

# Introducción al estudio geomorfológico y de los procesos litorales en la Ría de Foz (\*)

Prof. J. DIEZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*El trabajo que sigue trata sobre todo de llamar la atención sobre la importancia y evolución de unos pequeños sistemas de características singulares, completamente abandonados de estudio y de actuación planificadora, aunque no de actuación anárquica más o menos degradadora. El autor reconoce a priori que hubiera sido deseable un análisis basado en una previa recogida de datos más completa, para lo que todavía es tiempo, pero los costos exigirían la correspondiente ayuda de los organismos públicos interesados y responsables dado que, sin ser excesivos, sobrepasan las posibilidades de un investigador amateur sobre el tema. Por ello supone que un mayor grado de aproximación a los procesos reales sería fácilmente obtenible con la simple puesta en marcha de los dispositivos financieros y operacionales conducentes a la toma de las adecuadas series de datos. Si este trabajo lo incentivase compensaría de los inevitables errores que en él se deriven de la carencia de tales datos.*

## I. SITUACION Y ANTECEDENTES

El área de estudio se halla en el tercer tramo del litoral cantábrico de la Península Ibérica (1), o tramo occidental, y concretamente en el sector oriental de este tramo, constituido, fundamentalmente, por pizarras y cuarcitas, con algunos niveles carbonatados del Paleozoico inferior. Poco hacia el Oeste de la ría de Foz, precisamente, se inicia el sector Occidental o subtramo correspondiente a una zona con predominio de materiales graníticos que alcanza hasta la ría del Barquero donde se puede considerar el final del subtramo, del tramo, y del propio litoral cantábrico (2). Se resalta la aparente paradoja de la presencia de unas rías en relativo estado de madurez (1,2) en un tramo de costa en manifiesto estado de morfogénesis litoral muy activa con potentes acantilados sometidos a intenso proceso de erosión marina, fundamentalmente física y mecánica (3), paradoja que se manifiesta en la dificultad de incluir unívocamente esta costa dentro de los grupos dicotómicos de las distintas clasificaciones propuestas (4). En la clasificación de D.W. Johnson (cifr. King) tendríamos que incluirla en el grupo 4, costas compuestas, dado que se presentan caracteres típicos de los dos primeros

grupos, costas en sumersión y en emersión; la propia presencia de la rasa sería un rasgo inequívoco de emersión reciente, aún cuando la sumersión estuviese manifiesta en la existencia de las rías (la más antigua) y en el propio avance erosivo del mar sobre la línea de costa (la más reciente). En la clasificación de F.P. Shepard (cifr. King) la presencia de las rías la incluiría en el grupo I, costas primarias o de Juventud, subgrupo A (costas de erosión continental), pero también se podría incluir en el subgrupo D (costas cofiguradas por movimientos diastróficos), al carecer esta clasificación de un grupo para los casos de emersión, y no poderle llevar aún al grupo II, costas secundarias, subgrupo A, costas bajo la erosión del oleaje. En la clasificación de C.A. Cotton (cifr. King) se debería incluir en el grupo A, costas de regiones estables, subgrupo 2, con formas dominantes derivadas de una emergencia anterior, aunque podría merecer la inclusión en el grupo B, subgrupos 2 ó 3. Finalmente, en la clasificación de H. Valentín (cfr. King), y teniendo en cuenta su aspecto dual, podemos lograr una más ajustada situación; en su aspecto dinámico se presentan tramos en erosión y tramos en acreción que coinciden con las rías, aunque todos ellos están en el mismo estado de movimiento vertical, con emersión diastrófica y sumersión eustática (aunque parece manifestarse aquí el retroceso relativo característico de la pequeña regresión detectada en los últimos

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 28 de febrero de 1981.

tiempos y que parece corresponder a un movimiento típico pendular dentro de la general transgresión flandriense); en su aspecto genético habrá que considerarle como un tramo de costa que ha avanzado por emersión (rasa, elevación del fondo de las rías) tras su más intenso período de retroceso sobre formas de origen continental fluvial en el que se configuraron las rías.

En estas condiciones la característica fundamental de la ría de Foz (Fig. 1), análogamente a los restantes de este tramo de costa, y frente a las rías atlánticas, es su avanzado estado en el proceso de relleno, favorecido probablemente tanto por movimientos diastróficos positivos como por la acumulación localizada de sedimentos procedentes de las erosiones fluvio-continental y marina. En la discusión respecto a la mayor procedencia de los materiales constituyentes de estos rellenos, hoy existe acuerdo en que predominan los materiales sueltos —casi siempre arenas, pero también algunas gravas— procedentes del exterior, de la erosión marina de los acantilados (2); lo que, además, tiene sencilla explicación basada en la asimetría de las capacidades de erosión y transporte del flujo y reflujos de las mareas, fundamentalmente debida al oleaje. Ello no obsta para que todas estas rías contengan un apreciable volumen de fangos y otros materiales arrastrados por sus respectivas corrientes fluviales y que se han depositado en cuanto a la pérdida de capacidad de transporte de aquéllos y el contacto con las aguas salinas lo favorecieran. La presencia de marjales es manifiesta en todas estas rías, en extensión variable con la carrera de marea y las características topográficas iniciales del valle y la velocidad de colmatación del mismo.

Teniendo en cuenta todas las circunstancias hay que considerar estos procesos de relleno de las rías como completamente naturales y como, posiblemente, la generalización a la geomorfología de la ley de acción de masas. En esta hipótesis cualquier situación conducente a evitar o corregir este relleno lo exarcebará posteriormente. Las actuaciones en cualquier sentido, por tanto, deben partir de estas consideraciones, tanto por razones económicas estrictas como por razones ecológico-ambientales.

Un magnífico modo para poder analizar con precisión la evolución natural de estos puntos singulares sería a partir de mapas antiguos, de los que existen para muchas zonas del litoral europeo desde la época medieval, aunque basados simplemente en observaciones visuales, pero desgraciadamente se adolece de una carencia casi absoluta de tales mapas para la mayor parte de las rías cantábricas, quizás debido a lo inhóspito del general de dicha

costa y la consiguiente escasa población hasta ya entrado el siglo XVII. Posteriormente, la zona que nos ocupa, y como consecuencia de la falta de desarrollo que luego se menciona, no es objeto de demasiados estudios cartográficos, al menos en cuanto a apuntes de detalle se refiere, lo que hace que por esta vía no se pueda lograr gran ayuda para el estudio de las variaciones tendenciales y cíclicas de gran período. Incluso las de pequeño período son difíciles, si no imposibles, de seguir con sólo mapas. Como dice BRUUN (5), el interés se concentra en estuarios, bahías y rías profundas además de bien protegidos y éste no ha debido ser el caso de la ría de Foz, al menos en relación con otras próximas.

## II. ACTIVIDAD Y FUNCION

No es la cornisa cantábrica una región tradicionalmente desarrollada; de hecho sólo en cortos intervalos de tiempo en que el clima ha sido especialmente benigno ha tenido etapas esplendorosas siendo la más notable la correspondiente al arte cuaternario; y en épocas históricas este tipo de etapas no ha sido precisamente notorio; por el contrario, su orografía continental y su mar bravo han dificultado o evitado cualquier intento de asimilación por otros grupos humanos. Si bien la región gallega fue la más romanizada del cantábrico, su zona costera, como el resto del litoral inició después un largo período de relativo despoblamiento favorecido por la piratería y las difíciles condiciones de vida. Las ciudades aparecen tardíamente, tras el ascenso europeo de Castilla y, en esta zona, ni siquiera se han desarrollado en forma notable. Las roturaciones y la construcción naval permitieron un cierto repoblamiento que, sin embargo, siguió teniendo como principal fuente de mantenimiento la actividad pesquera, lo que se manifiesta en un cierto desarrollo urbano en las rías. Tal actividad pesquera ha llegado a condicionar fuertemente el desarrollo socio-psicológico de la población, induciendo una cierta habilidad para las artes de la navegación y una cierta facilidad para la emigración por vía marítima. Todavía en nuestros días hay que considerar la pesca como la más importante actividad en términos relativos, aunque comienza ahora un proceso de industrialización notable.

Como consecuencia de todo ello las rías como la de Foz, suponían las escasas áreas abrigadas donde se podían guarecer las embarcaciones. Las características de éstas durante siglos, con pequeñas necesidades de calados, y la todavía no tan mani-

fiesta colmatación permitieron su empleo como puertos en buenas condiciones lo que, a su vez, originó el establecimiento de determinados servicios y estructuras socio económicas auxiliares, que pasarían a resquebrajarse si el empleo de los puertos en cuestión hubiera de cuestionarse. Y ello es lo que ha ocurrido en las últimas décadas, con el incremento del tamaño de las embarcaciones y la evolución de sus carenas, así como en la acentuación de los procesos de colmatación a la que no son ajenos las sucesivas talas de bosques para fabricación de coque y construcción naval aunque, como se dijo en el párrafo anterior, la aportación exterior es preponderante, al menos en las inmediaciones a la boca de entrada, donde suelen estar situados los puertos, por lo demás, por su mayor calado inicial.

La problemática en estas áreas no se centra sólo en la estricta zona portuaria, normalmente no muy extensa en relación al número de embarcaciones, dada la maniobrabilidad de éstas y la relativa sencillez de las operaciones de dragado, sino, sobre todo en el canal de navegación, normalmente establecido sobre él o uno de los canales de marea aprovechando la capacidad de limpieza de éste en sus corrientes de reflujo. Pero el problema de tales canales no estriba sólo en la conservación de calados y anchuras sino en su propia fijación en planta. Como se verá más ampliamente más tarde, y como consecuencia de las acciones combinadas de las corrientes de marea, la fluvial y la dinámica litoral, la posición de los canales, a su libre albedrío, se modifica más o menos cíclicamente pero, en todo caso, con cierta evolución discreta dentro de su general continuidad, lo que les hace difícilmente sometibles a la experiencia de los navegantes por cuanto un temporal, una avenida o una marea determinados puede originar modificaciones tales que, por lo estricto de las condiciones de navegación y maniobras, pueden hacer peligrosa la navegación, incluso en las simples operaciones de entrada y salida, aun con marea favorable.

Este proceso, someramente expuesto, es el que de alguna manera se ajusta a la evolución de las condiciones físicas que afectan a la ría de Foz. Su puerto, relativamente importante —al menos para los niveles medios en el área cantábrica— en cuanto a su actividad pesquera se refiere, viene decayendo progresivamente durante las últimas décadas como consecuencia de la convergencia de los fenómenos descritos. Y aún cuando la población de su zona de influencia se dedicaba a otras actividades distintas de la pesquera o derivados, como la agropecuaria y el comercio, las influencias e importancia relativa de aquéllas pusieron en

marcha los mecanismos destinados a mantener la actividad portuaria en sus niveles alcanzados. Ello ha conducido a la ejecución de ciertas obras de defensa y canalización, realizadas a lo largo de más de cuarenta años (1931-1976), y a pesar de ello sólo parcialmente, cuyos efectos secundarios se tratarán de analizar más adelante, pero cuyos objetivos plenos no se han logrado cubrir por diferentes causas concurrentes, no tanto debidas a las gestiones personales de los responsables cuanto a la estructura y régimen funcional de la Administración en su conjunto, probablemente.

En el momento actual quizás había que realizar un nuevo plantamiento del problema a la vista de circunstancias ya difícilmente reversibles, como son, por una parte el desarrollo industrial iniciado, conveniente por lo demás a la región gallega —aún cuando sea discutible el modo y las actividades elegidas—, por otra, el actual grado de colmatación de la ría, por otra la evolución de las artes de pesca y de sus necesidades portuarias y, por otra última, de la actual estructura portuaria del conjunto del tramo costero en que la ría de Foz se encuentra.

### III. LA DESEMBOCADURA

El conjunto formado por la ría y su canal de marea constituye una desembocadura de origen "geológico", aunque mejor sería decir estructural, debida a la inundación, por elevación relativa del nivel del mar, de un valle fluvial preexistente, que ve levantado así su nivel de base ganando en madurez relativa. Sin embargo no puede considerarse como tal de forma pura, no presentando márgenes notoriamente escarpados, ni siquiera comparables a rías más típicas pero de también gran madurez como son las rías atlánticas de la misma región gallega. En realidad, y como ya se ha mencionado de algún modo, al igual que otras rías del litoral cantábrico, se presenta como hendidura en la rasa cantábrica, producida como consecuencia de una elevación diastrófica del nivel de la plataforma continental, que hizo clavarse el valle fluvial buscando el nivel de base marino; cuando el nuevo perfil se hubo aproximado al equilibrio y se ensanchó el valle se produjo el avance masivo a que nos referimos al principio de este párrafo; de acuerdo con este proceso hay que reconocer un cierto origen fluvial a esta ría.

Pero el complejo proceso expuesto se ha extendido sobre un período relativamente prolongado cuya concreción y etapas sólo pueden establecerse tras las adecuadas dotaciones; probable diastrofismo positivo, más reciente, y la dinámica litoral



ra, tienen importancia menor que aquéllos. Durante el invierno los núcleos ciclónicos discurren a menores latitudes lo que introduce al área de estudio en posición más centrada respecto de los campos de vientos, siendo más frecuentes, aunque más breves, los intervalos de vientos de componente Sur a Oeste. En cada borrasca se producen inicialmente estos vientos que, posteriormente, rolan hacia el NO, donde permanecen normalmente más tiempo, evolucionando luego al Norte, incluso a NE, cuando el ciclón entra en la llanura europea (8). En verano, aun dentro de un análogo proceso evolutivo, pueden ser más frecuentes las componentes Norte y Nordeste, por efecto de las mayores latitudes a que evolucionan los núcleos ciclónicos. La acción directa del viento sobre los materiales sólidos es menor aunque, como veremos, en esta ría de Foz ha tenido cierta importancia en la relativa permanencia de la flecha litoral en algunos momentos. Sobre todo en invierno la intensidad del viento alcanza valores notables, lo que unido al fetch y a la duración de los mismos, y a la evolución de los ciclones, de Oeste a Este, ocasiona frecuentes oleajes de alto contenido energético.

IV.2. El Oleaje

Como se observa en la figura 1 el golfo de Masma tiene una ligera orientación frente al N-NE, que se acentúa en la zona de la ría de Foz en la que la orientación de la costa adquiere una orientación frente al NE.

Por otra parte, recordemos que las temporadas de viento más importantes, tanto en invierno —en que abundan los componentes Sur, sin producción de oleaje— como en verano — donde el NE aumenta su frecuencia relativa— resultan ser, según los datos generales para el Cantábrico (9), los NO, O, S, NE, E, N, aproximadamente por este orden, aunque son claramente dominantes, y como productores de oleaje especialmente, los de NO, O y N frente a los NE y E.

En tales circunstancias y teniendo en cuenta el efecto de la plataforma costera que normaliza notablemente todos los componentes, existe un claro predominio durante el año medio de la incidencia oblicua desde el lado occidental del tramo lo que, sin embargo, no quiere decir que las incidencias con el sentido contrario no sean también importantes.

Bajo la dirección de Suárez Bores, realizamos en 1972 la previsión de temporales para prácticamente todos los puntos significativos de nuestro litoral peninsular e insular y en la fig. 2 se exponen los

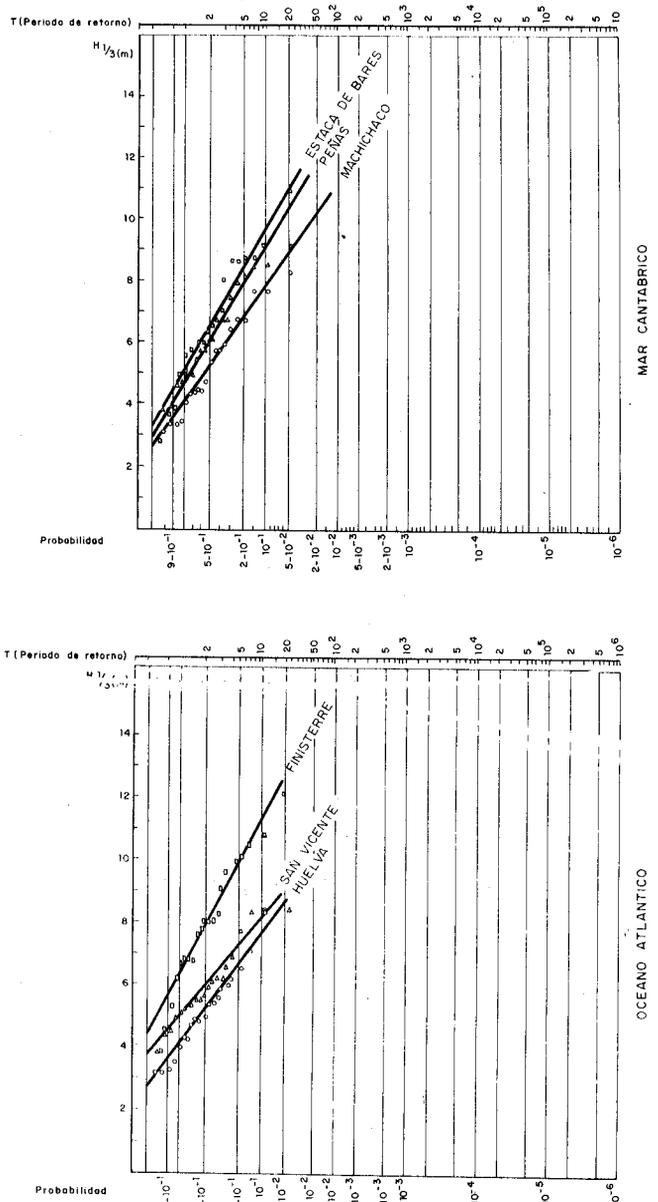


Figura 2. Regímenes de temporales.

regímenes correspondientes admitiendo el criterio de Gumbel y, como distribución extremal, la Asintota I. Podemos admitir en primera aproximación, y a los efectos de este análisis, que el régimen en profundidades indefinidas frente a la ría de Foz coincide sensiblemente con el obtenido para la Estaca de Bares. Sin ningún obstáculo en ese tramo, la única modificación se deriva de la refracción a lo ancho de la plataforma continental, y, más localmente, como consecuencia de la configuración del Golfo del Masma.

El oleaje en cuestión da una resultante media anual estimada centrada en el cuadrante N lo que

hace que la resultante de las corrientes de oblicuidad derivadas tenga una componente de Oeste a Este. Pero dada la peculiar estructura de esta costa en general y del entorno inmediato a la ría en particular, ello no permite la simplificación de prescindir de las corrientes en sentido contrario; de hecho hay que considerar las de ambos sentidos si se quiere valorar en sus justas proporciones los efectos del transporte sólido debido a las citadas corrientes. Mejor conocimiento del Oleaje, que permitiera determinar con cierta garantía el régimen de Oleajes sería sin duda de desear. Y lo mismo ocurre respecto del régimen de las corrientes en el área. Sin embargo podemos aventurar algunos criterios en razón de las peculiaridades geomorfológicas.



Figura 3. Fotografía aérea de la ría (1975), con observación del canal en su fase final de emigración y desdoblándose por formación de uno nuevo en las inmediaciones del espigón. Son visibles la flecha y hemitriángulo, la barra exterior y los enormes depósitos interiores.

Recordando la juventud general de la costa parece lógico una fuerte erosión de los acantilados, sobre todo a causa de la acción del oleaje. Pero por la misma razón no se puede hablar de un transporte sólido continuo a lo largo de la costa; cada pequeño o gran cabo o promontorio supone una barrera integral y una ocasión para la evacuación hacia mayores profundidades de los materiales que lo alcanzan. Ello no quiere decir, no obstante, que no exista tal transporte sólido, sólo que éste se produce dentro de los tramos comprendidos entre dos de aquellas barreras y, en particular, en el área de nuestro estudio podría seguirse ese transporte a lo largo de un tramo relativamente largo que incluye quizás todo el golfo de Masma y, al menos, las rías de Foz y Ribadeo, aun cuando en determinados puntos avanzados de la costa pueda existir alguna pérdida de materiales. En el entorno de la ría de Foz se constituye, sin embargo, una pequeña bahía en la que se producen microcorrientes locales y en cuya área es de prever una relativa permanencia de los materiales de la misma, aun cuando a largo plazo se produzcan algunas pérdidas y otras, mayores, aportaciones. Se trata del área comprendida entre las puntas del Cabo y de San Bartolomé (figuras 1 y 3). En esa área las corrientes de oleaje tienen un resultado anual de izquierda a derecha (de NO a SE) con saldo neto del transporte sólido en dicho sentido, pero es un hecho que las corrientes contrarias son también poderosas y con fuerte capacidad de transporte; no podemos hablar entonces aquí de saldo neto sino de los transportes en ambos sentidos (5, 10, 11). En cualquier caso, estas corrientes y su transporte sólido viene, muy influidos por la marea.

### IV.3. Las Mareas

Como con respecto a los fenómenos descritos, no existen datos precisos en el área de estudio pero en este caso, y dado la configuración de la costa, los datos en la entrada de la ría se pueden derivar con bastante aproximación a partir de los de Gijón y el Ferrol.

La marea máxima en un año normal es del orden de unos 4,5 metros, aunque nunca alcanza tal valor la carrera de una marea. Las máximas diferencias mensuales máximas de niveles (4,5 m.) se producen en los meses de Febrero-Marzo y en los de Agosto-Septiembre, esto es, justo previas y alrededor de los equinoccios. Los valores mínimos de tales diferencias máximas mensuales de niveles se producen en Mayo y Noviembre (3,8 m.) y, después, en Junio y Diciembre (4 m.), esto es, alrededor y previas a los solsticios. Por otra parte los máximos

valores de las diferencias mínimas mensuales se producen en Enero y Julio (1,7 m.) esto es, alrededor y con posterioridad a los solsticios, mientras los valores mínimos se presentan en Marzo (0,9 m.) y Septiembre-Octubre (1,1 m.), alrededor y después de los equinoccios, aunque más notable y coincidente es el correspondiente al de primavera.

Tales variaciones de los niveles afectan por una parte al perfil transversal de las playas y por la otra a las corrientes derivadas del oleaje, además de las diferencias que se producen en las trayectorias e intensidad de las propias corrientes de marea. Todos estos factores están interrelacionados de forma que el problema es difícil de evaluar mediante análisis por separado de aquéllos y el abordaje global exigiría una amplia campaña de determinaciones experimentales de las que se carece. No es este el momento de proponer éstas sino de intentar un análisis de los componentes del fenómeno que en su aspecto dialéctico habremos de posponer, pero que ya aquí vamos a establecer bajo la consideración separada e independiente de diferentes elementos del mismo.

Por una parte, dadas la escasa pendiente de la plataforma en las inmediaciones a la costa y la mencionada marea, la zona de rompientes abarca una ancha franja paralela a la playa seca favorecedora del establecimiento de las típicas formaciones en "barra" de estas desembocaduras.

En segundo lugar, mientras con mareas muy bajas el transporte deriva mayoritariamente por delante de las puntas del Cabo y de San Bartolomé, en mareas muy altas el oleaje oblicuo y el gradiente de sobreelevación ponen en movimiento los materiales de toda la rada hasta el cordón de dunas. Según hemos visto existen ciertas variaciones estacionales en las mareas que quedarían más manifiestas si se comparasen las carreras de marea; pero los simples datos mencionados ya informan de la existencia de muy variadas situaciones que dependen, primero, de la época del año, segundo de la marea concreta dentro de aquélla y, tercero, de la fase de la onda marea.

#### IV.4. El régimen fluvial

Es de mucha menor importancia excepto en la colmatación de algunas áreas del fondo de la ría, aunque sus fangos son presentes en la propia rada exterior, en la zona de la Pena do Altar. Y aun cuando sus caudales tienen una cierta entidad, se trata de cauces cortos, de régimen bastante regular

a lo largo del año y con caudales máximos nunca comparables a los de las corrientes de marea, aun cuando el prisma de marea de esta ría sea relativamente pequeño a causa de su escasa superficie.

#### V. REGIMEN DE LA DESEMBOCADURA

Aun con la falta de datos al respecto trataremos de explicar dicho régimen con independencia de las obras ejecutadas dejando la consideración del efecto de éstas para un apartado posterior.

Como se ha dicho la desembocadura es un punto singular en el que se produce un depósito selectivo de materiales sueltos debido a las acciones confluentes fluvial, del oleaje y de las mareas; en este caso el fenómeno se acentúa, como se dijo, a causa de la trampa que supone, para dichos materiales, la pequeña rada donde se abre la ría. Pero estos materiales sueltos se desplazan como consecuencia de la dinámica mencionada, de forma que la situación y tamaño de los depósitos varía estacional y tendencialmente. En este sentido, hemos de hacer algunas consideraciones en relación con el régimen natural general de las desembocaduras (5, 6, 12).

En primer lugar, si los depósitos frente a la desembocadura no fuesen removidos terminarían por cegarla; existe pues una dialéctica continua entre el depósito de los materiales y la capacidad de remoción que, en el propio canal de marea, se debe a las corrientes de la misma auxiliadas por la fluvial, pero frente a la boca de la desembocadura, también de la acción del oleaje. En esta relación dialéctica es posible la emigración del canal como consecuencia de la insuficiente capacidad de remoción, lo que suele producirse en el sentido del transporte sólido litoral; en este caso, dada la importancia de éste en ambos sentidos, es fácil inducir emigraciones frecuentes y relativamente rápidas, del canal sobre todo teniendo en cuenta sus relativas pequeñas proporciones, completadas con saltos bruscos cuando, y como consecuencia de la preponderancia del sentido NO-SE, la emigración ha conducido al canal a su posición límite, en la que se produce la rotura de nuevo del canal en el extremo NO.

En segundo lugar, dada la importancia del transporte sólido en ambas direcciones, aun cuando tal transporte consista sustancialmente en desplazamiento de oscilación dentro de la mencionada rada, las modificaciones del canal se ven acompañados de otras menores, estacionales o accidentales, lo que introduce un mayor factor de riesgo en su utilización como vía navegable.

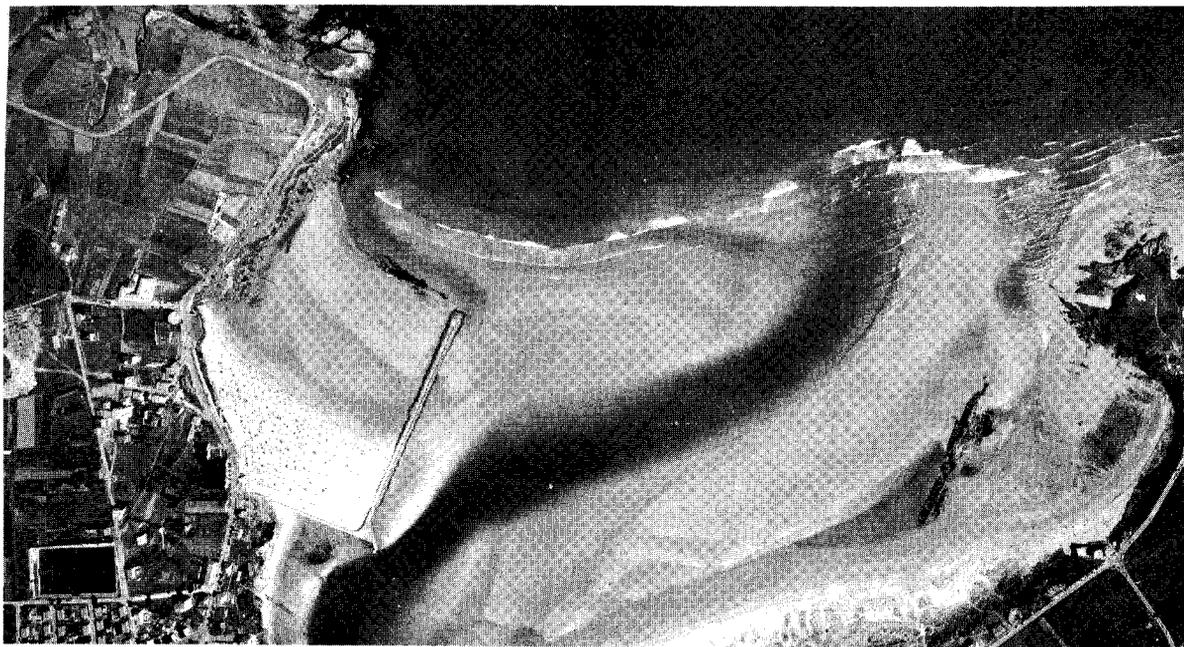


Figura 4. Nueva fotografía (1976). El nuevo canal ha emigrado rápidamente hacia la derecha. El viejo se ha colmatado.

En tercer lugar, y a pesar de que la masa de materiales transportada fuera de los límites de la rada es menor, se establecen aquí los mecanismos de by-passing natural de materiales sólidos tantas veces descritos en la bibliografía (5, 6, 13), de barra y de marea; las playas de pie aguas abajo hasta casi la ría de Ribadeo son un campo de observación natural para el análisis de la procedencia de sus arenas. Así, la barra frente a la ría de Foz, con su desplazamiento tendencial hacia el S.E. (aguas abajo) modificaco accidental y/o estacionalmente por variaciones menores, culmina su objetivo de trasvase de materiales cuando alcanza su conexión con los arenales frente y aguas abajo de la punta de San Bartolomé (figuras 3 y 4), momento en el que el canal se ha desplazado, brúscamente, hacia el extremo NO (aguas arriba). De la misma manera, con el juego de las mareas, se producen unas alternativos desplazamientos de materiales al interior y al exterior de la ría, arrastrados por las corrientes de flujo y reflujó, respectivamente. Los depósitos, una vez atravesado el canal de entrada en su parte más angosta, se producen típicamente en las áreas en que se producen pérdidas de la velocidad por expansión de la corriente y, como consecuencia de la existencia simultánea de las corrientes derivadas del oleaje, también sufren su correspondiente desplazamiento tendencial hacia aguas abajo, con el canal y con la barra exterior y, de la misma manera, acompañándose de otros

desplazamientos menores alternativos en razón de las correspondientes alternancias de las corrientes del oleaje. Aún cuando la carrera de marea es importante (3 a 4 metros) como para sospechar un predominio del mecanismo de marea sobre el de barra, sobre todo si se considera que no debe ser muy importante el volumen de materiales sólidos transportados, la evidencia no corrobora tal estimación inicial ya que se comprueba que el mecanismo de barra es al menos tan notorio como el de marea (aunque no se han cuantificado) lo que puede indicar, además del hecho cierto de la pequeñez relativa del prisma de marea,  $\Omega$ , debido a la pequeña superficie de la ría,  $S$ , que los desplazamientos totales de material sólido en la rada, en su zona exterior, considerados ambos sentidos de transporte, son mucho más importantes que el transporte neto hacia aguas abajo. Hay por tanto que suponer que el cociente (6)  $\frac{\Omega}{M_{tot}}$

estará comprendido entre los valores 20 y 100, aunque ha de comprobarse mediante las adecuadas observaciones y determinaciones instrumentales. Un valor aproximado de  $S$  puede ser  $5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$  lo que da un valor de  $\Omega$  comprendido entre 12 y  $22 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , lo que representa un valor medio de  $Q$  entre 0,5 y  $1 \cdot 10^3 \text{ m}^3/5$ , frente a una avenida fluvial centenaria de  $0,275 \cdot 10^3 \text{ m}^3/5$  y una ordinaria de  $0,17 \cdot 10^3 \text{ m}^3/s$ . En aguas medias el caudal fluvial es

de sólo 10 m<sup>3</sup>/s, lo que hace irrelevante salvo en grandes avenidas.

En cuarto lugar, y en relación con el mecanismo de marea aludido antes, hay que recordar la influencia decisiva que el nivel de la misma tiene, tanto sobre sus corrientes de flujo y reflujos, como sobre las del propio oleaje y sobre la propia acción de éste. Es un hecho evidente que al elevarse el nivel el canal se ensancha (sobre todo ahora tras las modificaciones sufridas en 1976-78 y que luego se expondrán) con lo que disminuyen en valores relativos las velocidades de las corrientes de marea; este factor afecta de manera análoga al transporte de materiales hacia dentro y hacia fuera de la ría, sin embargo, por otra parte también es evidente (figura 8) que la rotura de las olas (y por tanto el lugar y la magnitud total de la superficie en que se produce puesta en suspensión de materiales sueltos y en consecuencia el volumen de material transportado) se ve afectada por el nivel de la marea, lo que se traduce en una estrecha dependencia respecto de éste de las magnitudes de materiales transportados en cada momento; y este factor afecta desigualmente a las capacidades de transporte de las fases de flujo y reflujos, de modo que existe un saldo neto de trasvase de materiales hacia el interior de la ría, que justifica la abundancia en el relleno de ésta de materiales del exterior procedentes de la erosión de acantilado y la relativamente superior velocidad en el proceso de relleno, fenómeno común, el primero, descrito en la bibliografía (2). La puesta en suspensión es máxima en las fases crecientes de la marea y mínima en las decrecientes, y el oleaje introduce una componente fija hacia el interior. En contrapartida, durante el descenso de la marea la capacidad de transporte de la corriente de reflujos se traduce en una erosión del cauce del canal que, además de mantenerle como tal, relativamente hablando, induce su desplazamiento en el sentido de las corrientes exteriores derivadas del oleaje.

En tales circunstancias se plantea el problema de la estabilidad de la desembocadura como necesario de resolver desde el punto de vista del aprovechamiento del área para la navegación pesquera. Pero el problema subyacente estriba en una puesta de acuerdo sobre el concepto de estabilidad. Los intentos frecuentes de querer fijar absolutamente un canal en forma que podríamos considerar como estático, o casi, han probado ser casi siempre perturbadores del equilibrio general en el entorno, y en todo caso, inútiles a plazo medio salvo injerencia creciente en los procesos naturales relacionados y originando perturbaciones más y más crecientes. La estabilidad ha de entenderse en sentido

dinámico, procurando mantener una situación de pocas modificaciones, y tales, que se vuelva un poco tiempo tras ellos, a la posición de origen, lo que exige un conocimiento y aprovechamiento de las propias acciones de la naturaleza, mediante la introducción en el proceso dialéctico de aquellas oportunas actuaciones técnicas. Desde el punto de vista de la navegación, más que la posición del canal de forma *absoluta*, lo que supondría un objetivo utópico y de alguna manera perturbador, bastando con que sus movimientos se redujesen y viesen limitados sus límites espaciales y temporales, importa al caso de la ría de Foz el objetivo de la

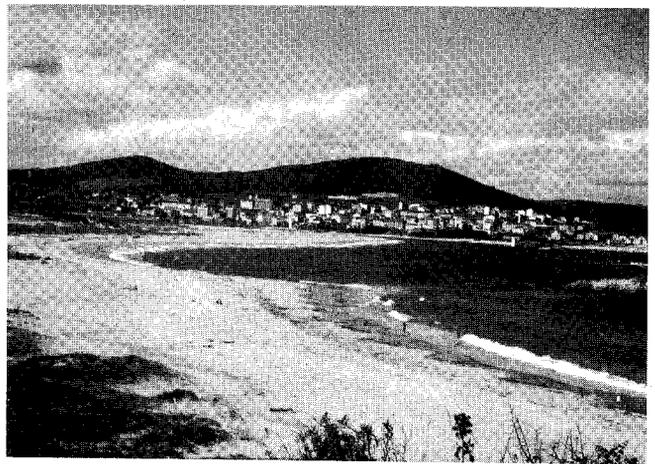


Figura 5. Playa do Altar, 1974, Hemitómbolo.



Figura 6. Fotografía aérea oblicua, (1967).



Figura 7. Fotografía aérea, 1956.

conservación de la profundidad en una anchura suficiente. Existen varias hipótesis sobre este problema y el planteamiento de la más correcta exige de un estudio más detallado de las variables mencionadas en forma de recogida de datos y cuantificación de aquéllos. En todos ellos la sección del canal está en relación con el prisma de marea lo que lleva a abordar el problema tratando de fijar absolutamente la posición del canal como único medio de conservar los calados, ya que otras alternativas permiten variaciones de la anchura. Como digo, el problema aquí requiere más detalladas observaciones pero no se debe olvidar que, tras la fijación del canal en su garganta será necesario hacerlo en la barra, y que la longitud resultante de espigones podría ser inadmisibles en una política más general de ordenación del territorio. De hecho, la terminación del espigón actualmente existente facilitó, si no provocó, la desaparición de la flecha apoyada sobre la punta Angueira en el fondo de la rada. Un planteamiento

apropiado del tema exige partir del establecimiento de las condiciones deseadas de estabilidad—momento del ciclo evolutivo, forma y tipo de equilibrio dinámico.

En circunstancias naturales, frente a la ría de Foz, y en la pequeña rada entre las puntas del Cabo y San Bartolomé, en gran parte descubierto en bajamar, los transportes locales de materiales producidos en marea media y alta producen, probablemente también en forma cíclica, aunque no he logrado modo de comprobarlo, algunas formas realmente características en su pequeña escala. Principalmente el hemitómbolo formado al abrigo de la "Pena do Altar" (figura 5) y la mencionada flecha.

Dadas las características morfológicas y las posiciones relativas de la punta de San Bartolomé y la Pena do Altar, hay que esperar que el Hemitómbolo tenga la orientación correspondiente a los oleajes del N, admitiendo no obstante unos ciertos desplazamientos de ciclo anual o hiperanual en función de los ciclos climatológicos generales, pero también alguno tendencial en razón del siguiente fenómeno: estableciéndose los arenales en la Punta de San Bartolomé, y prolongándose la playa sumergida ampliamente frente a aquélla, la escasa pendiente de la misma permite la formación de bajos en dirección SE—NO partiendo de dicha punta, iniciando lo que pudiera llegar a ser una nueva flecha, o quizás ya lo hubiera sido en un mar sin mareas; ello impone unas condiciones de abrigo diferencial que afectan al tómbolo y a la concha encajada entre él y la citada Punta de San Bartolomé.

La flecha tiene un sentido de crecimiento que pudiera considerarse anómalo de acuerdo con lo

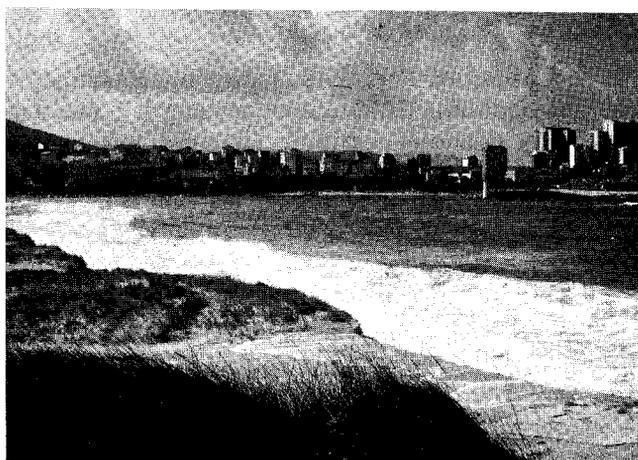


Figura 8. Rotura con marea alta (1977).

establecido sobre el régimen de oleaje y el sentido de los transportes de material sólido. Pero si tenemos en cuenta que tal transporte se produce en posiciones de la marea por encima de cierto umbral, y que en tales condiciones las reflexiones en la Punta de San Bartolomé, la refracción en la rada y la difracción en la punta del Cabo, y sobre todo, las propias corrientes de marea, favorecen el transporte en sentido SE—NO, la flecha se explica perfectamente. En las figuras 3, 6 y 7 se puede ver el cambio de aspecto de la flecha entre 1956 y 1975. Se observa una tendencia, sin duda natural, al desarrollo progresivo de las formaciones dunares que parecen querer dar estabilidad y permanencia a la flecha. Sin embargo también se observa un estrechamiento de ésta y una modificación de su orientación girando cada vez más al NO, desde una orientación inicial casi al O. Merece la pena observar el nivel de una marea equinocial (Abril 1975) en la figura 9.

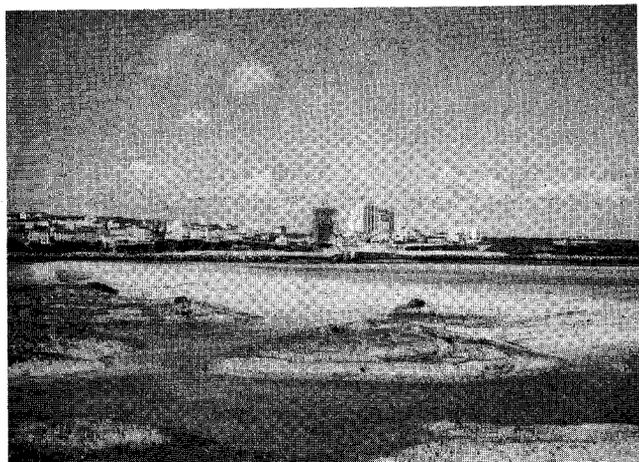


Figura 9. Flecha en marea alta. Abril 1975.

## VI. EVOLUCION RECIENTE.

Parte de los cambios que acabamos de mencionar son, sin embargo, relativamente recientes pero además, se han producido otros nuevos de gran interés.

Entre 1931 y 1956 se terminó la construcción de un pequeño espigón transversal a la margen aguas arriba de la ría como obra ligada al Puerto y para al acceso de un pequeño faro establecido en 1931. Aparte del efecto que ha tenido en la génesis de una primera área de playa apoyada en él y que ha constituido el germen de la actual playa de "A



Figura 10. Efecto de la erosión. La flecha ha desaparecido y la roca ha descubierto. Marzo 1978.

Rapadoira", ha debido actuar a modo de contraflecha induciendo una emigración lenta de la orientación de la flecha antes mencionada hacia direcciones más próximas al cuadrante Norte, acompañada de un incremento de espesor (1956) y de la formación de dunas estabilizadoras de la flecha.

En 1969 se comenzó la construcción de un espigón partiendo del faro y en dirección cuasi-normal al primero, paralelo a la margen y que pretendía fijar la posición del canal; seguramente el proyecto trataba de establecer dos espigones paralelos, el segundo apoyado sobre la flecha. La reorientación progresiva de la flecha se acentuó conforme se avanzó en el espigón citado hasta 1975, fecha de las figuras 3 y 10 citadas. Este fenómeno no fue ya acompañado de aumento de espesor, sino al contrario, probablemente a causa de dos procesos convergentes: por una parte, la relativa fijación del canal a lo largo del espigón indujo una acentuación de la curvatura del canal interior que inició la erosión del arranque interior de la flecha (se descubrieron todos en proporciones superiores); por otra el progreso del espigón permitió el crecimiento de la playa de "A Rapadoira", a barlovento, originándose en cambio una cierta erosión sobre la playa exterior de la flecha (fig. 8, 1974-1976), entre el extremo de ésta y la Pena do Altar.

Entre los años 1975—1977 se completó la canalización de la margen izquierda mediante la construcción de un espigón que partía del faro y convergía con la orilla siguiendo la alineación

señalada por el anterior espigón exterior. Los efectos de esta obra no se hicieron esperar, acelerándose el proceso erosivo de forma espectacular hasta el punto de que ya en Marzo de 1978 la flecha había desaparecido por completo (figura 10) quedando al descubierto incluso algunas rocas del fondo de la antigua playa. Este proceso se acompañó de un incremento espectacular de la colmatación del interior de la ría y de un aumento no menos evidente del espesor de la barra exterior, hasta el punto de que en la actualidad prácticamente la totalidad de la rada queda descubierta en los bajamares. El proceso erosivo de la playa do Altar continua hasta afectar al propio Homitómbolo y, una vez alcanzado el extremo del espigón exterior por la playa de "A Rapadoira", de modo que su rebasabilidad es total, se observa un proceso de regeneración de aquélla.

## VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Es evidente que los datos de partida son insuficientes para un análisis preciso y la cuantificación de los fenómenos, y que una campaña adecuada de toma de los mismos a lo largo de un período de, al menos, un año es absolutamente necesario para cualquier proyecto o toma de decisión. Pero del análisis cualitativo que hemos podido realizar queda de manifiesto la profunda influencia que las obras realizadas han tenido en la evolución última de la ría. Hasta el punto de que cualquier estudio serio que se realice sobre el actual litoral en esa zona no podrá basarse en los vuelos, relativamente recientes, de 1975.

## REFERENCIAS

- (1) HERNANDEZ PACHECO, F. Características generales del litoral cantábrico y el proceso de relleno de sus rías. I.N.I. 46-59, marzo—abril 1966.
- (2) ASENSIO AMOR, J. Rías, Estuarios y Bahías del Litoral Cantábrico, en relación con los mecanismos de relleno. I Curso Geomorfología litoral aplicada. Universidad Politécnica Valencia. 1979.
- (3) DIEZ GONZALEZ, J.J. Acción de las aguas marinas. I Curso Geomorfología litoral aplicada. Universidad Politécnica Valencia 1979.
- (4) KING, C.A.M. Beaches and Coasts. 2ª Ed. Arnold. London. 1972.
- (5) BRUUM, P. Stability of tidal Inlets. Elsevier. Sc. Pub. Co. Amsterdam. 1878.
- (6) SUAREZ BORES, P. Desembocaduras. Apuntes de clase. E.T.S.I.C.C. y P. Madrid (sin publicar).
- (7) Formas costeras estables. IIº Curso de Análisis y Gestión del medio litoral. Colegio Ing. Caminos. 1974.
- (8) IRIBARREN, R. Oleaje y Diques. Dossat. Madrid. 1954.
- (9) M.O.P.U.—P.I.D.U. Litoral Asturias y Santander, y Lugo y La Coruña. 1979 y en impresión.
- (10) BEHRENS, E.W., WATSON, R.L. y MASON, C. Hydraulics and Dynamics of New Corpus Christi Pars, Texas: A case History. 1972-73. GITI Reporte 8. 1977.
- (11) WATSON, R.L. y BEHRENS, E.W. Id. 1973-75. The University of Texas at Austin. Por Aransas. 1978.
- (12) BRUUM, P. y GERRITSEN, F. Stability of Coastal Inlets. Proc. ASCE, Waterways and Harbors División. 1958.
- (13) DIEZ GONZALEZ, J.J. Desembocaduras en mares con mareas. I Curso de Geomorfología Litoral Aplicada. Universidad Politécnica de Valencia. 1979.