



## AMPLIFICACIÓN DEL EFECTO DESTRUCTIVO DE LOS DESPRENDIMIENTOS ROCOSOS POR DESLIZAMIENTO SOBRE SUELOS VOLCÁNICOS (TENERIFE Y MADEIRA)

J. Yepes Temiño (1), M.J. Rodríguez-Peces (2), S. Marchesini (3, 4), S. Leyva (5) y J.L. Díaz-Hernández (6)

- (1) Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. [jyepes@dic.ulpgc.es](mailto:jyepes@dic.ulpgc.es)  
(2) Departamento de Geodinámica. Universidad Complutense de Madrid. [martinjr@geo.ucm.es](mailto:martinjr@geo.ucm.es)  
(3) Laboratorio de Hormigones Tierras y Asfaltos. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. [sarasclera@gmail.com](mailto:sarasclera@gmail.com)  
(4) Dipartimento di Ingegneria Edile, Università Politecnica delle Marche, Ancona  
(5) Servicio de Conservación de Carreteras, Cabildo Insular de Tenerife. [sergiolc@tenerife.es](mailto:sergiolc@tenerife.es)  
(6) IFAPA Camino del Purchil, Junta de Andalucía. [josel.diaz@juntadeandalucia.es](mailto:josel.diaz@juntadeandalucia.es)

**Abstract (Amplification of the destructive effect of rock-falls by sliding on volcanic soils, Tenerife and Madeira):** This work provides geomorphological and geotechnical observations on the amplification of the destructive behaviour of rock falls developed in rocky slopes with a soil rich in organic matter, which are both exposed to high rainfall regimes. The determinant factor of this process would be related to the low geotechnical quality that the organic matter gives to the soil, which experience a sudden change in its fabric related to the dynamic load, similar to those observed in the quick clays in the fjords of Norway.

**Palabras clave:** *desprendimiento rocoso, Tenerife, arcillas rápidas, Islas Canarias*  
**Key words:** *Canary Islands, quick clays, rock fall, Tenerife.*

### INTRODUCCIÓN

Tenerife es una isla volcánica con más de 7 Ma desarrollada a lo largo de cuatro grandes ciclos (Ancochea et al., 2004). En ella se reconocen vestigios de tres edificios volcánicos antiguos (Anaga, Teno y Roque del Conde) desconectados entre sí y recubiertos parcialmente por los materiales de los ciclos recientes. Estos macizos antiguos están formados por potentes series de coladas basálticas, en las que se alternan lavas y piroclastos. La ausencia de actividad volcánica reciente en estos sectores de la isla ha permitido que la erosión progresara con eficacia y se desarrollase un relieve abrupto con escarpes subverticales. En este marco geográfico se observa la existencia de frecuentes desprendimientos rocosos que se acumulan en las vertientes de forma aislada o en extensos canchales. El rastro de estos procesos suele permanecer visible durante varios años, ya que los bloques abren un corredor a su paso por la foresta.

La peligrosidad de este proceso está acentuada por varios factores: a) la existencia de numerosos tramos de carretera que recorren los macizos basálticos antiguos; b) las fuertes rachas de viento que azotan la zona, casi siempre en dirección NO y que alcanzan los 147 km/h en la estación de lluvias (cf. [www.aemet.es](http://www.aemet.es)); c) la existencia de un extenso horizonte edáfico que tapiza la vertiente norte de Tenerife y que es rico en materia orgánica.

### SITUACIÓN

El estudio realizado se localiza en el macizo de Anaga, en el flanco NE de Tenerife. En este sector de la isla la pluviosidad alcanza los 550 mm/año, habiéndose registrado precipitaciones mensuales de 448 l/m<sup>2</sup>, según datos de la Agencia Estatal de Meteorología. También en este sector, entre las cotas 1.000 y 1.500 m, la acción de los vientos alisios produce un incremento de la humedad relativa del ambiente, al chocar contra la isla grandes masas de vapor de agua que son retenidas por el abrupto relieve. Ambos fenómenos han favorecido los procesos de meteorización del sustrato rocoso, la colonización de una cobertera vegetal de porte

arbóreo y el consiguiente desarrollo de un horizonte edáfico rico en materia orgánica.

### METODOLOGÍA

Se consultaron los partes de incidencias registrados en el Servicio de Mantenimiento de Carreteras del Cabildo Insular, se realizaron encuestas a los vecinos de la zona y se reconocieron las ortofotos de los últimos 40 años, con el objeto de evaluar la frecuencia de las caídas de bloques. Así mismo, se analizaron las propiedades geotécnicas del horizonte edáfico para evaluar los posibles factores amplificadores de la peligrosidad.

### DATOS

El episodio más reciente del que se tiene noticia data del 16 de Noviembre de 2009. Después de una semana de lluvias intensas y persistentes, un bloque rocoso de basalto se desprendió del escarpe de El Bailadero (Anaga) y terminó impactando en la carretera regional TF-134, a la altura del PK 1+500 m. La colisión rompió el bloque en varios fragmentos y desencadenó la rotura y deslizamiento de un tramo de unos 15 m del terraplén sobre el que se apoyaba el vial. El bloque rocoso tenía unos 150 m<sup>3</sup> de volumen y un peso específico estimado entre 25 y 30 kN/m<sup>3</sup>. La diferencia de cota entre la carretera y el punto del que se desprendió el bloque es de 110 m, de los cuales, 25 m corresponden a escarpe vertical y 85 m a una ladera natural recubierta por una densa masa forestal.

La distancia recorrida por el bloque antes de impactar fue de 110 m, medidos en planta, y otros tantos después del impacto. Durante el primer recorrido, el bloque desprendido experimentó un deslizamiento traslacional a lo largo de la ladera, arrastrando consigo toda la vegetación existente en una franja de unos 20 m de ancho y una capa de unos 50 cm de un suelo. El efecto visual que produjo la traza del bloque era fue similar al de un cortafuegos abierto por el ser humano (Fig. 1).

El reconocimiento fotográfico del terreno muestra que este tipo de fenómeno es muy frecuente en las laderas de Tenerife más expuestas a la lluvia y, en concreto, en los macizos basálticos antiguos.

Además, se han reconocido procesos similares en otras islas volcánicas como Madeira, siempre en las zonas con mayores precipitaciones. En todos los casos, la foresta constituye una laurisilva de fayal-brezal (*Myrica fayae* y *Ericetum arboreae*) con un porte arbóreo entre 10 y 15 m de altura, mientras que el suelo se puede considerar como un manto de alteración rico en materia orgánica.



Fig. 1: Corredor abierto en la foresta por el deslizamiento traslacional de un bloque caído desde el escarpe rocoso de El Bailadero (Tenerife) el 16 de Noviembre de 2009.

#### INTERPRETACIÓN

Los ensayos geotécnicos de las muestras seleccionadas indican que el horizonte edáfico está formado por una arena limosa con arcillas, según la clasificación USCS, con unos valores de ángulo de fricción (27-34°) y cohesión (0-58 kPa) razonables para la granulometría obtenida. Sin embargo, la presencia de cierta cantidad de material arcilloso puede reducir la calidad geotécnica del conjunto. De hecho, la fracción fina se puede considerar como una arcilla de alta plasticidad (CH), según la carta de Casagrande. Además, el material presenta un índice de plasticidad significativo (24-37 %), una actividad alta (1,6-9), un índice de hinchamiento entre marginal y crítico (0,12-0,17 MPa), y un índice de compresión obtenido en el edómetro (0,11-0,34) propio de un material con una compresibilidad media a baja. Estos valores son indicativos de un cierto grado de plasticidad e hinchamiento que parece presentar el suelo. Este comportamiento no se ha podido atribuir a la presencia de minerales de la arcilla de origen volcánico potencialmente expansivos, ya que los análisis de rayos X practicados confirman la ausencia total de minerales de la arcilla. Sin embargo, la baja resistencia y la compresibilidad de este material se podrían justificar por la presencia de una abundante proporción de ácidos húmicos en la fracción arcillosa del suelo, lo cual es congruente con la existencia de una cobertera vegetal frondosa. Además, permite suponer procesos de hinchamiento del horizonte

edáfico durante la estación de lluvias, dando lugar a una fábrica isotropa y muy abierta, equiparable a la estructura floculada de los minerales de la arcilla.

El bloque rocoso se habría deslizado, ladera abajo, como consecuencia de una brusca reducción de la resistencia al esfuerzo de cizalla del suelo (19 a 66 kPa). Esta pérdida de resistencia se ha evaluado con el ensayo de resistencia al corte directo. La capa de alteración habría experimentado una pérdida de resistencia al superar el límite líquido. Este factor sería determinante para que el suelo adquiriese una consistencia semifluida y permitiese que el bloque rocoso permaneciera intacto y se deslizara con mayor facilidad a lo largo de la ladera, amplificando así el efecto destructivo del desprendimiento. La capa de suelo afectada por este proceso sería bastante limitada (<0,5 m), pero suficiente para que se deslizara el bloque entero a lo largo de la ladera. El resto del terreno mantuvo una consistencia entre plástica y semirrígida.

Otro posible factor determinante de la pérdida de resistencia sería el colapso estructural de la fracción fina del suelo. Este factor está pendiente de un estudio más detallado. El mecanismo sería similar al que se ha descrito recientemente para explicar los deslizamientos en los suelos arcillosos de Noruega (Khalidoun et al., 2009). Debido a la carga dinámica producida por el desprendimiento, se habría desencadenado el colapso brusco de la fábrica mineral isotropa y abierta (estructura floculada) y habría dado paso a una estructura densa y anisótropa (estructura dispersa) con las partículas del suelo orientadas en planos paralelos a la topografía. Esta fábrica habría favorecido el deslizamiento del bloque rocoso a favor de la ladera.

#### CONCLUSIONES

La peligrosidad de este tipo de procesos y la existencia de numerosos tramos de carretera que recorren los macizos basálticos antiguos, aconsejan una caracterización mineralógica y geotécnica más completa de los suelos de alteración de origen volcánico. Estos estudios más detallados permitirán comprender mejor el mecanismo de generación del proceso descrito en este trabajo, así como elaborar una cartografía de riesgos que sirva para mejorar la planificación territorial de los terrenos volcánicos.

#### Referencias bibliográficas

- Ancochea, E., Barrera, J.L., Bellido, F., Benito, R., Brändle, J.L., Cebriá, J.M., Coello, J., Cubas, C.R., De La Nuez, J., Doblas, M., Gómez, J.A., Hernán, F., Herrera, R., Huertas, M.J., López-Ruiz, J., Martí, J., Muñoz, M., Sagredo, J. (2004). Canarias y el vulcanismo neógeno peninsular En: *Geología de España* (J.A. Vera, ed.). IGME-SGE, Madrid, 637-671.
- Khalidoun, A., Moller, P., Fall, A., Wegdam, G., De Leeuw, B., Méheust, Y., Fossum, J. O. & Bonn, D. (2009). Quick Clay and Landslides of Clayey Soils. *Phys. Rev. Lett.*, 103.