



## Estudio sedimentológico del litoral gallego: II. Relación entre la distribución granulométrica y el contenido en carbonatos biogénicos de las playas de las rías de Pontevedra y Arosa

## Sedimentological study of Galicia coast: II. Relation-ship between the distribution of grain size and the biogenic carbonate content in Pontevedra and Arousa beaches.

RODRIGUEZ, M. D.; NOMBELA, M. A.; VILAS, F. y REY, L.

Dentro del estudio de los diferentes medios de depósitos sedimentarios de las Rías Gallegas, se presenta una distribución del contenido en carbonatos biogénicos así como las variaciones granulométricas del sector intermareal de las playas de Pontevedra y Arosa.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados en función del grado de exposición y condiciones de alta energía (zonas abiertas), y de baja energía (zonas interiores). Se levantaron perfiles topográficos en un total de 15 playas; en cada perfil se tomaron, como promedio, 3 muestras comprendidas entre los niveles de pleamar y bajamar, considerando puntos equivalentes para cada una de las playas.

Los resultados obtenidos muestran en general una homogeneidad en cuanto a tamaño de grano, del orden de 2 a 0.25 mm, es decir, fracción media-gruesa. Es constante la presencia de los valores más finos hacia la parte alta de cada perfil. El contenido en carbonatos oscila entre un 20 y un 40 % para aquellas estaciones de muestreo situadas en zonas abiertas, mientras que en aquellas otras situadas hacia el interior su contenido no sobrepasa, en general, el 5 %. Estos valores pueden ser interpretados como resultado de la ubicación geográfica y su dinámica, actuando como indicador que puede ser extensible al resto del litoral gallego.

**Palabras clave:** sedimentos, tamaño de grano, Rías, carbonatos, playas, Galicia.

A distribution of the biogenic carbonatic content and grain size for the intertidal zone of the beaches of the Ria de Pontevedra and Ria de Arosa is presented in this paper.

Sampling stations were chosen to reflect the different exposures and energy: high energy (open zones) and low energy (inner zones). Morphology of 15 beaches was determined by topographic profiling, with an average of 3 samples between high-water mark and low-water mark in each profile. This way, equivalent points in the different beaches can be compared.

The results show a general grain-size homogeneity with a predominance of the medium-coarse fraction, about 2-0.25 mm. A finer grain size is usually found in the upper part of each profile.

The carbonatic content range is 20-40 % in open zones, whereas the content is less than 5 % in beaches towards the inner zones. This values are significant with respect to the geographical position of the beaches in each ria and the different dynamics. They are, then, an index that could be applied to the study of the whole Galician coast.

**Key words:** sediments, grain size, carbonates, beaches, Rías, Galicia (Spain).

RODRIGUEZ, M. D. (Universidad de Santiago. Departamento de Edafología y Química Agrícola. (Santiago); NOMBELA, M. A. (Universidad de Santiago, Departamento de Edafología y Química Agrícola. Vigo); VILAS F. (Universidad de Santiago. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Vigo); REY, L. (Universidad de Santiago. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Vigo)

## INTRODUCCION

Las rías de Pontevedra y de Arosa son dos grandes entrantes en una costa fundamentalmente granítica y metamórfica (Fig. 1). En este trabajo se han estudiado las playas que aparecen en las márgenes de ambas teniendo en cuenta tres aspectos: morfología general de cada una, granulometría de los sedimentos y, contenido en carbonatos. El primero, morfología, informa sobre el grado de desarrollo, completo o incompleto, con respecto a un sistema playa-duna típico. La distribución granulométrica permite conocer los mecanismos de transporte y la influencia de los diferentes agentes que controlan la sedimentación en las playas. Por último, el contenido en carbonatos biogénicos, que forman la fracción bioclástica de las arenas estudiadas, es un indicador sensible ante diferentes aspectos geográficos

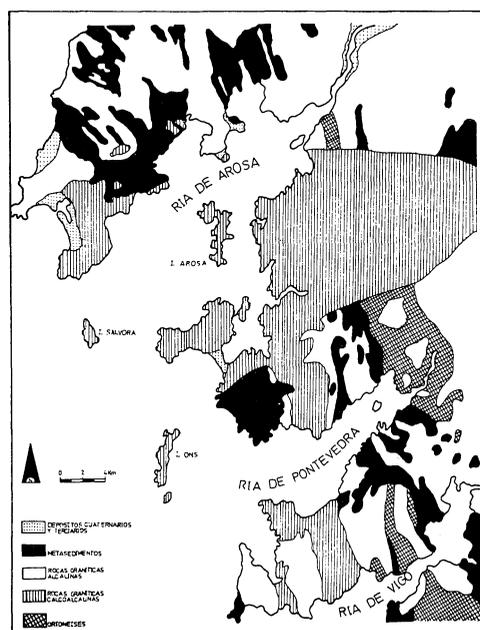


Fig. 1. Mapa geológico de la zona.

y dinámicos que actúan en el sector litoral (FLOR, G. 1980).

Los macizos rocosos que bordean estas rías están formados por diferentes materiales que pueden agruparse en (ARPS, C. E. S. y KLUYVER, H. M. 1969):

- Pre-hercínicos: esquistos, para y ortogneises y anfibolitas.
- Hercínicos: granitos (intrusivos y de anatexia), migmatitas, pegmatitas y aplitas.
- Hercínicos post-tectónicos: granitos, porfiritas, doleritas, pegmatitas y aplitas.

El borde N de la ría de Arousa está formado por metasedimentos, alternados con rocas graníticas alcalinas y calcoalcalinas, y algunos depósitos Cuaternarios y Terciarios; en el borde S predominan las rocas graníticas alcalinas y calcoalcalinas (DEN TEX, E. 1979). En ambos bordes de la ría de Pontevedra predominan los metasedimentos, alternados también con rocas graníticas alcalinas y calcoalcalinas, mientras que hacia la parte interior de la misma aparecen ortogneises (DEN TEX, E. 1979).

Los fondos de ambas rías presentan un recubrimiento sedimentario reciente. En el caso de la ría de Arousa, el estudio de los sedimentos ha revelado que, en gran parte, son relictos y no están en equilibrio con los aportes fluviales actuales hacia la ría, sino que aparecen relacionados con etapas anteriores del Cuaternario (KOLDIJK, W. S. 1968).

Desde el punto de vista climático (PEREZ ALBERTI, A. 1982) la zona estudiada presenta un clima oceánico húmedo con tendencia a la aridez estival, con transición a oceánico hiper-húmedo en la banda N de la ría de Arousa. Las precipitaciones medias anuales son 1.000-1.500 mm, y la oscilación térmica de unos 10°C. Los vientos dominantes en invierno son de SO, acompañados frecuentemente de lluvias intensas, mientras que durante el verano son más importantes los vientos de componente N. Este

esquema de vientos tiene una gran influencia sobre la circulación de las aguas en la ría de Arousa (OTTO, L. 1975), en gran parte dependiente también de las mareas y de la desviación que en las corrientes de origen mareal tiene la aceleración de Coriolis. Sin embargo, en las zonas someras, las corrientes paralelas a la costa parecen tener poca importancia, según indica la escasa mezcla de sedimentos entre playas relativamente cercanas, al menos en la ría de Arousa (ARPS, C. E. S. y KLUYVER, H. M. 1969; DE JONG, J. D. y POORTMAN, H. H. 1970).

Esta porción de costa está sometida a un régimen mesomareal (rango comprendido entre 2-4 m, según la clasificación de DAVIES, J. L. 1964), cuya acción se combina con una intensidad de oleaje que se amortigua progresivamente hacia el interior de las rías.

La erosión de los márgenes, bajo las condiciones descritas, proporciona la fracción siliciclástica a los sedimentos de las playas, junto con los aportes fluviales actuales y relictos. La fracción bioclástica, por su parte, está formada por restos de diferentes organismos, fundamentalmente moluscos, presentes en la ría y en los fondos prelitorales.

## METODOLOGIA

Se han escogido para este estudio 15 playas de ambas rías, que por su extensión y posición pueden considerarse representativas del grado de exposición y de las condiciones energéticas de cada zona (fig. 2), evitando aquellas playas que por su reducido tamaño muestran una dependencia más acusada de la composición de los márgenes.

- 1) Zona abierta y de alta energía: Montalvo, Lanzada, Ribeira y Corrubedo.
- 2) Zona media de las rías: Sanxenxo, Mexilloeira y Gorna.
- 3) Zona interior (de baja energía): Areas, Tanxil, Mañons, Barraña, Caramiñal, Cabío, P. Sinas y Cta. Sinas.

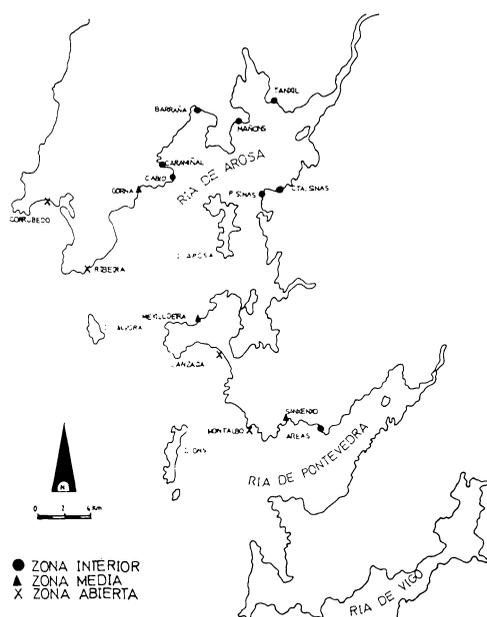


Fig. 2. Localización geográfica de las playas muestreadas.

En todas ellas se han levantado perfiles topográficos con brújula taquimétrica (Usihikata mod. LS-25), cinta métrica y jalones graduados. Dentro de cada perfil se han escogido puntos de muestreo de acuerdo con las zonas observadas. En este trabajo se presentan los resultados de las muestras comprendidas entre los límites de pleamar y bajamar de cada una, normalmente tres: a) nivel más bajo, b) nivel medio, c) nivel superior.

Para el análisis granulométrico se ha realizado una dispersión en húmedo de cada muestra, seguida de la separación de las distintas fracciones con una columna de tamices, de acuerdo con la escala  $\phi$  (KRUMBEIN, W. C. 1934). Los resultados obtenidos se han representado en curvas acumulativas, situando en ordenadas los porcentajes y en abscisas la doble escala ( $\phi$  y milimétrica).

El método utilizado para la determinación de la proporción de carbonatos es el gascométrico. Para ello se han analizado, con

un calcímetro de Bernard, una fracción representativa de cada punto de muestreo y se ha obtenido al final la media aritmética total de los carbonatos para cada playa.

## MORFOLOGIA DE LAS PLAYAS

Ambas rías presentan un gran número de playas, si bien su distribución no es homogénea a lo largo de las márgenes. En los dos casos se observa un predominio de playas en la banda N, mientras que en la banda S son más escasas, en el caso de Pontevedra, o están sustituidas por llanuras mareales, como en la Ría de Arousa (ensenada de O Grove).

En gran parte, se trata de playas adosadas a bordes rocosos, aprovechando las irregularidades de los márgenes. Sin embargo se encuentran casos de playas que forman parte de complejos de playa barrera-lagoon (Corrubedo) característicos de frentes costeros (VILAS, F. y ROLAN, E. 1985), otras que cierran pequeñas lagunas (Mexilloeira) o charcas de inundación estacional (Gorna), o depresiones probablemente ocupadas antiguamente por lagunas (Ribeiriña). La barrera más importante, en cuanto a extensión es el tómbolo de A Lanzada, que en este caso protege una llanura mareal.

En planta, las playas muestran una forma de media luna más o menos acusada, que refleja el patrón de refracción impuesto al oleaje por los salientes rocosos que las limitan en la mayor parte de los casos. No obstante, se observan algunas excepciones a este pauta, como es el caso de la P. de las Sinas, que ocupa un sector relativamente recto.

En algunos casos, las playas estudiadas presentan un perfil completo, con conjuntos de dunas más o menos desarrolladas (Corrubedo, Lanzada, Areas, Montalvo...) (fig. 3), mientras que en otros casos no existen sedimentos eólicos en la parte superior del perfil (Cta. Sinas), o éstas han sido modificadas o destruidas al construirse muros de

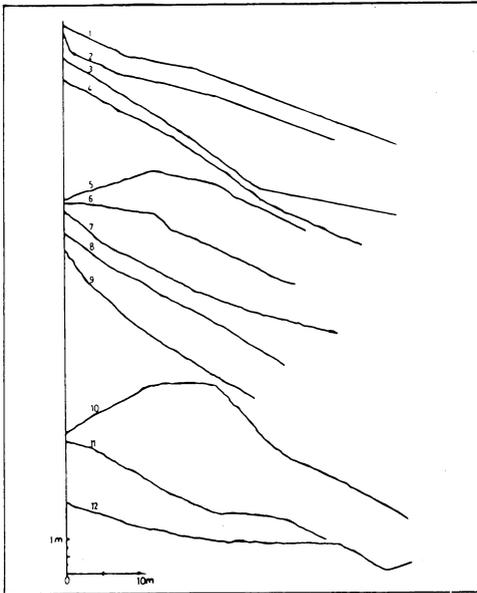


Fig. 3. Perfiles de playas (Febrero 1986).

- 1) Playa de Sanxenxo.
- 2) Playa de Montalvo.
- 3) Playa de A Lanzada.
- 4) Playa de Mexilloeira.
- 5) Playa de Mañóns.
- 6) Playa de Barraña.
- 7) Playa de P. do Caramiñal.
- 8) Playa de Cabío.
- 9) Playa de Gorna.
- 10) Playa de Ribeira.
- 11) Playa de Corrubedo.
- 12) Playa de Ares.

contención o paseos marítimos (Cabío, Sanxenxo...). Un caso especial es el de las playas en las que la parte alta presenta una zona arenosa colonizada por comunidades vegetales que normalmente aparecen sobre dunas, pero que aquí se asientan sobre sedimentos gruesos, transportados por fenómenos de «derrame» (Mexilloeira). Aunque posteriormente el viento retrabaja parcialmente estas zonas, el aporte fundamental hacia ellas no es de origen eólico, sino que son olas excepcionalmente altas las que durante los temporales acarrear arena y la depositan en la parte alta del perfil. Unas veces los «derrames» dan lugar a mantos que se distribuyen homogéneamente, mientras

que en otros casos se producen abanicos de derrame o «washover fans», hacia la parte trasera de la playa, similares a los descritos en otros puntos de la costa gallega (VILAS, F. y SOMOZA, L. 1983).

En cuanto a la morfología del sector intermareal, es decir de la playa propiamente dicha, hay que tener en cuenta que los perfiles se realizaron en fechas posteriores a un importante temporal, por lo que esta parte de las playas presenta las características propias de una zona expuesta a un oleaje particularmente intenso, con una amplia zona de batida o «swash». La importancia de la batida en esta época viene también reflejada por la existencia de sistemas de cúspides de playa o «beach-cusps» por encima del nivel de cúspides de marea alta normal, en varias de las playas estudiadas (Mexilloeira, Lanzada).

En la mayor parte de las playas, el espaldón de playa o «backshore» es muy reducido o inexistente. En este último caso se observa, así mismo, una erosión más o menos importante al pie de las dunas (Montalvo). Es muy rara la aparición de bermas propiamente dichas —es decir, de áreas planas y horizontales o ligeramente inclinadas hacia tierra— en el espaldón de la playa, aunque en algunos casos la parte alta de la playa muestra una pendiente escasa (Areas). En general se observa un perfil de tipo cóncavo, más o menos acentuado, normalmente con una fuerte pendiente, que en el nivel de bajar suele presentar un escalón de zambullida o «plunge step», formado en el punto definitivo de ruptura de las olas. Muy ocasionalmente se observa un perfil convexo, en los casos en que existen barras casi adosadas a la playa, asociadas en su frente a surcos prácticamente rellenos (Areas).

Las playas suelen presentar un perfil cóncavo durante los periodos en los que están sometidas a erosión, normalmente en invierno. En el caso estudiado, la mayoría de las playas se encontraban en esta situación, salvo escasas excepciones. Sin embargo hay que señalar que la fuerte pendiente ob-

servada no suele ser característica del perfil de invierno, que por lo general presenta una zona intermareal tendida, sobre todo hacia la parte baja (DAVIS, R. A. 1978). Probablemente esta diferencia se deba a que el momento de realización de los perfiles no corresponde a la época de oleaje de invierno normal en esta costa, sino a alturas de olas mayores. Las olas de temporal, al romper en la parte baja del perfil ponen en movimiento una gran cantidad de sedimento, que aunque es parcialmente distribuido conforme la ola bate hacia la parte alta es en su mayoría arrastrado en el retroceso o «backwash». El transporte de material hacia la parte alta da origen a la formación de cúspides de playa. Este proceso se traduce en un estrechamiento de la playa, al erosionarse en su parte inferior y en una fuerte pendiente de la zona de batida. El sedimento erosionado durante los temporales se acumula en la zona submareal formando barras, que migran normalmente durante los periodos de buen tiempo, reconstruyendo el perfil de la playa (DAVIS, R. A. 1978). Aunque la zona submareal no se incluye en los perfiles realizados se ha observado la presencia de este tipo de barras en la parte sumergida de algunas playas (Barraña).

ESTUDIO GRANULOMETRICO

1) Los resultados obtenidos muestran, en general, un tamaño de grano comprendido entre 2 mm y 0.5 mm, es decir, medio-grueso. Muestreos realizados por otros autores en épocas de verano, no coincidiendo con temporales, indican que la presencia de arenas medio-gruesas en estas playas es constante a lo largo de todo el año (ARPS, C. E. S. y KLUYVER, H. M. 1969; DE JONG, J. D. y POORTMAN, H. H. 1970).

Dentro de cada perfil es constante la presencia de tamaños de grano más finos hacia la parte más alta (c).

En los puntos de muestreo pertenecien-

tes a la parte más baja de cada perfil, dentro de la zona de batida o «swash», se observa un predominio de la arena (2-0.5 mm), mientras que en las partes más altas (b) y (c) disminuye claramente el tamaño de grano hacia valores más finos (1-0.25 mm).

*Zona interior.* Dado que la zona de batida de granulometría depende directamente de la energía del oleaje, y, dado que las muestras fueron recogidas en momentos de temporal, el porcentaje de arena gruesa aumenta claramente hacia la boca de las rías, es decir, hacia las zonas más expuestas. Esta secuencia se puede apreciar a lo largo de la serie Tanxil, Mañóns, Barraña, Caramiñal y Cabío, situadas en el borde N de la ría de Arosa (figs. 4 y 5).

Tanto la P. de las Sinas como la de la Cta. Sinas pueden considerarse dentro de

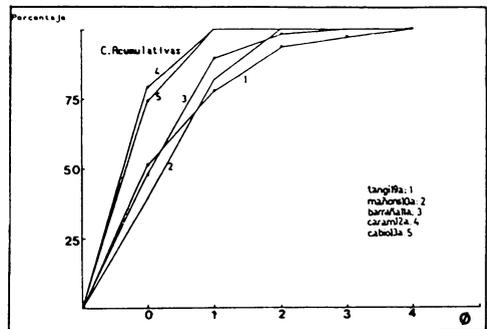


Fig. 4. Curvas acumulativas. Zona interior. Perfiles (a).

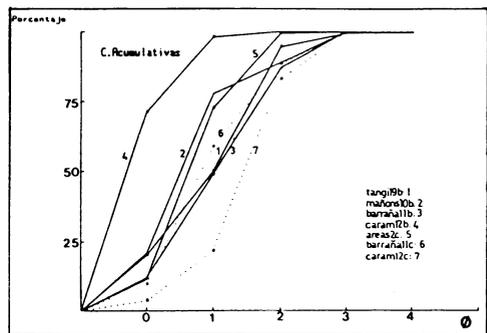


Fig. 5. Curvas acumulativas. Zona int. Perfiles (b) y (c).

esta zona. La Cta. Sinas por su posición abrigada frente al oleaje presenta una granulometría más fina que P. Sinas, siguiendo una tendencia inversa a las playas situadas en el borde N. En este caso, sin embargo, la diferencia granulométrica no está relacionada con la exposición sino con la influencia de la desembocadura del Ulla.

**Zona media.** En este caso se ven más claramente marcadas por las distintas variables: entorno, corrientes y orientación. Así, Gorna y Sanxenxo son muy similares. La playa de Mexilloeira, pese a estar cercana a la boca de la ría, presenta unas características similares a las playas de la zona media. Esto se debe a que, por su orientación, está sometida a la acción de los frentes procedentes del N y NE, menos intensos que los del SO que afectan a las zonas más abiertas (Corrubedo, Lanzada) (Figs. 6 y 8).

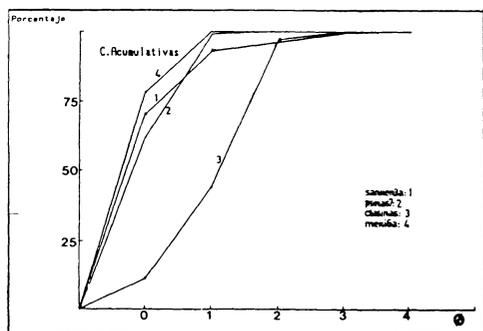


Fig. 6. Curvas acumulativas. Zona media. Perfiles (a).

**Zona abierta.** Dentro de este grupo, la playa de Montalvo presenta una granulometría más fina que el resto. Por su posición pertenece a esta zona, pero por su orientación no es equivalente a frentes costeros como Corrubedo, ya que la porción de costa en la que se sitúa está protegida por la presencia de la isla de Ons (Figs. 7 y 9).

II) Hemos interpretado las curvas de distribución granulométrica según los tipos de RIVIERE, A. (1977). Este autor distingue tres familias de curvas:

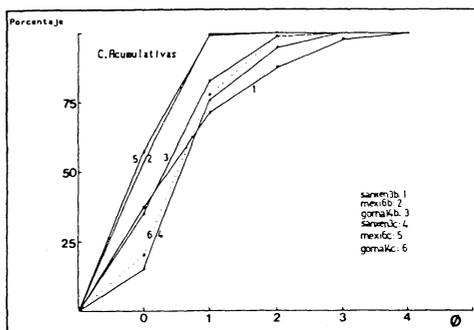


Fig. 8. Curvas acumulativas. Zona media. Perfiles (b) y (c).

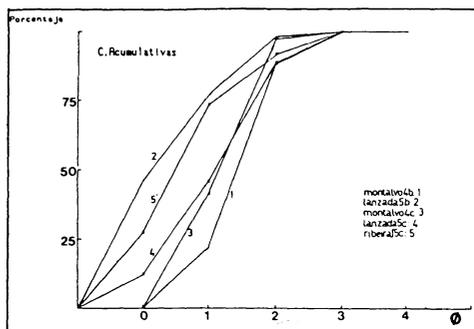


Fig. 7. Curvas acumulativas. Zona abierta. Perfiles (b) y (c).

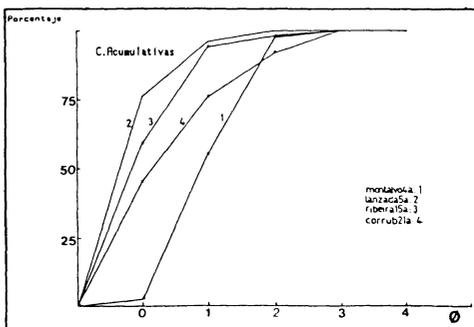


Fig. 9. Curvas acumulativas. Zona abierta. Perfiles (a).

a) Curvas que tienden a significar una larga evolución de transporte, típicas de sedimentos depositados por exceso de carga (facies logarítmica).



valores entre 20-40 %. Los sedimentos de las zonas sumergidas de las rías presentan una tendencia similar, desde un 5 % hasta un 50 % de fragmentos de conchas (KOL-DIJK, W. S. 1968).

En el caso estudiado la tendencia general es similar a la observada en el litoral asturiano (FLOR, G. 1977), si bien hay que tener en cuenta que la abundancia de fracción siliciclástica en las zonas interiores de las rías no está únicamente relacionada con menor influencia marina en estas zonas, sino también con el efecto producido por las desembocaduras fluviales en el fondo de las rías y la existencia de antiguos materiales de origen fluvial que actualmente ocupan las áreas sumergidas adyacentes a las playas.

## CONCLUSIONES

1. En función de los parámetros observados (granulometría, % de carbonatos) pueden dividirse las rías en 3 sectores: externo, medio e interno.

2. En general, todas las muestras estu-

diadas presentan un tamaño de grano medio-grueso.

3. El porcentaje de arena gruesa aumenta desde el interior de las rías hacia la entrada de las mismas.

4. Dentro de cada perfil, el tamaño de grano de los sedimentos disminuye hacia las partes más altas.

5. Las facies hiperbólicas corresponden a las partes más bajas de cada playa, mientras que las facies logarítmicas son más características de las partes más altas. Esto se corresponde con la disminución de la energía de las olas, desde el límite inferior hasta el superior, en la zona de batida. De esta forma, en la parte más baja se produce removilización de sedimentos, mientras en la más alta se depositan por exceso de carga.

6. Los mayores porcentajes de carbonatos están en las playas de la zona abierta, disminuyendo progresivamente hacia las zonas media e interna de ambas rías.

*Recibido 3-IV-87*

*Aceptado 30-V-87*

## BIBLIOGRAFIA

- ARPS, C. E. S. y KLUYVER, H. M. (1969) Sedimentology of the northwestern shores of the Ria de Arosa (NW Spain). *Leid. Geol. Meded.* 37: 135-145.
- DAVIES, J. L. (1964). A morphogenic approach to world shorelines. *Z. Geomorphol.* 8: 27-42.
- DAVIS; R. A. Jr. (1978). Beach and nearshore zone. in: R. A. DAVIS Jr. (ed) Coastal Sedimentary Environments: 237-285. *Springer-Verlag*, 420 pp. New York.
- DEN TEX, E. (superv.), ARPS, C. E. S., BUISKOOL TOXOPEUS, J. M. A., VAN CALSTEREN, P. W. C., FLOOR, P., HILGEN, J. D., KEASBERRY, E. J., KONING, H., KUIJPER, R. P. Y MINNINGH, L. D. (compils) (1979) Geological map of western Galicia. Research Group Galicia of the State University of Leiden. Mouton and Co. B. V., 8 map. The Hague.
- FLOR, G. (1977). Los carbonatos biogénicos en los depósitos arenosos de las playas del litoral asturiano. *Brev. Geol. Astúrica*, Año XXI, 4: 51-61.
- FLOR, G. (1980). Los carbonatos de la zona intermareal de playa en relación con la dinámica y morfología costeras en Asturias y Cantabria. *Bol. R. Soc. Esp. His. Nat. (Geol.)*, 78: 275-289.
- DE JONG, J. D. y POORTMAN, H. H. (1970) Coastal sediments of the southeastern shores of the Ria de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leid. Geol. Meded.*, 37: 147-167.
- KOLDIJK, W. S. (1968). Bottom sediments of the Ria de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leid. Geol. Meded.*, 37: 77-134.
- KRUMBEIN, W. C. (1934). Size frequency distributions of sediments. *J. Sediment. Petrol.*, 4: 65-77.
- OTTO, L. (1975) *Oceanography of the Ria de Arosa (NW Spain)*. Konink. Ned. Meteor. Inst. Meded. Verhand., 96: 210 pp.
- PEREZ ALBERTI, A. (1982) Climatología. in: PEREZ ALBERTI, A. (ed.): Xeografía de Galicia: 71-96. Ed. Sálvora. 210 pp. A Coruña.
- RIVIERE, A. (1977). Methodes granulometriques. Techniques et interpretations. Ed. Masson. Paris.
- RODRIGUEZ, M. D., ARES, J. C., VILAS y GUI-TIAN, R. F. (1985). Estudio sedimentológico del litoral gallego: I. Complejo playa-barrera de Corrubedo. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 10: 65-81.
- VILAS, F. y ROLAN, E. (1985). Caracterización de las lagunas costeras de Galicia, NO Península Ibérica, España. Publicaciones del 1.º Congreso Ibérico de Cuaternario. Lisboa.
- VILAS, F. y SOMOZA, L. (1983). Observaciones de la morfología de los «washover fans» de las lagunas costeras de Galicia, España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 81(3-4): 265-274.
- VILAS, F., SOPEÑA, A., REY, L., RAMOS, A., NOMBELA, M. A. y ARCHE, A. (1985) The Corrubedo tidal inlet: processes and facies (Galicia, NW Spain). Abst. *Symposium on modern and ancient clastic tidal deposits*: 150-153. Utrecht (Hol.).