

Depósitos submarinos asociados al deslizamiento gigante del Puerto del Rosario (norte de Fuerteventura, Islas Canarias)

Submarine deposits associated with the giant slide of Puerto del Rosario (north of Fuerteventura, Canary Islands)

Ramón Casillas Ruiz¹, Juan Ramón Colmenero Navarro² y Szabolcs Harangi³

¹ Departamento de Edafología y Geología. Fac. de Biología. C/Astrofísico Sánchez s/n. Universidad de La Laguna. 38206. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife; rcasilla@ull.es

² Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Univ. de Salamanca, Plaza de la Merced s/n 37008 Salamanca; colme@usal.es

³ Department of Petrology and Geochemistry, Institute of Geography and Earth Sciences, Eötvös Loránd University, Pázmány sétány 1/C, H-1117, Budapest (Hungria) szabolcs.harangi@geology.elte.hu

ABSTRACT

On the western coast of Fuerteventura, north of Puertito de Los Molinos, the basal shear surface of the Puerto del Rosario slide crops out. Over the surface, several levels of breccias, conglomerates and sands occur, interspersed with pillow-lavas and pillow-lavas fragment breccias, which represent a sequence of subaqueous mass flows. Flows that deposited the breccias and sands represent the underwater transformation of debris avalanches related to the main landslide of Puerto del Rosario and with other secondary landslides. Flows represented by conglomerate resulted from the underwater transformation of hyper-concentrated subaerial flows and from the collapse of the pillow-lavas present in coastal lava deltas. The occurrence of these submarine materials above the current sea level seems to be related to a generalized uplift of the western part of Fuerteventura, possibly related to the isostatic readjustment suffered by this part of the island as a result of the enormous mass release caused by the Puerto del Rosario slide.

Key-words: Fuerteventura, Puerto del Rosario slide, submarine mass flows, isostatic uplift.

RESUMEN

En la costa occidental de Fuerteventura, al norte del Puertito de Los Molinos, aflora la superficie basal de deslizamiento de Puerto del Rosario. Sobre esta superficie, aparecen una serie de niveles de brechas, conglomerados y arenas, intercalados con lavas almohadilladas y brechas de fragmentos de almohadillas, que representan una secuencia de flujos en masa subacuáticos. Los flujos que han dado lugar a brechas y arenas representan la transformación subacuática de avalanchas de escombros relacionadas con el deslizamiento principal de Puerto del Rosario y con otros deslizamientos secundarios. Los flujos representados por conglomerados proceden de la transformación subacuática de flujos hiperconcentrados subaéreos y del colapso de las lavas almohadilladas presentes en deltas de lava costeros. La aparición de estos materiales subacuáticos por encima del nivel del mar actual parece estar relacionada con un levantamiento generalizado de la parte occidental de Fuerteventura, posiblemente relacionado con el reajuste isostático sufrido por esta parte de la isla como consecuencia de la enorme liberación de masa provocada por el deslizamiento de Puerto del Rosario.

Palabras clave: Fuerteventura, deslizamiento de Puerto del Rosario, flujos en masa subacuáticos, levantamiento isostático.

Geogaceta, 66 (2019), 103-106
ISSN (versión impresa): 0213683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 9 de enero de 2019
Revisión: 25 de abril de 2019
Aceptación: 24 de mayo de 2019

Introducción

En las Islas Canarias se han contabilizado hasta 30 grandes deslizamientos gravitacionales ocurridos a lo largo de su historia. Estos colapsos laterales de los edificios volcánicos produjeron avalanchas de escombros (*debris avalanches*) integradas por grandes volúmenes de materiales (varios km³) que se desplazaron pendiente abajo a altas velocidades (100 m/s) hasta los fondos oceánicos adyacentes donde ocupan amplias áreas con espesores que alcanzan cientos de metros (Acosta *et al.*,

2003). Sólo una parte reducida de dichos depósitos ha quedado retenida en las islas. Algunos de estos deslizamientos estuvieron acompañados de erupciones laterales explosivas (*blast*), cuyos materiales piroclásticos aparecen interestratificados con los de las avalanchas.

Fuerteventura ha sufrido varios de estos grandes deslizamientos a lo largo de su historia (Ancochea *et al.*, 1993; Stillman, 1999). El más septentrional, conocido como deslizamiento del Puerto del Rosario (DPR, Acosta *et al.*, 2003), tuvo lugar hace unos 16 Ma y estuvo relacionado con el

desplome del flanco occidental de la Dorsal Inicial (Edificio Inferior Norte o de Tetir de Ancochea *et al.*, 1993). Sus litofacies y evolución fueron descritos, inicialmente por Casillas *et al.* (2012). En este trabajo se analizan e interpretan las litofacies litorales y submarinas que afloran en la base de los acantilados de la costa occidental de la isla (Fig. 1) sobre las rocas volcánicas submarinas del Complejo Basal, a lo largo de unos 3 km, desde unos 500 m al S de la desembocadura del barranco de Jarugo hasta otros 500 m al N del Puertito de Los Molinos.

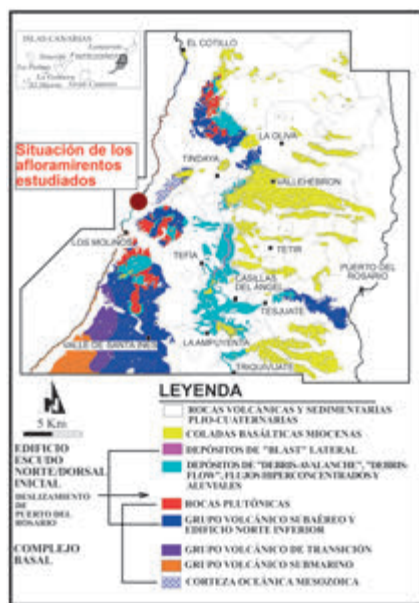


Fig. 1. - Mapa geológico de la parte norte de la isla de Fuerteventura.

Fig. 1.- Geological map of the northern part of the Fuerteventura Island.

Caracteres geológicos del afloramiento

Los materiales que asociamos al DPR se disponen por encima de la superficie basal del deslizamiento sobre las rocas volcánicas submarinas del Complejo Basal de la Isla (Grupo Volcánico Submarino, GVS, diferenciado por Casillas *et al.*, 2008). Este conjunto está cubierto discordantemente por las coladas basálticas mio-pliocenas que truncan la superficie del deslizamiento (Fig. 2).

Bajo la superficie basal los 4 m superiores del GVS están totalmente triturados y deformados en bandas adelgazadas y estiradas siguiendo planos paralelos a la superficie del deslizamiento. Estas bandas



Fig. 2. - Panorámica del afloramiento estudiado, en el que se observa la superficie basal del deslizamiento y la parte baja de los depósitos descritos.

Fig. 2.- Overview of the studied outcrop, in which the basal surface of the landslide and the lower part of the described deposits are observed.

están integradas por brechas foliadas con clastos basálticos "supervivientes" (*survivors grains*) de 5 a 30 cm de diámetro, mayormente sub-redondeados y con poca evidencia de fracturación (Fig. 3). En esta zona, con frecuencia, es posible reconocer los diferentes niveles de brechas de fragmentos de almohadillas y diques, a pesar de la intensa fracturación, que constituyen fragmentos de hasta 10-15 cm incluidos en una matriz cataclástica de grano fino. En las proximidades de la superficie del deslizamiento, las bandas estiradas dan lugar a una brecha granular foliada que a menudo muestra una intensa mezcla de los fragmentos, así como cambios abruptos en el espesor de las capas, pliegues, estructuras de flujo y otros signos de ductilidad mesoscópica (Miller, 1996). En todo este sector de la isla, los diques que atraviesan las rocas del Complejo Basal (el Grupo Volcánico Submarino, el Grupo Volcánico Subaéreo, Casillas *et al.*, 2008; y las rocas plutónicas) se encuentran plegados bajo la superficie del deslizamiento.



Fig. 3. - Detalle de la superficie de deslizamiento.

Fig. 3.- Detail of the sliding surface.

Descripción e interpretación de las litofacies encontradas

Desde la superficie de deslizamiento, y a lo largo de la base del acantilado, se ha podido reconstruir la sección estratigráfica mostrada en la figura 4, integrada por una sucesión de aproximadamente 100 m de materiales epiclásticos (brechas, conglomerados y arenas), hialoclasticos y volcánicos. El estudio petrográfico y sedimentológico realizado en estos materiales nos ha permitido diferenciar cinco tipos de facies, cuyos caracteres más relevantes se han sintetizado en la tabla I.

La parte inferior de la sucesión (Fig. 4) está constituida por cinco niveles de brechas y/o, en menor medida, conglomerados (Facies BS1) que se encuentran por

debajo de un paquete de lavas almohadilladas (Facies LS1). Su asociación con lavas almohadilladas (LS1) e hialoclastitas (BS2) sugiere que la deposición de estos cinco niveles tuvo lugar en zonas de pendiente submarina, relativamente poco profundas, por corrientes de turbidez de alta densidad producidos por la transformación subacuática de flujos de gravedad (*debris flows*) desarrollados por la transformación subaérea de los *debris-avalanches* producidos por el deslizamiento basal principal y otros secundarios, del DPR (Casillas *et al.*, 2012). Este tipo de transformaciones subacuáticas (Lowe, 1982; Mutti *et al.*, 1996; Sohn *et al.*, 1999) lleva aparejada la aparición de dos flujos asociados: uno inercial, basal y denso, de movimiento más rápido, donde la turbulencia se amortigua por una alta concentración de sedimentos; y otra superior, de un flujo turbulento y más diluido. Mientras que en zonas próximas a la costa se produjo la sedimentación de la mayor parte de los depósitos transportados por el flujo inercial, el flujo acompañante superior más diluido sobrepasó estos depósitos y, probablemente, pudo recorrer grandes distancias sobre el talud insular y la llanura abisal hasta llegar a zonas tan alejadas como la llanura Abisal de Madeira, dando lugar a varias secuencias turbidíticas, similares a las que describen Wynn y Masson (2003) para el deslizamiento de El Golfo (El Hierro) y el de Icod-Las Cañadas (Tenerife) y en las secuencias de turbiditas volcanoclasticas del Mioceno medio estudiadas por Alibés *et al.* (1999) y Hunt *et al.* (2012). En el caso de Fuerteventura, los diferentes flujos diluidos acompañantes pudieron generar, al menos, cinco secuencias turbidíticas, sobre el fondo oceánico en muy poco tiempo.

Otras facies epiclásticas presentes en la sucesión están formadas por arenas de grano grueso masivas o groseramente gradadas (Facies SS1) y alternancias rítmicas granodecipientes de arenas gruesas y finas (Facies SS2). Las primeras se interpretan como un depósito a partir de una corriente turbidítica de alta densidad, similar a la división S3 de Lowe (1982) o las facies F5 de Mutti *et al.* (1999). La facies SS2 tiene caracteres similares a los depósitos de alfombra de tracción (*traction carpet*) descritos por Mutti (1992) y Sohn (1997). Por último, las lavas almohadilladas (Facies

Simbología



Fig.4. – Columna estratigráfica del afloramiento.

Fig. 4.- Geological section of the studied outcrop.

LS1) y las brechas de fragmentos de almohadillas (Facies BS2) se interpretan como el resultado del desarrollo y colapso de deltas de lava en la costa como consecuencia de la llegada a las mismas de flujos lávicos procedentes de erupciones subaéreas. La aparición de estos materiales subacuáticos por encima del nivel del mar actual parece estar relacionada con un levantamiento generalizado de la parte occidental de Fuerteventura, posiblemente relacionado con el reajuste isostático sufrido por esta parte de la Isla como consecuencia de la enorme liberación de masa provocado por el DPR.

Observaciones finales del deslizamiento gravitacional de Puerto del Rosario

En estudios batimétricos submarinos al oeste de Fuerteventura, Acosta *et al.* (2003) han mostrado la presencia de depósitos de *debris avalanche*. Estos depósitos están salpicados de bloques exóticos (uno de forma prismática con 22 × 11 km de sección) y los interpretan como el resultado del colapso gravitacional de los edificios volcánicos de la parte central y septentrional de Fuerteventura. La continuación en tierra de estos depósitos (Fig. 5) coincide con los límites

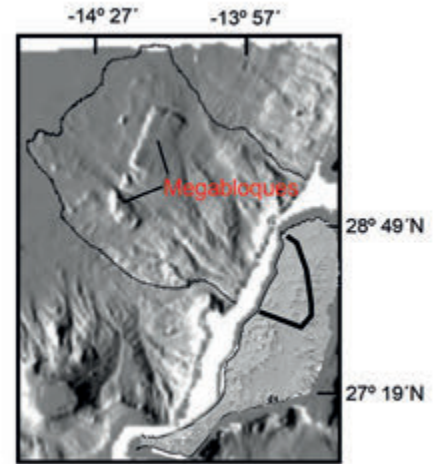


Fig. 5. – Anfiteatro del deslizamiento deducido en tierra y depósitos de la avalancha rocosa en el fondo del mar (tomado de Acosta *et al.*, 2003).

Fig. 5.- Interpreted subaerial landslide scar and submarine deposits of the debris avalanche (taken from Acosta *et al.*, 2003).

deducidos por Casillas *et al.* (2012) del antiguo anfiteatro producido por el deslizamiento gravitacional del flanco occidental del edificio Dorsal Inicial de Fuerteventura.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos CGL2008-01423 y CGL2009-07775/BTE CGL2016-75062-P del MCI; y PIL2190901 del Gob. de Canarias, y forma parte de las actividades del grupo de Investigación de la ULL "Crecimiento submarino y emersión de las Islas Canarias: estudio geológico de los Complejos Basales". Los autores agradecen las correcciones del revisor anónimo y del Dr. D. Ángel Puga Bernabéu que con sus interesantes sugerencias han ayudado a mejorar este artículo.

Referencias

Acosta, J., Uchupi, E., Muñoz, A., Herranz, P., Palomo, C., Ballesteros, M. y ZEE Working Group (2003). *Marine Geophysical Researches* 24, 1-40.

Alibes, B., Rothwell, R.G., Canales, M., Weaver, P.P.E. y Alonso, B. (1999). *Marine Geology* 160, 225-250.

Ancochea, E., Brandle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. (1993). *Memoria de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie de Ciencias Naturales*, 27, 151 p.

Casillas, R., Fernández, C., Ahijado, A., Gutiérrez, M., García-Navarro, E. y Camacho, M.

FACIES	LITOLOGÍA, TEXTURAS ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS Y ESTRATIFICACIÓN	APARICIÓN Y ESPESORES	INTERPRETACIÓN
(BS1) Brechas /Conglomerados.	Brechas (en menor medida conglomerados) clasto y matriz-soportadas, moderada a mal clasificadas. Clastos subangulosos a bien redondeados de basaltos vacuolares, diques basálticos, almogres, gabros, piroclastos basálticos, fragmentos de almohadillas y de traquitas. Contenido variable de matriz de arena a grava gruesa. Forman secuencias granocrecientes-granodecipientes, con contactos netos y erosivos, con arenas gruesas y gravas de grano medio laminadas en la base, que evolucionan verticalmente a brechas con clastos de 5-10 cm de diámetro que hacia el techo pasan ser más arenosas y adquieren una distribución bimodal de los fragmentos con clastos dispersos de hasta 3 m de diámetro. En las capas más conglomeráticas los clastos son subredondeados y redondeados y se imbrican con el eje mayor hacia el O.	Aparecen sobre la superficie de deslizamiento principal o sobre las facies BS2. Forma secuencias granodecipientes con las facies SS1 y SS2. Espesor entre 1-15 m.	Deposición a partir de flujos de derrubios y corrientes de turbidez de alta densidad ("high density gravelly turbidity currents" en el sentido de Lowe, 1982). Las facies observadas corresponderían a las divisiones R2 y R3 de Lowe (1982) o a la facies F3 de Mutti <i>et al.</i> (1999). Los niveles más brechoides corresponderían a la transformación submarina de las avalanchas de escombros generadas por el deslizamiento principal y otros secundarios. Los niveles más conglomeráticos y con fragmentos de almohadillas corresponderían a la transformación subacuática de los flujos hiperconcentrados subaéreos y del colapso de las lavas almohadilladas presentes en los deltas de lava.
(BS2) Brechas de fragmentos de almohadillas.	Brechas clasto (BS2A) y matriz-soportadas (BS2B) de fragmentos subangulosos de hasta 3 m de diámetro de lavas almohadilladas con la típica textura en "trozo de tarta". Matriz hialoclastítica de tamaño arena-grava fina, a veces, con una grosera laminación paralela.	Tramos de espesor variable entre 1 y 30 m alternando con o superpuestas a la facies LS1.	Depósitos de pendiente y base de deltas de lava generados por el colapso de los apilamientos de lavas almohadilladas (facies LS1) en las partes superiores de los deltas.
(SS1) Arenas gruesas masivas.	Arenas gruesas masivas o con grosera gradación normal.	Se encuentran superpuestas a la facies BS1. A techo suelen transitar a las facies SS2. Espesor variable entre 5-30 cm.	Sedimentación en masa desde una corriente de turbidez de alta densidad después de la zona de deposición de los flujos gravitatorios de gravas, brechas y conglomerados representados por las facies BS1. Equivalentes a la división S3 de Lowe (1982) o las facies F5 de Mutti <i>et al.</i> (1999).
(SS2) Alternancias rítmicas de arenas gruesas a finas.	Alternancias rítmicas de gravas finas-arenas gruesas-arenas finas (de milímetros hasta algún centímetro), constituyendo secuencias grano y estratodecipientes.	Aparecen a techo de BS1 y SS1. Espesor 5-30 cm.	Depósitos de alfombra de tracción (<i>traction carpet</i>) generados por corrientes turbidíticas de alta densidad de tipo F7 de Mutti <i>et al.</i> (1999).
(LS1) Lavas almohadilladas.	Lavas almohadilladas poco vesiculadas en tubos continuos de hasta 75 cm de diámetro con gran cantidad de fracturas radiales y concéntricas. Entre los tubos hay escaso material hialoclastítico y algún hueco.	Se apoyan en las facies BS1 o BS2, formando 5 niveles de espesor variable entre 3 y 25 m.	Flujos lávicos procedentes de erupciones subaéreas que atraviesan la línea de costa formando deltas de lava.

Tabla I. Descripción e interpretación de las principales litofacies encontradas.

Table I. Description and interpretation of the main lithofacies

(2008). *Geoguías* 6, 59-86.

Casillas, R., Colmenero, J.R. y Harani, S. (2012). *Geotemas* 13, 345-349.

Hunt, J., Wynn, R., Masson, D., Talling, P. y Teagle, D.A.H. (2012). *Geochemistry Geophysics Geosystems*, doi: 10.1029/2011gc003740.

Lowe, D.R. (1982). *Journal of Sedimentary Petrology* 52, 279-297.

Miller, M.G. (1996). *Geology* 24, 603-606.

Mutti, E. (1992). *Turbidite Sandstones*. AGIP-Inst. Geologia Univ. Parma. San Donato Milanese, 275 p.

Mutti, E., Davoli, G., Tinterri R. y Zavala, C. (1996). *Memorie di Scienze Geologiche, Università di Padova* 48,233-291.

Mutti, E., Tinterri, R., Remacha, E., Mavilla, N., Angella, S. y Fava, L. (1999). *An Introduction to the Analysis of Ancient Turbidite Basins from an Outcrop Perspective*. AAPG Course Notes, 39, 93 pp.

Sohn, Y.K. (1997). *Journal of Sedimentary Research* 67, 502-509.

Sohn, Y.K., Rhee, C.W. y Kim, B.C (1999). *Journal of Geology* 107, 111-132.

Stillman, C.J. (1999). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 94, 89-104.

Wynn, R.B. y Masson, D.G. (2003). En: *Submarine Mass Movements and Their Consequences* (J. Locat y J. Mienert, Eds.). Boston, London (Kluwer Academic Publ.), 325-332.