

Formación del placer de la playa de Montalvo (Pontevedra).

Formation of the Montalvo beach placer (Pontevedra).

I. Pérez, A. Bernabeu, D. Rey y F. Vilas.

Departamento de Geociencias Mariñas e Ordenación do Territorio. Facultade de Ciencias do Mar. Universidade de Vigo. Campus Lagoas Marcosende s/n, 36310 Vigo. bernabeu@uvigo.es

ABSTRACT

In Montalvo beach (Pontevedra) a concentration of heavy minerals forming a placer takes place. The placer formation is related to the beach hydrodynamics that concentrates and segregates the different particles in layers. It is located in the north zone of the beach and achieves the biggest thickness in the upper zones of the profile (supratidal and upper intertidal zone). The location and the morphology of the placer, and the coincidence between the mineralogy of the heavy minerals and the lithology of the area suggest that the heavy minerals have a local source and are not moved offshore. The segregation in different layers is related to erosive states and to different cross-shore movements through seasonal cycles.

Key words: beach placer, heavy minerals, differential sorting, Montalvo.

Geogaceta, 44 (2008), 231-234

ISSN: 0213683X

Introducción

Los placeres son depósitos sedimentarios clásticos que se forman como consecuencia de la acumulación y concentración natural de minerales detríticos densos de interés económico. Estos depósitos se pueden encontrar en depósitos aluviales, eólicos, lacustres y marinos.

La importancia de los placeres ha ido en aumento a lo largo de los años, hasta llegar a ser una de las mayores fuentes de recursos naturales económicos, esto es evidente por el hecho de que el 75 % del estaño, 11 % del oro y 13 % del platino se extraen de los placeres (Angusamy *et al.*, 2005).

Las playas son ambientes propicios para la formación de estos depósitos, si bien, en España, la utilización del dominio público marítimo-terrestre está protegido por la Ley de Costas 22/88 de 22 de julio de 1988, así, los usos que tengan especiales circunstancias de rentabilidad sólo podrán ampararse en la existencia de reserva, adscripción, autorización y concesión. Para otorgar las autorizaciones de extracción de materiales, será necesaria la evaluación de sus efectos sobre el dominio público marítimo-terrestre, salvaguardándose la estabilidad de la playa.

Los depósitos de minerales pesados en playas se forman por la segregación que afecta a los diferentes minerales de diferente tamaño, forma y densidad, cuando se ven afectados por el oleaje y las corrientes, concentrando y segregan-

do los minerales en láminas diferenciadas. A pesar de que se conocen los procesos de segregación teóricos, y como éstos podrían determinar los patrones de distribución espacial y temporal en los depósitos de tipo placer, todavía existe una falta de comprensión de los mecanismos que controlan la segregación en playas naturales (Bryan, 2006). Así, diversos estudios en playas abiertas han destacado la importancia de la deriva litoral como un factor que influye de forma relevante en la acumulación de minerales pesados (Frihi, 1995, Li *et al.*, 1992, Komar, 1989). Peterson *et al.* (1986) destacó la dirección del oleaje como determinante en la ubicación de las concentraciones de minerales pesados y asoció las concentra-

ciones de pesados a una deceleración de la corriente longitudinal provocado por los salientes costeros. Además, se han descrito placeres asociados a corrientes de resaca (Komar, 1989, Bryan, 2006).

En Galicia se encuentran depósitos de minerales pesados de forma más o menos frecuente, dándose gran variedad de minerales, entre los que destacan, entre otros, la magnetita, la ilmenita, el granate, el circón, el chorlo, la casiterita y el rutilo (Manso, 2001).

Este estudio se centra en la playa de Montalvo, donde ocurre una acumulación de minerales pesados, y tiene como objeto la explicación de la génesis del placer teniendo en cuenta las condiciones energéticas dominantes en el área de estudio.

Fig. 1- Localización de la playa de Montalvo dentro de la península Ibérica, y más en detalle, dentro de la ría de Pontevedra.

Fig. 1- Location of Montalvo Beach in the Iberic peninsula, and in more detail, inside of the ría of Pontevedra.



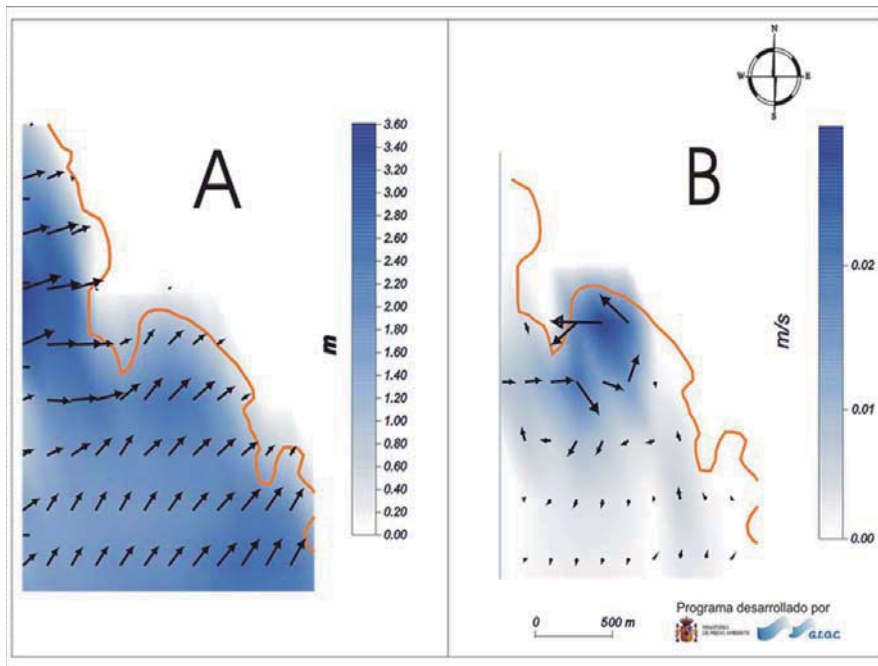


Fig. 2- (A) Simulation of the magnitude and direction of the swell for conditions of medium energy ($T=8$ s and $h=2$ m and $tide=1.75$ m.) with an approaching direction from NW. (B) Simulation of the currents magnitude and direction for an energetic swell ($T= 10$ s., $H=3$ m.) with an approaching direction from NW.

Antecedentes

Los estudios previos referentes a placeres en la costa gallega se remontan a principios del siglo XX. Parga Pondal desarrolló los estudios más importantes de su tiempo, prospectó diferentes zonas de la costa y concluyó que los aportes de minerales pesados tenían procedencia local (Parga-Pondal *et al.*, 1956).

Las siguientes prospecciones fueron realizadas por el Instituto Geológico y Minero de España, centrándose en la localización de áreas con alta concentración de minerales de interés económico (IGME, 1977).

Los trabajos más recientes de la costa gallega han sido llevados a cabo por el Departamento de Geología Marina y Ordenación del Territorio de la Universidad de Vigo, en el que se hizo una caracterización de la costa de Galicia en función de los cortejos de minerales pesados presentes en las acumulaciones más relevantes. Además se propuso un modelo genético que explica las acumulaciones de los minerales en una costa no lineal (Manso, 2001). En estos estudios realizados por Manso, se infiere que en una costa recortada como es la gallega, los placeres tienen una génesis local producto de la hidrodinámica de la línea de costa y de los afloramientos rocosos, siendo frecuentes las acumulaciones en las zonas laterales de estos salientes costeros.

Área de estudio

La playa de Montalvo se encuentra en el NW de España, concretamente en el margen norte de la ría de Pontevedra (Fig. 1), esta ría pertenece al grupo de las Rías Baixas, todas ellas con dirección NE-SW, esta alineación está controlada por los sistemas de fallas regionales.

Las direcciones más frecuentes de incidencia del oleaje en la costa noroccidental de la península Ibérica son del NO ($H_s=1.5$ m., T entre 9 y 12 s.) según la base de datos de Puertos del Estado, sin embargo, las más energéticas sue-

len ser del SO. Además de por estas direcciones de aproximación, el patrón de distribución de oleaje en la ría de Pontevedra se ve influenciado por la presencia de las islas Ons y Onza, las cuales originan dos entradas en los extremos norte y sur de la boca de las ría (Mohamed, 2006), la playa de Montalvo se encuentra el extremo norte, en una zona relativamente expuesta.

Desde el punto de vista petrológico, la playa de Montalvo está dentro del complejo Cabo de Home-la Lanzada. Este complejo está formado por metasedimentos de pizarras, esquistos y paragneises de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Silúrico y que fueron metamorfozados durante la orogenia Hercínica. Las paragénesis más frecuentes se dan dentro de las facies de los esquistos verdes y de las facies anfibolitas, con asociaciones de minerales que varían entre el cuarzo, la moscovita, la clorita, la biotita, la andalucita y el granate (IGME, 1981).

La playa de Montalvo es mesomareal, tiene una longitud aproximada de 900 metros y está orientada hacia el SO. La playa está encajada entre dos salientes rocosos, en la zona norte la playa se encuentra limitada por acantilados y se producen algunos afloramientos rocosos.

Metodología

Para el estudio de los procesos de segregación y concentración mineral que actúan en la playa de Montalvo se llevaron a cabo 3 campañas de campo en marzo de 2006 y en julio y octubre de 2007, centradas en estos aspectos: 1) Variaciones en la topografía de la playa para registrar los cambios volumétricos de mate-

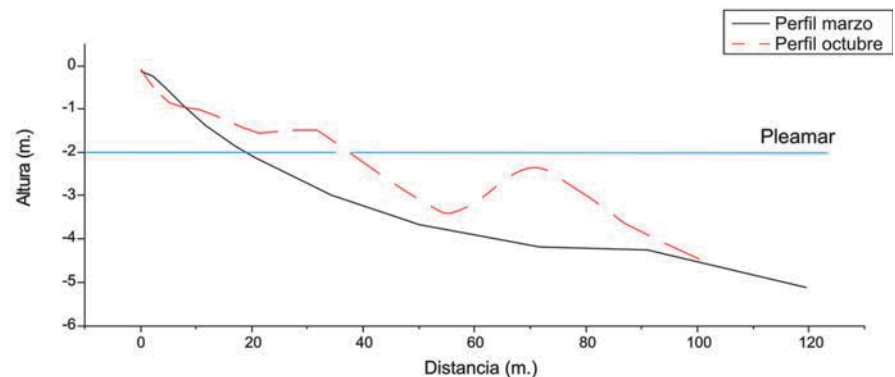


Fig. 3- Perfiles topográficos de la zona de acumulación de minerales pesados. En la gráfica se comparan el perfil tras condiciones de bonanza (realizado en octubre) frente al sometido a condiciones de mal tiempo (realizado en marzo), mostrando las variaciones en el perfil típicas estacionales.

Fig. 3- Topographic profiles of the zone of heavy minerals accumulation. In the graph, the profile after calm weather (performed in October) and after stormy weather (performed in March) are compared showing the typical seasonal changes.



Fig. 4- Vista de la zona norte de la playa de Montalvo, donde se concentran los minerales pesados. La fotografía fue tomada en marzo tras condiciones de mal tiempo, se observa que el placer queda en parte descubierto.

Fig. 4- View of Montalvo beach north zone, where the heavy minerals are accumulated. The photograph was taken in March after stormy weather conditions; it is visible the placer covering part of the beach.

rial arenoso asociados a los cambios estacionales. Las topografías se realizaron mediante una Estación Total Nikon modelo DTM-302. 2) Recogida de testigos abarcando toda la zona intermareal de la playa mediante un testificador de succión para conocer la ubicación, geometría y extensión del placer así como la distribución dentro del mismo de los minerales. 3) Distribución de las diferentes láminas, así como la estimación de la potencia de los niveles ricos en minerales pesados en un corte perpendicular a la playa. Para llevar a cabo este estudio, así como su variación estacional, se realizó una zanja en marzo y otra en octubre.

Mediante el software SMC (Sistema de Modelado Costero) se están estudiando en detalle las condiciones hidrodinámicas predominantes en la zona de estudio, así como su influencia sobre la morfología de la playa y la distribución del sedimento. Esta aplicación informática es desarrollada por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica de Costas de la Universidad de Cantabria y la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

Para la caracterización de la arena, las muestras recogidas están siendo analizadas con diferentes metodologías: aplicación de técnicas y herramientas magnéticas para la cuantificación de minerales pesados en las muestras, difracción de rayos x para el estudio de la mineralogía y análisis granulométricos mediante rayo láser realizado por un analizador de partículas Eyeteck PF101 (modalidad en seco).

Resultados

Desde el punto de vista morfodinámico Montalvo es una playa disipativa, ya que está sometida a unas condiciones relativamente expuestas, sin embargo, en la parte norte se produce una

zona de sombra producida por el saliente costero generado por difracción de las olas, presentando esta zona una menor energía con características de playa reflectiva. Estas condiciones de oleaje provocan dos celdas litorales en la que el agua entra por el centro de la playa y desagua por los laterales, la celda del norte se da tanto en condiciones de bonanza como de oleaje moderado y energético, y tanto en oleajes provenientes del SO como del NO. La magnitud y la dirección del oleaje y las corrientes fueron simuladas con el software SMC (Fig. 2).

En cuanto al estudio de las topografías se han comparado dos perfiles en la zona donde se desarrolla el placer (zona norte de la playa). Los perfiles de playas se corresponden con la hidrodinámica típica de la estación, es decir, pendiente

suave en invierno (predominando la erosión del material de las zonas más altas hacia zonas sumergidas) y más peraltado y con la aparición de barras intermareales en verano (perfil típico de acreción) (Fig. 3).

El placer se encuentra confinado a la zona norte de la playa, abarcando una longitud aproximada de 200 m., en perfil tiene forma de cuña, comienza en la parte más alta de la playa y se extiende unos 30 metros, finalizando en la zona intermareal, estos valores son aproximados y habrá que contrarrestarlos con el estudio de los testigos extraídos en la playa.

Además, se observaron variaciones estacionales en cuanto al tipo de arena que se encuentra recubriendo la zona superficial: la playa se encuentra tapizada en su mayor parte por una lámina de minerales pesados durante el invierno (Fig. 4), mientras que en la zanja de verano el placer está recubierto por arenas constituidas por minerales ligeros con un pequeño porcentaje de minerales pesados (Fig. 5).

Estudios preliminares de la mineralogía indican que los carbonatos y el cuarzo son los minerales más frecuentes dentro de la fracción ligera, mientras que la andalucita, el piropo, el almandino y el chorlo, lo son de la fracción pesada.

En cuanto a la estratigrafía observada en el placer se diferenciaron 3 unidades principales (Fig. 5): Unidad 1) fue visible

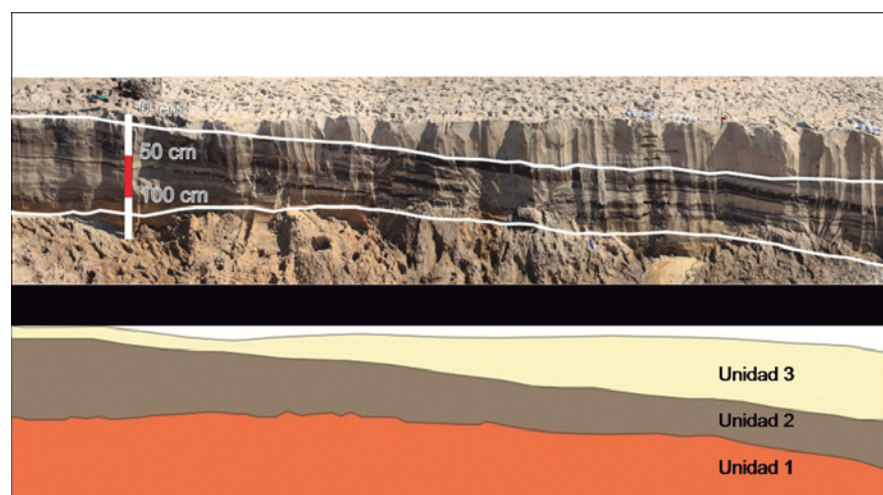


Fig. 5- Parte de la zanja realizada en octubre en la que se observan las 3 unidades principales. La unidad 1 está constituida por arenas conglomeráticas de color anaranjada. La unidad 2 es la que presenta las láminas ricas en minerales pesados en alternancia con láminas de minerales ligeros. La unidad 3 se encuentra recubriendo el placer, correspondiendo al material depositado en las condiciones de bonanza que se dieron en los meses previos a la realización de la zanja. La línea de costa se encontraría situada a la derecha de la imagen.

Fig. 5- Part of the ditch dug in October, where the three main units are visible. Unit 1 is orange conglomeratic sand. Unit 2 includes layers with high content of heavy minerals alternating with layers of light minerals. Unit 3 covers the placer; it is the material that was deposited during the calm weather conditions before October. The coast line is on the right of the image.

en la parte más profunda de la zanja, en la parte más alta del perfil, es la más antigua de las unidades y constituye el sustrato, presenta un color anaranjado, está formada por arenas conglomeráticas de origen eluvial. Unidad 2) unidad de mayor potencia que contiene los materiales ricos en minerales pesados. Está superpuesta a la unidad 1 separada por una superficie de erosión. Esta unidad tiene forma de cuña y alcanza su máximo desarrollo en las zonas altas del perfil; está formada por láminas alternantes claras y oscuras que se cortan unas a otras por superficies de erosión, las láminas de color oscuro están constituidas fundamentalmente por minerales pesados (desde 40 hasta valores próximos al 100% en peso) de diferente potencia (desde unos mm. hasta varios dm.), las láminas de arena clara están constituidas, en su mayoría, por minerales ligeros con una pequeña cantidad de minerales pesados que pueden llegar a valores del 10%. En cuanto a los resultados de las granulometrías se obtienen diámetros medios de arena fina (2.51 phi para las láminas claras frente a un 2.58 phi para las láminas oscuras) y sortings moderadamente bien seleccionados (0.65 para arenas claras frente a 0.60 para oscuras). Unidad 3) prácticamente constituida por minerales ligeros aunque también contiene alguna lamina centimétrica oscura constituida por minerales pesados, esta unidad es la que se ve afectada por las condiciones hidrodinámicas más recientes.

Discusión

En el caso de Montalvo, las condiciones hidrodinámicas a las que se ve sometida la playa son determinantes para que se produzca la acumulación de minerales pesados. Por una parte, las condiciones de menor energía hidrodinámica que se dan en la zona del placer (zona norte) producto de la zona de sombra ocasionada por el saliente costero, dificultarían la movilización de los minerales más pesados hacia la parte submareal de la playa. Además, la corriente circular que se produce en el norte de la playa contribuiría al confinamiento del placer a esta zona.

El hecho de que el placer alcance su máximo desarrollo en la zona supramareal e intermareal alta sugiere que los aportes provienen de los acantilados y afloramientos rocosos frecuentes en la zona norte de la playa. Así, los minerales pesados se acumularían en la parte alta del perfil, y se segregaría posteriormente en láminas. Esta segregación se produce por el diferente comportamiento

hidrodinámico que presentan los minerales con diferentes características al variar las condiciones entre las épocas de buen y mal tiempo. En la época de bonanza se produce una acumulación de arena (en su mayoría minerales ligeros) desde la zona submareal hacia las zonas más altas del perfil; mientras que en invierno, los minerales pesados recubren en parte, la superficie de la playa, por esto, la selección ha de ser producida durante los procesos de erosión que afectan a la parte alta del perfil de la playa en las épocas de mal tiempo. Ya que en Montalvo observamos selección desde el inicio del perfil hacia tierra, los eventos excepcionales en los que se diesen conjuntamente mareas vivas, condiciones de tormenta y bajas presiones influirían de forma decisiva en la segregación de las diferentes fracciones.

La segregación se produce por diferencias en el comportamiento hidrodinámico asociados a la distinta forma, densidad y/o tamaño del grano. En Montalvo, esta selección debe estar especialmente relacionada con los dos primeros parámetros (forma y/o densidad) ya que en las granulometrías realizadas no se observan diferencias significativas en el tamaño de grano, aunque el diámetro medio para la arena de las láminas oscuras es ligeramente menor y los granos están algo más seleccionados. En consecuencia, el proceso físico concreto que segrega las partículas en la playa de Montalvo aún está por determinar, precisando de análisis sedimentológicos más detallados.

Asimismo, los minerales de la playa de Montalvo que constituyen en su mayoría la fracción pesada (andalucita, granate y chorlo) presentan similitud con los minerales del complejo litológico del que está formado el saliente costero, los acantilados y demás afloramientos de la zona, por lo que estos cuerpos rocosos parecen constituir el área fuente de la fracción pesada de la arena de Montalvo.

Conclusiones

El mayor desarrollo del placer en las zonas altas del perfil sugiere que los minerales pesados proceden de los acantilados y los afloramientos locales situados en la mitad norte de la playa. Estos minerales permanecerían en la parte alta de la playa y no serían movilizados debido a las condiciones hidrodinámicas que se dan en esa zona de la playa (menor energía del oleaje y corriente circular). Esta hipótesis se ve apoyada por la coincidencia en la mineralogía entre los minerales pesados del placer y la litología de la zona.

La segregación posterior en láminas

con diferentes proporciones de minerales pesados está asociada a las diferencias en el transporte transversal del sedimento, a lo largo de los diferentes ciclos estacionales. En este proceso de segregación, los eventos erosivos de alta energía tienen especial relevancia.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por una contribución a los proyectos CTM 2007-61227/MAR del Ministerio de Educación y Ciencia, PGDIT06TAM31201 PR de la Xunta de Galicia y IGCP526.

Referencias

- Abril Gómez, H., Abril Hurtado, J., Pliego Dones, D.V., Corretge Castañón, L.G., Floor, P., Zapardiel Palenzuela J.M. y García Salinas, F. (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 185 (Pontevedra)*. IGME, Madrid.
- Angusamy, N., Gandhi, M.S. y Rajamannickam, G.V. (2005). *Marine Georesources and Geotechnology*, 23, 37-174.
- Bryan, K.R., Robinson y A., Briggs, R.M. (2007). *Marine Geology*, 236, 1-2, 45-59.
- Frihi, O.E., Lofty, M.F. y Komar, P. (1995). *Sedimentary Geology*, 97, 33-41.
- IGME (1977). *Investigación minera preliminar de la plataforma continental submarina de la costa gallega. Programa sectorial de Estudio de Fondos Marinos (FOMAR)*. Ministerio de Industria. No publicado.
- Komar, P.D. (1989). *Reviews on Aquatic Science*, 1, 3, 393-423.
- Li, M.Z. y Komar, P.D. (1992). *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 429-441.
- Ley de Costas, 22/1988, de 28 de Julio.
- Manso Galván, F. (2001). *Exploración de placeres costeros de minerales pesados y su génesis en la costa de Galicia*. Tesis Doctoral, Univ. de Vigo, 265 p.
- Mohamed Falcón, K.J. (2006). *Influencia climática, diagenética y antropogénica sobre la señal magnética y geoquímica de los sedimentos marinos Cuaternarios del noroeste de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral, Univ. de Vigo, 298 p.
- Parga Pondal, I. y Pérez-Mateos, J., (1956). *Anales de edafología y fisiología vegetal*, XV, 7-8.
- Peterson, C.D., Komar, P.D y Scheidegger, K.F. (1986). *Journal of Sedimentology and Petrology*, 56, 1, 67-77.