

Medición del transporte transversal de cantos en la playa de San Felipe (Gran Canaria).

Measurements of cross-shore pebble transport at San Felipe beach (Gran Canaria).

M. Casamayor¹, I. Alonso¹, M.J. Sánchez-García¹, J. Cabrera² y S. Rodríguez¹

¹Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas; marionacasamayor@gmail.com

²Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017-Las Palmas

Resumen: San Felipe es una playa mixta situada al norte de la isla de Gran Canaria. El estudio del transporte de los cantos se ha llevado a cabo mediante la tecnología RFID que permite identificar las partículas de manera individualizada. Para ello se han marcado 198 cantos y se ha monitorizado su transporte en 15 ocasiones a lo largo de un año. Si bien el transporte de cantos se produce principalmente paralelo a la costa, también se dan movimientos relevantes en sentido transversal. De éstos, los que representan mayor desplazamiento tienen lugar por debajo de la berma de tormenta mientras que los menores desplazamientos corresponden a cantos situados por encima de la berma. No obstante, algunas de dichas partículas recorren distancias superiores a 20 m tanto hacia el mar como hacia tierra. El factor principal responsable de este transporte parece ser la migración de la cresta de la berma, que a su vez depende del oleaje incidente y de las condiciones de marea. En general no se aprecia ningún patrón claro de transporte, pues en las mismas condiciones hay partículas que se mueven hacia tierra y otras hacia el mar. Tampoco se aprecia ningún patrón estacional en el transporte.

Palabras clave: berma, desplazamiento transversal, RFID, oleaje, cantos.

Abstract: *San Felipe is a mixed beach located in the northern coast of Gran Canaria Island. This study of pebbles transport has been carried out using RDIF technology, which allows the identification of individual particles. 198 pebbles were tagged and their movement was monitored 15 times over one year. Even though pebbles transport occurs preferably on the longshore direction, there are also significant cross-shore movements. Results show that the larger cross-shore displacements occur on the beach face below the storm berm, but in certain occasions we have measured displacements larger than 20m (both onshore and offshore) in pebbles located above the berm crest. The main responsible factor for this cross-shore transport seems to be the berm migration, which in turn depends on the incident waves and tidal height. In general, there is no clear pattern in cross-shore transport, since under the same conditions certain particles move onshore while some others move off-shore. Nor does there appear to be any seasonal pattern in the onshore/off-shore transport.*

Key words: *berm, cross-shore displacement, RFID, wave, pebbles.*

INTRODUCCIÓN

En la última década, el interés por el estudio del transporte de partículas en playas de cantos y mixtas, compuestas por arena y cantos, ha ido en aumento, ya que poseen una alta eficacia de protección frente al fuerte oleaje debido su grado de estabilidad. En muchos sitios se está considerando como una herramienta de protección natural frente a la erosión costera (Komar y Allan, 2010).

Además, los avances en el campo de la tecnología han permitido superar las dificultades logísticas que conllevan este tipo de playas. Actualmente, la metodología más empleada para el estudio de este tipo de sistemas es la tecnología RFID (Allan et al., 2006; Bertoni et al., 2013; Curtiss et al., 2009) que permite

realizar una monitorización del transporte de cantos en una playa utilizando partículas nativas. Así mismo, esta técnica maximiza el ratio de eficiencia y costes comparado con el resto de metodologías empleadas en otros estudios (pintura, introducción de litologías exóticas, trazadores radioactivos, de aluminio o activos).

En general, los trabajos existentes sobre transporte de cantos en playas de gravas son tanto en ambientes de alta energía (Allan et al., 2006; Buscombe y Masselink, 2006; Curoy, 2010) como de baja energía (Bertoni et al., 2013), pero la gran mayoría de ellos estudian el transporte que ocurre paralelo a la costa. Por tanto, el objetivo de este trabajo es realizar un

análisis de los desplazamientos transversales de los cantos en la playa de San Felipe, tratando de establecer patrones espaciales y temporales de transporte.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la costa norte de la isla de Gran Canaria, en el límite occidental de la playa de San Felipe (Fig. 1). Es una playa mixta constituida mayoritariamente por cantos de tipo fonolítico y basáltico, y arenas procedentes de la erosión de los mismos. Tiene una longitud de 200 m y una amplitud variable en función de la estación del año, desde 20 m durante el invierno hasta 40 m en el verano. El fuerte oleaje incidente produce grandes cambios morfológicos. Durante la época invernal la playa está constituida por cantos y en la zona sumergida se forma una barra de arena. Cuando los vientos alisios se intensifican, alrededor del mes de mayo, la barra migra hasta llegar a cubrir por completo los cantos situados en la zona inferior del perfil de playa.

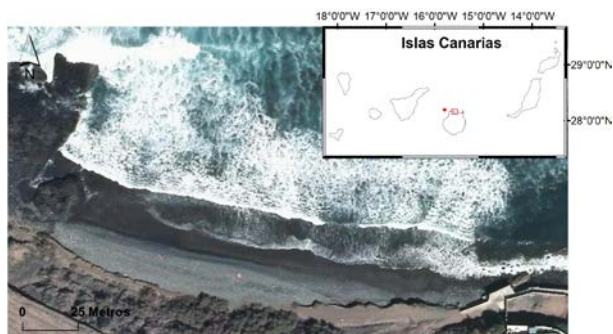


FIGURA 1. Localización del área de estudio. El punto indica la ubicación de la boya Gran Canaria de Puertos del Estado donde fueron registrados los datos de oleaje utilizados.

El oleaje dominante en la zona de estudio procede del N-NNE. Además, muestra una clara estacionalidad debido a que presenta periodos de calma, entre los meses de abril y octubre, donde el promedio de la altura de ola significativa (H_s) es de 1,52 m, y periodos de tormenta, entre noviembre y marzo, donde el promedio de H_s es de 1,97 m. Así mismo, es en este último donde tienen lugar los eventos de tormenta que han llegado a generar valores de altura de ola máxima ($H_{m\acute{a}x}$) de hasta 8 m en algunas ocasiones. Canarias tiene un régimen mareal con una amplitud que oscila entre 2,8 m en mareas vivas y 0,8 m en mareas muertas.

METODOLOGÍA

El sistema RFID usado para llevar a cabo dicho estudio se basa en el descrito por Allan *et al.* (2006) donde existen principalmente tres componentes; *tag* (sensor pasivo de radio frecuencia utilizado para la identificación de los cantos), el equipo base (ordenador y estación total) y móvil (lector y antena) (Fig. 2).

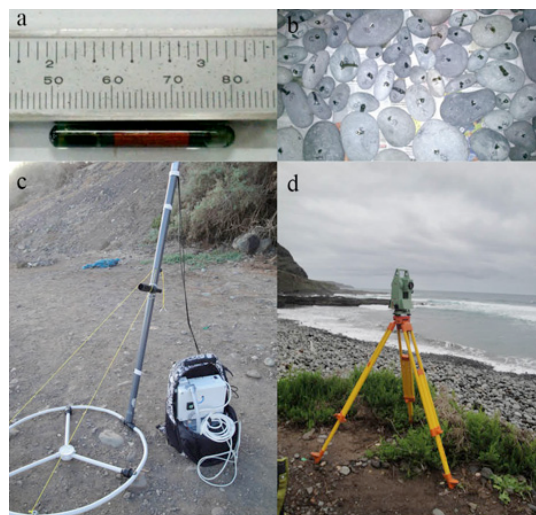


FIGURA 2. a) Tag utilizado para la identificación de los cantos con un código único. Mide 30,2 mm de largo y 3,8 mm de diámetro. b) Trazadores utilizados para el desarrollo de este estudio. c) Antena y lector RFID. d) Estación total Leica T306, utilizada para la toma de datos topográficos.

La principal limitación de esta metodología es el tamaño de las partículas ya que no se pudieron utilizar cantos cuyos ejes fueran inferiores a 42 mm ni tuviesen un peso superior a los 3 kg.

El 14 de marzo de 2013 se depositaron los 198 trazadores en el área de estudio de manera aleatoria a lo largo de toda la superficie de la playa. La posición de cada una de estas partículas se tomó con una estación total Leica T306. En total se realizaron 15 campañas distribuidas según indica la Tabla I. Dado que en este estudio se analizan los datos a partir de la campaña del 21 de octubre de 2013, se utilizan las coordenadas de los cantos de dicha fecha como la posición de partida de cada uno de ellos.

Fecha	Intervalo (días)
21 octubre 2013	Inicio
30 octubre 2013	9
05 diciembre 2013	36
19 diciembre 2013	14
14 enero 2014	26
21 enero 2014	7
28 enero 2014	7
21 febrero 2014	24
19 marzo 2014	26
08 abril 2014	20
14 mayo 2014	36
17 junio 2014	34
28 julio 2014	41
26 septiembre 2014	60
11 noviembre 2014	46

TABLA I. Resumen de las campañas realizadas en la playa de San Felipe.

La monitorización del transporte consiste en realizar un barrido de la playa con la antena hasta que se localiza uno de los trazadores (emisión de una señal

sonora) y cuya información se transmite vía radio a la estación base, donde queda almacenada. Finalmente se posiciona la detección con la ayuda de una estación total. Además, en cada una de las campañas también se lleva a cabo un levantamiento topográfico de la playa que permitirá establecer los cambios morfodinámicos que experimenta la zona de estudio entre cada una de ellas.

El rango de error de la antena es de ± 1 m, por tanto, todos aquellos movimientos inferiores a dicho valor se consideran nulos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todo el periodo de estudio, desde el día 21 de octubre de 2013 hasta 11 de noviembre de 2014, el desplazamiento de los trazadores se produce mayoritariamente paralelo a la costa, con valores superiores a 100 m. Sin embargo, también se dan movimientos relevantes en sentido transversal que alcanzan valores de hasta ± 20 m (Fig. 3).

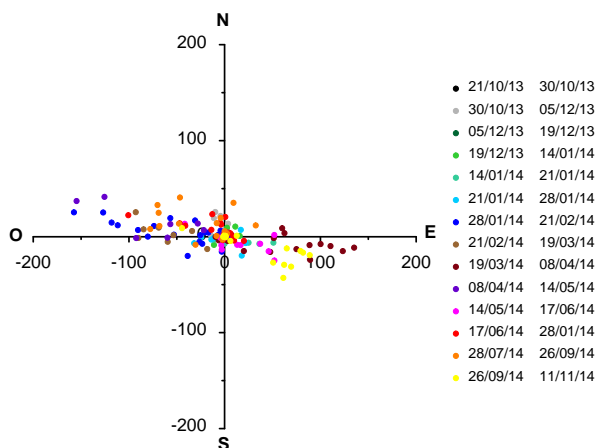


FIGURA 3. Valores de transporte longitudinal (eje X) y transversal (eje Y) (expresados en m) de los trazadores detectados en las campañas realizadas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos con la gran mayoría de autores (Allan et al., 2006; Curtiss et al., 2009; Bertoni et al., 2012) a excepción de Bertoni et al. (2013) donde la componente del transporte transversal domina claramente a la componente longitudinal.

Generalmente, los cambios morfológicos de la berma, tanto en su formación como erosión, son los responsables de gran parte de los movimientos transversales de los cantos. A su vez, dichos cambios se producen a consecuencia del oleaje y las mareas. Para ello, se han analizado los datos obtenidos en la boya y el mareógrafo cercanos al área de estudio (Fig. 4), para tratar de establecer un patrón de respuesta.

La tasa de transporte transversal (expresada de metros/día) se obtiene para comparar los valores de desplazamiento entre cada una de las campañas debido

a que estas no están espaciadas en el tiempo con el mismo intervalo. Por tanto, se han dividido las distancias por el tiempo transcurrido entre cada periodo.

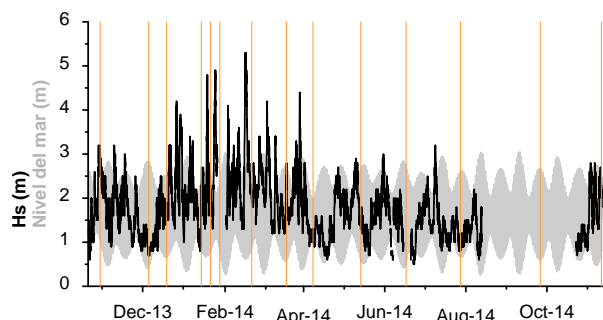


FIGURA 4. Datos de altura de ola significativa (línea negra) y del nivel del mar (línea gris) obtenidos por la boya de Gran Canaria y el mareógrafo Las Palmas 2, respectivamente. Las franjas naranjas y verticales corresponden a las fechas en las que se ha llevado a cabo una campaña (ver Tabla I).

Cuando todos los cantos detectados se encuentran ubicados en la zona superior de la berma y, además, el promedio de Hs es de 1,75 m, la tasa de transporte que se obtiene es pequeña, 0,013 m/día para el periodo entre 21/10/2013 y el 30/10/2013. No obstante, en condiciones de oleaje parecidas, promedio Hs 1,71 m, pero cuando no todos los cantos se encuentran por encima de la berma, la tasa de transporte transversal del periodo entre 08/04/2014 y 14/05/2014 es de 0,13 m/día, siendo la tasa máxima de $\pm 0,2$ m/día a lo largo de todo este estudio. Sin embargo, las condiciones de marea no son las mismas en ambos casos debido a que el tiempo transcurrido en el segundo periodo es mayor. Por tanto, a pesar de que el responsable del movimiento de los cantos y la berma sea el oleaje y las mareas, también es importante la ubicación de los trazadores en función de la berma.

A fin de determinar la relación entre la berma y el transporte transversal se ha llevado a cabo el cálculo del promedio del desplazamiento transversal (m) para cada uno de los intervalos entre las campañas realizadas. Los cambios de la berma se han establecido mediante el promedio de la distancia de la berma para 5 perfiles repartidos a lo largo de toda el área de estudio (Fig. 5).

El promedio del desplazamiento transversal y el de la distancia a la berma tienen un comportamiento parecido a lo largo de todas las campañas. Sin embargo, existen diferencias entre ellos porque la berma no se comporta del mismo modo en todas las zonas de la playa. Por ejemplo, como sucede en la campaña del día 26/9/2014 donde la berma discurre paralela a la costa en el oeste y en la zona centro es oblicua. Esto produce que al hacer el promedio de dicha berma el dato final no se ajuste con exactitud al comportamiento de los cantos. Además, al tratarse de una playa muy activa a veces los cantos detectados se

encuentran en abundancia en una misma zona y menos representados en otras.

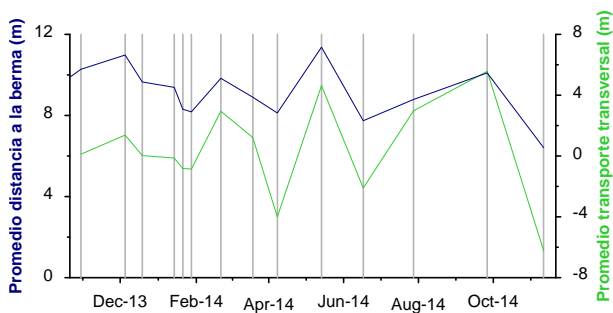


FIGURA 5. Respuesta del promedio de la distancia a la berma y del promedio de los desplazamientos transversales frente al tiempo. Las líneas verticales indican cada una de las campañas realizadas.

Aunque en ocasiones el transporte perpendicular a la costa se produce hacia tierra, los desplazamientos más comunes son los generados por la gravedad que provocan un movimiento de los cantos desde la zona superior de la berma hacia la inferior. Esto se debe a los elevados valores de pendiente que tienen las playas de cantos y mixtas. Además, si los cantos se encuentran cerca de la cresta de la berma en condiciones de oleaje de baja energía pueden desestabilizarse y moverse hacia el mar. Sin embargo, los valores de desplazamiento hacia tierra y hacia mar son parecidos, llegando a alcanzar los ± 20 m. Estos resultados coinciden con lo establecido por Allan et al. (2006) quien determinó que existía un fuerte transporte transversal, consistente en movimientos hacia arriba y hacia abajo de la berma. No obstante, según Curoy (2010) los cantos de la zona superior de la berma en general muestran mayores desplazamientos hacia el mar en comparación con los de la zona baja que sufren desplazamientos transversales más pequeños.

CONCLUSIONES

Los mayores valores de desplazamiento de cantos se producen paralelos a la costa, aunque también existen movimientos transversales importantes. Uno de los principales agentes responsables de dicho transporte son los cambios morfológicos que experimenta la berma a lo largo del tiempo, y que a su vez son inducidos por el oleaje y las mareas. En general, se puede apreciar como el comportamiento de la berma y el transporte transversal de cantos es muy

similar. Sin embargo, no se ha podido determinar la existencia de un patrón estacional del transporte debido a que en las mismas condiciones hay partículas que se mueven hacia tierra y otras hacia el mar.

AGRADECIMIENTOS

Los datos de oleaje han sido cedidos por Puertos del Estado permitiendo el desarrollo de dicho trabajo.

REFERENCIAS

- Allan, J.C., Hart, R. y Tranquili, J.V. (2006): The use of Passive Integrated Transponder (PIT) tags to trace cobble transport in a mixed sand-and-gravel beach on the high-energy Oregon coast, USA. *Marine Geology*, 232: 63-86.
- Bertoni, D., Grotoli, E., Ciavola, P., Sarti, G., Benelli, G. y Pozzebon, A. (2013): On the displacement of marked pebbles on two coarse-clastic beaches during short fair-weather periods (Marina di Pisa and Portonovo, Italy). *Geo-Marine Letters*, 33 (6): 463-476.
- Bertoni, D., Sarti, G., Benelli, G., Pozzebon, A. y Raguseo, G. (2012): Transport trajectories of "smart" pebbles on an artificial coarse-grained beach at Marina di Pisa (Italy): Implications for beach morphodynamics. *Marine Geology*, 291-294: 227-235.
- Buscombe, D. y Masselink, G. (2006): Concepts in gravel beach dynamics. *Earth-Science Reviews*, 79: 33-52.
- Curoy, J. (2010): *Morphological and longshore sediment transport processes on mixed beaches*. Tesis Doctoral, University of Sussex, 448 p.
- Curtiss, G.M., Osborne, P.D. y Horner-Devine, A.R. (2009): Seasonal patterns of coarse sediment transport on a mixed sand and gravel beach due to vessel wakes, wind waves, and tidal currents. *Marine Geology*, 259: 73-85.
- Komar, P.D. y Allan, J.C. (2010): "Design with Nature" strategies for shore protection- The construction of a cobble berm and artificial dune in an Oregon State Park. En: *Proceedings of a State of the Science Workshop*, 2010-5254: 117-126.