



## EVOLUCIÓN Y EROSION COMPARADA DE TRES SISTEMAS PLAYA/FLECHA EN LAS RÍAS DE ORTIGUEIRA, O BARQUEIRO Y VIVEIRO (GALICIA, ESPAÑA)

*Compared evolution and erosion of three beach / spit systems. Ortigueira, O Barqueiro and Viveiro Rías. Galicia, Spain*

F. Lorenzo, A. Alonso y J.L. Pagés

*Sección Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña. 15071 A Coruña.  
e-mail: angelami@udc.es. Fax: 981 – 167065.*

**Resumen:** Se estudian tres sistemas playa / flecha en los complejos de desembocadura de las Rías de Viveiro, O Barqueiro y Ortigueira (Norte de Galicia). Se analizan sus características morfodinámicas y su grado de antropización, para comparar las respuestas erosión / acreción a escala decadal y en un ciclo invernal. La playa de Morouzos (Ría de Ortigueira) presenta una antropización muy limitada; se aprecia una ligera tendencia a la acreción, como respuesta al aumento de carga sólida en los ríos del estuario. La playa de Area Longa en la Ría de O Barqueiro está erosionándose muy rápidamente, aunque su grado de ocupación es muy bajo, debido a la desafortunada ubicación del puerto de O Vicedo. La playa de Covas, en la Ría de Viveiro, presenta un grado de antropización extremo, como consecuencia de lo cual la playa perdió parte de su alimentación y fue regenerada. Esta regeneración se repite cada año, transportando arena del sector oriental al occidental, en sentido inverso al transporte sedimentario de la playa.

**Palabras clave:** Playa/flecha, morfodinámica, erosión, Rías Altas, Galicia, NO España.

**Abstract:** In the general context of sea level rise and coastal erosion, three beach/spit systems are studied in North Galicia (North-west coast of Spain), corresponding to the mouth complex of estuaries situated in the inner part of the Rías of Ortigueira, O Barqueiro and Viveiro. The morphodynamic characteristics and the degree of human occupancy of every system is analysed, in order to compare the erosion vs accretion tendency to a ten years time-scale and the response to energetic conditions in winter when supposedly beaches tend to erosion. The Morouzos Beach, in the Ría of Ortigueira presents minor human occupation and the tendency is to an slight accretion. The profiles measured in the beach show an important cross-shore sediment exchange along the year, with berm erosion during the winter and reconstruction during the summer. The accretion tendency, contrary to a generalised erosive stage, is interpreted as the response to an increase in solid load in the rivers feeding the beach. The Area Longa Beach, in the Ría of O Barqueiro, although with few human interventions, is subjected to an intense erosion. The main reason is the very unfortunate location of a small harbour, which dramatically cut off the main source of sediments of the down-drift placed beach. The Covas Beach, in the Ría of Viveiro, is a totally different case. The human occupation of the system is almost complete, including dune urbanisation, river channelization and construction of a dock in the Celeiro Harbour. As a consequence, the beach lost part of the sedimentary source and was regenerated. The nourishment is repeated every year, transporting sand from the oriental to the occidental sectors, inversely to the beach sedimentary transport.

**Key words:** Beach/spit, morphodynamics, erosion, Rías Altas, Galicia, NW Spain.



Lorenzo, F.; Alonso, A. y Pagés J.L. (2003). Evolución y erosión comparada de tres sistemas playa/flecha en las Rías de Ortigueira, O Barqueiro y Viveiro (Galicia, España). *Rev. C & G.*, 17 (1-2), 75-89.

## 1. Introducción

La costa norte gallega presenta en general una morfología recortada y acantilada, en la que se suceden altos promontorios con entrantes costeros de distinta entidad. Se diferencian claramente dos sectores, uno occidental, muy recortado, con altos farallones acantilados y entrantes profundos y otro oriental donde la costa se transforma en un tramo recto, con una rasa costera elevada cortada por un acantilado bajo, al pie del cual se desarrollan largas playas, que constituye el extremo occidental de la cornisa cantábrica. Los entrantes forman lo que se conoce como Rías Altas, claramente menores que las Rías Bajas, y con unas características algo diferentes.

Toda la costa en el entorno de las Rías Altas presenta numerosas pruebas de erosión de distintas velocidades, que se ponen de manifiesto por el retroceso de playas y acantilados (Pagés et al., 2002; Alcántara Carrió et al., 2000) y en ocasiones por la destrucción de bienes inmuebles, obras de infraestructura costera e incluso desaparición de yacimientos arqueológicos (Alonso et al., 2000). Esta tendencia erosiva responde sin duda, por una parte, a una situación general de subida del nivel del mar, cuyo ritmo medio de entre 1 y 2,5 mm/año es aceptado por la mayoría de investigadores (Zerbini, 2000). De hecho, el ritmo medio en la costa norte española parece ser algo superior; según los datos del PSMSL (Permanent Service Mean Sea Level), en ACoruña se registra una subida del nivel medio de 2,5 mm/año en los últimos 56 años; en Santander de 3 mm/año en el mismo intervalo; en Bilbao de 4,3 mm/año entre los años 1993 y 1999 y en Pasajes de 2,5 mm/año entre 1948 y 1962. Sin embargo, por otro lado, diferentes sectores de la costa, incluso playas dentro de una misma ría, reflejan situaciones evolutivas completamente diferentes. Este hecho está claramente relacionado con la actividad antrópica, que actúa la mayor parte de las veces como acelerador del proceso erosivo, y, en otras ocasiones, simplemente como modificador.

Las tres rías estudiadas en este trabajo (Fig. 1) constituyen tres casos idóneos para observar los efectos que la actividad humana ocasiona en las playas del litoral cantábrico y atlántico peninsular, ya que son sectores contiguos, están sometidas al mismo clima marítimo y tienen características morfodinámicas similares pero que, sin embargo, presentan muy diferentes grados de antropización del

entorno y de las playas. Con su estudio comparado se pretende obtener una visión de conjunto del comportamiento evolutivo de estos sistemas y tratar de determinar de que manera influye la actividad humana en la dinámica de las playas en una costa con un clima marítimo caracterizado por fuerte oleaje, abundantes temporales invernales y ritmo de subida del nivel del mar relativamente alto.

Para lograr estos objetivos generales se estudia, por un lado, la evolución de la playa principal de cada una de las rías en cuanto a su tendencia erosiva reciente, se analiza el grado de utilización y ocupación que han sufrido en las últimas décadas, se compara la evolución de sus perfiles a lo largo de un ciclo anual y se observa su respuesta ante las situaciones de temporal (ciclo invernal).

Son relativamente escasos los trabajos publicados sobre erosión costera en el sector del litoral tratado en este trabajo y aun más escasos los que cuantifican esta erosión. Destacan los trabajos de Flor (1992) quien hace una descripción de los sistemas eólicos de muchas de las playas de Galicia (incluidas las tres de este trabajo), analizando el estado de conservación de los mismos; Díez (1980, 1993) y Díez et al., (1988) que estudian los problemas de erosión y la evolución reciente de la Ría de Foz, considerando las causas antrópicas y analizando posibles actuaciones; Díez (1999) que elabora un modelo morfodinámico para la evolución de los sistemas playa/flecha en las costa norte gallega, desarrollando especialmente el caso de la Ría de Foz; Alonso et al., (2000) que hacen un seguimiento de la evolución de las playas de Area Longa y de Bares en la Ría de O Barqueiro, apuntando las causas del diferente estado erosivo de ambas playas y discriminando entre las causas antrópicas y naturales y Alcántara Carrió et al., (2000) quienes modelizan y caracterizan la erosión de la Playa de Area Longa.

En otros sectores del litoral atlántico gallego, el tema de erosión costera o evolución de la costa ha sido tratado por Vilas et al., (1993), quienes evalúan el estado de las Rías Bajas, considerando dos grupos de impactos: los de erosión antrópica directa y los inducidos, concluyendo que existe una erosión generalizada. En la costa portuguesa, que presenta problemas muy graves de erosión destacan, entre otros, los trabajos de Granja y Soares de Carvalho (2000), que estudian la erosión de las playas en el sector comprendido entre el Miño y el

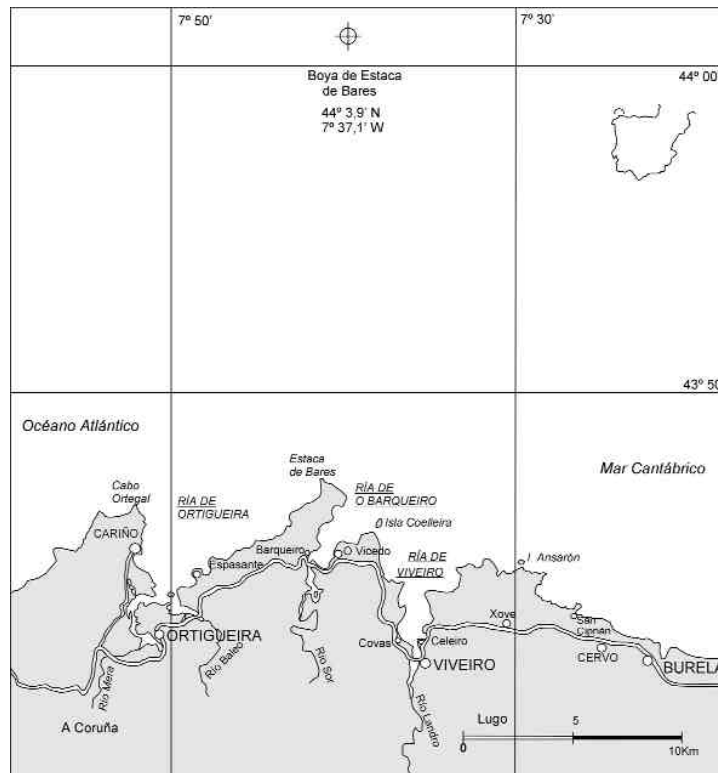


Figura 1. Situación de las rías.  
 Figure 1. Location map.

Mondego; Granja y Soares de Carvalho (1995), que analizan los efectos que han tenido algunas obras de infraestructura realizadas en las costa para frenar la erosión y Dias et al., (2000), quienes, dentro de un trabajo mas amplio, analizan la evolución reciente y situación actual de la costa portuguesa, constatando la tendencia transgresiva y consecuente erosión costera durante el siglo XX, frente a la situación opuesta hasta finales del XIX.

Respecto al litoral atlántico español, son especialmente útiles los trabajos de Reyes et al., (1996), quienes monitorizan las playas de la Bahía de Cádiz durante un ciclo invernal para determinar los efectos de los temporales sobre ellas y Anfuso et al., (2001) que hacen un seguimiento de las playas regeneradas y su evolución en el mismo sector. Por último, para el sector Cantábrico, Garrote et al., (2001 a y b) estudian la playa de Oyambre en Cantabria mediante el tratamiento informático de 21 perfiles y granulométrico de las arenas.

## 2. Metodología

Para el análisis de la evolución a medio plazo de los sistemas playa – flecha, se ha seguido la metodología clásica, comparando las fotografías aéreas pertenecientes a diversos vuelos cuyos años y escalas son: 1956 (E. 1:33.000), 1983 (E. 1:18.000), 1984 (E. 1:30.000) y 1990 (color, E. 1:5.000). En cada uno de los vuelos se han controlado puntos fijos determinados para comparación y para obtener la homogeneización de las escalas, y se han cartografiado los principales elementos (línea de playa, frente de dunas, obras portuarias, etc) para comparar su evolución. Además se consultaron las cartas náuticas actualizadas de la costa y, en el Archivo del Reino de Galicia, otras antiguas de Viveiro y O Barqueiro, realizadas por Vincent Tofiño en 1812, y un plano de la Ría de Viveiro realizado por Sebastián Miñano en 1828. Por otra parte, desde 1993 se está haciendo un

seguimiento fotográfico directo de las zonas más erosivas en la playa de Area Longa. Se han conseguido fotografías de coleccionistas o vecinos de la zona que se corresponden con los años 70 y 80.

Acorto plazo, para el estudio de la respuesta de las playas a un ciclo invernal, en cada una de ellas se han realizado dos perfiles transversales con Estación Electrónica Total (PENTAX, PTS-II 20F/20C). Los cambios en las playas pueden ser estacionales (invierno frente a verano) o cíclicos (tormenta frente a post tormenta), pero en ambos casos la variación morfológica de una playa se debe principalmente a la variabilidad en el nivel de energía del oleaje incidente (i.e. la altura de la ola, Masselink y Pattiaratchi., 2001); dadas las características de esta costa, en que la frecuencia de temporales es muy alta, se consideró oportuno controlar la evolución de las tres playas durante un periodo invernal, que se corresponde con la etapa de mayor energía y por tanto más erosiva. Se comparan los perfiles correspondientes a finales de verano, otoño y final del invierno con el fin de observar la variación frente a la situación de mayor energía, finalmente se compara con la situación en el mismo periodo obtenida el año anterior. Los puntos en los que se realizaron los perfiles se seleccionaron sobre la base de posibles diferencias en el comportamiento dinámico. Los perfiles se refieren a un punto 0 fijo, pero las comparaciones se realizan a partir del primer cordón dunar. Se realizaron entre las dos horas anteriores y posteriores a la bajamar para poder obtener la máxima longitud posible; se descartó cartografiar la zona sumergida de la playa desde una barca por la falta de medios y por la dificultad que supone el fuerte oleaje en esta costa.

Finalmente, con el objeto de obtener la velocidad de caída de grano, parámetro necesario para los cálculos correspondientes a la caracterización de las playas (D50), se tomaron muestras de sedimentos a lo largo de cada uno de los perfiles.

### **3. Morfodinámica de los sistemas playa – flecha y tendencia evolutiva reciente**

Las Rías Altas de Ortigueira, O Barqueiro y Viveiro son estuarios que se abren en el fondo de entrantes costeros no muy extensos y poco profundos. Tienen por tanto un tramo externo, abierto, de

características marinas, y un tramo interno donde se desarrolla el estuario propiamente dicho. En los tres casos aquí analizados el estuario desarrolla en su complejo de desembocadura un sistema de playa-flecha que es el estudiado en este trabajo: la playa de Morouzos en la Ría de Ortigueira, la playa de Area Longa en la de O Barqueiro y la playa de Covas en la Ría de Viveiro. El estado actual de estos sistemas es muy diferente debido a la influencia antrópica, que es grande en la Ría de Viveiro y mínima en la de Ortigueira (nombrado Espacio Natural en régimen de protección general, zona Ramsar y Zona Zepa).

Las tres rías, que son contiguas, presentan una orientación general N – NE (Fig. 1), abrigadas del oleaje NO predominante por el Cabo Ortegal y el de la Estaca de Bares, que separa el Océano Atlántico del Mar Cantábrico. La costa es alta, formada por acantilados en algunos tramos subverticales, con playas al pie de los mismos o cobijadas en pequeños entrantes. Los acantilados pueden llegar a tener hasta 100 metros de altura, especialmente en el Cabo Ortegal y en el sector entre Espasante y la Estaca de Bares.

La Ría de Ortigueira es la más occidental, un amplio entrante al abrigo del Cabo Ortegal, y la más compleja, ya que en su parte interior desembocan dos ríos, el Mera y el Baleo (Fig. 2). El Mera, que es el más importante, y que forma un estuario muy somero bastante colmatado con extensas marismas, desemboca entre la Punta do Frade y la Isla de San Vicente. El Baleo procede del SE, forma marismas de menor tamaño y grandes barras arenosas y desemboca entre la Isla de San Vicente y el promontorio de O Picoto. En ambos casos se desarrollan flechas arenosas que crecen como complejos de desembocadura de cada uno de los ríos, hacia el Oeste en el caso del Mera y hacia el Este en el del Baleo y, en su conjunto, configuran la playa de Morouzos, que se apoya en el promontorio rocoso de San Martín y en la Isla de San Vicente, la cual forma un tómbolo con la playa en marea baja.

El conjunto playa – flechas – tómbolo, así como las marismas de los estuarios y el cordón dunar presentan un óptimo nivel de conservación (razón por la cual se eligió esta playa para su estudio), con un grado de intervención humana bastante bajo, especialmente desde el punto de vista físico. Con todo, existe una cierta intervención, desta-

cando el trazado del ferrocarril FEVE (mediados del siglo XX), que cruza las marismas internas del Baleo y muy marginalmente las del Mera. Los puertos de Cariño y de Espasante, en la zona abierta de la Ría, no tienen apenas efecto en el estuario, y el pequeño puerto deportivo, construido recientemente (2001) en la población de Ortigueira, aún no ha podido ser evaluado, aunque probablemente su influencia no será muy grande dada su situación. Posiblemente, a largo plazo en la evolución de los estuarios y finalmente en la playa, es más importante la existencia de varias canteras de pizarras y sus correspondientes lavaderos, que están aportando muchos sólidos a los dos ríos. Una cantera de dunita situada a 4 km. de las marismas genera grandes cantidades de lodos que se depositan en lagunas de sedimentación muy cercanas al río Landoi (Otero et al., 2000).

La dinámica sedimentaria de esta playa es bastante compleja. El oleaje incidente es predominantemente frontal, pero se encuentra modificado por la existencia de la Isla de San Vicente, que produce una difracción y consiguiente sedimentación en

su zona de sombra y una barra submareal que crece hacia la isla a partir de la Punta do Frade. Por otro lado, la playa está situada entre los dos ríos, apoyada en el promontorio rocoso que separa sus desembocaduras y con una flecha en cada extremo. A juzgar por la existencia de las flechas la deriva se produce hacia los extremos. El complejo doble de desembocadura presenta un desarrollo bastante grande, y el sistema de playa creció hacia el norte presentando un ancho campo de dunas. El proceso de la formación del tómbolo ha debido modificar las corrientes de deriva en la zona oriental de la playa, especialmente en marea baja.

Los ríos Baleo y Mera constituyen previsiblemente los aportes principales de sedimentos. El análisis al microscopio de muestra de sedimento del Baleo mostró que sus características eran completamente iguales a las de la playa. Es muy posible, sin embargo, que el Mera sea el que mayor influencia tiene sobre la morfología de la playa, ya que su estuario es mucho mayor que el del Baleo por lo que el intercambio mareal y por tanto las corrientes son también mas importantes.

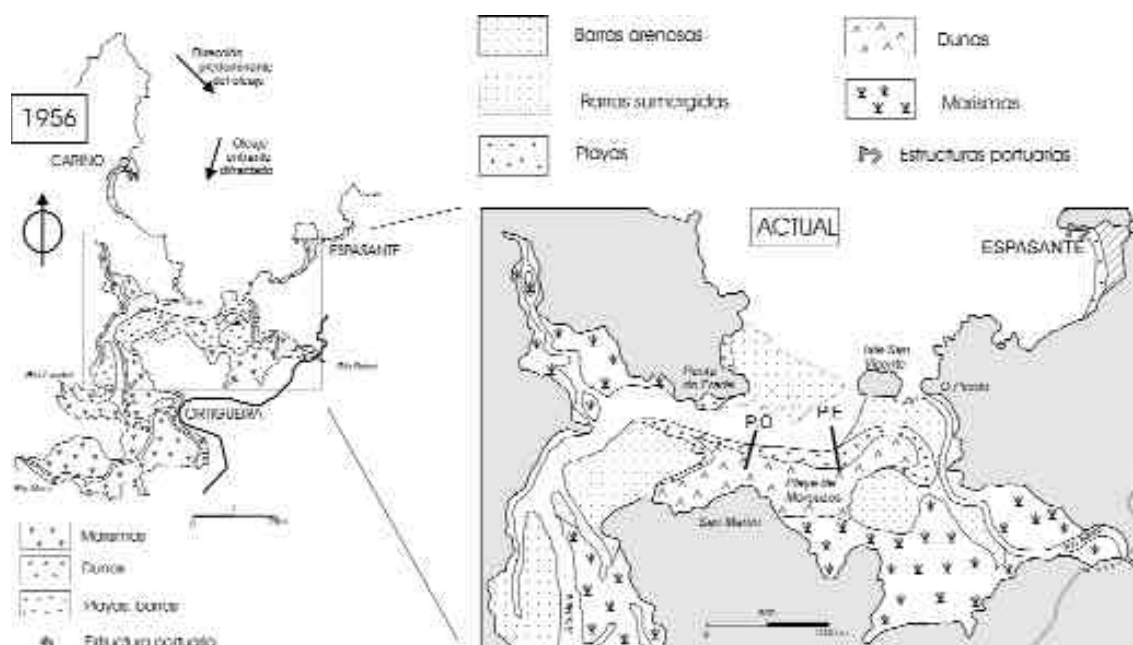


Figura 2. Izquierda: Ría de Ortigueira. Principales elementos morfodinámicos (según foto aérea de 1956). Recuadro: Detalle del sistema playa/flechas de Morouzos en la actualidad y situación de los perfiles realizados.  
 Figure 2. Left: Ría de Ortigueira. Main morphodynamic elements (aerial photograph, 1956). Frame: Detail of Morouzos beach/spit in present day and the profiles location.

La evolución comparada en las fotografías aéreas de los años 1956, 1984 y 1990 y la situación actual no muestran grandes modificaciones en la playa y subambientes asociados. Por el contrario, llama la atención el excelente grado de preservación de los mismos, sin duda debido a que las pocas intervenciones antrópicas importantes en la Ría (obras realizadas en los puertos de Cariño y Espasante) no han influido en el balance de aportes a la playa. En la figura 2 se ha dibujado la Ría sobre la base de la fotografía aérea de 1956 y un detalle del sistema estudiado en su situación actual. Los cambios que se pueden ver son, básicamente, el crecimiento de la zona de dunas en el extremo de la flecha occidental, la correspondiente al río Mera, la modificación de la forma de la flecha del Baleo y la mayor entidad de la flecha sumergida de la Punta do Frade. Por lo tanto, parece existir, a escala de décadas, una tendencia al crecimiento del sistema.

La Ría de O Barqueiro (Fig. 3) es un pequeño entrante en forma de embudo de orientación nordeste, en cuya parte interna se encuentra el estuario del río Sor. Se encuentra al abrigo de la Estaca de Bares, punto más septentrional de la península y es un entrante con profundidades pequeñas, con un máximo de 30 metros en su zona externa y una media de 3 en la zona de desembocadura del estuario. El río Sor desemboca entre el promontorio de la Pedra Furada y el Puerto de O Barqueiro bordeando una gran flecha que se dirige hacia el Norte, completamente sumergida en marea alta, flecha que crece a partir del promontorio y a continuación de la Playa de Area Longa, situada en la parte más interna de la Ría, con orientación E - O. La elección de esta playa se justifica por trabajos anteriores de los autores (Alonso et al., 2000), en los que se muestra que hay una erosión intensa y acelerada debido a la construcción del puerto de O Vicedo.

Tanto la Ría como las riberas del río Sor están, y han estado siempre, escasamente pobladas, limitándose la industrialización a alguna acción puntual. Asimismo no poseía puertos pesqueros de importancia, uno mínimo en O Barqueiro y el conocido puerto fenicio - romano de Bares en el Norte. Sin embargo, recientemente se ha ampliado el de O Barqueiro y construido el de O Vicedo. El estuario propiamente dicho no ha sufrido aparentemente alteraciones, pero, en contraste, las playas de la Ría han sufrido modificaciones fuertes, que son, fundamentalmente, el crecimiento de las pequeñas

playas situadas al norte del puerto de O Vicedo y la erosión intensa de la playa de Area Longa.

La playa de Area Longa, situada en el fondo del lóbulo interno de la Ría, se desarrolla entre un acantilado rocoso al Este y Pedra Furada al Oeste, espigón rocoso formado sobre un filón de cuarzo. Al contrario que en la playa de Morouzos, la dinámica sedimentaria es aparentemente bastante sencilla; el oleaje incidente predominante es casi perpendicular, con un cierto ángulo de refracción que produce una deriva litoral neta de Este a Oeste como indica el crecimiento de la flecha.

Aunque no se han utilizado trazadores para comprobar la deriva litoral y el transporte neto de sedimentos, existen abundantes evidencias que lo corroboran. En primer lugar, las playas situadas el norte del nuevo puerto de O Vicedo han comenzado a crecer, apoyándose ya sobre el dique de abrigo del mismo (Fig. 3). Estas playas, al igual que la de O Vicedo, que debido a la difracción provocada por los espigones del puerto ha sufrido un basculamiento hacia el norte, constituían etapas de residencia dentro del sistema de deriva litoral N - S que alimentaba a la playa de Area Longa desde el Este. En segundo lugar, desde la construcción del puerto, la parte oriental de la playa ha sufrido una erosión que se traduce ya en la desaparición total de las dunas preexistentes y la exposición del acantilado rocoso y en la zona central en la desaparición total de la duna, el retroceso de la línea de costa unos 20 metros, la destrucción de una carretera, de las tapias de varias fincas y la amenaza actual de unas viviendas (Alonso et al., 2000). La importancia de esta erosión, y su velocidad, quedan patentes cuando se consulta el trabajo de Flor (1992), quien describe la existencia de dos cinturones de dunas en la playa, el más interno de los cuales es continuo a lo largo de toda la playa, si bien ya señala que se encuentran en fase de erosión, y cuando se analiza la secuencia de fotos obtenida por los propios firmantes, año a año desde 1993 y las fotos de artistas locales obtenidas en los años setenta del siglo pasado. La onda erosiva se propaga hacia el sector occidental, en el extremo del cual no se manifiesta erosión quizás por entrar en el sistema dinámico de la flecha. Es por tanto evidente que la alimentación de la playa, que provenía del Este, ha quedado interrumpida. Finalmente, como confirmación de estas apreciaciones, Alcántara Carrió et al., (2000), llegan a los mismos resultados aplicando modelos numéricos de tamaño de grano y perfiles.

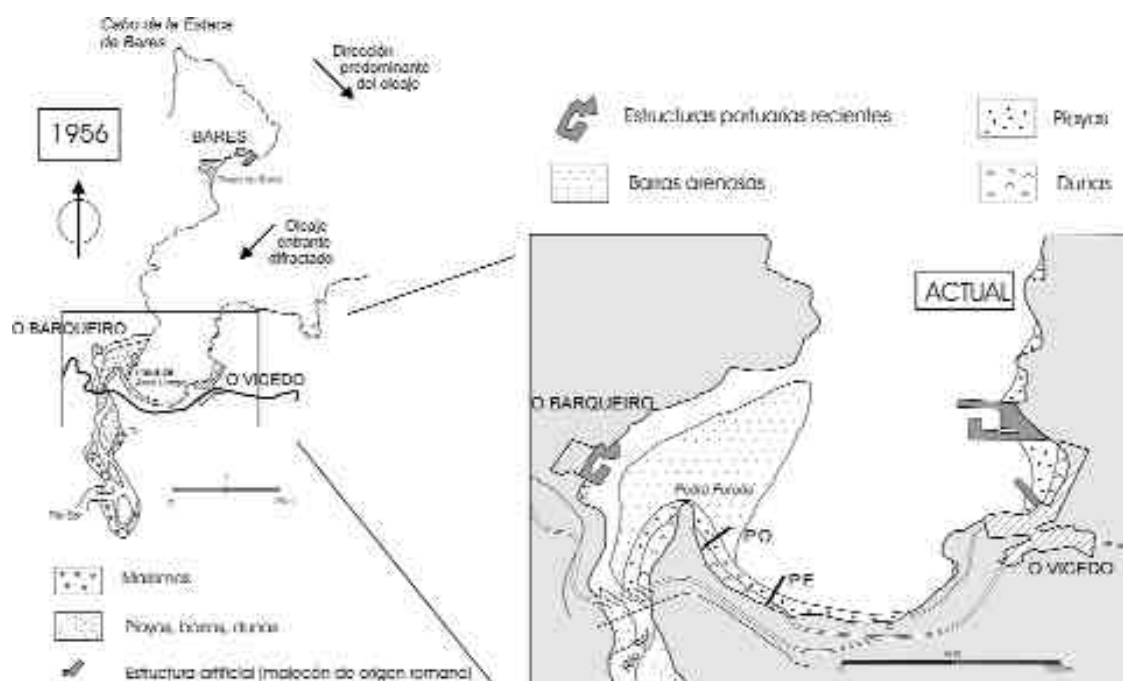


Figura 3. Izquierda: Ría de O Barqueiro. Principales elementos morfodinámicos (según foto aérea de 1956). Recuadro: Detalle del sistema playa/flecha de Area Longa en la actualidad y situación de los perfiles realizados.

Figure 3. Left: Ría de O Barqueiro. Main morphodynamic elements (aerial photograph, 1956). Frame: Detail of Area Longa beach/spit in present day and the profiles location.

Es importante añadir que en las Rías de O Barqueiro y Ortigueira existen otros lugares en los que se está produciendo erosión costera, confirmada por la destrucción de yacimientos arqueológicos (Igrexa Vella en el Puerto de Bares y el Castro de Espasante en la población del mismo nombre) y que esta erosión a escala de décadas probablemente se debe en buena parte a la tendencia de subida del nivel del mar, pero que la erosión rapidísima que se está produciendo en la playa de Area Longa es la respuesta a la construcción del puerto de O Vicedo, que ha interrumpido la deriva litoral (Alonso et al., 2000).

La Ría de Viveiro se abre hacia el norte, separada de la de O Barqueiro por el cabo Cameiro y la Isla Coelleira, y todavía protegida por el cabo de la Estaca de Bares. En su parte mas interna se desarrolla el estuario del río Landro, en cuya desembocadura aparecía una flecha arenosa de gran entidad, que crecía hacia el Este, apoyándose sobre el promontorio de Covas (Figs. 4 y 5). Es la más modificada de las tres rías, pues presenta un puerto pes-

quero de importancia, el de Celeiro, una importantísima urbanización y una industrialización relativamente alta. Este fenómeno de impacto antrópico ha sido aumentado en las dos últimas décadas con la ampliación del puerto y la ocupación de zonas cada vez mayores para construcciones y vías públicas, incluida gran parte de la zona de marisma, que ha sido en gran medida cementada, presentando además un aspecto degradado.

La comparación entre el mapa elaborado en 1828 (Fig. 5) y la fotografía aérea de 1956 muestra que las modificaciones, aunque importantes en el entorno de la Ría, no habían afectado aún de forma notable el sistema playa-flecha de Covas, excepto por la construcción de viviendas en la parte occidental del complejo dunar. La progresiva ocupación (fotos de 1984 y 1990) y sobre todo la aceleración de las obras de relleno y urbanización de los últimos años, han modificado por completo el aspecto de la Ría y, consecuentemente su dinámica. Los elementos que han influido mas en la playa y flecha han sido la ocupación completa de la barra

en su zona de dunas, el relleno del antiguo canal y de la ensenada de Celeiro, la construcción de los malecones del puerto de Celeiro y la canalización del desagüe del río Landro.

La playa de Covas es hoy en día una playa modificada, que se desarrolla entre la Punta Anchousa en el Oeste y el dique de unos 800 m de longitud que constituye la margen occidental del canal artificial del desagüe de la Ría (Fig. 4). La construcción de este dique, que arranca en dirección N y luego vira al NO, y la ocupación de las dunas, produjo una notable pérdida de arena, lo que hizo necesaria la regeneración de la playa, proceso que se realiza cada año antes del comienzo de la temporada estival mediante la adición de arena en su extremo occidental. La arena utilizada para la regeneración se obtiene en parte del extremo oriental de la misma. Por otro lado, la construcción del dique de abrigo del puerto de Celeiro ha reducido drásticamente la energía del oleaje rompiente en la playa. En conjunto, la playa intermareal es ahora mas estrecha y menos activa, y la playa seca en el

extremo oriental mas amplia, hecho que ya predice Flor, en 1992, achacándose a la construcción del dique de canalización del Landro en 1991.

#### 4. Clima marítimo. Caracterización del oleaje

Las características del oleaje en mar abierto, para las tres rías, han sido obtenidas del informe estadístico de clima marítimo elaborado por Puertos del Estado con los datos de la Boya Seawatch de la Estaca de Bares, fondeada en las coordenadas 44° 3,9' de latitud N y 7° 37,1' de longitud O (Fig. 1), en aguas de 382 metros de profundidad. Es una boya con sensor de oleaje direccional. La serie temporal de datos abarca cinco años (dos menos de los que se consideran preceptivos para que la serie sea significativa, Martínez Martínez, 1997), de Enero de 1997 a Diciembre de 2001, con algunas paradas, principalmente en los veranos de 1998 y 2000 y Enero de 2001.

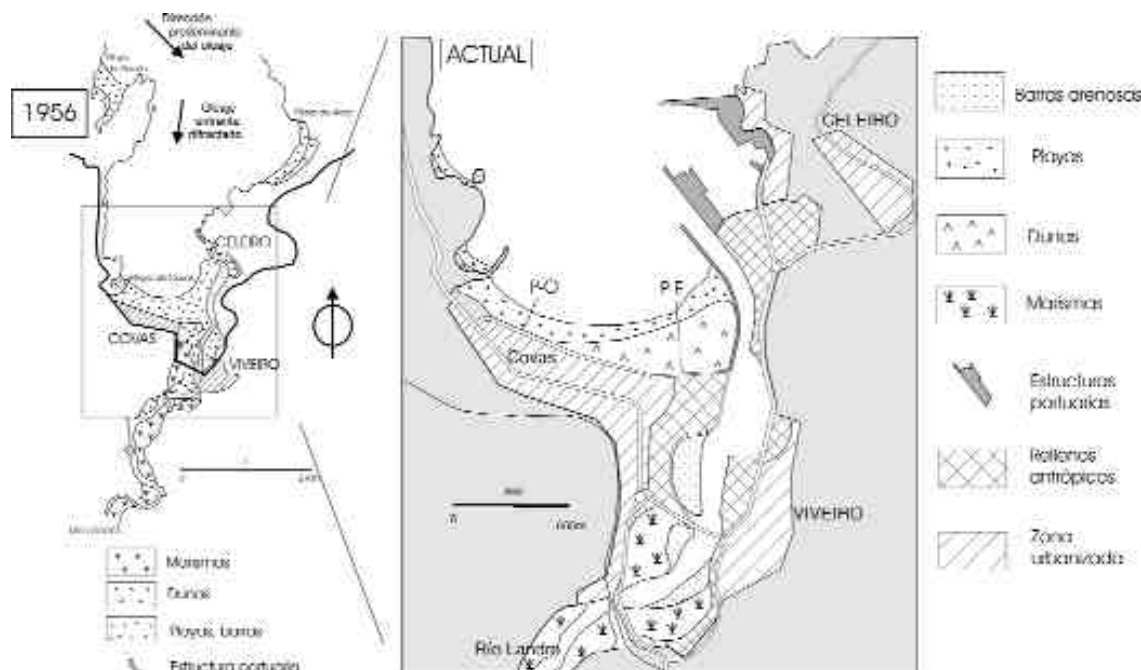


Figura 4. Izquierda: Ría de Viveiro. Principales elementos morfodinámicos (según foto aérea de 1956). Recuadro: Detalle del sistema playa/flecha de Covas en la actualidad y situación de los perfiles realizados.

Figure 4. Left: Ría de Viveiro. Main morphodynamic elements (aerial photograph, 1956). Frame: Detail of Covas beach/spit in present day and the profiles location.



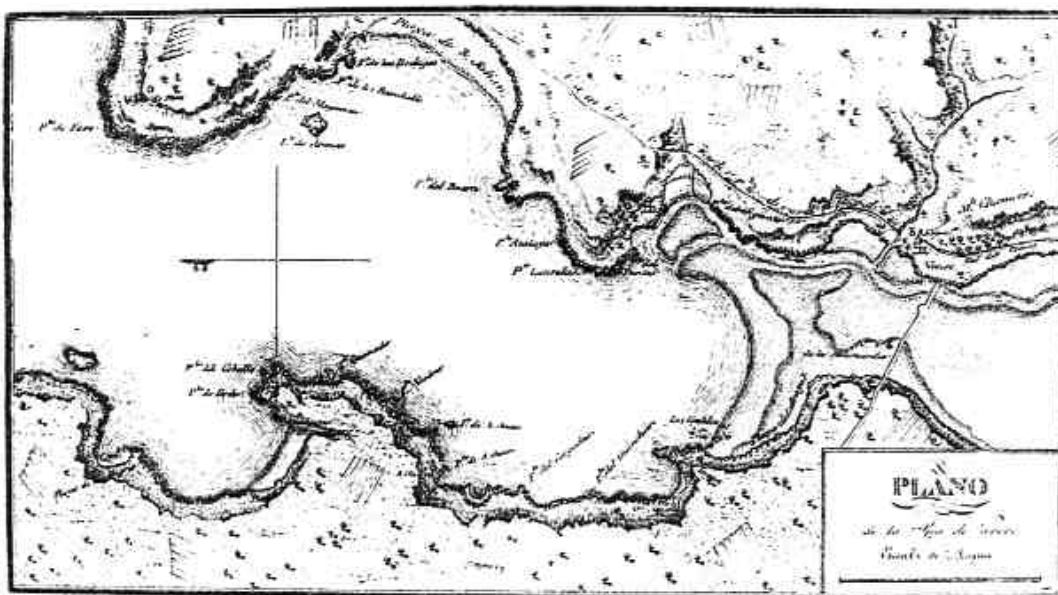


Figura 5. Mapa de la Ría de Viveiro, dibujado por S. Miñano en 1828.  
 Figure 5. Old map of the Ría de Viveiro (from Miñano, 1828).

Existe una gran variación estacional en el nivel de energía del oleaje; la altura significativa ( $H_s$ ) media anual es de 2,7 m y el período de pico ( $T_p$ ) de 11,1 s. En el periodo invernal (Diciembre a Febrero), la  $H_s$  es de 3,2 m y  $T_p$  de 12 s, mientras que en el de verano (Junio a Agosto)  $H_s$  es de 1,7 m y  $T_p$  de 9,2 s; los valores en otoño y primavera se aproximan a los valores medios. La dirección de procedencia del oleaje de fondo se mantiene bastante constante a lo largo del año. El 75 % procede del cuarto cuadrante (O – NNO). Si consideramos por separado el oleaje de mas energía, el porcentaje aumenta al 88,5 % en invierno y al 100 % en verano.

Si se considera que un temporal viene definido por olas en alta mar mayores de 4 m (Masselink y Pattiaratchi, 2001), entre Octubre de 2001 y Marzo de 2002 hubo 20 episodios de tormenta, en tres de los cuales las olas sobrepasaron los 7 m de altura. No fue sin embargo un invierno malo, si lo comparamos con el de 2000 a 2001, en el que se registraron temporales con olas de mas de 10 metros. La media de máximas mensuales entre los meses de Septiembre y Marzo (periodo durante el cual se realizaron los perfiles) en los años de 1997 a 2001, fue de 6,8 m de  $H_s$  y 14,1 s de  $T_p$  y su dirección media de procedencia fue de N 294 E (Fig. 6).

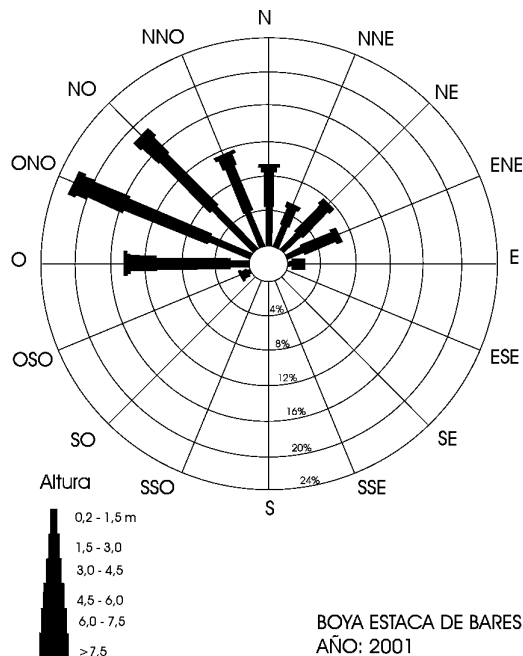


Figura 6. Dirección de procedencia y altura media significativa del oleaje ( $H_s$ ) en la Boya direccional de aguas profundas de la Estaca de Bares (ver situación en la figura 1).

Figure 6. Wave incident direction and significant wave height ( $H_s$ ) measured in the Seawatch Directional Deep Water Buoy "Estaca de Bares" (see buoy location in figure 1).

El oleaje en el interior de las rías presenta unas características diferentes. No se ha podido encontrar ningún dato de referencia sobre el mismo, ya que no existe en ninguna de ellas una boya costera, por lo que las estimaciones de altura se han realizado sobre la base de observaciones visuales, que, comparadas con el oleaje medido el mismo día y a la misma hora en la boya de la Estaca de Bares, permitió calcular unos porcentajes aproximados de reducción. Esta forma de obtención de datos, con toda la imprecisión que supone, es la utilizada habitualmente en muchos casos, ya que es imposible disponer de boyas o medidas en la mayor parte de las zonas de trabajo (Martínez Martínez, 1997).

Por otra parte, el ángulo de aproximación del oleaje de fondo en las playas está muy determinado por la morfología recortada de las mismas y se mantiene constante en el tiempo; este es el caso de las playas situadas en el interior de entrantes costeros donde dominan los procesos de deriva litoral (Bird, 2000). Debido a la orientación de las rías, el oleaje de fondo, procedente del NO, se difracta en los cabos que las protegen, de manera que en todas ellas, y en todos los casos, el oleaje entrante procede del N - NE, la misma dirección que la de las propias rías (Figs. 2-4).

Finalmente, es importante señalar que se trata de una costa mesomareal, con carreras de marea medias de 2,75 m y máximas en mareas vivas de 4,40 m (datos del Puerto de Gijón, año 2002, aplicados los coeficientes de corrección). El rango mareal es un factor determinante en la dinámica de las playas y en su evolución, ya que multiplica los efectos del oleaje. Así, si los temporales coinciden con mareas vivas, los efectos de los mismos son mayores (Reyes et al., 1996).

## 5. Evolución de los perfiles

Para la caracterización de los perfiles de las playas se utilizaron los parámetros (parámetro adimensional de caída de grano, Dean, 1973) y CMR (carrera de marea relativa), utilizado por Masselink y Turner para la clasificación de playas mesomareales (en Short, 1999) y por Masselink y Pattiaratchi, (2001) para predecir los procesos de erosión y acreción y los tipos de playas.

$$= H_s / W * T_p \quad CMR = CM / H_s$$

Hs. Altura significativa de ola

W. Velocidad de caída de grano

Tp. Periodo de pico

CM. Carrera de marea

Para el cálculo de la velocidad de caída de grano (W) se tomaron tres muestras de sedimentos en la sección intermareal de cada perfil (Benavente et al., 2000), obteniéndose el valor de 0,0217 m/s para todos excepto el de Morouzos Oeste, donde resultó ser de 0,033 m/s. Por otra parte, los resultados de porcentaje de reducción de altura de ola estimados, que fueron del 50 % en la playa de Morouzos, del 50 % en la de Area Longa y del 10 % en la de Covas, fueron utilizados como orientativos para el cálculo de  $\lambda$  y de CMR, tanteando con ellos para ajustar los parámetros a las características de los perfiles. En cuanto al periodo de pico se utilizó el valor en alta mar ya que no se ve afectado por los fenómenos que produce el levantamiento de la ola (Short, 1999).

En la playa de Morouzos se realizaron cuatro medidas de perfiles entre Febrero del 2001 y Marzo del 2002, en los puntos cuya situación es la dibujada en la figura 2. Nuestro estudio se centra en la evolución durante un periodo invernal, utilizando el resto de los perfiles para ver el grado de recuperación de la playa. En la figura 7 se muestran los cambios sucedidos en los perfiles. Los de Septiembre y Noviembre son muy parecidos, avanzando hacia tierra el sistema barra-surco y berma y presentando un perfil reflexivo en la zona alta de la playa. La evolución hacia el perfil de Marzo consiste, básicamente, en el desmantelamiento de la berma de pleamar, insinuándose por debajo del nivel medio del mar. Como consecuencia, el perfil adquiere una forma cóncava y disminuye la pendiente de la zona intermareal por adaptación al fuerte oleaje, lo que es una situación típica de finales del invierno (Reyes et al., 1996). La desaparición de la berma tiene como consecuencia la homogeneización de la pendiente del perfil. En ambos sectores la primera línea de dunas permanece inalterada y existe una zona sin alteración significativa entre duna y berma: 17,3 m de ancho en el perfil Este y 45 m en el perfil Oeste. Comparando con la situación en el final del invierno del año anterior, y aunque el perfil de Febrero del 2001 es demasiado corto, se observa que la tendencia

es similar salvo por el hecho de que aquel presentaba una pequeña barra. Otro aspecto destacable es el avance en un año del cordón dunar en ambos sectores: 5m en el sector Este y 11m en el sector Oeste.

Considerando una amortiguación del oleaje al 40 %, los perfiles de otoño en Ortigueira presentan valores intermedios de  $\lambda = 3-5$  con una  $CMR = 4$ . En la clasificación de Masselink & Turner (en Short, 1999) corresponde a una playa intermedia tipo barra de bajamar con retorno. Estas playas se caracterizan por un talud relativamente pendiente y un sistema de barra y corrientes de retorno que se activa en la bajamar, presentando condiciones reflexivas en marea alta, intermedias a media marea y disipativas en marea baja (Vidal et al., 1995). En la figura 7 se puede observar como los perfiles se ajustan a esta descripción, tienen un escarpe superior pronunciado, una zona intermareal relativamente ancha de pendiente intermedia y una serie de barras transversales en marea baja que se pueden observar en campo y en la fotografía aérea escala 1:5000, y una de las cuales aparecen reflejada en el perfil de septiembre del 2001. Se observan megacups en la zona Oeste de la playa.

Los perfiles de invierno en Morouzos mantienen valores intermedios de  $\lambda = 3-5$  pero disminu-

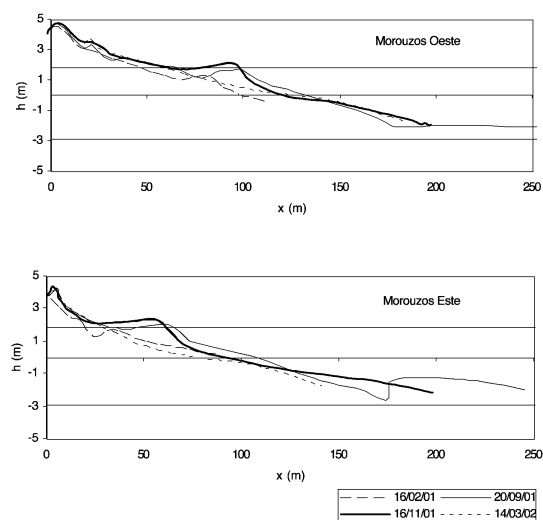


Figura 7. Perfiles en la Playa de Morouzos (Ría de Ortigueira).

En la figura se han situado los niveles de Pleamar máxima anual, Bajamar mínima anual y Nivel Medio del Mar.

Figure 7. Profiles in the Morouzos Beach (Ría de Ortigueira). Mean high water spring tide, Mean low water spring tide and Mean Sea Level are represented.

ye la influencia de la marea  $CMR=3$  ganando importancia la incidencia del oleaje debido al aumento de la intensidad de los temporales. Los valores de los parámetros y el aspecto disipativo del perfil nos lleva a clasificarla como una playa dominada por los procesos del oleaje de tipo intermedio con barras transversales según la clasificación de Masselink & Turner (Short, 1999).

Area Longa fue monitorizada en cuatro ocasiones entre Febrero del 2001 y Febrero del 2002; la situación de los puntos de control se muestra en la figura 3. En la figura 8 se puede observar la evolución de los perfiles, siendo lo más destacable en ambos sectores la similitud de los mismos. En detalle, el perfil oriental muestra el retroceso progresivo pero continuo de la duna debido al socavamiento por el oleaje y las mareas vivas del pie de la misma y dando lugar a una pequeña berma por desmoronamiento, observable en el campo. Esa acumulación es eliminada con rapidez, originando un perfil cóncavo como el de otoño, y facilitando un nuevo derrumbe de la duna, como se ve en el perfil de Febrero. Durante el ciclo anual, la duna ha retrocedido 2,5 metros. En el sector occidental, la tendencia es muy parecida, aunque el proceso de desmantelamiento de la duna es aún incipiente.

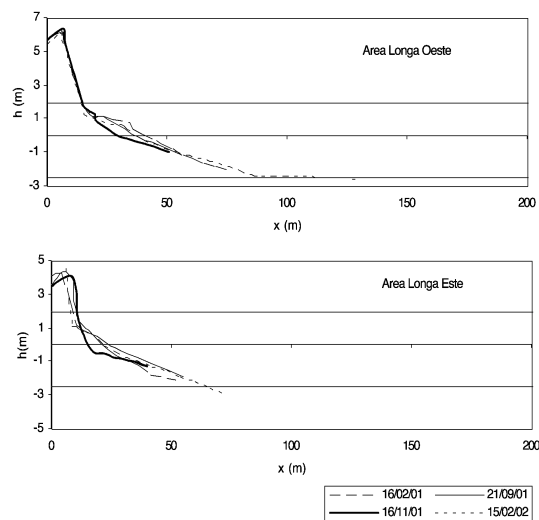


Figura 8. Perfiles en la Playa de Area Longa (Ría de O Barqueiro).

En la figura se han situado los niveles de Pleamar máxima anual, Bajamar mínima anual y Nivel Medio del Mar.

Figure 8. Profiles in the Area Longa Beach (Ría de O Barqueiro). Mean high water spring tide, Mean low water spring tide and Mean Sea Level are represented.

La principal diferencia entre el perfil Este y el Oeste es la existencia en este último de una barra de bajamar que corresponde al entronque con la flecha; esta barra está presente todo el año pero sólo puede medirse en mareas vivas coincidiendo con la bajamar.

Para el perfil Oeste se tanteó con valores de amortiguación del oleaje al 35-40% obteniendo  $\beta = 4-5$  y  $CMR = 3,5-5$ ; según la clasificación de Masselink & Turner (Short, 1999) corresponde a una playa intermedia tipo barra de bajamar con retorno. El perfil se ajusta bastante bien a la clasificación ya que es totalmente reflexivo en marea alta, tiene pendientes entre reflexivas e intermedias a media marea y disipativo en la bajamar por tener adosada una barra transversal.

Por ser distinta la morfología entre los sectores y estar situado el perfil Este en una zona más expuesta se tanteó en su caso con valores algo mayores de  $H_s$ . Suponiendo una amortiguación del oleaje al 40-45% se obtuvieron valores de  $\beta = 4,5-5$  y  $CMR = 3-4,1$ , hay un caso que se sale del rango que es el del perfil de invierno con una amortiguación del oleaje al 45% que alcanza un valor de  $\beta = 5,6$ . Por los valores de los parámetros según la clasificación de Masselink & Turner (Short, 1999) correspondería con una playa intermedia tipo barra de bajamar con retorno o en el caso en el que  $\beta = 5,6$  con una playa ultradisipativa. Sin embargo, los perfiles no se ajustan por sus características a ninguna de las dos tipologías. Se trata de perfiles reflexivos en marea alta, reflexivos e intermedios a media marea e intermedios en marea baja y sin barras adosadas. Estos desajustes entre los perfiles reales y los teóricos coincide con lo observado por Benavente et al. (2000), en las playas mesomareales de la Bahía de Cádiz.

Los perfiles en Covas se realizaron en Noviembre del 2001 y Febrero y Septiembre del 2002, en las zonas Este y Oeste de la playa de Covas, según se indica en la figura 4. La playa es regenerada antes del verano, añadiendo arena en la parte occidental procedente en parte de la oriental. La tendencia de la playa es al basculamiento hacia zona oriental, creciendo el sector apoyado en el dique en detrimento del sector occidental. Las regeneraciones anuales tratan de equilibrar esa tendencia. Por todo ello, los perfiles significativos en cuanto a respuesta ante un ciclo de mas energía son los de otoño e invierno (Fig. 9), los cuales reflejan,

aunque de forma muy moderada, la erosión de la berma. El aspecto de la zona subaérea del perfil Este se corresponde con el típico de una playa regenerada, obteniendo una berma plana y artificial, con una pendiente elevada y un frente de la playa estrecho (Anfuso et al., 2001). Tomando el segundo cordón dunar como referente de la zona de actividad, se observa que la berma ha retrocedido 10,3 m. En cuanto al perfil Oeste, es el único de todos ellos en que no existe cordón dunar, ya que ha sido urbanizado. Se trata de un perfil muy homogéneo en el que no hay apenas alteración morfológica. El único cambio destacable es el pequeño retroceso de la berma (1 metro aproximadamente).

Por ser la morfología de los perfiles muy similar se utilizó el mismo valor de  $H_s$  para ambos, aunque la amortiguación del oleaje es algo mayor en el perfil Este. Considerando una amortiguación del oleaje al 15 %, los perfiles de otoño e invierno en Covas Este y Oeste presentan unos valores de  $\beta = 1,7-1,9$  y una  $CMR = 9-11$ . Según la clasificación de Masselink & Turner (Short, 1999) se corresponden con playas de tipo reflexivo con influencia de la marea denominadas playas con terraza de bajamar, que presentan una parte superior del perfil escarpada y una terraza de bajamar

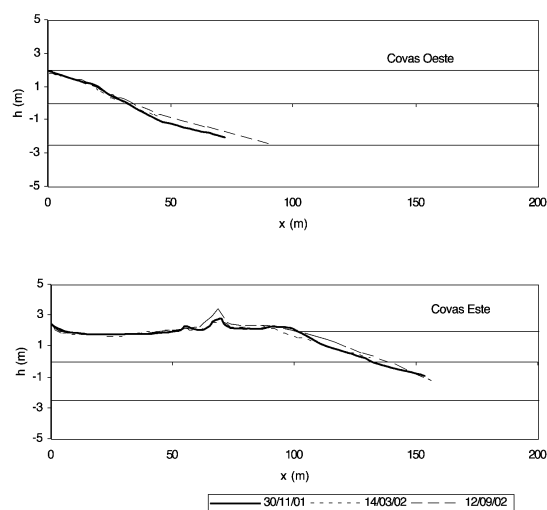


Figura 9. Perfiles en la Playa de Covas (Ría de Viveiro). En la figura se han situado los niveles de Pleamar máxima anual, Bajamar mínima anual y Nivel Medio del Mar.

Figure 9. Profiles in the Covas Beach (Ría de Viveiro). Mean high water spring tide, Mean low water spring tide and Mean Sea Level are represented.

de pendiente suave. Efectivamente ambos perfiles se ajustan bastante bien a esta clasificación, en la zona de pleamar hay pequeños escarpes de pendientes cercanas al 1% que se suavizan en la zona de media y bajamar alcanzando pendientes intermedias de 0,4- 0,6%.

## **6. Discusión**

Las tres playas son completamente diferentes en cuanto a sus estados de conservación y han mostrado ser, también, completamente distintas en cuanto a su comportamiento a medio plazo, su evolución reciente y su respuesta ante una situación cíclica de oleaje de alta energía (periodo invernal).

La playa de Ortigueira presenta un estado de conservación excelente, en la que no se aprecia ninguna señal de erosión a escala decadal, especialmente en el sistema dunar (Flor, 1992). El comportamiento a corto plazo responde al de una playa natural en equilibrio dinámico con el entorno, así, durante el periodo invernal, la playa es erosionada en su parte intermareal, y la arena arrastrada hacia la parte sumergida. Al final del ciclo, la playa recupera su perfil con el desarrollo de una berma y la migración hacia tierra de un sistema barra – surco. El comportamiento de los dos perfiles comparados en Ortigueira es similar durante el periodo invernal: desaparición de la berma de la parte superior, disminuyendo la pendiente del perfil que se hace cóncavo y más homogéneo, en un comportamiento típico de situaciones invernales de playa. Se aprecia un cierto crecimiento de la primera línea de dunas. El perfil oriental de la playa es más activo y presenta mayor intercambio de arena. Por su parte, el perfil de la zona Oeste presenta una zona sin alteración entre berma y duna más ancha.

Esta aparente situación de equilibrio en la playa de Ortigueira contrasta con la situación general de erosión de toda la costa norte gallega, tanto en los acantilados como en las playas, incluso las no afectadas por actuaciones antrópicas de importancia (Pagés, et al., 2002; Alonso et al., 2000). Se postula la idea de que los ríos Baleo y Mera, que tienen una enorme importancia en su alimentación, hayan incrementado su carga sólida en las últimas décadas, debido a la intensa actividad extractiva de pizarras y sus correspondientes lavaderos, que son

canalizados hacia ambos ríos, y muy especialmente hacia el Baleo.

La playa de Area Longa, en la Ría de O Barqueiro, es el caso opuesto en cuanto a comportamiento; aunque la Ría no ha sido muy modificada antrópicamente, hay una actividad que ha influido de forma dramática en la playa: la construcción del puerto de O Vicedo ha cortado la alimentación natural, de manera que la playa, en consecuencia, ha respondido con una fortísima erosión en la zona Este. La onda de propagación de la erosión se desplaza de Este a Oeste, hasta alcanzar la flecha que crece perpendicular en su extremo occidental, provocando el basculamiento de la playa en ese sentido. Es posible que en el futuro se produzca una situación de equilibrio o al menos de ralentización del proceso, aunque hoy por hoy sigue siendo muy activo.

El perfil oriental es el típico de una playa en erosión continua. La parte superior del perfil es, en esencia, un acantilado vertical que retrocede horizontalmente afectado tanto por el oleaje como por las mareas altas, que alcanzan el pie del mismo, socavándolo con toda facilidad. El desmoronamiento periódico del acantilado da lugar a un apilamiento de arena a su pie que es rápidamente eliminado. No existe recuperación del perfil en etapas de buen tiempo. El perfil Oeste, aunque similar, presenta un mayor intercambio de arena entre la playa sumergida y la intermareal, ya que se encuentra en la zona de entronque de la flecha. Con todo, en ambos se crea una berma en la zona superior de la playa a partir del desmoronamiento de la duna, y el cordón dunar se ve afectado produciéndose un retroceso de las dunas. Aunque el intercambio de material sigue siendo mayor en la zona Oeste de la playa, está claro que la onda erosiva ha alcanzado ya este sector, hecho que no se había producido hasta 2001, como demuestran los trabajos de Alonso et al., (2000) y de Alcántara Carrió et al., (2000) en los cuales se constataba que el sector occidental de la playa no había sufrido erosión.

Por último, la playa de Covas en la Ría de Viveiro es otro caso completamente diferente de los demás, y los perfiles realizados en ella presentan un comportamiento totalmente distinto de los anteriores. Debido a la intensa antropización sufrida por la playa y su entorno, el cinturón dunar desapareció casi por completo (excepto su extremo oriental). Esto, unido a la canalización del río

Landro en su desembocadura dio lugar a una pérdida de alimentación que llevó a la necesidad de regenerarla artificialmente. Por otra parte, la construcción de los largos muelles del puerto de Celeiro afectaron directamente a la dinámica de la playa, no tanto en cuanto a su alimentación como en cuanto a su energía. El porcentaje de reducción del oleaje en la playa es muy alto, lo que hace que la energía recibida en la playa sea solo de un 10 % de la generada en alta mar y que sea la carrera de marea la que tenga mayor influencia. La playa posee un perfil reflexivo con terraza de bajamar, morfología que se ha observado también en otras playas de interior de rías, regeneradas y con grandes muelles de protección, como la playa de Sta. Cristina en A Coruña.

En los perfiles de la playa de Covas el intercambio de arena es mínimo y la variación morfológica de los perfiles también. El examen de los perfiles permite ver que en la zona oriental la que se tomó como primera línea de dunas es totalmente inactiva y está fuera de la dinámica de la zona supramareal. Existe otra línea de dunas menos definida, pero con una cierta actividad, que es ligeramente erosionada durante el invierno. En cuanto al perfil de la zona Oeste de la playa se destaca que es el único realizado en una zona sin cordón dunar y que lo único que sobresale en él es la falta de variaciones durante el invierno. El aparente aspecto de playa estabilizada se debe al hecho de que la arena es regenerada cada año, sin esa circunstancia se produciría una pérdida neta de material en la zona occidental, que, aunque no muy grande (los perfiles de invierno muestran un retroceso no muy acusado), su carácter continuado llevaría a la desaparición de la arena en ese sector. En cuanto al movimiento longitudinal de arena, el recrecimiento de la playa apoyada en el malecón y el crecimiento de la zona de dunas en ese sector muestran que la variación a escala de décadas en la playa es al basculamiento de la playa de Oeste a Este.

## Conclusiones

La comparación de los tres sistemas lleva a las siguientes conclusiones generales: Partiendo de tres sistemas dinámicos con un mismo contexto y unas condiciones regionales iguales (subida del

nivel del mar, contextos morfodinámicos similares y clima marítimo igual) la evolución de los mismos es completamente distinta. La causa directa y principal es la actividad humana ejercida sobre el sistema dinámico de las playas, pudiendo actuar en un sentido negativo o positivo. Este último es el caso de Ortigueira, donde su tendencia a la acreción se interpreta relacionada con el aumento de aportes de los ríos que la alimentan debido a la actividad extractiva de canteras en sus cuencas.

No solamente es importante el grado de ocupación o la cantidad de obras realizadas, sino su nivel de interferencia, su oportunidad o acierto en su ubicación. Así, en el caso de la Ría de O Barqueiro, a pesar de ser un entorno muy poco antropizado, la construcción de un pequeño puerto, justo en un punto en que interrumpe la dirección de transporte sedimentario ha originado, en tan solo una decena de años, una erosión espectacular de la playa de Area Longa. El caso de Viveiro es el contrario en cuanto a antropización, ya que ha sido ocupado todo el sistema prácticamente, dunas, canal, etc, lo que dio lugar a la escasez de arena y el desequilibrio de la playa. Sin embargo, el hecho de que ninguna obra haya interrumpido la deriva litoral, y que el puerto de Celeiro haya disminuido drásticamente la energía del oleaje rompiente, ha hecho que la playa se estabilice relativamente, controlando con facilidad la pérdida de arena del sector occidental con unos aportes anuales, parte de los cuales proceden de la parte oriental, a donde habían sido llevados por el transporte longitudinal de oeste a este, proceso ralentizado pero no interrumpido.

Desde el punto de vista morfodinámico, tomando la playa de Morouzos como referencia por su escasa antropización, podríamos hablar en origen de playas de energía media, pendientes intermedias e influencia leve de la carrera de marea, excepto en invierno, cuando por aumento de la energía dependen totalmente del oleaje. Estas características se mantienen hasta cierto punto en Area Longa, ya que debido a la alteración de sus condiciones se encuentra a la búsqueda de un nuevo equilibrio. Por último, el grado de antropización en Covas es tan elevado que se ha obtenido un sistema de características totalmente distintas al original: reflexivo, de baja energía y con gran influencia de la carrera de marea todo el año.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado con el proyecto REN2000 – 468MAR del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Agradecemos los comentarios y correcciones de F.J. Gracia y C. Dabrio que nos han permitido mejorar mucho el original.

## Referencias bibliográficas

- Alcántara-Carrió, J., Alejo, I., Martínez, M., Alonso, I. & Vilas, F. (2000). Erosion/accretion processes along Area Longa beach and dunes (Ría do Barqueiro, NW of Spain). *Proceedings from Third Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica*, (Faro), 119-120.
- Alonso A., Lorenzo F., & Pagés Valcarlos, J.L. (2000). Dinámica litoral y erosión en la Ría de O Barqueiro: factores antrópicos y procesos naturales. *Geogaceta* 28, 7-10
- Anfuso, G., Benavente, J. & Gracia, F.J. (2001). Morphodynamic responses of nourished beaches in SWSpain. *Journal of Coastal Conservation* 7, 71-80.
- Benavente, J., Gracia, F.J. & López-Aguayo, F. (2000). Empirical model of morphodynamic beachface behaviour for low-energy mesotidal environments: *Marine Geology* 167, 375-390.
- Bird, E. (2000). *Coastal Geomorphology, an Introduction*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England. 322 pp.
- Dean, R.G. (1973). Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone. *Proc. of the Conf. On Engineering Dynamics in the Surf Zone, Sydney, N.S.W.*, 208-214.
- Dias, J.M.A., Boski, T., Rodrigues, A. & Magalhaes, F. (2000). Coast line evolution in Portugal since Last Glacial maximum until present – a synthesis. *Marine Geology*, 170. 177-186
- Díez, J.J. (1980). Introducción al estudio geomorfológico de la Ría de Foz. *Rev. O.P.* Diciembre. 941-952.
- Díez, J.J. (1993). Morfodinámica natural y antrópica de la Ría de Foz y de su entorno (2 Vol). *Technical Report*. Award of the Gallician Academy of Sciences.
- Díez, J.J. (1999). Morphodynamics of Spanish cantabrian Rias. *Journal of Coastal Research*. 14.4, 1072-1082.
- Díez, J.J., Aguilar, J. & Escobar, V. (1988). Ría de Foz: Solution for a port and coastal problem. *Proceedings XXI International Conference Coastal Engineering*, 2896-2907.
- Flor, G. (1992). Tipología, catalogación y tendencias de los procesos de erosión/sedimentación en los campos dunares de la costa de Galicia (NW de España). *Thalassas* N° 10, 9 – 39.
- Garrote, J., Garzón, G. & Page, J. (2001a).- Condicionamientos antrópicos en la erosión de la playa de Oyambre (Cantabria). *Actas VReunión de Cuaternario Ibérico*, 67-70.
- Garrote, J., Page, J. & Garzón, G. (2001b).- Morfodinámica en un complejo playa – ría bajo condicionantes antrópicos. Oyambre, Cantabria. *Geogaceta* 30, 55-58
- Granja, H.M., Soares de Carvalho, G. (1995). Is the Coastline “Protection” of Portugal by Hard Engineering Structures Effective?. *Journal of Coastal Research* 11. 4, 1229-1241.
- Granja, H.M., Soares de Carvalho, G. (2000). Inland Beach Migration (“Beach Erosion”) and the Coastal Zone Management (The Experience of the Northwest Coastal Zone of Portugal). *Eurocoast. Periodic Biol*, Vol 102. Supplement 1, 413-424.
- Martínez-Martínez, J. (1997). Procesos y efectos geodinámicos marino-costeros. *Serv. Pub. Univ. Las Palmas de Gran Canaria*, 214 p.
- Masselink, G. & Pattiaratchi, C.B. (2001). Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. *Marine Geology* 172, 243-263.
- Otero, J.L., Huerta-Díaz, M.A. & Macías, F. (2000). Heavy metal geochemistry of saltmarsh soils from the Ría of Ortigueira (mafic and ultramafic areas, NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution* 110, 285-296.
- Pagés, J.L., Lorenzo, F. & Alonso, A. (2002). Procesos erosivos en la Estaca de Bares y la ría de O Barqueiro (A Coruña - Lugo). En: *Estudios recientes en Geomorfología*. SEG. Dpto de Geografía. Univ. de Valladolid, 373-382.
- Reyes, J.L., Benavente, J., Gracia, F.J. & López-Aguayo, F. (1996). Efectos de los temporales sobre las playas de la bahía de Cádiz. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. N° 21, 631-639
- Short, A.D. (2001). *Handbook of beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons. New York, 379 p.
- Vidal, C., Losada, M.A.; Medina, R. y Losada, I. (1995). Modelos de morfodinámica de playas. *Ingeniería del agua* Vol. 2, Abril, 55-74.
- Vilas, F; Nombela, M.A., Alejo, I., García-Gil, S., Ferrero, M. & Pazos, M. (1993). Evaluación del estado actual de la línea de costa en las Rías Bajas. *III Congreso Cuaternario Ibérico*. Coimbra, 355-359.
- Zerbini, S. (2000). Regional and local sea level variations. (Ch. ed.). En: *Sea level change and coastal processes. Implications for Europe* (D. Smith, S.B Raper, S. Zerbini, A. Sánchez-Arcilla, ed.). European Commission, 81-133.

Recibido 30 de mayo de 2002.

Aceptado 18 de diciembre de 2002.