

# RÍAS CANTÁBRICAS CON PUERTO Y PUERTOS EN RÍAS

J. Javier Díez González

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Catedrático de Puertos y Costas. Madrid*

## RESUMEN

Uno de los problemas con los que se enfrentó Iribarren en forma más continua y persistente a lo largo de su vida, precisamente por su condición nunca renunciada de Director del Grupo de Puertos de Guipúzcoa, es el del uso portuario de las rías, con tendencia a la colmatación y con embarcaciones crecientes en calado. Se analiza en sí y a la luz del desarrollo gnoseológico posterior, especialmente a la luz de la gran aportación que la Clasificación Genética de las formas costeras de Suárez Bores ha supuesto para la Ingeniería de Costas.

## ABSTRACT

One of the most persistent problems faced by Iribarren throughout his professional life and in his capacity as Director of the Guipuzcoa Port Association, was the maintenance of port facilities on the Cantabrian rias. These rias suffered continuous infilling while ships tended to grow and require increasing draughts. The article examines the advances made in inlet and bay maintenance and makes particular reference to the Genetic Classification of Coastal Forms by S. Bores, the leading disciple of Iribarren, this classification being seen as one the most important contributions to Coastal Engineering.

## 1. INTRODUCCIÓN

Son reconocidas la vocación y la capacidad marineras entre los habitantes del litoral cantábrico desde tiempos muy primitivos. Aunque no contrastadas, al contrario de las expediciones vikingas de los siglos XII y XIII desde Groenlandia antes de la Pequeña Edad del Hielo, es probable en mi opinión que los pescadores galaicocantábricos hayan llegado incluso antes a las costas de Terranova, ya que de otro modo es difícil explicar las características de sus asentamientos balleneros y bacaladeros del siglo XVII-XVIII allí descubiertos: sólo antecedentes previos permiten explicarlos cuando el territorio y las rutas de acceso estaban fuera del control español. A tales vocación y capacidad ha debido contribuir en forma muy principal su estructura territorial,

con dificultades de acceso hacia el interior y con limitaciones a la actividad agraria, lo que ha hecho de la pesca actividad necesaria. Y ello a pesar de ser uno de los litorales más batidos por el mar, lo que ha provocado que la necesaria actividad portuaria haya quedado prácticamente relegada durante siglos a las únicas áreas con puerto natural, cuales son las rías.

Recíprocamente, pocas son las rías que no han servido de base a la actividad portuaria, aunque muy pocas hayan devenido en grandes puertos, y aunque otras varias hayan visto desaparecer tal actividad como consecuencia de diversas dificultades, particularmente las derivadas de los procesos de colmatación, por una parte, y al tamaño de las embarcaciones, por la otra. A este respecto la dureza territorial y marítima del litoral cantábrico permitió que haya permane-

cido relativamente al margen de los procesos de ocupación y establecimiento poblacionales de las áreas litorales desarrollados desde el siglo XVII en todo el mundo. Consecuentemente, las rías cantábricas y su entorno, si bien lugares de asentamiento ancestral, no sufrieron presiones importantes durante este tiempo, salvo las derivadas del desarrollo portuario. Ello ha permitido un estado de relativo equilibrio ambiental en ellas hasta tiempos relativamente recientes. Sin embargo su singularidad ambiental limita las actuaciones tendentes a mantener la función portuaria cuando ésta se debilita por efectos de la colmatación, o se ve limitada en su crecimiento.

En la actualidad y desde hace algún tiempo función del tamaño, estructura, situación y condiciones dinámicas de cada ría, su sistema se encuentra sometido a los siguientes procesos que venían preocupando a los ingenieros responsables desde ya finales del siglo pasado: uno natural de colmatación, que dificulta la navegabilidad y actividades portuarias, y otro de ocupación y ordenación urbana e industrial, que demanda mayor actividad portuaria y que requiere acciones de mantenimiento y mejora de los puertos, cuando existen. A éstas, desde su experiencia del mar, se aplicó Iribarren casi ininterrumpidamente durante toda su vida.

Las rías cantábricas tienen un evidente origen inmediato fluvial pero un origen lejano tectónico (13). La alternancia de ciclos tectónicos de tensión y compresión sobre la cornisa cantábrica, derivada del cambio o cambios de sentido en el movimiento relativo de las placas ibérica y europea, y su diferencial afección de este a oeste, han conducido a un variado repertorio de rías, aunque todas tengan un manifiesto común denominador. Pero además, las tensiones paralelas a la costa también han sido desiguales, produciendo fosas de hundimiento diferentes sin ninguna tendencia paralela. Las fallas y fracturas a las que se acogieron los sistemas drenantes de las aguas cantábricas permitieron, por el sistema tectónico de bloques, el ensanche del valle fluvial en su desembocadura; aunque hay algunas excepciones en que la desembocadura propiamente dicha se angosta, cuando el bloque hundido queda separado del mar, como en el caso de la ría de Pasajes. Siendo pues principalmente "atlánticas", tienen un cierto componente "pacífico" del que carecen la galaicas mucho mayores, pero, como en estas, los temporales se atenúan en ellas lo suficiente y, todas sin excepción, han constituido abrigo casi ancestral a su población pesquera. Sobre una estructura de estas características, la eustasia posterior ha conducido a distintos ciclos emergentes y de inundación de alcance diferente según las previas características estructurales y morfológicas de cada ría. Las excepcionalidades del medio litoral cantábrico, entre los peninsulares y entre los mundiales, hace en todo caso escasamente útiles para sus rías otras experiencias.

## 2. LA COLMATACIÓN: SUS CAUSAS Y SUS CONSECUENCIAS

El proceso de colmatación en sí es estrictamente natural, aunque puede verse modificado antropogénicamente (fig. 1). Diferentes condiciones en el transporte litoral y en la erosión de los cantiles de sus respectivos entornos, en el régimen hidrológico y en la morfología previa, junto a las diferencias tectónicas e isostásicosubsidentes, condujeron a diferentes formas de producirse la colmatación de cada ría. Y la conservación y protección del carácter propio de las rías puede exigir, en determinados casos y dependiendo de su nivel de relleno más allá del interés portuario, de actuaciones tendentes a atenuar, limitar, o, incluso, detener dicho proceso. Pero siempre han de ser evitados los repentinos y bruscos incrementos en las tasas de relleno que se producen por causas antropogénicas.

La evolución natural de las áreas costeras conduce a una regularización del frente costero tendente a minimizar los procesos litorales, es parte de un proceso evolutivo más amplio en el que se satisface la ley de acción de masas generalizada desarrollando el gran ciclo geodinámico del planeta, incluida su manifestación biogeoquímica; al tiempo que se están creando en él las condiciones para la generación de nuevas irregularidades costeras en un futuro geológico, se están erosionando las formas acantiladas o avanzadas y colmatando las zonas indentadas. En este proceso, al tiempo que se generan y desarrollan áreas húmedas y de aguas someras, se rellenan otras preexistentes, si bien con balance desigual entre las diferentes costas; de modo que la colmatación de las rías conduce inexorablemente, en el estadio ulterior, a la "desección" de sus áreas húmedas. Las rías se comportan en este contexto como auténticas trampas de sedimentos y tienden a colmatarse, lo que no deja de ser uno más de los procesos complejos pero naturales de la morfodinámica costera. Y este proceso morfodinámico se limita en esencia a la respuesta dialéctica de un contorno a la dinámica de los medios fluidos en presencia. No siendo este el momento de analizarlos, recordémoslos al menos:

- ▼ Los vientos actúan principalmente mediante los oleajes que generan, pero también directamente sobre los arenales, singularmente los de las barreras arenosas que cierran las rías, siendo menos relevante el de las brisas que el de los temporales.
- ▼ La hidrodinámica litoral derivada del oleaje es decreciente en intensidad de Oeste a Este (aunque el transporte neto potencial hacia el Este vuelve a hacerse creciente en su tramo oriental) aunque su capacidad de transporte es enorme en todo el litoral cantábrico. El transporte sólido litoral real es con todo muy inferior al potencial en todos los puntos del litoral cantábrico, por falta de sedimentos, y de ahí la fuerte erosión de los cantiles. Pero



Figura 1. Guernica.

también por ello son menores las diferencias entre los transportes bruto y neto en términos reales, y entre los de unas rías y otras, aunque haya diferencias apreciables en los sedimentos disponibles por la erosionabilidad de los acantilados y por las aportaciones fluviales; en el momento actual estas últimas son en general despreciables, y donde no lo han sido han adelantado el proceso de colmatación formado depósitos "deltaicos" sumergidos disponibles para ella.

▼ Las mareas son muy homogéneas y, salvo en los mínimos de las muertas, relativamente importantes. en todo el cantábrico con diferencias menores al 10% en la carrera de marea y en los niveles de pleamar y bajamar. La diferencial meteorológica no es especialmente relevante en términos relativos, aunque puede ser significativa a

los efectos de inundabilidad. Las corrientes de marea compiten así con el transporte paralelo real aunque no podrían hacerlo con el potencial lo que, unido a la asimetría derivada de la acción perpendicular del oleaje (6,8) favorece los procesos de colmatación de las rías con materiales procedentes del área litoral (2). La afirmación anterior no deja de depender de los correspondientes valores de los respectivos prismas de marea, en general pequeños por las pequeñas dimensiones de las rías, pero su efecto restrictivo es mucho menos significativo que el antes expuesto para el transporte sólido litoral, al disponer sus corrientes siempre de sedimentos.

▼ Los caudales fluviales, con ser importantes para la longitud y cuenca de las corrientes, son de influencia menor en los procesos de la desembocadura. En la ac-



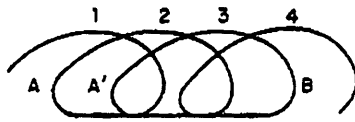
Figura 2. Somo. Pedreña.

tualidad estos cauces no aportan cantidades significativas de materiales sólidos playeros salvo cuando cortan cuencas mineras y sus materiales quedan incorporados sobre todo a las marismas del fondo estuarino de las rías (2).

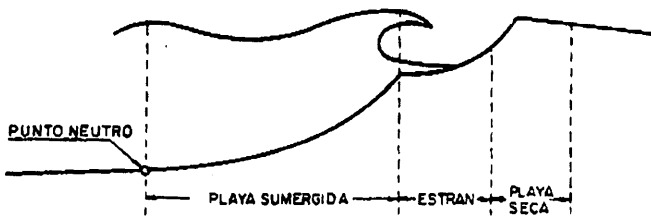
Esos factores dinámicos, además de conducir a la colmatación natural de las rías, permiten también la génesis en ellas de las barreras arenosas de cierre (6,7,8), con las que se pone también en marcha el mecanismo para cumplir en sentido contrario la referida ley de "acción de masas" generalizada, reduciendo al mínimo la tasa de colmatación de las rías. Porque la misma ley de acción de masas aplicada al equilibrio de una desembocadura en ría conduce a explicar la formación de su barrera "de cierre", a partir de un cierto volumen de sedimentos disponibles; dicha barrera permite minimizar las tasas de colmatación mientras facilita la continuidad en el transporte sólido por delante de la misma para salvar la desembocadura (fig 2).

La génesis de estas barreras puede ser explicada a partir de la dinámica del perfil de equilibrio de playas. Al contrario que otros perfiles de referencia establecidos y hoy muy utilizados, las más de las veces incorrectamente, y que consisten en una parábola sencilla (3,5), el perfil de IRIBARREN (9,11), desarrollado después por S. BORES (14,15) como una de las bases para la clasificación genética de formas costeras, consiste en una doble parábola (fig 3), la superior o del lado de tierra –estrán– por equilibrio hacia abajo y la inferior o del lado del mar –playa sumergida– por equilibrio hacia arriba, con su discontinuidad sobreelevada correspondiente a la zona de rotura del oleaje y configurando una "barra" litoral.

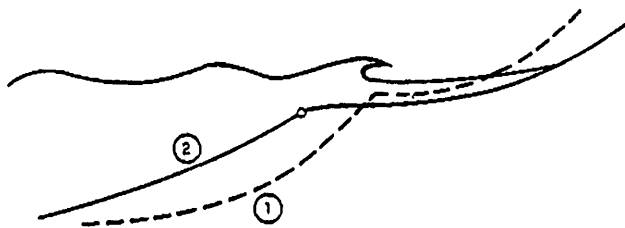
La posible evolución de estas barras hasta la formación de las correspondientes barreras condujo, particularmente en el Cantábrico, a la generalización a las últimas del nombre de barra en ausencia de una clasificación y terminología detalladas. En el Cantábrico son infrecuentes las barreras litorales frente a la costa continua, pero absolutamente generalizadas frente a las embocaduras exteriores de las rías,



ÓRBITAS DE LAS MOLÉCULAS



PEFIL DE EQUILIBRIO



CAMBIOS DE PERFIL

1.- OLEAJE REINANTE  
2.- TEMPORALES

Figura 3.

configurando sus barreras de cierre unidas a la costa en uno de sus extremos y tendiendo a progresar por su otro extremo, libre y determinado por el sentido dominante del transporte sólido litoral, angostando el canal de marea y acceso mediante los mecanismos que luego se analizan. Con independencia de las causas, naturales o no, y del origen, exterior, de los sedimentos que colmatan las rías cantábricas, sus consecuencias se le hicieron patentes desde un principio a los ingenieros portuarios, y consecuentemente a IRRIBARREN, como demuestran los múltiples diseños y obras realizados. Al margen las dificultades crecientes para la navegabilidad de las rías se sufrían los problemas planteados en los canales de entrada y acceso a los puertos.

Con el incremento de las embarcaciones y el grado de colmatación los canales, las "barras", barreras de cierre o barras estrictas formadas por marejadas y temporales en el propio cauce exterior del canal de acceso, pasaron a ser origen de graves problemas en los puertos de las rías: por afección al calado (a causa de la formación de la barra; no

era entonces evidente que también por la aportación de sedimentos desde el extremo libre en progresión de la barrera) y a la anchura del canal (por el avance de dicho extremo libre), y por emigración en planta del canal de entrada (forzada por la progresión de los sedimentos litorales y los vaivenes de los mareales). Conociéndose desde los años veinte que tanto la estabilidad como las dimensiones del canal en equilibrio dependían de las corrientes de marea y de su interacción con el transporte paralelo, se aborda el problema de los encauzamientos como primera medida para fijar los canales y mantener la función de los puertos; esto se encontró y desarrolló con profusión IRRIBARREN. Que éste ya tuvo la percepción, y la experiencia tras varios ensayos en la realidad, de la inevitable y progresiva colmatación de las rías, queda de manifiesto en su informe para el Grupo de Puertos de Lugo (10) ante las dificultades de las nuevas instalaciones del puerto de Foz y en el que recomienda (en los años 5060) abandonar el puerto interior y estudiar su salida al exterior.

### 3. LA CLASIFICACIÓN GENÉTICA Y SU TERMINOLOGÍA FENOMENOLÓGICA (15)

Precisamente dos aportaciones fundamentales de Iribarren, el perfil de equilibrio de playas y las corrientes debidas al gradiente de sobre elevación del oleaje en su expansión lateral, sirvieron para que su discípulo y sucesor en la Cátedra, S. Bores, estableciera un sistema dicotómico para la clasificación de las formas costeras que resulta ser el único disponible para analizarlas y diagnosticar su origen y evolución (esto, por estar fundamentada en su génesis) en forma unívoca. El hecho y la aportación son muy relevantes porque no existen precedentes y porque tuvo su autor que completar y precisar previamente ambas aportaciones integrándolas con otros factores ya conocidos pero insuficientemente considerados como los de la granulometría de los sedimentos y las consecuencias de la oblicuidad del oleaje en el transporte longitudinal (paralelo) de los mismos; en concreto estableció que el gradiente de sobre elevación de Iribarren se materializaba de hecho a partir de la rotura del oleaje cuando desaparece la forma onda, pues no es un fenómeno debido a la geometría de las olas sino a su dinámica de rotura; y que tanto este mecanismo como el de oblicuidad tienen existencia, esencialmente, en el mismo entorno físico, el del estrán y sus proximidades. Precisamente un fundamento principal y novedoso de esa clasificación es la consideración de que el transporte paralelo se compone del debido a esos dos mecanismos, el de la oblicuidad ( $Q_{\omega}$ ) y el del gradiente de sobre elevación ( $Q_{\delta}$ ); excepto en desembocaduras o similares

donde las corrientes de marea pueden adquirir relevancia o preponderancia. De entre las múltiples clasificaciones de costas (12), muchas de ellas pretendidamente también de base genética, ninguna permite definir ni determinar unívoca e inequívocamente la mayor parte de las formaciones costeras; ciertamente que tales clasificaciones incorporan un tiempo geológico que dificulta el análisis, a cuyo discernimiento temporal renuncian o al que tratan de obviar; pero ello no empece la necesidad de un sistema analítico correspondiente a los procesos a escala humana que permita tales determinaciones y definiciones y, en consecuencia, una clasificación de las mismas.

S. Bores lo consiguió estableciendo una base sistemática conceptual convenientemente precisa en su significación hidrodinámica y morfodinámica (15). En esencia se trata de considerar secciones transversales a la línea de costa y tramos entre pares de tales secciones. En estas secciones realiza un análisis de su equilibrio longitudinal basado en la condición  $Q_{\alpha} + Q_{\beta} = 0$ , pudiendo en otros casos ser una sección acumulativa o erosionada en sus depósitos sedimentarios. Pero además realiza un análisis del equilibrio transversal basado en la forma y sus cambios del perfil de equilibrio conformado por el elemento móvil los sedimentos en respuesta dialéctica a la acción del oleaje, tomando además en consideración si tal perfil es y se mantiene completo o más que completo, o no (interrumpido por el cuenco estructural que soporta los sedimentos), en cuyo caso se considera la no menos dialéctica respuesta morfodinámica del propio perfil estructural.

El perfil de equilibrio es un concepto fundamental en la Clasificación Genética, pues al ser profundamente modificada su configuración por la acción del oleaje (variaciones accidentales y estacionales), coadyuva con el transporte longitudinal (longshore), que moviliza la arena principalmente en el estrán, distribuyendo transversalmente los sedimentos. La totalidad de la playa funcional, activa, actúa así como conjunto morfodinámico integrado en el que el transporte longitudinal se localiza en el estrán y el transporte transversal, de volumen mucho mayor pues la componente normal del oleaje es generalmente muy superior a la tangencial, actuando sobre la playa sumergida y el estrán reequilibra continuamente la forma de la playa. La falta de cuenco por aumento excesivo de pendientes y profundidades del substratum limita las posibilidades estabilidad transversal de la playa, produciéndose, en su caso variaciones, basculaciones, no recuperables, S. Bores (15).

A su vez los tramos entre dos secciones permiten comparar el flujo de sedimentos a su través determinando si existe equilibrio en el tramo, siempre dinámico, o si se produce acumulación depósitos o extracción erosiones netas de sedimentos en los mismos, suponiendo una distribución uniforme o de variación continua de los factores que determinan los procesos litorales. Sobre esta base se definen tres tipos de discontinuidades en las condiciones de los procesos litorales que

permiten su superposición a aquélla para completar el análisis del equilibrio.

Las discontinuidades causadas por aportaciones o extracciones puntuales (locales) de sedimentos se denominan singularidades másicas respectivamente positivas o negativas, porque afectan directamente a la masa sedimentaria disponible. Las discontinuidades debidas a un cambio en la alineación de la costa se denominan singularidades geométricas y su signo positivo o negativo y la respuesta que respectivamente inducen en los procesos morfodinámicos dependen del sentido de la oblicuidad del oleaje respecto de la propia alineación de la costa. Las discontinuidades que cursan con la modificación local de las condiciones de oblicuidad sin cambio en la alineación referida se denominan singularidades dinámicas con su signo positivo o negativo dependiendo del sentido de la oblicuidad del oleaje y para el análisis de las más importante y frecuentes de ellas es fundamental la aportación conceptual de Iribarren relativa a la expansión lateral de los oleajes y al gradiente de sobreelevación que generan en el momento, según precisión del propio S. Bores, de su rotura.

La reelaboración de los procesos litorales con estos esquemas le permitió establecer la Clasificación Genética de Formas Costeras, Simples porque se supone en ella un nivel medio del mar constante, y que en sentido estricto sirve sólo para costas sin marea o asimilables, pero cuya extensión a mares con marea significativa es, sin ser trivial, relativamente sencilla e inmediata. Tal clasificación permite explicar el origen y diagnosticar la evolución de la morfología costera, aun la más compleja, de cualquier lugar mediante la identificación de sus formas simples y la descomposición de su configuración compleja en éstas de modo que de la evolución de las simples, por superposición, se deduce la del conjunto, porque los seis tipos de singularidades expuestos son susceptibles de determinar, solos o en combinaciones de dos o más, con o sin repetición, cualquier forma observable en la naturaleza (7); y le permitió también a su autor establecer una terminología precisa de la que se carecía anteriormente y al análisis de cuya eficacia definitoria se dedica el epígrafe que sigue.

#### **4. LA TERMINOLOGÍA FENOMENOLÓGICA Y SUS CONSECUENCIAS**

Con la generalización del término de "barra" a la vez para el todo y para la parte de las formaciones arenosas en el cierre de las rías se mantuvo una ambigüedad que induce confusiones en el diagnóstico de algunos problemas en. La consecuencia de una confusión terminológica puede conllevar una posible equivocación conceptual. En efecto, "la barra" deviene de la acumulación selectiva de sedimentos en un tramo del perfil transversal que supone una discontinuidad entre el estrán y la playa sumergida y se acentúa en situación de temporales; tiene una cierta anchura para cada estado del mar en ra-

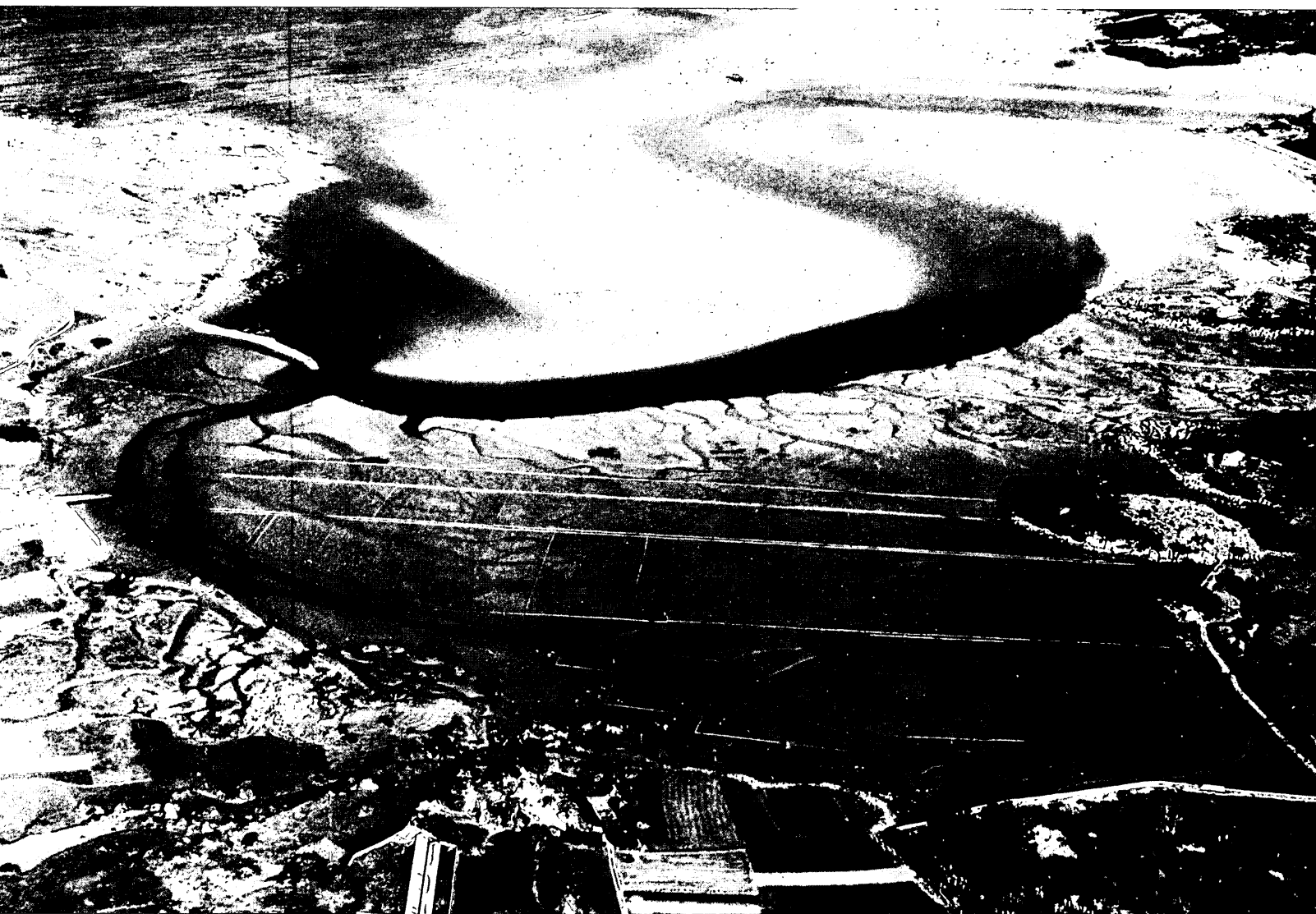


Figura 4. Miengo.

zón de la variabilidad de su oleaje y de la inercia en la respuesta sedimentaria a la acción de éste; y es intuitivo y demostrable que se debe a la componente del oleaje perpendicular a la costa de modo que es tanto más notoria cuanto más fuerte, duradero y perpendicular es aquel. Pero muchos de los oleajes con componente transversal máxima tienen incidencias de importante oblicuidad y, por tanto, de componente longitudinal y transporte paralelo también significativos, sin que ello suponga falta de consistencia de la "barra".

El acrecimiento de esta "barra" con equilibrio transversal predominante puede conducir en condiciones adecuadas de marea a la emersión de un "cordón" litoral (15) y su prolongación longitudinal en una singularidad geométrica negativa conduce, cuando el transporte paralelo predomina, al desarrollo de una "flecha" por agregación de sucesivas barras (fig.4). De modo que si la barrera de cierre se conforma en una ría frente

a la que exista un transporte paralelo significativo, y aunque la génesis de cada una de sus escamas se haya de explicar por la acreción de la "barra" local, debe denominarse "flecha" en vez de "barra"; ello implica la asunción conceptual implícita de que su crecimiento como barrera tiene sobre todo un desarrollo longitudinal tendente a estrechar el canal de marea en competencia con la tendencia a ensancharlo de las corrientes de refluo de la marea. Pero también permite la percepción explícita de que las corrientes de flujo de la marea colaboran sobre todo a la obturación del canal (y no a su limpieza) y a la colmatación de la ría. Desafortunadamente para la conservación de la funcionalidad del canal, las corrientes de flujo (siempre de algo menor caudal que las de refluo, que acrecen con el caudal fluvial, en su caso) cuentan con la colaboración decisiva de la turbulencia generada por los oleajes para lograr una mucho mayor eficiencia en la acumulación de sedimentos en canal y

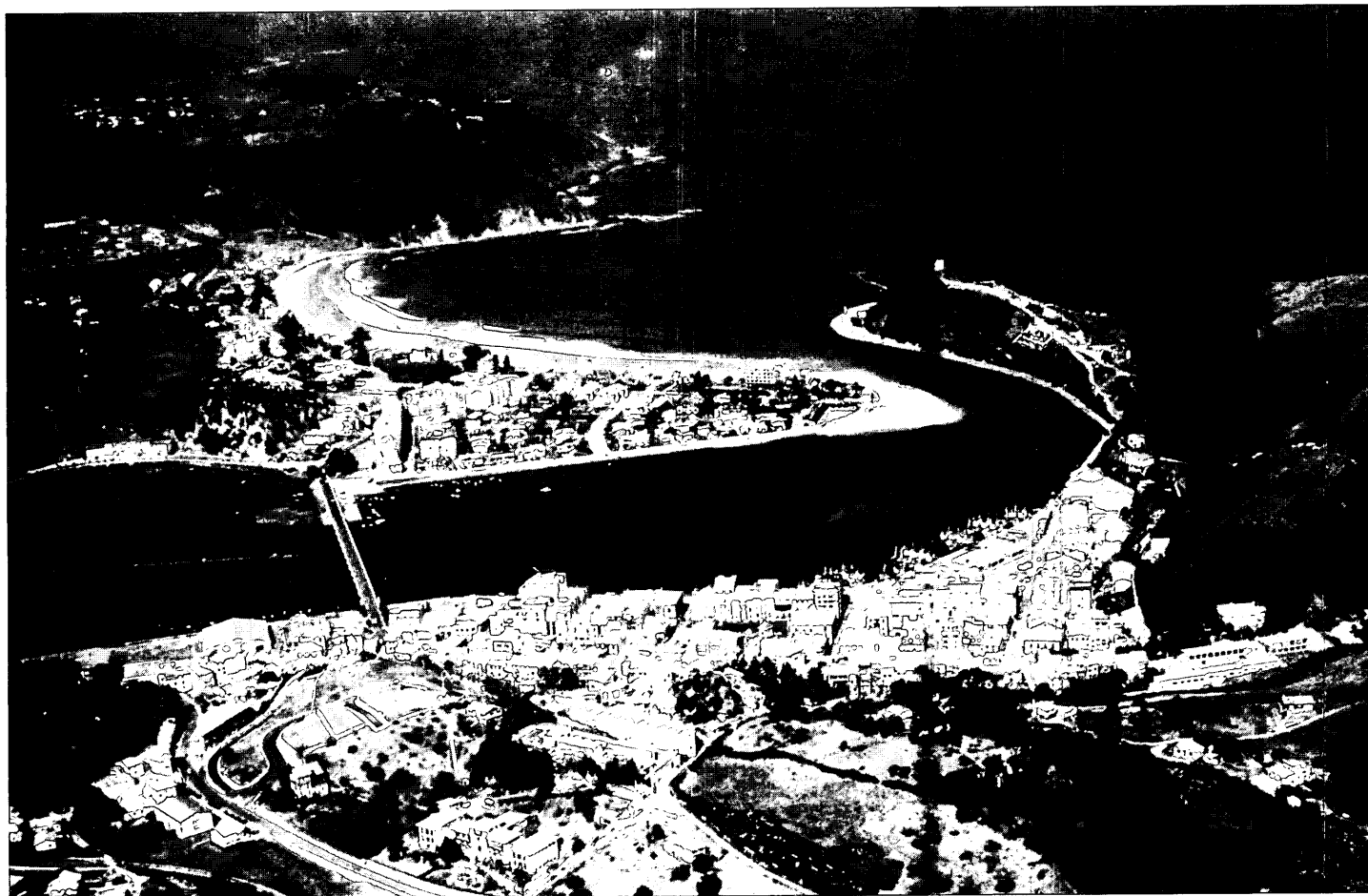


Figura 5. Ribadesella.

ría, que los de reflujos en erradicarlos. Este análisis, así de explícito, sólo se puede elaborar y transmitir a partir de una clasificación y terminología que discernan los distintos mecanismos expuestos; lo cual no se ha producido, al menos de modo sistemático y expreso, hasta la formulación y justificación de la Clasificación Genética de Formas Costeras Simples de S. Bories.

Se debe insistir, para evitar incorrectas interpretaciones, en que no se puede concebir la formación de una flecha sin la conformación de la barra propia de los oleajes en rotura; esto es, que toda flecha implica un mecanismo de formación y desarrollo de barra que permite su génesis y su desarrollo longitudinal posterior. Pero también en que cuando la barrera se genera así, y no como cordón, debe explicitarse como paso previo a todo diagnóstico sobre el problema planteado en el acceso a una ría; en caso contrario se corre el riesgo de errar el diagnóstico y, probablemente y a consecuencia de ello, la solución. Se ha de decir con todo que aunque no se disponía entonces de la suficiente "doctrina" explícita para el discernimiento, por la naturaleza de las soluciones que implementó y por su seguimiento todo parece indicar que IRIBARREN (2) te-

nía una percepción ajustada del problema, aunque fuera en forma no explicitada y aunque conservara la generalizada denominación de barra para la barrera de cierre y su prolongación en el canal de cada ría.

Se dan unas circunstancias dinámicas y geomorfológicas que tienden a confundir el problema conceptual dificultando los análisis que conducirían a la percepción de las "flechas" y conduciendo a la ilusoria ratificación en la percepción de las "barras", en nuestro litoral cantábrico. Circunstancias que análogamente se presentan en otras costas y han conducido a graves confusiones conceptuales como la de considerar una emigración contracorriente (updrift) de los canales de marea (inlets) entre las islas barreras de la costa este americana (3,8). Estas circunstancias se refieren a los factores dinámicos que, además de conducir a la colmatación natural de las rías generan en ellas las barreras arenosas de cierre (6,7,8). Al ser dominante en el Cantábrico la dinámica litoral del cuarto cuadrante, y tener esta costa una orientación general Este-Oeste, hay que esperar que respecto de la dirección de la línea de costa tomada como base, la resultante media anual del oleaje en profundidades indefinidas tenga una inclinación tal que corres-



Figura 6. Salinas.

ponda también al cuarto cuadrante. Esto significa que, si no se modifica esa resultante media anual por efecto del contorno –fondos y márgenes, el transporte sólido litoral neto se produce hacia el interior del Golfo de Vizcaya.

Pero las condiciones se singularizan en torno a las rías debido a la discontinuidad geométrica que suponen y a su capacidad para rellenarse: cuando la embocadura más exterior permite –por la profundidad y pendiente de su plataforma la formación de bajos arenosos, éstos se forman típicamente, esto es, en forma de flecha que progresa hacia el Este; pero por el contrario, cuando no existen allí condiciones adecuadas para esta formación de bajos o, cuando aún existiendo, no impiden la formación de otros en una embocadura más interior de la ría, éstos últimos generalmente están gobernados por un oleaje transformado cuya resultante media anual ha derivado al primer cuadrante, y avanzan entonces en forma de flecha que progresa hacia poniente. La transformación se produce por refracción/difracción e, incluso, por reflexión. Siempre en el caso en que la dinámica litoral paralela frente a cada embocadura sea relativamente preponderante respecto a la de la marea, lo que es común en las rías y desembocaduras cantábricas. Las

flechas progresando hacia poniente no se suelen entender como tales al intentarlas relacionar con la dinámica litoral exterior, por lo que ha perdurado con mayor refuerzo conceptual su denominación como barras. Pero son verdaderas y típicas flechas, conformadas en respuesta a una dinámica cuyo sentido dominante se invierte al penetrar en la ensenada exterior de la ría. Se analizará la trascendencia en esta consideración. Pero basta citar como ejemplos de flechas hacia levante las barreras de Ribadesella (fig.5), Avilés (fig.6) o CovasVivero (fig.7), y como ejemplos de flechas hacia poniente las de Foz (fig.8), Bidasoa (fig.9) o San Vicente de la Barquera (fig.10) (7).

## 5. CONSECUENCIAS INGENIERILES

La principal consecuencia ingenieril del discernimiento entre flecha y barra es la solución tipo para el encauzamiento y fijación del canal de acceso exterior. La hipótesis de barra admite el encauzamiento mediante un único espigón en la margen opuesta a la punta o extremo libre de la barrera arenosa, generalmente rectificando un contorno previo rocoso (Fuen-



Figura 7. Vivero.

terrabía, Foz, San Vicente de la Barquera, aunque en el tercer caso el problema no era tanto de rectificación como de alineamiento hasta un bajo rocoso peligroso para la entrada y que había que balizar, y en el segundo fue previo alcanzar mediante espigón transversal otro bajo similar para balizarlo). Siendo su génesis de barra, la barrera no tenderá a avanzar longitudinalmente para obturar el canal y éste verá favorecido su mantenimiento por el nuevo contorno rígido y rocoso del espigón. Si fuera flecha sí tenderá a obturarlo, por el contrario, e incluso a modificar su orientación para acomodarse a la nueva configuración mediante su erosión en ciertas zonas y avance en otras (en Foz giró en respuesta al primer espigón construido para establecer y acceder al faro primitivo, primero, y luego a obturar el canal; en San Vicente y Hendaya tendió a obturar el canal y probablemente pudo también adaptar su desarrollo en planta pero se carece de información).

En la hipótesis de flecha hay sin embargo que considerar la necesidad de un espigón de ribera que fije el contorno del trasdós de la flecha e, incluso, de continuarlo en un segundo espigón de encauzamiento paralelo al primero, que necesariamente daría lugar a una playa apoyada pero sobre todo el comportamiento de las playas más allá de la propia barrera en

respuesta a su posible arrasamiento. Cuando IRIBARREN fijó un acceso al viejo Puerto de Fuenterrabía era sin duda consciente de que iba a permitir generar una playa encajada del lado español entre el espigón y el contorno rocoso costero; pero también debió percibir el riesgo de obturación del canal por la extensión del puntal francés, porque prolongó aquél espigón hacia el interior; y también suponer que ello conduciría a limitar la capacidad de evacuación en la parte más angosta del canal (de acuerdo con la posterior 3 "Gorge Theory") y a poner en riesgo la estabilidad y permanencia del puntal francés como sucedió de hecho, como demuestra su propuesta de que se ejecutara otro espigón paralelo del lado francés. No llevado inicialmente a cabo, el arrasamiento del puntal y la subsiguiente erosión de la playa hendayesa forzaron su ejecución posterior.

Con esa experiencia que confirmó su originaria percepción de las cosas, en San Vicente de la Barquera ya construyó el espigón del lado oriental conteniendo la barrera; probablemente la anchura del canal resultante era insuficiente y debía inducir erosiones en la parte interior de aquélla porque terminó extendiendo dicho espigón hasta el contorno de tierra firme. Otros muchos casos, como el de Zumaya indican la convicción de IRIBARREN de la tendencia a la prolongación de las

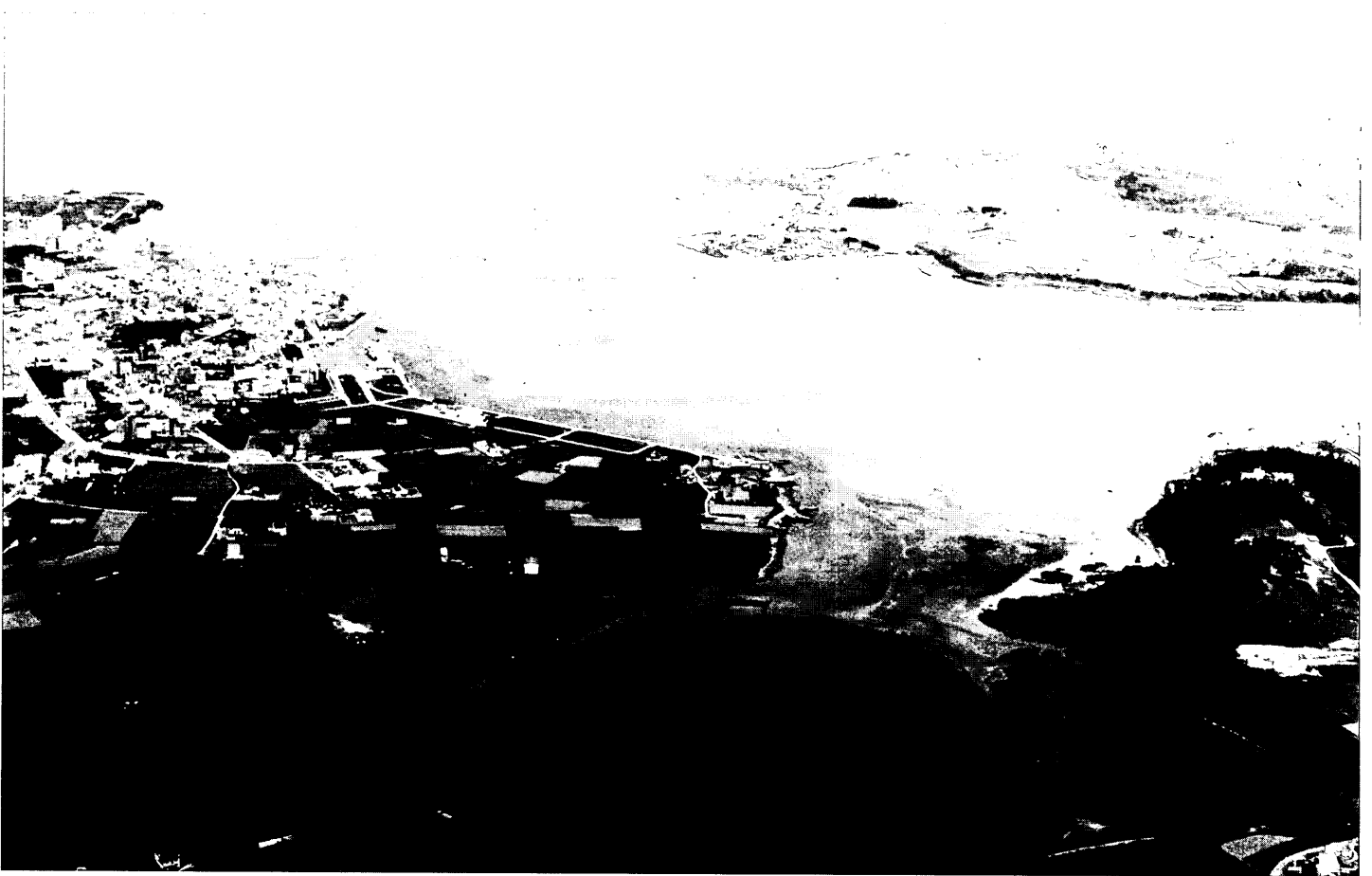


Figura 8. Foz.



Figura 9.  
Bidasoa.

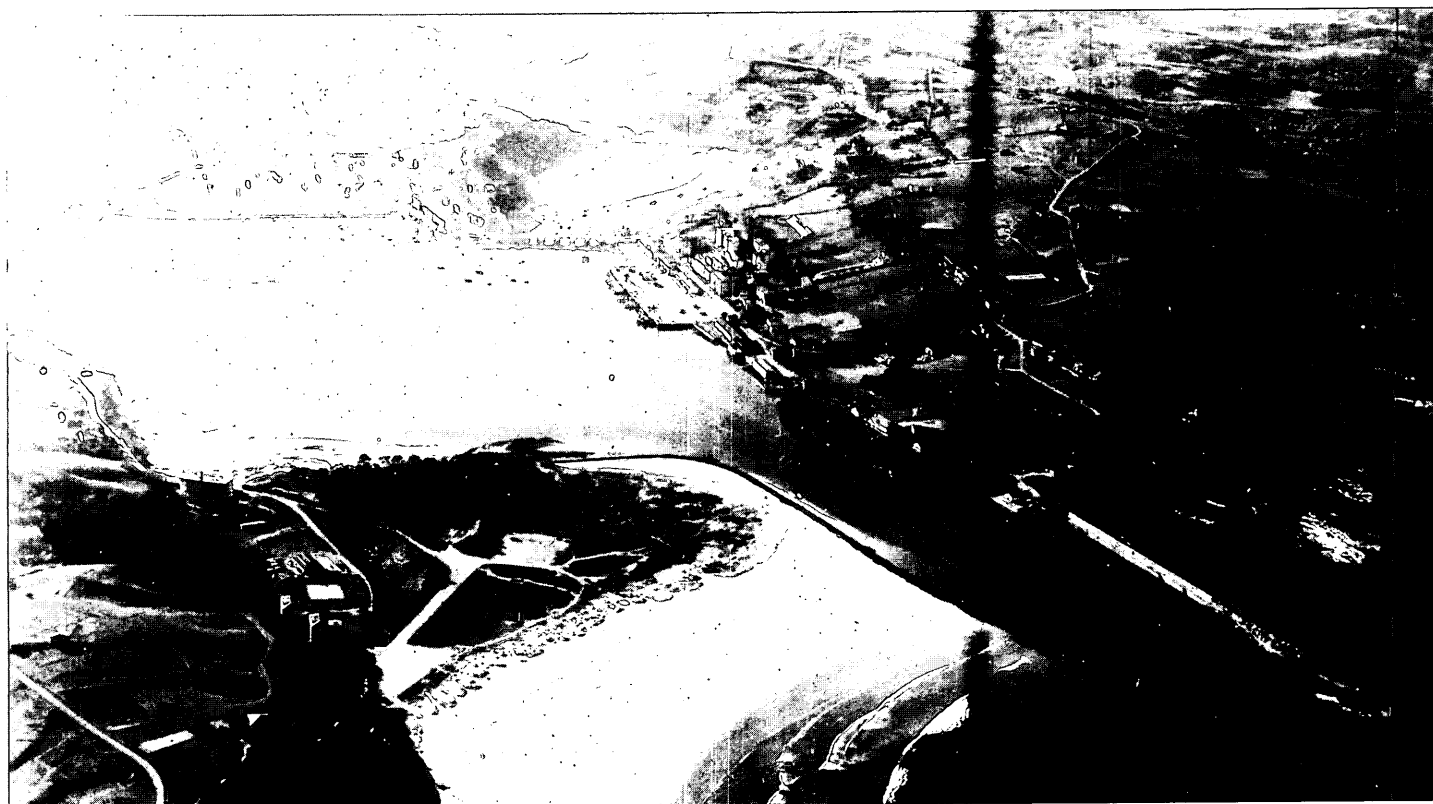


Figura 10. Barquera.

barreras y de la posibilidad del debilitamiento en los arranques (características ambas de las flechas). También de que las rías son trampas de arena cuyo proceso de colmatación habría de acelerarse bruscamente si se arrasaban sus barreras de cierre a consecuencia de una inadecuada gestión del encauzamiento, como había ocurrido en el Bidasoa; y de ahí el llevar, en su caso, los puertos al exterior. Lamentablemente no siempre se entendieron bien sus argumentos (4).

#### REFERENCIAS

- 1) Asensio, I. El origen del relleno de las Rías Cantábricas. I Curso de Geomorfología litoral aplicada. Univ. Politéc. pp. 112126. Valencia. 1979.
- 2) Assas, J.F., Comunicación personal. 1997.
- 3) Bruun, P. and Gerritsen, F. Natural bypassing of sand at coastal inlets. ASCE, Journal of Waterways and Harbours Division. 85(WW4) 75107. 1959.
- 4) Consejo de O.P. Informe sobre el Encauzamiento del Puerto de Foz. (1967)
- 5) Dean, R. G. Equilibrium Beach Profiles characteristics and applications. Florida Univ. Gainesville. 1990.
- 6) Díez, J. J. Introducción al Estudio Geomorfológico y de los Procesos Litorales de la Ría de Foz. Revista de O.P. pp. 941952. Madrid, 1980.
- 7) Díez, J.J. Guía física de España. (Ed. M. de Pisón). 6. Las Costas. Alianza Editorial. Bolsillo. N. 1806. 786 pp. Madrid. 1996.
- 8) Díez, J. J. Morphodynamics of Spanish Cantabrian Rias Journal of Coastal Research. 154. Pp 10727082. Florida (USA), 1999.
- 9) Iribarren, R.- Corrientes y transportes de arena originados por el oleaje. Revista de O.P, Madrid, 1947.
- 10) Iribarren, R. Informe para el Grupo de Puertos de Lugo. Sobre ampliación del Puerto de Foz. Circulación Restringida, (1957).
- 11) Iribarren, R. Informe acerca de la Defensa de las costas y playas de la ciudad de Cartagena (Colombia). Restringida, 1958.
- 12) King, C. Beaches and Coasts. 2ª Ed. Arnold. London, 1972.
- 13) McManus, J; Díez, J.J. & all. Comparison of scottish firths and spanish rias. Bulletin Intern. Assoc. Engineering Geology, nº 47. pp. 127132. Rotterdam. 1993.
- 14) Suárez Bores, P. Shore Classification. (En las comunicaciones se introduce la formulación) – III Int. Congress Int. Ass. Engineering – Madrid. 1978.
- 15) Suárez Bores, P. Formas Costeras 2ª Ed. Apuntes de COSTAS del Servicio de Publicaciones de la E.T.S. de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la U.P.M. 1980. 1ª ed. (1963). ■