el conjunto (63,78 ‰). Los tamaños medios son los mayores, confirmando la mayor energía del canal. El valor medio tan negativo de la asimetría se corresponde con una zona de fuerte lavado de finos y mayor concentración de gruesos. Los carbonatos más altos se correlacionan con el mayor tamaño medio.

#### 6.5.3. Subfacies de sotavento.

Las arenas (n=3) son más finas, con centil de 0,9  $\phi$  (0,53 mm) y media de 2,28  $\phi$  (0,2 mm); clasificaciones similares: 0,41  $\phi$ , curvas prácticamente simétricas: 0,03  $\phi$  y tendencia picuda: 1,17, siendo los carbonatos los más bajos registrados: 48,50 ‰.

### 6.6. Facies de canal principal

Entre el puente de Los Santos y la zona meridional de Ribadeo, el canal principal occidental está permanentemente sumergido, canalizando buena parte de las masas de agua y sedimentos que penetran en el estuario. Bordea el bancal de La Berlinga por su costado occidental. Para (n=6), los centiles medios son de -0,02  $\phi$  (cerca de 1 mm), las medias de 1,73  $\phi$  (0,3 mm), las clasificaciones de 0,43  $\phi$  (buenas), valores negativos (-0,18  $\phi$ ) de las curvas y angulosidades de 1,09 (medias); los carbonatos bioclásticos son de 60,97 ‰.

Entre Ribadeo y Las Aceñas, el canal principal (n=4), tiene valores altos del centil: -0,27  $\phi$  (1,20 mm) y la media: 1,83  $\phi$  (0,28 mm), clasificaciones tendentes a buenas (0,56  $\phi$ ), alguna moderada, asimetrías negativas (-0,13  $\phi$ ) con cifras dispersas, curvas mayoritariamente picudas (1,44) y altos contenidos medios carbonatados, bastante uniformes (50,55 ‰). La infauna más importante está constituida por abundantes bivalvos filtradores: *Solenensis* o navaja, *Venerupis pullastra* o almeja babosa,...

La parte meridional comprendida entre la ensenada del Torrón y del Barco del Cura es una zona de transición entre procesos netamente fluviales y marinos, predominando los primeros como se deduce de los datos granulométricos (n=16). Se ha muestreado el fondo arenoso sin reparar en las formas de lecho ni en los canales o áreas deprimidas intermedias; en general, hay fuertes oscilaciones entre los valores de los parámetros considerados. Los tamaños máximos y medios tienen medias de 0,22  $\phi$  (0,86 mm) y 2,10  $\phi$  (0,23 mm), respectivamente. Las clasificaciones promedio son de 0,7  $\phi$  (moderadamente buenas), lo que permite inducir la influencia fluvial. Las asimetrías tienen medias cercana al 0  $\phi$  y las angulosidades son medias (1,1). Los carbonatos son insignificantes: 2,25 ‰.

Entre la ensenada del Torrón y Vegadeo, el canal principal pierde calado hacia el S, descargando el río sus productos sedimentarios como carga de fondo. Granulométricamente (n= 11), los tamaños máximos y medios son de -0,84  $\phi$  (1,79 mm) y 1,32  $\phi$  (0,40 mm), con fuertes variaciones en ambos casos. Las clasificaciones son moderadas (0,75  $\phi$ ), las curvas, que son muy variables, tienden a negativas (-0,11  $\phi$ ) y las angulosidades medias (1,14), oscilando escasamente. Los carbonatos son testimoniales: 0,69 ‰. En este tramo descrito, la influencia fluvial determina las distribuciones granulométricas apuntadas, que se separan claramente de las características del canal principal en las porciones medias y externas del estuario.

En este sector y en el situado aguas arriba, el canal principal y sus taludes contienen lechos de cantos y gravas que se intercalan en superficie y dentro del sedimento arenoso, en forma de parches sedimentarios, depositándose en flujos de avenida del río en que es arrastrado el componente más grueso de la carga de fondo.

### 6.7. *Facies de canal secundario y lateral*

El canal secundario oriental, que gira sobre el bancal de La Berlinga, se distingue ( $n=4$ ) por centiles medios de  $0,025 \phi$  (próximos 1 mm) y medias de  $1,78 \phi$  ( $0,29$  mm), siendo mayores en el lado NO que en el S. Las clasificaciones son de  $0,53 \phi$  (próximas a bien clasificadas), mejorando del NO al S. Las asimetrías varían escasamente alrededor del  $0 \phi$  y las curvas son mesocurtósicas (1,11), haciéndose más picudas hacia el S. Son altos los carbonatos: 66,27%.

Por el borde oriental, entre Castropol y el Barco del Cura, se instala un canal lateral somero que se caracteriza ( $n=5$ ) por centiles de  $0,15 \phi$  ( $0,9$  mm), medias de  $2,15 \phi$  ( $0,22$  mm), clasificaciones muy variables con medias de  $0,66 \phi$  (moderadamente buenas), curvas promedios simétricas, pero con datos muy contrastados y curvas claramente picudas (1,6), también con valores extremos. Los carbonatos son variables con medidas de 45,08 %.

### 6.8. *Facies de llanuras de fangos*

En las ensenadas, predominan las litologías de fangos (arena fina, limos, que son mayoritarios, arcillas y abundante materia orgánica, con lechos arenosos intercalados) colonizadas ampliamente por la gramínea *Zostera* con las especies *marina* y *noltii*, así como las halofíticas *Juncus maritimus* y *Phragmites australis* (cañizo). Conviven multitud de gasterópodos pequeños: *Hydrobia ulvae* y *Bittium reticulatum*, así como abundantes poliquetos.

Las llanuras de las ensenadas de Villavieja, Las Aceñas y Reme están ligadas a ríos de pequeña entidad, cuyos canales tienen un comportamiento dinámico mucho más acentuado, mientras que las ensenadas del margen derecho: antigua de El Fondón (hoy recubierta por el nuevo trazado de la carretera), El Torrón, Barco del Cura y La Linera, desarrollan un drenaje mucho más deficiente con canales mareales poco incididos.

La Linera recibe el influjo de entrada de las masas de agua salada y el arrastre de sedimentos arenosos finos desde la bahía de Ribadeo, por lo que estas litologías de la parte occidental pasan gradualmente hacia el interior y los bordes a fangos con *Zostera*. El tamaño mínimo es de  $4 \phi$  ( $0,0625$  mm), mientras que los medios son más uniformes, resultando un promedio de  $2 \phi$  ( $0,25$  mm). Las clasificaciones se hacen peores en ese mismo sentido, desde  $0,71$  (moderadas) a  $1,5 \phi$  (pobres). Las asimetrías se hacen paulatinamente más positivas y las curvas se hacen más picudas hacia el interior de la ensenada, como respuesta a la predominancia de los procesos de decantación de finos. Finalmente, los carbonatos se reducen hacia el interior, alcanzando porcentajes cercanos al 5%. Las isólineas paramétricas muestran una disposición NE-SO, indicativo de la pérdida de energía hacia el SE y E.

En la ensenada de El Torrón, los centiles son mayores en las proximidades del canal principal:  $0 \phi$  (1

mm), disminuyendo hacia el interior, medias de  $2 \phi$  ( $0,25$  mm) en el borde del canal y pasando a  $3 \phi$  ( $0,125$  mm) en las áreas más internas. Están peor clasificados en el límite con el canal y en la parte N de la ensenada, y muy buenas en el extremo suroriental. Las asimetrías siguen las mismas pautas que el parámetro anterior, con curvas casi simétricas en el canal y muy negativas hacia la esquina SE, pasando las angulosidades de medias en el canal a muy picudas en el borde SE. Los carbonatos bioclásticos son insignificantes y su repartición en la ensenada no tiene relevancia.

La gran llanura fangosa, estabilizada en el margen izquierdo del estuario, entre El Puntal y Vegadeo, tiene una superficie plana, surcada por numerosos canales mareales y colonizada por vegetación zosterálica, en la zona meridional, de juncos. Tales canales, así como el principal, erosionan la superficie fangosa, pudiendo dejar una franja estrecha en el borde sin colonizar. Se forman taludes de cierta pendiente donde son frecuentes procesos de evolución del perfil con la incorporación a los mismos y a los canales de bloques y cantos blandos. El tamaño medio límite considerado como litología fangosa es de  $3,00 \phi$  ( $0,125$  mm), aproximadamente. Tienen clasificaciones pobres (más de  $1 \phi$ ), asimetrías claramente positivas, mayores hacia el interior de la llanura, tratándose de curvas medias a picudas. Los carbonatos son insignificantes (menos de 0,5 %).

Los canales mareales que drenan las llanuras tienen morfologías tendentes a desarrollar barras de meandro incipientes. Los fondos son muy variables, dependiendo de la situación y evolución dinámica; en cabecera, son propiamente fangosos, mientras que en los tramos medio e inferior pueden ser de naturaleza arenosa o con depósitos residuales ("lag") de conchas de bivalvos y pequeños gasterópodos. En cualquier caso, suelen tener tamaños muy variables, clasificaciones pobres, así como asimetrías y angulosidades con valores muy irregulares. Sobre los fondos fangosos existe *Scrobicularia plana*, así como multitud de *Nereis* y, en los arenosos, *Arenicola marina*. En los taludes se instalan multitud de cavidades de cangrejos (*Carcinus maenas*) organismos capaces de enterrarse en el propio sustrato.

### 6.9. *Facies de playas estuarinas de cantos*

Fuera del estuario, en el margen gallego y de N a S, destacan los depósitos de cantos de playa abierta de Las Carrayas y Pena Furada, El Cargadero y Cabanela y en el margen asturiano los de la ensenada de Arnao. En el interior, los vientos producen oleajes que erosionan los acantilados, a cuyo pie se hacen estables, como playas de cantos, depósitos delgados (espesor decimétrico) y de escasa extensión superficial (centenas de metros), constituidos por cantos poco desgastados y con formas aplanada; son importantes las desarrolladas entre la ensenada de Villavieja hasta El Puntal, así como entre Castropol y punta Veloso, formándose también, ocasionalmente, playas mixtas (cantos y arenas) en la

zona sur de la ensenada de La Linera. Los depósitos adquieren una mayor importancia cuando existe un entrante en el perfil.

La composición de los cantos del estuario es predominantemente pizarrosa, así como cuarcítica y cuarzosa, derivados de las litologías circundantes. Se disponen principalmente de forma imbricada, con solapamientos de unos con otros apuntando hacia el límite de la playa con el acantilado. Sobre los cantos habitan multitud de organismos, predominando los gasterópodos (*Littorina littorea*, *L. saxatilis* y *Gibbula umbilicalis*) y diferentes tipos de algas.

### 6.10. Relación entre parámetros

Se contrasta la media (Mz), representativa de la energía cinética media, con los restantes parámetros, separando las diferentes facies y subfacies definidas. El número de datos considerados para los cálculos de las rectas de regresión lineal y los índices correspondientes ascendió a 23, excepto en el caso de los carbonatos ( $n=18$ ), donde se eliminaron las muestras de la cola estuarina por la nula correlación en este área. (Fig 5: Mz-C, A; Mz- $\sigma_1$ , B; Mz-Sk<sub>1</sub>, C; Mz-Kg, D y Mz-CO<sub>3</sub>Ca, E).

Los promedios de la media (Mz) tienen escasas variaciones, de forma que en la fracción arenosa los mayores representan a los canales sumergidos, canal principal al N de Vegadeo y banal sumergido, y los menores a la zona submareal, siendo los mínimos los de las llanuras de fangos. La relación Mz-C muestra que el transporte de la fracción arenosa (Passega y Byramjee, 1969) se realiza dentro de los límites de suspensión gradada con algo de rodamiento y de rodamiento con algo de suspensión gradada, situándose el tamaño de transición (Cs) en  $0 \phi$  (1 mm), lo que indicaría el alto nivel energético de este estuario; las llanuras de fangos se forman por decantación de finos (Fig. 5A). Las clasificaciones muestran una cierta tendencia ( $r=0,46$ ) a mejorar a medida que aumenta el tamaño de grano. Las asimetrías de las curvas tienden a concentrarse desde curvas simétricas a negativas, siendo, generalmente, inferior cuanto más energía (mayor tamaño medio) soporta la unidad morfosedimentaria ( $r=0,7$ ). Las curvas son mayoritariamente picudas y muy picudas, con una tendencia poco neta ( $r=0,38$ ) a curvas más angulosas al disminuir el tamaño medio. Los carbonatos son altos en el tercio exterior, desde el Barco del Cura hacia la costa, deduciéndose un aumento con el tamaño de grano ( $r=0,77$ ).

## 7. DINÁMICA SEDIMENTARIA

En trabajos precedentes (Encinar, 1982; Encinar y Flor, 1983), se dedujo una aportación arenosa marina que penetra en el estuario por el borde occidental hasta las proximidades de la punta Veloso, y la influencia fluvial por el margen oriental hasta Castropol. En la

ensenada de La Linera, se introduce el sedimento arenoso desde los banales de La Berlinga. Atendiendo a la predominancia del componente bioclástico, se establece el límite de la influencia sedimentaria de origen marino, en base a que la mayor parte de los bioclastos proviene del borde costero externo de organismos que habitan en el intermareal rocoso. También, el porcentaje carbonatado no sobrepasaba, hacia el S, el 10% desde una línea oblicua imaginaria de dirección NO-SE entre los bordes meridionales de las ensenadas de Las Aceñas y del Barco del Cura, disminuyendo progresivamente tales promedios hacia el interior. Desde aquí hasta el paralelo de la punta Veloso, los carbonatos decrecen rápidamente hasta el 1 % y, hasta Vegadeo, las cifras se reparten entre el 0,5 y el 1% de origen biogénico. El tramo del estuario situado entre la desembocadura y la línea Las Aceñas-Barco del Cura, por tanto, se ve afectado por la influencia marina en cuanto a la entrada de sedimento por la dinámica global, disminuyendo hacia el S la aportación marina. En el resto de la cola estuarina, predomina la influencia fluvial con entrada de materiales siliciclásticos (cuarzo, fundamentalmente).

El esquema general (Fig. 6), deducido de los desplazamientos de los sedimentos, obedece a dos gradientes; el principal, según un perfil longitudinal desde la desembocadura a la cola y el transversal con relación al canal principal. Siguiendo el perfil longitudinal, hay una pérdida de tamaños desde la desembocadura (arenas dominantes), hacia la cola (superficies de fangos). El canal es el ambiente de mayor energía y, consecuentemente, el que permite la estancia de granulometrías más gruesas. En un perfil transversal, se pueden reproducir dos tipos de esquemas posibles hacia los bordes; uno, con gradación paulatina hacia granulometrías más finas hasta enlazara con las llanuras de fangos y, el otro, en que la transición a las llanuras es brusco, por erosión de aquél sobre éstas.

En el estuario del Eo, el material arenoso constituye el volumen mayoritario, debido en su mayor parte a la forma extraordinariamente alargada y estrecha que motiva un ambiente de alta energía mareal. También entran en el estuario cantos y gravas, producidas por el río en sus momentos de avenidas. Los fangos son importantes, repartiéndose en grandes llanuras de las cuales la ubicada en el margen occidental entre Vegadeo y El Puntal, se estabiliza debido a la aceleración de Coriolis. En efecto, la entrada de agua en el flujo mareal tiene en este margen una menor intensidad, favoreciendo la decantación de finos, mientras que la energía mayor, tanto durante el flujo como en el reflujó, se concentra en el canal principal por la zona oriental.

Desde el punto de vista de la sedimentación dentro del estuario, se pueden separar seis sectores, además de las ensenadas laterales.

a). Sector Ría de Abres-Vegadeo: La dinámica es fundamentalmente fluvial, sobremanera después de la pleamar hasta media marea ascendente, con un flujo unidireccional, aguas abajo. En avenidas, hay una intensa aportación sedimentaria fluvial y escasa retención

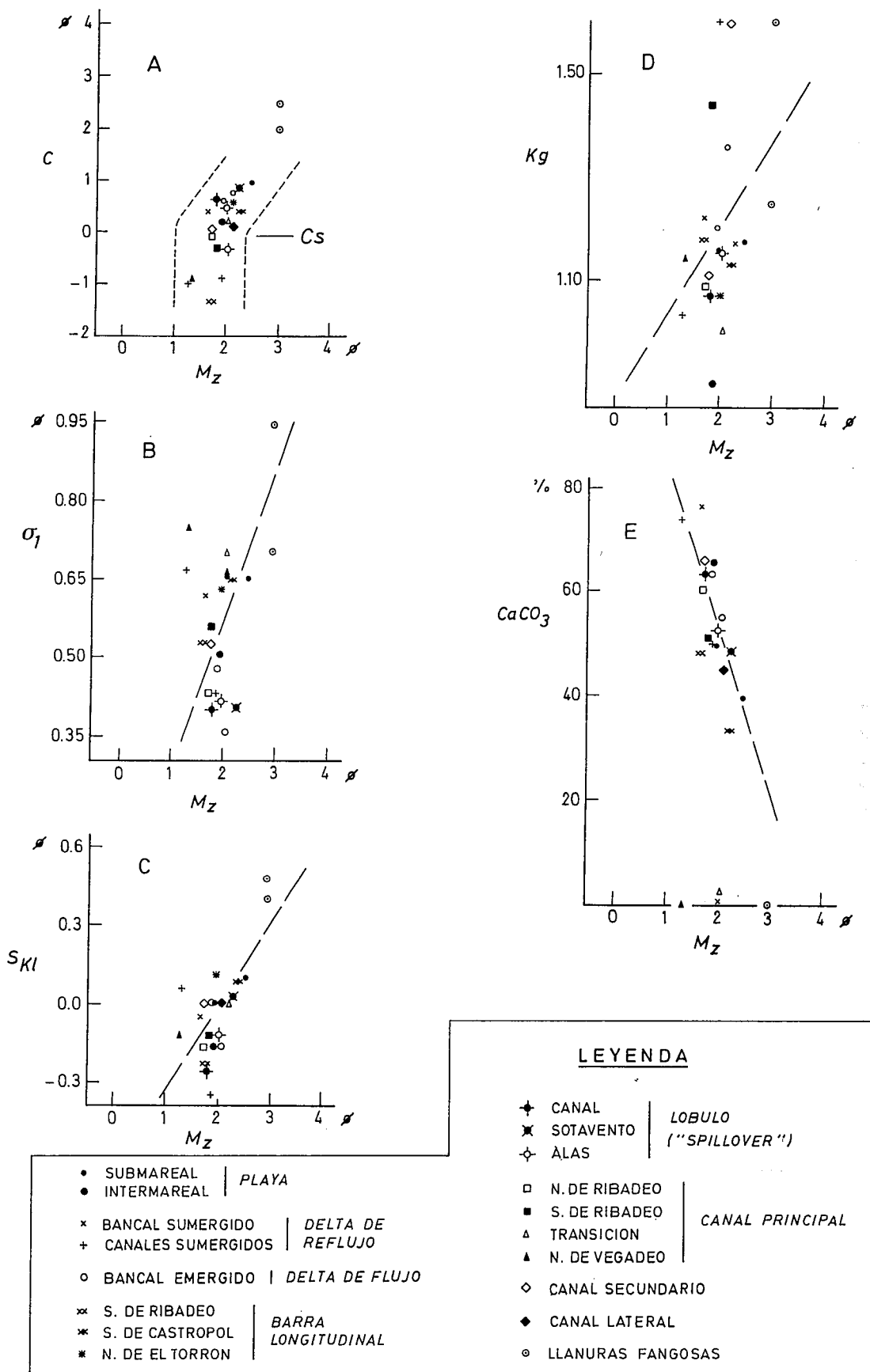


Fig. 5.-Contraste entre la media y los parámetros: centil (A), clasificación (B), asimetría (C) y angulosidad (D), así como con el contenido carbonatado bioclástico (E) en las diferentes unidades morfosedimentarias y dinámicas.

Fig. 5.-Scatter plots of mean size versus centil (A), standard deviation (B), skewness (C) and kurtosis (D), so as bioclastic carbonate content (E) of the several morphosedimentary and dynamic units.

en esta zona, tendiendo a eliminar los excedentes hacia el resto del estuario y mar afuera. Los procesos erosivos sobre los taludes de las llanuras de fangos incorporan cantos blandos ("mud balls") al lecho y márgenes. Durante estiajes, existe una tendencia a recubrirse el canal con capas milimétricas a centimétricas de limos y fangos.

b). Vegadeo-S de El Torrón: Predominan las condiciones fluviales sobre las mareales, siendo las mezclas de agua muy fuertes. En los momentos previos y posteriores a la pleamar, hay un flujo de agua salada y de mezcla salada por el borde occidental y extrusión de agua dulce y de mezcla dulce por el oriental, según un esquema de circulación de mezcla parcial, que solamente favorece la sedimentación, siempre escasa, en las llanuras que por esta misma dinámica se ubican en el borde occidental.

c). Sector ensenada de El Torrón-Barco del Cura: La influencia del canal principal es francamente escasa, tratándose se una zona de transición con predominio de los procesos de flujo y reflujo y pérdida de calado, donde domina la sedimentación arenosa en forma de barras longitudinales. En pleamares, tiene lugar un retoque de los sedimentos debido a los movimientos horizontales, siempre y cuando exista una capa de agua de al menos 1 m, con giros levógiros frente a la ensenada de El Torrón y dextrógiros entre la punta Veloso y la ensenada del Barco del Cura.

d). Sector Barco del Cura-Ribadeo: Dinámica y sedimentariamente muy similar a la anterior, con mayor influencia de los flujos mareales y ausencia de giros horizontales. Las barras longitudinales y lóbulos asociados son las formas mayores de lecho más representativas, que se retocan en bajamar por erosión parcial o por la formación de otras nuevas y ripples de corriente.

e). En la bahía de Ribadeo, los amplios bancales (deltas de flujo) tienden a adquirir formas alargadas en planta en dos alineaciones predominantes: la del bancal septentrional (Berlinga N) en dirección NO-SE y la del bancal meridional (Berlinga S), SSE-NNO, como resultado de la actuación de corrientes de flujo intensas por el fondo hacia La Linera y hacia el interior del estuario, respectivamente. El bancal de la Berlinga N se modela además por la circulación horizontal levógiro debida al efecto Coriolis, completándose con el canal principal, situado frente a Ribadeo, cuyo flujo discurre hacia el S y el canal secundario, al E, con corrientes hacia el N que giran en Figueras al NNE y NO. Esta doble circulación es más o menos simultánea, mejor

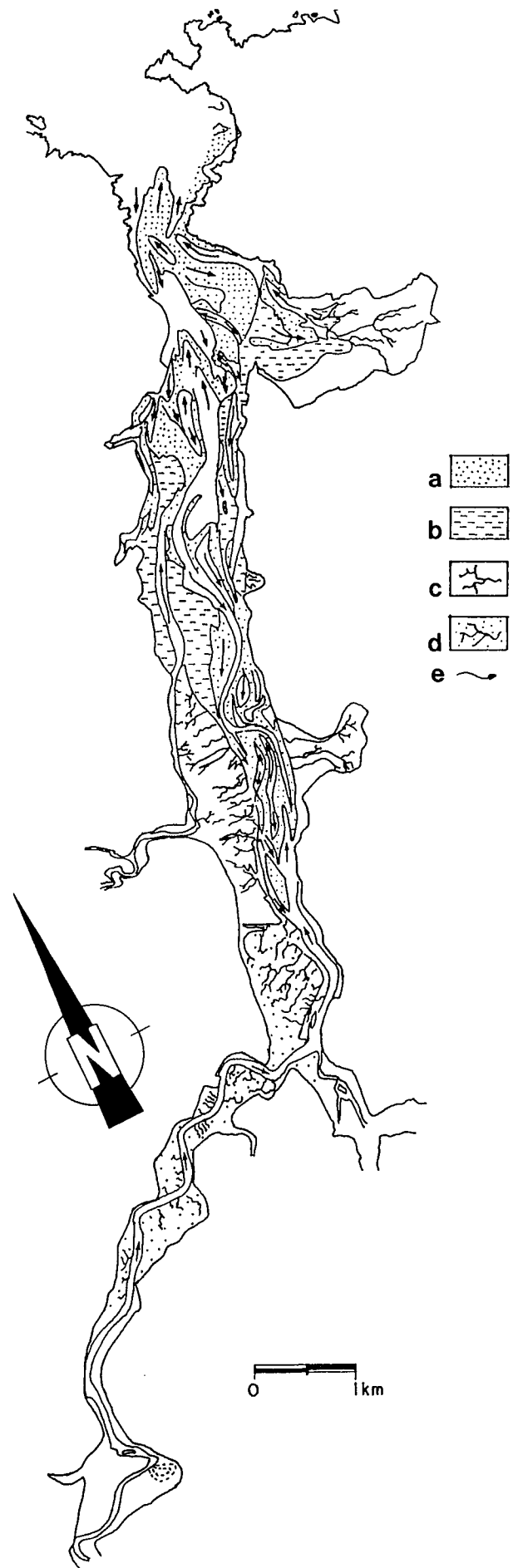


Fig. 6.-Esquema de las áreas morfosedimentarias más importantes. a: bancales y barras arenosas; b: bancales y barras arenosas colonizadas por *Zostera*; c: llanuras mareales; d: llanuras mareales colonizadas por halofíticas, y trayectorias sedimentarias principales (e). Se ha obtenido a partir de fotografía aérea (1985) a escala 1: 20.000.

Fig. 6.-The most important morphosedimentary units. a: sandy bars and shoals; b: Zosterated sandy bars and shoals; c: muddy flats; d: halophytic muddy flats, and main sedimentary transport (e). It has been obtained from the aerial photography (1985), scale 1: 20.000.



desarrollada durante las pleamares, lo que supone la existencia de dos masas de agua estratificadas, teniendo la superficial una componente horizontal. Además, hay un retoque importante en todo el costado oriental, por el funcionamiento del canal secundario en bajamar que erosiona parcialmente los extremos orientales de los bancales. Entre los bancales se abren canales menores en cuyos extremos se forman sendos lóbulos de flujo y reflujo (Figs. 6 y 7).

f). Estrechamiento de Los Santos: Se forma el bancal de La Carabela o delta de reflujo sumergido debido a la dinámica forzada que juega el confinamiento morfológico. Esta misma dinámica y la forma de los bancales sugiere que los sedimentos arenosos progredan sobre los sedimentos sumergidos de la ensenada de Arnao, produciéndose la sedimentación de forma más efectiva en la mitad oriental que se refleja por una pérdida de calados.

### 8. CONCLUSIONES

1.- Se determina el funcionamiento de las ondas

mareal y salina en el estuario del Eo. La onda mareal es muy similar a la teórica, disminuyendo su rango hacia el interior de una forma regular y adoptando una forma asimétrica por el confinamiento morfológico. Las irregularidades de la onda se deben a fenómenos de divagación de las corrientes principales de salida con taponamientos y caídas sucesivos de la altura. La onda salina superficial es más irregular, con escasas variaciones en la zona externa y adaptándose, en cierta medida, a la onda mareal en las restantes. Este hecho es más acusado en mareas muertas.

2.- Los perfiles salinos en profundidad muestran que el estuario se comporta, en condiciones de estiaje, como verticalmente homogéneo, aún cuando en determinadas mareas y momentos se individualice una capa superficial de aguas de mezcla parcial.

3.- El esquema circulatorio queda definido, presentando la mayor complejidad entre las mareas ascendente y descendente, con la pleamar intercalada. Se reproduce en la mayor parte del estuario una entrada de agua salada por el borde occidental y una salida de agua de mezcla por el oriental. En la ensenada de Ribadeo, tiene lugar la formación en superficie de una circula-

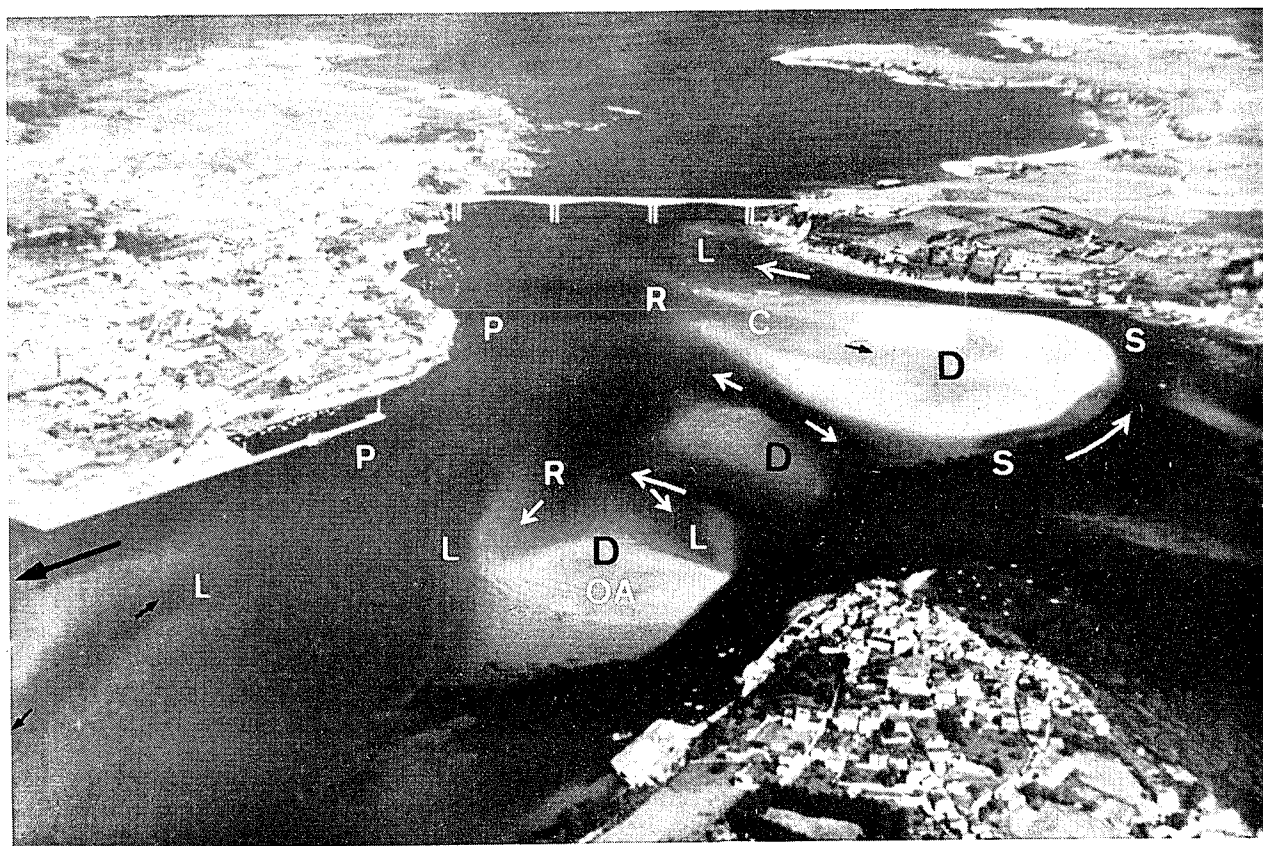


Fig. 7.- Vista aérea de la zona externa del estuario (1987), donde se instalan los deltas de flujo (bancales arenosos de La Berlinga N y S). En la parte S, la localidad asturiana de Castropol y en la occidental, la gallega de Ribadeo. Al NE del puente de Los Santos, la ensenada de Arnao y al SE, la ensenada de La Linera. El bancal de la Berlinga N migra hacia el SE, mientras que el de la Berlinga S desarrolla dos canales de flujo, con sentido SSE que culminan con sendos lóbulos. D: deltas de flujo (bancales); P: canal principal; S: canal secundario; R: rampa de flujo; C: canal de flujo; L: lóbulo ("spillover"); OA: ondas de arena.

Fig. 7.- Aerial view of the mouth of the Eo estuary (1987) where flood-tidal deltas (sand shoals of La Berlinga) are developed. In the right corner of the photography, the asturian locality of Castropol and in the left side, the galician locality of Ribadeo. Toward the NE and SE from the bridge of Los Santos, the bay of Arnao and La Linera, respectively. The shoal of La Berlinga N migrates to the SE and the shoal of La Berlinga S develops two flood channels that they culminate with spillover lobes moving to the SSE. D: flood-tidal delta (sand shoals); P: main channel; S: secondary channel; R: flood ramp; C: flood channel; L: spillover lobes; OA: sand waves.

ción horizontal levógira que se compensa justo al E por otra dextrógira, mientras que por el fondo se instala una corriente intensa de entrada a la ensenada de La Lineira. También frente a la ensenada de El Torrón, se construye otra célula levógira y al N otra de compensación dextrógira. El efecto Coriolis es el responsable de estos procesos generales y particulares.

4.- Las facies sedimentarias principales, definidas de acuerdo con la morfología superficial, litología, parámetros granulométricos, estructuras sedimentarias superficiales, infauna y colonización vegetal, son: playa inter y submareal, delta de reflujo (bancal y canales sumergidos), delta de flujo (bancales emergidos), barras longitudinales, lóbulos "spillover", canal principal en diferentes tramos, canales secundario y lateral y llanuras de fangos.

5.- Las distribuciones granulométricas, a partir de los diferentes parámetros estadísticos y del contenido carbonatado muestran una gran variabilidad. Los tamaños arenosos medios varían entre 1,60 y 2,3  $\phi$  (arena media y fina), produciéndose los mayores en el delta sumergido de reflujo y en el canal principal y, ocasionalmente de forma ligada al anterior, en alguna barra longitudinal. Los menores en la playa, delta emergido de flujo, barras y lóbulos. Los mínimos, obviamente, se estabilizan en las llanuras mareales. Las clasificaciones en todo el estuario oscilan de buenas, que son las más extendidas en todas las facies (mejores en los lóbulos) a moderadas (canal principal con influencia fluvial) y pobres en las llanuras fangosas. Las asimetrías oscilan entre negativas, representadas en áreas muy energéticas (playa intermareal, deltas, lóbulos y canal principal), y positivas en áreas con predominio de la decantación y en áreas de energía moderada. Las angulosidades son extremadamente irregulares, con la media situada en curvas leptocurtósicas (picudas). Los carbonatos disminuyen desde máximos próximos al 75% en las áreas de desembocadura a menos del 1%, tanto en las ensenadas y llanuras fangosas como en las áreas del canal principal con influencia fluvial.

6.- Los contrastes entre la media y los restantes parámetros y contenido carbonatado permite afinar en cuanto a los procesos de transporte y sedimentación en esta unidades morfosedimentarias y dinámicas. Los tamaños máximos mayores de 1 mm se transportan por rodamiento con algo de suspensión gradada (o suspensión intermitente), mientras que los inferiores lo hacen por suspensión gradada con algo rodamiento. Al disminuir el tamaño de grano, existe una tendencia reducida a empeorar las clasificaciones y a curvas más picudas, y mejor correlación para hacerse más positivas (asimetría). Finalmente, los carbonatos incrementan su porcentaje al aumentar el tamaño de grano, excepto donde su contenido es inapreciable (fuerte influencia fluvial).

7.- Se correlaciona la dinámica estuarina con la sedimentación a lo largo y ancho del estuario, así como con la formación de las diferentes unidades morfosedimentarias aludidas. Los bancales sumergidos son la respuesta al intenso reflujo principal de agua sobre el fondo, mientras que sus canales laterales se deben al efecto de entrada de agua salada por el lado occidental y de salida de agua de mezcla por el oriental. El bancal emergido se modela durante la pleamar por la individualización de la célula circulatoria levógira en la ensenada de Ribadeo y las corrientes intensas de fondo y, durante la bajamar, por el retoque que ejerce el canal secundario al drenar agua de reflujo. Las barras longitudinales y lóbulos se producen por el confinamiento del tramo estuarino comprendido entre Ribadeo-Castropol y ensenada de El Torrón, con modelados tanto en condiciones de flujo como de reflujo. El canal principal, continuación del fluvial del Eo, juega su papel más importante durante las bajamares, lo mismo que canales menores y mareales de las llanuras de fango. Las llanuras fangosas se instalan en la cola estuarina en el borde occidental por el efecto de Coriolis, y en las restantes zonas ocupando ensenadas laterales desligadas de la circulación general.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asensio-Amor, I. (1959a): Observaciones geológicas sobre la naturaleza de los cantos rodados de la ría del Eo. *Estudios Geol.*, 15: 25-31.
- Asensio-Amor, I. (1959b): Primeros resultados de la aplicación del método Rivièrè al estudio de la evolución de sedimentos arenosos actuales de la ría del Eo. *Estudios Geol.*, 16: 191-194.
- Asensio-Amor, I. (1959c): Erosión marina y formación de cantos rodados en la ría del Eo (zona galaico-asturiana). *Estudios Geogr.*, 20: 251-262.
- Asensio-Amor, I. (1960a): Datos granulométricos de las arenas de la ría del Eo. *Estudios Geol.*, 16: 93-97.
- Asensio-Amor, I. (1960b): Facies morfoscópicas de las arenas actuales de la ría del Eo. *Estudios Geol.*, 16: 187-189.
- Asensio-Amor, I. (1974): Evolución morfológica de "tesos" o bancos de arena en la ría del Eo (zona galaico-astúrica). *Estudios Geol.*, 30: 599-602.
- Boothroyd, J.C. y Hubbard, D.K. (1975): Genesis of bedforms in mesotidal estuaries. In: *Estuarine Research*, V. II. Geology and Engineering, 217-234. Ed. L.E. Cronin. Academic Press, Inc. 587 p.
- Encinar, M.V. (1982): *Dinámica y sedimentación en la ría del Eo*. Tesis de Licenciatura (inédita). Universidad de Oviedo. 153 p.
- Encinar, M.V. y Flor, G. (1983): Aportaciones para el conocimiento de la dinámica y sedimentación en la ría del Eo. *Cuadernos del CRINAS*, 5. 51 p.
- Fernández-Catuxo, J. (1990): Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la ría del Eo (NW de España). *Geogaceta*, 7: 109-112.

- Fernández-Martínez, M.V. (1981): IV. Hidrografía de Asturias, 125-178. En: *Geografía de Asturias*. T. X. *Enciclopedia Temática de Asturias*. Ed. Silverio Cañada. Gijón. 328 p.
- Flor, G. (1980): Los carbonatos biogénicos de la zona intermareal de playa en relación con la dinámica y morfología costeras en Asturias y Cantabria. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 78: 275-289.
- Flor, G., Fernández Pérez, L.A. y Cabrera-Ceñal, R. (1992): Aspectos morfológicos del estuario del Eo. *Trabajos Geol.*, Univ. Oviedo (en prensa).
- Flor, G., Llera, E.M. y Ortea, J.A. (1982): Los carbonatos biogénicos de los sedimentos de las playas arenosas de Asturias y Cantabria: su origen y significado dinámico. *Cuadernos del CRINAS*, 2. 77 p.
- Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957): Brazos River bar, a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- Giresse, P. (1970): Etude hydrologique de l'estuaire de La Sienne et applications au dépôt de la tangué. *Cahiers Océanogr.*, 22: 367-393.
- Hayes, M.O. (1975): Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the Symposium. In: *Estuarine Research*, V. II. Geology and Engineering, 3-22. Ed. L.E. Cronin. Academic Press, Inc. 587 p.
- Hernández-Pacheco, F. y Asensio-Amor, I. (1963): El proceso de relleno con materiales fangoso-arenosos de la ría del Eo (Zona galaico-astúrica). *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, 116: 3-32.
- Losada, M.A., Medina, R. y Desiré, J.M. (1989): The Orio Inlet: A Case Study from the North Coast of Spain. *Jour. Coastal Research*, 5: 137-145.
- Marcos, A. (1973): Las series del Paleozoico Inferior y la estructura herciniana del Occidente de Asturias (NW de España). *Trabajos Geol.*, Univ. Oviedo, 6: 1-113.
- Marcos, A. y Pérez-Estaún, A. (1981): La estratigrafía de la Serie de los Cabos en la zona de Vegadeo (Zona Asturoccidental-leonesa, NW de España). *Trabajos Geol.*, Univ. Oviedo, 11: 89-94.
- Martínez-Cedrún, P. (1984): Dinámica y sedimentación en el estuario del Asón (Cantabria). *Trabajos Geol.*, Univ. Oviedo, 14: 175-197.
- Passega, R. y Byramjee, R. (1969): Grain-size image of clastic deposits. *Sedimentology*, 13: 233-252.
- Pérez-Mateos, J. y Asensio-Amor, I. (1963): Contribución al estudio sedimentológico de la ría del Eo. *Estudios Geol.*, 19: 101-108.
- Pritchard, D.W. (1967): What is an estuary: Physical view-point. In: *Estuaries*. Ed. G.A. Lauff. *Am. Assoc. Adv. Sci.*, 83: 3-5.
- Simmons, H.B. (1955): Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics. *Proc. Amer. Soc. Civil Eng.*, 81, N.º 792. 20 p.
- Vergnolle, Ch. (1988): *Morphogènese des reliefs côtiers associés à la marge continentale nord-espagnole. L'exemple du nord-est de la Galice*. Tesis. Univ. Toulouse Le Mirail. 217 p.

Recibido el 14 de noviembre de 1990  
Aceptado el 28 de octubre de 1991