

ONDAS SEDIMENTARIAS Y MORFOLOGÍAS EROSIVAS EN EL TALUD INSULAR DE GRAN CANARIA (ISLAS CANARIAS, ESPAÑA)



M.J. Sánchez-García ⁽¹⁾, I. Montoya-Montes ⁽¹⁾, I. Alonso ⁽¹⁾, O. Sánchez-Guillamón ⁽²⁾, M. Casamayor ⁽¹⁾.

(1) Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017. Las Palmas, España; mariajose.sanchez@ulpgc.es.

(2) Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero, S/N, 29640 Málaga, España.

Abstract (Sediment waves and erosive features on the insular slope offshore Gran Canaria (Canary Islands, Spain): *Sediment waves have been attributed to several formation processes in order to explain their origin. Moreover, studies about submarine canyons and gullies around the world have been widely conducted because of their importance as sediment transference systems. The aim of this work consists on describing by the first time, sediment waves and erosive features on the SW slope offshore Gran Canaria Island. Geomorphological features have been interpreted from multibeam data, TOPAS registers and sediment samples. Canyons and gullies NE-SW oriented are eroding an stratified sedimentary deposit. Furthermore, sediment waves are located on the upper slope. Hydrodynamics seems to have changed from the Roque Nublo volcanic phase until present, as well as upslope fluxes are the likely sediment waves forming agent.*

Palabras clave: Formas de fondo, morfología, talud, Gran Canaria.

Key words: Bedforms, morphology, slope, Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

Factores tales como la fisiografía del medio, los procesos hidrodinámicos, la tectónica, el clima, los aportes sedimentarios o las variaciones del nivel del mar, controlan la dinámica sedimentaria en márgenes continentales tanto a escala global como local y, por tanto, condicionan la formación de determinados elementos morfológicos.

El origen de las ondas sedimentarias se ha relacionado con un variado abanico de condiciones medioambientales, tanto en plataforma (Flemming, 1980; Durán et al., 2014) como en zonas más profundas (Bøe et al., 2015). La aparición de ondas sedimentarias en el talud se ha relacionado con procesos tales como flujos hiperpícnicos fluviales, deslizamientos gravitacionales, flujos de densidad de erupciones volcánicas, corrientes turbidíticas, corrientes de contorno u ondas internas (Wynn y Stow, 2002; Lobo, et al., 2015; Ribó et al., 2016; Pope et al., 2018; Quartau et al., 2018). Con frecuencia, ondas sedimentarias descritas en la literatura se han descrito localizadas en las proximidades de cañones o gullies submarinos (Puig et al., 2017; Almeida et al., 2015).

Cañones y gullies se han descrito ampliamente en todos los márgenes continentales del mundo (Harris y Whiteway, 2011), y constituyen un elemento morfológico con un papel fundamental en la transferencia de sedimentos entre zonas más someras y áreas más profundas de las cuencas oceánicas.

Con el presente trabajo se pretende realizar una primera descripción de las ondas sedimentarias, cañones y gullies observados en el talud insular de la isla de Gran Canaria, de cara a entender los procesos oceanográficos que controlan su formación.

ÁREA DE ESTUDIO

El margen insular de la isla de Gran Canaria cuenta con una plataforma bien desarrollada si se compara con otras islas del archipiélago, si bien, su joven edad (14 Ma, primera fase magmática; Cuaternario, última fase volcánica), hace que algunos sectores de la plataforma insular tengan poca amplitud y depósitos sedimentarios de poca potencia (Criado et al., 2002). Por su parte, el talud (estrecho y con pendientes de hasta 25°), y el ascenso continental (de pendiente más suave y apareciendo entre los 1000 y 3000 m de profundidad) (Maestro et al., 2005), son reflejo de la historia geológica de la isla, donde tras diversos episodios volcánicos y desplome de flancos se produjeron deslizamientos gravitacionales que removilizaron gran cantidad de material hacia las zonas más profundas.

La zona de estudio de este trabajo concretamente corresponde a un tramo de unos 20 km de longitud en el SO del talud insular de Gran Canaria. Esta zona abarca desde el borde de plataforma hasta casi 1000 m de profundidad (Fig.1), presenta una pendiente de unos 15° de inclinación, y en ella se dan unas morfologías tanto erosivas como de acumulación de sedimentos que son objeto de este trabajo.

La estructura de masas de agua en la zona comienza con las aguas superficiales (0 a 100 m), seguidas de las aguas centrales (*North Atlantic Central Water*) (100 a 700 m), aguas intermedias (*Mediterranean Water*, *Labrador Sea Water* y *Antarctic Intermediate Water*) (700 a 1500 m), y las aguas profundas (*North Atlantic Deep Water*) (1500 a 3000 m) (Hernández-Guerra et al., 2005; Pastor et al., 2015). La región se caracteriza por estar afectada por giros generados como consecuencia de la interacción del relieve y la topografía de la isla (plataforma y talud), con la Corriente de Canarias (Sangrá et al., 2007),



Fig. 1: Localización de la zona de estudio y de los perfiles geofísicos realizados (Base batimétrica y topográfica: EMODNET 2019).

provocando una variación en la velocidad de la corriente en las zonas próximas a la isla. Por otra parte, Sangrá et al. (2001) describieron la existencia de ondas internas en el borde de plataforma en esta región.

Las investigaciones geológicas llevadas a cabo en la zona sumergida están relacionadas con grandes deslizamientos en la isla (Funk y Schmincke, 1998; Krastel et al., 2001a; Acosta et al., 2003; Pérez-Torrado et al., 2006; Carracedo et al., 2009), con grandes morfologías en el talud, fondos oceánicos de las islas en su conjunto o de alguna de ellas en concreto (Krastel et al., 2001b; Llanes et al., 2009; Palomino et al., 2016), entre otros).

METODOLOGÍA

Los datos presentados en este trabajo se recopilieron a bordo del barco de investigación Ángeles Alvariño, durante dos campañas en 2018 y 2019 (MIO18, MIO19). El conjunto de datos incluye perfiles de batimetría multihaz (Kongsberg-Simrad EM710), perfiles sísmicos de muy alta resolución a partir de sonda paramétrica TOPAS (Kongsberg-Simrad PS18), y muestras superficiales de sedimento obtenidas con draga Shipek.

Los datos batimétricos se procesaron con CARIS HIPS&SIPS, obteniendo un modelo batimétrico de 15 m de resolución que se integró en un sistema de información geográfica (ArcGIS), para realizar el análisis geomorfológico. Por su parte, los datos de la sonda TOPAS se cargaron en Kingdom para su interpretación. Las 6 muestras de sedimento obtenidas con la draga fueron lavadas, secadas, cuarteadas y separadas por tamaños (fracción gruesa mediante tamizado en seco y fracción fina con analizador láser). Además, se realizaron calcimetrías con calcímetro de Bernard para determinar el porcentaje en carbonatos de las muestras.

RESULTADOS

La plataforma en esta zona tiene unos 9,5 km de anchura, pendiente de 3° y presenta un borde bastante irregular cuya morfología está controlada por las cabeceras de algunos cañones submarinos que se inciden en el escape. La profundidad del límite de la plataforma en esta zona oscila entre 105 y 120 m (Fig. 2).

Se han cartografiado un total de 29 morfologías erosivas perpendiculares al borde de plataforma que, siguiendo la metodología seguida por Huang et al. (2014), corresponden a 24 cañones y 5 *gullies*. Esta diferencia se basa principalmente en la longitud del rasgo y su posición dentro del margen continental. Se encuentran orientados NE-SO, cuentan en su mayoría con longitudes mayores de 1 km llegando a alcanzar hasta un máximo de 4 km. Asimismo, presentan un trazado bastante rectilíneo, sin apenas tributarios y con perfiles en U y V (Fig.2).

Los cañones a su paso por el talud, van excavando un depósito sedimentario (DS) cuya cota superior se encuentra entre los 350 m de profundidad en la zona más septentrional y los 250 m en el extremo meridional, y donde el límite inferior alcanza los 700 m de profundidad. Se trata de un depósito de sedimentos, orientado NO-SE, que ocupa una superficie de 41 km². Tiene 15 m de espesor en su parte central y adelgaza hacia los extremos pendiente arriba y pendiente abajo. Este depósito se ubica en una zona menos inclinada (5°) y presenta una clara organización interna a diferencia de los materiales sobre los que se apoya. Los perfiles sísmicos muestran una unidad superior (DS) cuyas facies se caracterizan por presentar reflectores paralelos con un techo ondulado que se apoyan sobre otra unidad menos transparente que la anterior, con hipérbolas cuyo techo también es ondulado. En los sedimentos superficiales analizados predomina la fracción de tamaño arena y el contenido medio en carbonato es de un 32%.

Por otra parte, en la parte superior del talud, entre los 200 y los 350 m de profundidad, en una zona con pendientes alrededor de los 7,5° se identifica la presencia de ondas sedimentarias. Presentan alturas entre 5 y 10 m, longitudes de onda entre 200 y 300 m y presentan un perfil asimétrico. Se observa una disminución de la altura de estas ondas conforme aumenta la profundidad.

En la zona sur se localizan una serie de bloques rocosos caóticos de grandes dimensiones.

DISCUSIÓN

Levantamientos geofísicos previos realizados en esta región (Funk y Schmincke, 1998), sugieren la presencia de depósitos correspondientes a la avalancha de derrubios de la fase eruptiva Roque Nublo. Dichos depósitos presentan una estructura interna caótica, ocuparían una gran extensión y en ellos hay muchos bloques rocosos de gran tamaño. Estos bloques son los observados al sur de nuestra zona de estudio, y

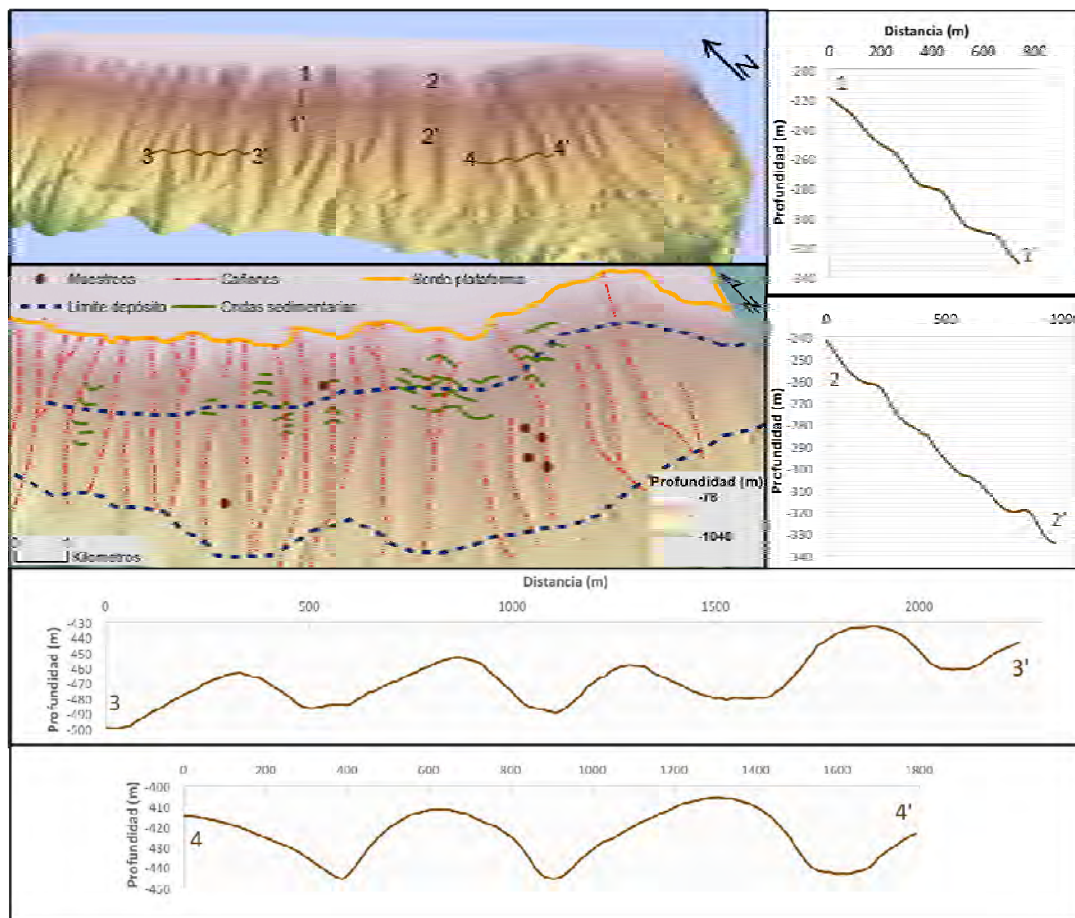


Fig. 2: (Arriba) Esquema 3D de la zona de estudio, realizado a partir de datos multihaz, con un paso de malla de 15x15 metros. Iluminación artificial desde el NW. Líneas marrones: perfiles batimétricos. (Centro): Interpretación morfológica y localización de los puntos de muestreo de sedimentos.)Abajo y Derecha= Perfiles batimétricos transversales y longitudinales al talud.

sobre ellos se habría emplazado el depósito estratificado descrito en este trabajo. La disposición del mismo sugiere unas condiciones de transporte de sedimentos paralelo a las líneas de contorno, no descartable dada la formación en la zona de remolinos asociados a la Corriente de Canarias. No obstante, serían condiciones hidrodinámicas diferentes a las que posteriormente originaron la formación del sistema de cañones y *gullies* que actualmente erosionan el depósito sedimentario. De cara a confirmar esta hipótesis, sería necesario un análisis detallado de la hidrodinámica actual de la región.

Al igual que depósitos similares descritos en Madeira (Quartau et al., 2018), las ondas sedimentarias de la parte alta del talud, se encuentran todas ellas aproximadamente a la misma profundidad, sus crestas son bastante perpendiculares a la dirección de máxima pendiente y se localizan en una zona donde la pendiente se suaviza en comparación con las zonas circundantes. Según la clasificación de Symons et al. (2016), corresponderían a ondas de sedimento de pequeña escala (20-300 m de longitud de onda). La asimetría hacia la zona superior del talud sugiere el sentido de migración de las formas hacia zonas menos

profundas, por lo que podrían relacionarse con flujos pendiente arriba y no tanto con procesos gravitacionales (Hughes-Clarke et al., 2012; Symons et al., 2016).

Las diferencias entre los porcentajes de sedimentos terrígenos/biogénicos no son especialmente significativas dado el pequeño número de muestras analizado, si bien, de los resultados de los análisis se puede deducir que hay una mayor proporción de sedimentos procedentes de áreas emergidas que de áreas marinas.

Futuras investigaciones completarán los estudios sedimentológicos e hidrodinámicos.

CONCLUSIONES

El talud insular de la isla de Gran Canaria en su región SW cuenta con: (i) un sistema de cañones y *gullies* submarinos que se encuentran erosionando un depósito sedimentario posiblemente originado en condiciones hidrodinámicas diferentes a las actuales; (ii) un conjunto de ondas sedimentarias de pequeña escala cuyo origen podría relacionarse con flujos ascendentes; (iii) grandes bloques rocosos en la zona

profunda, que confirman la presencia de la avalancha de derrubios de la fase eruptiva Roque Nublo descrita en trabajos previos.

REFERENCIAS

- Acosta, J., Uchupi, E., Muñoz, A., Herranz, P., Palomo, C., Ballesteros, M. (2003). Geologic evolution of the Canarian Islands of Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera and comparison of landslides at these islands with those at Tenerife, La Palma and El Hierro. *Marine Geophysical Research*, 24, 1-40.
- Almeida, N.M.d., Vital, H., Gomes, M.P. (2015). Morphology of submarine canyons along the continental margin of the Potiguar Basin, NE Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 68(Part A), 307-324.
- Bøe, R., Skarðhamar, J., Rise, L., Dolan, M.F.J., Bellec, V.K., Winsborrow, M., Skagseth, Ø., Knies, J., King, E.L., Walderhaug, O., Chand, S., Buenz, S., Mienert, J. (2015). Sandwaves and sand transport on the Barents Sea continental slope offshore northern Norway. *Marine and Petroleum Geology*, 60, 34-53.
- Carracedo, J. C., Pérez Torrado, F.J., Paris, R., Rodríguez Badiola, E. (2009). Megadeslizamientos en las Islas Canarias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.1, 44-56.
- Criado, C., González, R., Yanes, A. (2002). Rasgos sedimentológicos de los fondos marinos de Maspalomas (Gran Canaria). *Vegueta*, 6, 191-200.
- Durán, R., Canals, M., Sanz, J.L., Lastras, G., Amblas, D., Micallef, A. (2014). Morphology and sediment dynamics of the northern Catalan continental shelf, northwestern Mediterranean Sea. *Geomorphology*, 204, 1-20.
- Krastel, S., Schmincke, H.U., Jacobs, C. L., Rihm, R., Le Bas, T. P., Alibés, A. (2001a). Submarine landslides around the Canary Islands. *J. Geophys. Res.*, 106(B3), 3977-3997.
- Krastel, S., Schmincke, H.U., Jacobs, C.L. (2001b) Formation of submarine canyons on the flanks of the Canary Islands. *Geo-Marine Letters*, 20 (3), 160-167.
- Flemming, B.W. (1980): Sand transport and bedform patterns on the continental shelf between Durban and Port Elisabeth (Southeast African Continental Margin). *Sedimentary Geology*, 26(1-3): 179-205.
- Funck, T., Schmincke, H.U., (1998). Growth and destruction of Gran Canaria deduced from seismic reflection and bathymetric data. *Journal of Geophysical Research*, 103 (B7): 15393-15407.
- Harris, P.T., Whiteway, T. (2011). Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, 285, 69-86.
- Huang, Z., Nichol, S.L., Harris, P.T., Caley, M.J. (2014). Classification of submarine canyons of the Australian continental margin. *Marine Geology*, 357, 362-383.
- Hughes Clarke, J.E., Brucker, S., Muggah, J., Church, I., Cartwright, D., Kuus, P., Hamilton, T., Pratomo, D., Eisan, B. (2012). The Squamish ProDelta: monitoring active landslides and turbidity currents. *Canadian Hydrographic Conference*. 1-15.
- Llanes, P., Herrera, R., Gómez, M., Muñoz, A., Acosta, J., Uchupi, E., Smith, D., (2009). Geological evolution of the volcanic island La Gomera, Canary Islands, from analysis of its geomorphology. *Marine Geology*, 264 (3-4), 123-139.
- Lobo, F.J., Goff, J.A., Mendes, I., Bárcenas, P., Fernández-Salas, L.M., Martín-Rosales, W., Macías, J., Díaz del Río, V. (2015). Spatial variability of prodeltaic undulations on the Guadalfeo River prodelta: support to the genetic interpretation as hyperpycnal flow deposits. *Marine Geophysical Research*, 36 (4), 309-333.
- Maestro A., Medialdea, T., Llave, E., Somoza, L., León, R. (2005). En: *El margen continental de las Islas Canarias. Mapa Geomorfológico de España y del margen continental* (A. Martín-Serrano Ed.). IGME, Madrid (España). 227-232.
- Pérez-Torrado, F.J., Paris, R., Cabrera, M.C., Schneider, J.L., Wassmer, P., Carracedo, J.C., Rodríguez-Santana, A., Santana, F. (2006). Tsunami deposits related to flank collapse in oceanic volcanoes: The Agaete Valley evidence, Gran Canaria, Canary Islands. *Marine Geology*, 227 (1-2), 135-149.
- Palomino, D., Vázquez, J.T., Somoza, L., León, R., López-González, N., Medialdea, T., Fernández-Salas, L.M., González, F.J., Rengel, J. (2016). Geomorphological features in the southern Canary Island Volcanic Province: The importance of volcanic processes and massive slope instabilities associated with seamounts. *Geomorphology*, 255, 125-139.
- Pastor, M. V., Vélez-Belchí, P., & Hernández-Guerra, A. (2015). Water masses in the Canary current large marine ecosystem. Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. IOC-UNESCO, Paris. IOC Tech Ser, 115, 73-79.
- Hernández-Guerra, A., Fraile Nuez, E., Lopez-Laatzén, F., Martínez, A., Parrilla, G., Velez, P. (2005). Canary Current and North Equatorial Current from an inverse box model. *Journal of Geophysical Research*, 110, C1209.
- Pope E.L., Jutzelerb, M., Cartignyc, M.J.B., Shreeved, J., Talling, P.J., Wrightg, I.C., Wysoczansk, R.J. (2018). Origin of spectacular fields of submarine sediment waves around volcanic islands. *Earth and Planetary Sciences*, 493, 12-24.
- Puig, P., Durán, R., Muñoz, A., Elvira, E., Guillén, J. (2017). Submarine canyon-head morphologies and inferred sediment transport processes in the Alías-Almanzora canyon system (SW Mediterranean): On the role of the sediment supply. *Marine Geology*, 393, 21-34.
- Quartau, R., Ramalho, R.S., Madeira, J., Santos, R., Rodrigues, A., Roque, C., Carrara, G., Brum, da Silveira, A. (2018). Gravitational, erosional and depositional processes on volcanic ocean islands: Insights from the submarine morphology of Madeira Archipelago. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 482, 288-299.
- Ribó, M., Puig, P., Muñoz, A., Lo Iacono, C., Masqué, P., Palanques, A., Acosta, J., Guillén, J., Gómez Ballesteros, M., (2016). Morphobathymetric analysis of the large fine-grained sediment waves over the Gulf of Valencia continental slope (NW Mediterranean). *Geomorphology*, 253, 22-37.
- Sangrá, P., Basterretxea, G., Pelegrí, J.L., Arístegui, J. (2001). Chlorophyll increase due to internal waves on the shelf break of Gran Canaria (Canary Islands). *Scientia Marina*, 65 (Suppl.1), 89-97.
- Sangrá, P., Auladell, M., Marrero-Díaz, A., Pelegrí, J.L., Fraile-Nueza, E., Rodríguez-Santana, A., Martín, J.M., Mason, E., Hernández-Guerra, A. (2007). On the nature of oceanic eddies shed by the Island of Gran Canaria. *Deep-Sea Research* 154, 687-709.
- Symons, W.O., Sumner, E.J., Talling, P.J., Cartigny, M.J.B., Clare, M.A., (2016). Large-scale sediment waves and scours on the modern seafloor and their implications for the prevalence of supercritical flows. *Marine Geology*, 371, 130-148.
- Wynn, R.B., Stow, D.A.V., (2002). Classification and characterisation of deep-water sediment waves. *Marine Geology*, 192 (1-3), 7-22.