

# MEGADESLIZAMIENTO ( *DEBRIS AVALANCHE?*) DEL FLANCO NORTE DEL VOLCÁN CACAHUATIQUE, MORAZÁN, EL SALVADOR

## MEGALANDSLIDE (DEBRIS AVALANCHE?) IN THE NORTH FLANK OF CACAHUATIQUE VOLCANO, MORAZAN, EL SALVADOR.

Roberto Protti

Geotest S.A. Apdo. 1291-2050, San Pedro, San José  
rprotti@geotestcentroamerica.com

(Recibido: 27/02/2013 ; aceptado: 26/11/2013)

**ABSTRACT:** A mega landslide, a probably debris avalanche type, affecting the north flank of Cacahuatique volcano in Morazán, El Salvador, is described in this paper. An estimated 6000 MCM (Million Cubic Meters) of volcanic materials slide from the northern slopes of Cacahuatique volcano to the Torola River left bank. The main landslide is 6 km wide by 5 km long and at least 200 m thick to produce a debris flow probably during late Pliocene to early Pleistocene. Most of the original landslide materials have been eroded by Los Reyes, Gualpuca, Grande and Torola rivers but some relicts still remain in the flow area like Cerro San Lucas (hummocky morphology). Geomorphologic and geological data are described to support the thesis of the mega landslide occurrence.

**Keywords:** Mega landslide, debris avalanche, Cacahuatique volcano.

**RESUMEN:** En este artículo se describe un mega deslizamiento, probablemente de tipo *debris avalanche*, localizado en el flanco norte del volcán Cacahuatique en el departamento de Morazán, república de El Salvador. Se estima que unos 6000 MMC (millones de metros cúbicos) de materiales volcánicos se deslizaron desde las laderas del flanco norte del volcán Cacahuatique hacia la margen izquierda del río Torola. El deslizamiento principal tiene 6 km de ancho por 5 km de longitud y unos 200 m de espesor original, deslizados probablemente hacia finales del Plioceno o inicios del Pleistoceno. La mayor parte de los materiales deslizados han sido erosionados por los ríos Los Reyes, Gualpuca, Grande y Torola, sin embargo persisten algunos relictos de la masa deslizada original como el Cerro San Lucas (morfología de *hummocks*). Se presentan y describen los datos geomorfológicos y geológicos que sustentan la tesis de la ocurrencia de este mega deslizamiento.

**Palabras clave:** Mega deslizamiento, *debris avalanche*, flujos de detritos, volcán Cacahuatique.

## INTRODUCCIÓN

Se encuentra en la literatura geológica referencias sobre la existencia de grandes deslizamientos en diferentes regiones del mundo. Tal es el caso de los mega deslizamientos que afectan al flanco Oeste del volcán Cumbre Vieja en la isla de La Palma que forma parte del archipiélago de Las Canarias (Paranás-Carayannis, 2002), y del deslizamiento de Seimareh en Irán (Zieaoddin & Ghayoumian, 1998), entre otros.

En Centroamérica, y específicamente en Costa Rica, se han identificado eventos de deslizamientos masivos de detritos (*debris avalanche*) asociados con la inestabilidad casi inherente de las laderas volcánicas en nuestro medio. Alvarado et al. (2004) describen depósitos de avalanchas cuyo volumen máximo es similar al que se describe en este artículo. Sin embargo, no existe referencia alguna en la literatura geológica de El Salvador que describa la probable ocurrencia de un mega deslizamiento que afectó las laderas del flanco norte del volcán Cacahuatique en el norte del departamento de Morazán, república de El Salvador.

Para efectos comparativos, el cuadro 1 muestra un listado de cinco de los mayores deslizamientos descritos y/o registrados en el planeta, cuyo volumen se ubica dentro del rango del que se describe en este artículo. La mayoría de estos deslizamientos son del tipo *debris avalanche*.

El caso que se describe en este artículo corresponde con un deslizamiento que podría clasificarse inicialmente como de tipo compuesto (Varnes, 1978), que se caracteriza por la presencia de muchos planos de falla de tipo rotacional, con

traslación de la masa deslizada, basculamiento de la estructura regional, desarrollo de estructuras de tipo *horts/graben*, un plano de falla de fondo de gran altura, y desarrollo de varios planos de falla secundarios de tipo cortante dentro de la masa deslizada. Este caso también podría calificarse como de tipo *debris avalanche*, término que describe flujos de materiales debido al colapso parcial o total de laderas usualmente volcánicas, y que no necesariamente ocurren en condición saturada (Alvarado et al., 2004), ni necesariamente están asociados a erupciones volcánicas. El volumen total de este deslizamiento se ha estimado en unos 6 km<sup>3</sup>.

El volcán Cacahuatique forma parte de la cadena de edificios volcánicos de edad Terciario superior que se extiende con rumbo noroeste a sureste en la parte norte de El Salvador, y que es paralela a la cadena volcánica activa de edad Cuaternario ubicada hacia la zona costera del pacífico salvadoreño.

Dentro de los macizos volcánicos Terciarios que conforman la cadena volcánica interior de El Salvador se destacan los cerros Masahuat, Pacho, Las Visiones, Guazapa, Ocotillo, Cacahuatique, Mirador y Ocotepeque, en donde el Cacahuatique es uno de los macizos volcánicos de mayor extensión y altura. El mapa de la figura 1 muestra la ubicación del macizo Cacahuatique en el noreste de El Salvador, zona norte del departamento de Morazán.

El estratovolcán Cacahuatique está conformado por espesas secuencias de rocas volcánicas de composición básica a intermedia, y sus componentes litológicos se correlacionan con la Formación Bálsamo, de edad Plioceno (MARN, 1978).

Cuadro 1

Algunos mega deslizamientos registrados en el Planeta

| Deslizamiento                                 | Volumen (km <sup>3</sup> ) | Referencia               |
|---|----------------------------|--------------------------|
| Monte Santa Elena, U.S.A.                     | 2,9                        | USGS, 2006               |
| Miravalles, Costa Rica                        | 6,0                        | Alvarado et al, 2004     |
| Flims, Suiza                                  | 9,1                        | Pollet et al., 2005      |
| Seimareh, Irán                                | 30                         | Zieaoddin, S. 1998.      |
| Cumbre Vieja, Isla La palma, Canarias, España | 200                        | Paranás-Carayannis, 2002 |

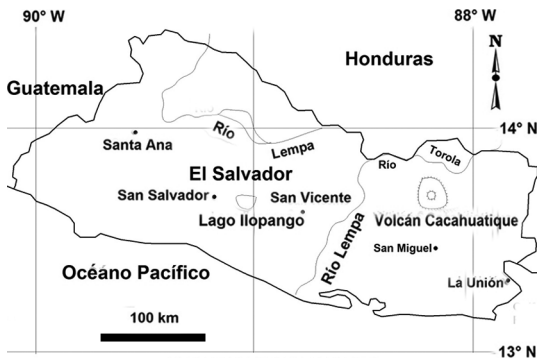


Fig. 1: Mapa de ubicación.

Sobre las laderas del flanco norte del macizo Cacahuatique se observa un escarpe o corona de fondo cóncava en dirección norte, de unos 6 km de longitud con dirección este-oeste, cuya altura es del orden de los 200 m y a partir de donde se extiende un depósito de materiales de aspecto coluvial caótico con bloques y mega bloques de rocas volcánicas englobadas en una matriz poco arcillosa. Estos depósitos se extienden hasta las laderas de la margen izquierda del río Torola cuyo cauce se ubica a unos 5 km al norte del escarpe de fondo del deslizamiento. Gran parte de la carretera longitudinal norte (Tramo 6) del Salvador fue construida a lo largo de la base de este deslizamiento.

## EVIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS

En la morfología del flanco norte del cerro Cacahuatique resalta una extensa corona de deslizamiento con un plano de fondo casi vertical de unos 200 m de altura que se caracteriza por la presencia de cascadas en el curso de todos los ríos y quebradas que drenan desde la zona alta del cerro así como de cauces colgados en la cara libre del escarpe (Figs. 3A y 3B).

El mapa de la figura 2, se muestra la topografía de esta parte del cerro Cacahuatique sobre la base cartográfica digitalizada Gotera a escala 1:50.000. Se observa claramente la corona y escarpe de fondo del mega deslizamiento que se extiende por una longitud de 6 km desde el área

de San Simón hasta unos 3 km antes de Osicala.

En dirección norte con respecto a este escarpe, el relieve se caracteriza por su aspecto caótico, en donde se observan lomeríos dispersos y morfología con formas onduladas de tipo *horst/graben* (morfología de tipo *hummucks*) que han sido correlacionadas con la zona de flujo del deslizamiento. Sobre la zona de flujo se observa espesos depósitos coluviales de aspecto caótico compuestos por bloques de granulometría heterogénea, de composición volcánica, angulosos, y englobados dentro de una matriz suelta de bajo contenido arcilloso. Los materiales coluviales en el área de flujo del deslizamiento, constituyen zonas de inestabilidad casi permanentes principalmente en los taludes de los cauces fluviales y durante la estación lluviosa de cada año. Deslizamientos locales se presentan con frecuencia anual en las zonas aledañas al cauce del río Gualpuca y a lo largo de los taludes superior e inferior de la carretera longitudinal norte (Fig. 2).

Las figuras 3C y 3D muestran panorámicas del escarpe de fondo en donde se observa la morfología original de las laderas del sector noreste del cerro Cacahuatique. Particularmente hacia el fondo de la figura 3C es posible observar la pendiente original del flanco norte del cerro en el extremo este del escarpe de deslizamiento, es decir, de la zona que no fue afectada por este proceso.

Las laderas del flanco norte del cerro Cacahuatique están conformadas por secuencias de rocas y materiales de origen volcánico dentro de las que se identifican capas de tobas y aglomerados volcánicos, tobas de composición pumítica, y derrames de lavas de composición basáltica con estructura columnar. Todos estos materiales muestran una pseudo estratificación con buzamiento singenético en dirección norte en las partes del macizo que no han sido afectadas por el proceso de mega deslizamiento, sin embargo, hacia la zona de flujo y la base del escarpe de fondo estos materiales muestran anomalías en su dirección de buzamiento que indican basculamiento en dirección contraria a la dirección original de emplazamiento, es decir, en dirección sur.

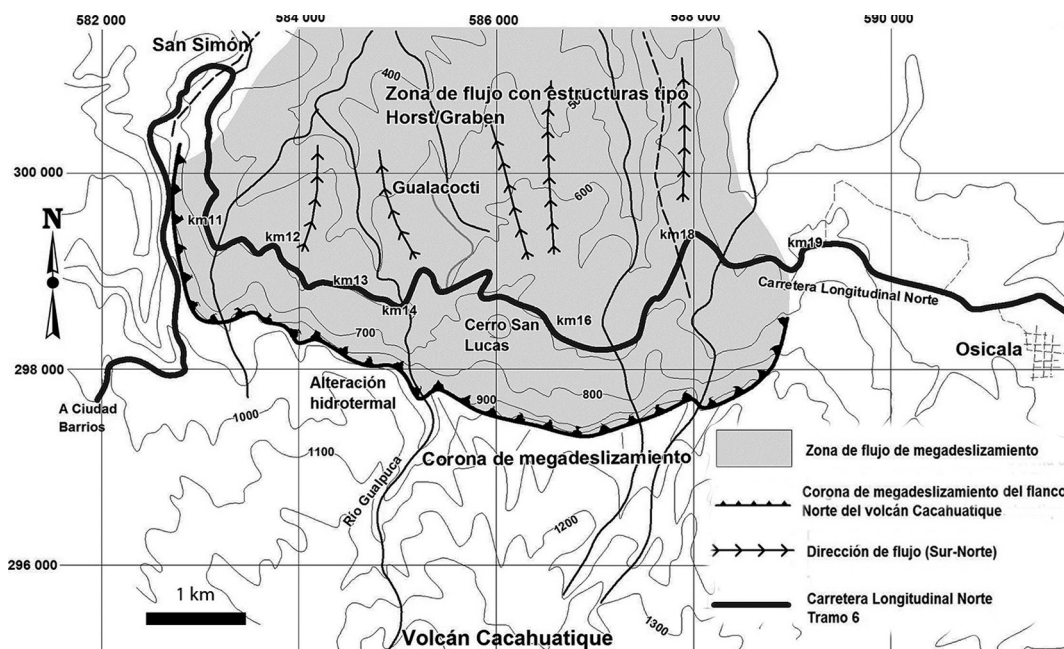


Fig. 2: Cartografía del deslizamiento.

En las figuras 3E y 3F se observa el aspecto de las rocas que conforman el área afectada por el mega deslizamiento, y como dichas rocas y materiales muestran pseudo buzamiento originado durante su emplazamiento. Los afloramientos en las fotografías se encuentran basculados en dirección sur, es decir, en dirección contraria a la de su emplazamiento.

Asimismo, la figura 3G muestra lavas con textura fluidal ubicadas hacia la base del escarpe de fondo y que se encuentran basculadas en dirección contraria al escarpe. Esta condición evidencia que grandes bloques de las laderas de flanco norte del cerro Cacahuatique se deslizaron y bascularon en dirección sur.

Las capa de tobas y sedimentos de la figura 3H, se ubican en una cantera sobre la margen izquierda del río Gualpuca. Estas capas muestran no solo aspecto caótico sino que también se encuentran basculadas en dirección contraria a su dirección original de emplazamiento sobre las laderas del flanco norte del cerro.

La fotografía de la figura 4A muestra una vista del cerro San Lucas, el cual se ha interpretado como una de las mayores estructuras tipo *Horst* o bloque con morfología *hummocks* presentes en varios sitios de la zona de flujo de este deslizamiento,

y la fotografía de la figura 4B muestra claramente el escarpe de fondo del deslizamiento con parte de la zona de flujo en la base del escarpe.

El origen del mega deslizamiento puede estar asociado a la debilitación de la masa rocosa en este sector del volcán debido a la profunda alteración hidrotermal que se observa en las rocas en la parte superior del escarpe de fondo. Estas alteraciones están asociadas a cuerpos intrusivos de composición básica (Fig. 5).

## CONCLUSIONES E INTERPRETACIÓN DEL MEGA DESLIZAMIENTO

Las evidencias geomorfológicas y geológicas descritas en este artículo fueron utilizadas para interpretar que una sección de aproximadamente 6 km de ancho por 5 km de longitud y unos 200 m de espesor de las laderas del flanco norte del cerro Cacahuatique, se deslizaron en dirección norte hacia el valle del río Torola. Este fenómeno originó un escarpe que actualmente es el rasgo geomorfológico más relevante en esta región, y una zona de depósitos de flujos de tipo coluvial de aspecto caótico que cubre un área del orden de los 30 km<sup>2</sup>.

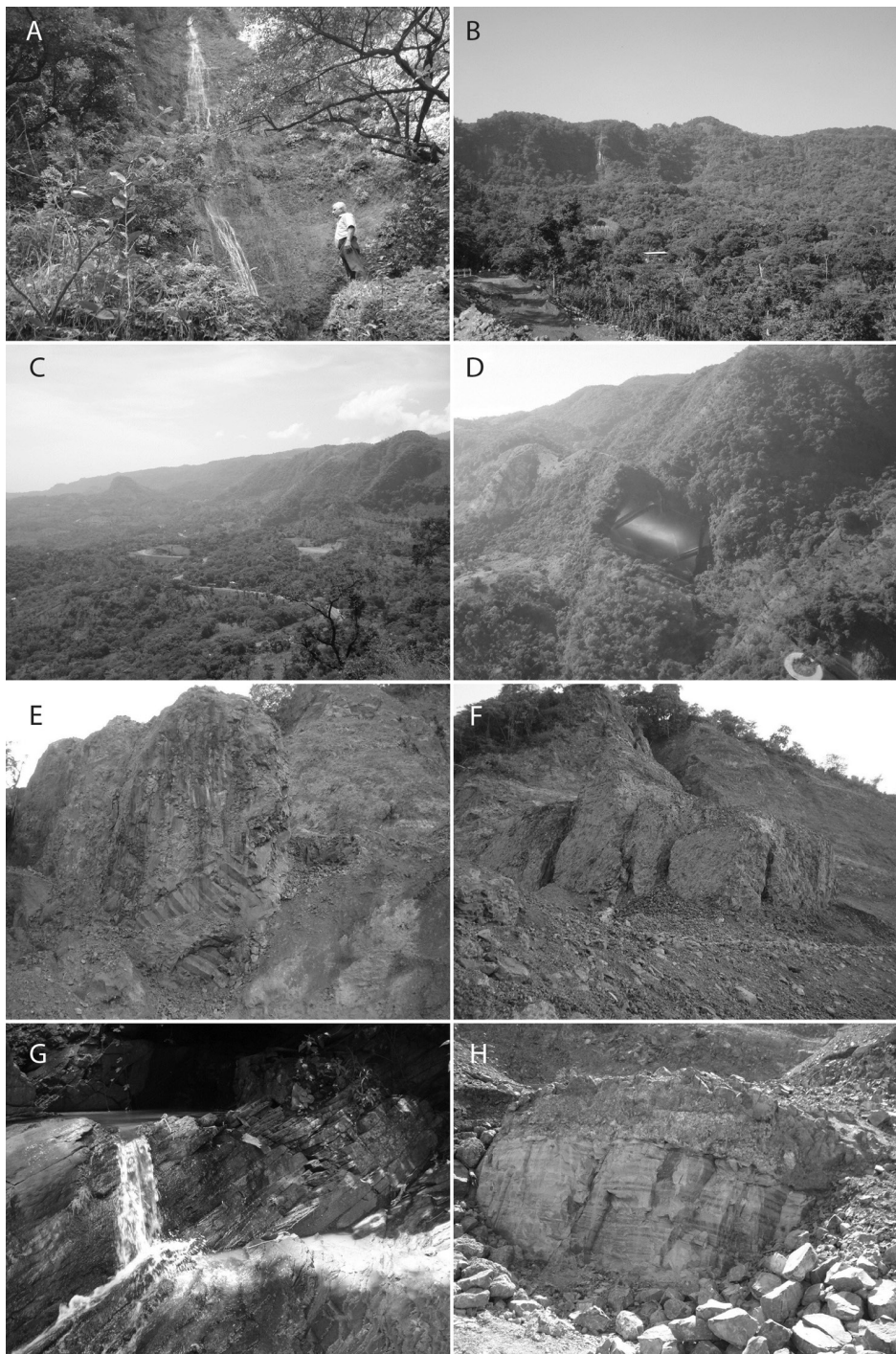


Fig. 3: A. escarpe de fondo del deslizamiento; B. panorámica del escarpe; C. Panorámica de la zona de flujo. Se observa el bloques del cerro San Lucas (*Hummuck?*); D: Escarpe de fondo. Vista del plano de falla; E. Ignimbritas basculadas. Gualpuca; F. Toba e ignimbrita basculadas hacia el sur; G. Lavas basculadas contraladera al pie del escarpe de fondo; H. tobas y sedimentos basculados contraladera. Tajo Gualpuca.

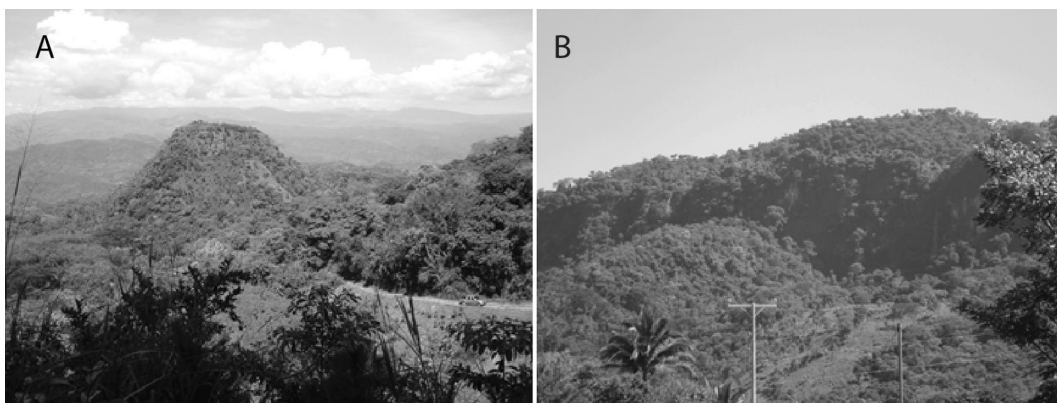


Fig. 4: A. Cerro San Lucas. Bloque simplemente deslizado por unos 500 m desde su posición original; B. Escarpe de fondo con cascadas y valles colgados a lo largo del escarpe de fondo.

La figura 5 contiene un perfil transversal en dirección norte a sur en donde se muestra las características del mega deslizamiento que afecto a este sector del flanco norte del volcán Cacahuatique, sin que las evidencias de campo indiquen que este fenómeno ocurrió como consecuencia de actividad volcánica en este macizo. La zona de flujo no contiene materiales de tipo piroclástico que evidencien este tipo de actividad.

El ancho medio (A) de la zona de flujo es de 6 km, la longitud de flujo (L) es de 5 km y el espesor medio (E) observable del flujo o avalancha de

detritos procedentes del colapso del flanco Norte del volcán Cacahuatique es de unos 200 m (0,2 km). Así, se calculó que el volumen de materiales deslizados en este caso es de:

$$\text{Volumen} = A \times L \times E = 6 \times 5 \times 0,2 = 6 \text{ km}^3$$

Las dimensiones estimadas para el deslizamiento (*debris avalanche*) Cacahuatique, es decir, 6000 millones de metros cúbicos, permite ubicar a este deslizamiento dentro de los más grandes descritos en la literatura geológica de América Central.

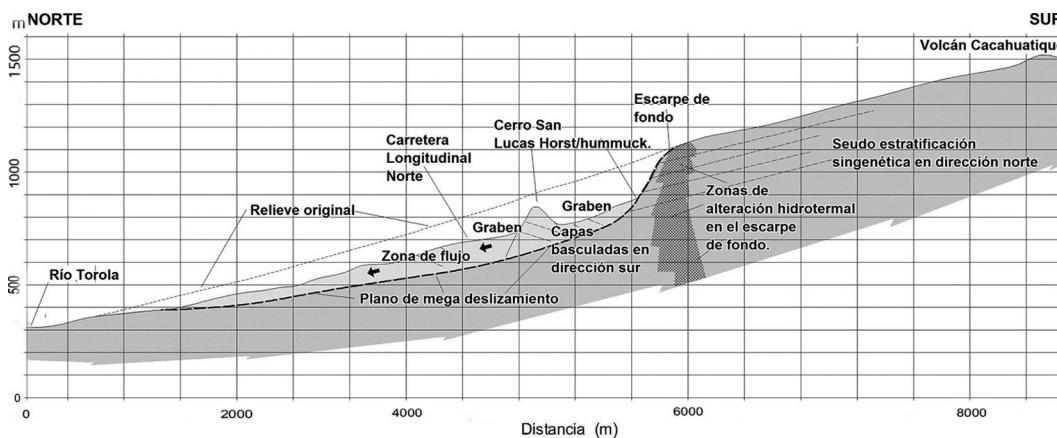


Fig. 5: Perfil transversal en dirección norte sur del flanco norte del cerro Cacahuatique.

La mayor parte de la masa deslizada ha sido erosionada, sin embargo aún persisten algunos relictos de las laderas originales del flanco norte del volcán Cahahuatique en forma de cerros aislados con estructura tipo horst/graben o bloques tipo *hummocks* de decenas de metros de altura dentro de la zona de flujo. Tal es el caso del cerro San Lucas de unos 150 m de altura, que se observa en el mapa de la figura 2 y en las figuras 3C y 4A. Este bloque conserva la estratigrafía original del macizo del que se desprendió y fluyó ladera abajo por aproximadamente 500 m.

La edad de este deslizamiento no ha sido determinada, sin embargo, dado que los materiales y rocas más jóvenes presentes en la zona superior del escarpe de fondo corresponden con rocas de la Formación Bálsamo de edad Plio-Pleistoceno, se deduce que el deslizamiento descrito ocurrió con posterioridad a esa datación.

El objetivo de este artículo es presentar a la comunidad geocientífica de Centroamérica las evidencias que indican la ocurrencia de grandes deslizamientos masivos del tipo compuesto o de tipo *debris avalanche* en el área del flanco Norte del volcán Cahahuatique en la República de El Salvador. Evidentemente falta mucho por investigar, en particular sobre los posibles mecanismos disparadores de este evento cuyo aspecto sugiere que el mismo ocurrió súbitamente y sin presencia de actividad volcánica como mecanismo disparador. La clasificación del tipo de deslizamiento en este caso es una cuestión que está aún por resolverse.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, G., VEGA, E., CHAVES, J. & VÁSQUEZ, M., 2004: Los grandes deslizamientos (volcánicos y no volcánicos) tipodebris *avalanche* en Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 30: 83-99.
- MARN, 1978: (MARN) Mapa geológico de El Salvador.- Mapa escala 1:100 000, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - Misión Alemana, San Salvador.
- PARANAS-CARAYANNIS, G., 2002: Evaluation of the threat of mega tsunami generation from postulated massive slope failures of island volcanoes on La Palma, Canary Island, and on the island of Hawaii.- Sci. Tsunami Hazards, 20(5): 251-277.
- POLLET, N., COJEAN, R., COUTURE, R., SCHNEIDER, J-L., STROM, A.L., VOIRIN, C. & WASSMER, P., 2005: A slab-on-slab model of the Flims rockslides (Swiss Alps).- Canadian Geotechnical J. 42(2):587-600.
- USGS, 2006: Mount St. Helen from the 1980 eruption to 2000.- USGS Fact sheet 036-00.
- VARNES, D.J., 1978: Slope movement types and processes.- En: SCHUSTER, R.L. & KRIZEK, R. J. (eds): Special Report 176: Landslides: Analysis and Control.- Transportation and Road Research Board, Nat. Acad. Sci. Washington D.C.: 11-33.
- ZIEAODDIN, S. & GHAYOUMIAN, J., 1998: The largest debris flow in the world, Seimareh landslide, Western Iran.- Environ. Forest Sci. 54: 553-561.



