

**MAPA DE DESPRENDIMIENTOS DE TIERRA Y SUS
CORRESPONDIENTES EFECTOS CORRIENTE ABAJO
OCASIONADOS POR EL HURACÁN MITCH EN DIVERSAS PARTES
DE LOS CUADRÁNGULOS DE LA FUNDADORA, EN NICARAGUA**

Este mapa corresponde a una de siete áreas de Nicaragua afectadas por flujos de escombros y desprendimientos de tierra ocasionados por las lluvias torrenciales que se produjeron al paso del huracán Mitch en octubre de 1998. Estos mapas son un registro de la actividad de los desprendimientos de tierra en áreas de geología, geomorfología, microclimas y vegetación diversas. Cuando estos inventarios se combinan con información sobre las características físicas de los materiales del manto que cubre la pendiente de las colinas, la forma y gradiente de éstas y las características de la precipitación pluvial, se pueden usar como base para evaluar la susceptibilidad al desprendimiento de tierra de áreas similares.

El término "desprendimiento de tierra" se refiere a todo tipo de fallas en las pendientes, como son los flujos de tierra lentos, los desprendimientos de traslación y de rotación (Cruden y Varnes, 1996; Varnes, 1978) y los flujos rápidos de escombros. La mayoría de los desprendimientos de tierra que cartografiamos (95%) son flujos de escombros. El flujo de escombros es un rápido desplazamiento pendiente abajo de lechada viscosa formada por materiales cuyo tamaño es como máximo el de un canto rodado contenidos en una matriz de lodo (Varnes, 1978; Pierson y Costa, 1987). Los flujos de escombros se originan en desprendimientos de tierra de traslación o rotación que al desplazarse se convierten en lechadas lodosas. Se forman también por la erosión concentrada de material que se encuentra en la superficie debida al escurrimiento. El flujo de escombros generalmente se presenta después de periodos de lluvias intensas. Debido a su recorrido por las laderas y canales pendiente abajo, los flujos de escombros pueden aumentar considerablemente su volumen al ir incorporando material coluvial, material que rellena el canal y agua. La adición de un volumen de agua abundante en relación con su contenido de sedimentos también puede dar como resultado la disolución del flujo de escombros, el cual adquiere así la consistencia de un proceso aluvial. Los flujos de escombros dan pocas señales de advertencia y tienen capacidad para transportar materiales de grandes dimensiones, por largos recorridos en pendientes relativamente moderadas, así como la de generar cantidades de movimiento y fuerzas de impacto que pueden causar una destrucción considerable. Debido a estas características, la mitigación de los riesgos del flujo de escombros puede resultar más difícil que la mitigación de los riesgos de las inundaciones. La mayoría de los daños y muertes ocasionados por los desprendimientos de tierra durante el paso del huracán Mitch fueron consecuencia de los flujos de escombros.

Los flujos de tierra lentos son el otro tipo de desprendimiento de tierra que se describe en este informe. Los flujos de tierra son movimientos masivos que se producen en pendientes moderadas, cuando existe la humedad adecuada en suelos plásticos de grano fino, así como en suelos rocosos que están sobre una matriz de limo-arcillosa. Este tipo de desprendimiento de tierra podría ser uno de los principales agentes de la erosión de diversas áreas y aportan grandes cantidades de sedimentos a arroyos y ríos. Los flujos de tierra se desplazan durante breves periodos de movimientos esporádicos, pero también lo hacen en periodos de movimiento permanente y relativamente constante, por lo general como

consecuencia de precipitaciones pluviales por arriba del promedio; son también consecuencia de otras perturbaciones tales como temblores, graduación e irrigación (Keefer y Johnson, 1983; Skempton y otros, 1989). El desplazamiento de la mayoría de los flujos de tierra lentos se produce básicamente como un deslizamiento sobre una superficie de cizalla basal bien definida, acompañada por una deformación interna del material del flujo de tierra. Si bien estos profundos desprendimientos de tierra tienen la capacidad para producir daños a infraestructura y casas, normalmente no fallan de manera catastrófica.

Procedimiento Cartográfico

Para realizar el levantamiento cartográfico de los desprendimientos de tierra mostrados en esta ilustración se utilizaron las fotografías aéreas tomadas entre el 4 y el 19 de diciembre de 1998. La toma de las fotografías aéreas forma parte del programa "Open Skies" de la Agencia de la Defensa para la reducción de las amenazas (de los EE.UU.) (<http://mitchnts1.cr.usgs.gov/data/aerial.html>). Para las siete áreas de estudio se contó con fotografías a escala de 1:60,000; para ciertas porciones de las áreas de estudio de Matagalpa y Jinotega/San Rafael del Norte se utilizaron también fotografías con escala de 1:30,000.

Como mapas base para el levantamiento cartográfico de los desprendimientos de tierra se utilizaron imágenes digitalizadas de mapas topográficos digitalizados (DRG por sus siglas en inglés) de cuadrángulos a escala de 1:50,000, los cuales fueron proyectados al sistema Mercator Transversal. Para el cartografiado de desprendimientos de tierra y sus efectos correspondientes en los drenajes corriente abajo y en la periferia de éstos, primero se les identificó en las fotografías aéreas utilizando un estereoscopio de espejo. El área visible de las fotografías aéreas que resultó afectada por desprendimientos de tierra se graficó manualmente a través de la inspección de los mapas base. En algunos casos, los mapas base se aumentaron a una escala de 1:25,000 con objeto de facilitar el levantamiento cartográfico. La ubicación de los desprendimientos de tierra cartografiados con este procedimiento tienen una precisión estimada en unos 200 m.

Se llevó a cabo una verificación limitada de la cartografía de los desprendimientos de tierra mediante reconocimientos de campo que tuvieron lugar del 25 de abril al 6 de mayo de 2000. Debido a la considerable extensión de las áreas de estudio y a las dificultades para el acceso, sólo fue posible visitar unas cuantas áreas reducidas. Se estima que en total, en algunas áreas de estudio apenas se visitó el 5% de los desprendimientos de tierra, en tanto que en otras se visitó como máximo el 40% de los desprendimientos. Estos reconocimientos se aprovecharon para cartografiar la ubicación y magnitud de algunos desprendimientos que quedaron excluidos del área cubierta por las fotografías aéreas. En este levantamiento cartográfico se muestran sólo aquellos aspectos que pudimos observar, por lo que no se le puede considerar como representativo de toda la actividad de desprendimientos de tierra del área.

Concluida la verificación de campo, el área afectada por los desprendimientos de tierra se digitalizó manualmente. A continuación se consignaron los datos digitalizados en el mapa base DRG en Arc/Info. Se digitalizó también el sitio donde se inició cada uno de los desprendimientos de tierra. Los mapas finales tienen una escala de 1:50,000.

Por cada área de estudio se compiló información geológica disponible en escala de 1:50,000. Para ello se recurrió a archivos digitales o a imágenes digitalizadas de mapas geológicos que fueron proporcionados por INETER. La comparación entre los sitios en los que se iniciaron los desprendimientos de tierra y los mapas geológicos existentes permite identificar las unidades geológicas que tienen mayor susceptibilidad a la actividad del desprendimiento de tierra, suponiendo que las condiciones de precipitación pluvial sean equivalentes a las del huracán Mitch. Por cada área de estudio se calculó el índice de

susceptibilidad relativa de cada una de las unidades geológicas. Para ello se dividió el número de ubicaciones en donde se originaron los desprendimientos de tierra en las unidades geológicas, entre la extensión aérea de la unidad del área de estudio respectiva.

Limitaciones de la Cartografía

La reducida escala de las fotografías aéreas impide la identificación de la ubicación en donde tuvo lugar la transición entre las áreas fuente del flujo de escombros y las trayectorias del flujo, así como la ubicación de las transiciones entre flujo de escombros y deslaves. Debido a lo anterior, al cartografiar los flujos de escombros se representaron éstos extendiéndose desde las áreas fuente hasta el punto más distante corriente abajo afectado por los procesos de flujo, tanto por deslaves como por el flujo de escombros. Asimismo, aunque es posible diferenciar entre los flujos de escombros y los flujos de tierra lentos, la escala de las fotografías aéreas utilizadas para el levantamiento cartográfico no permite distinguir los diversos tipos de desprendimientos de tierra que se convirtieron en flujos de escombros. En los mapas se indican también aquellas áreas que aparecen oscurcidas por nubes en las fotografías aéreas. Aún cuando existe la posibilidad de que en estas áreas se hayan producido desprendimientos de tierra, no fue posible cartografiarlas. Cuando un desprendimiento de tierra quedó parcialmente oscurecido por la presencia de árboles, sombras o nubes, se cartografió únicamente lo que estaba visible. Finalmente, el área afectada por cada desprendimiento de tierra se representó en el mapa rellenando un polígono de color que permitiera representar lo mejor posible su forma y tamaño. Como cada una de las características se representa con una línea que tiene el grosor de la mina de un lápiz, es posible que las dimensiones de características pequeñas resulten un poco exageradas.

Agradecimientos

La Agencia para el Desarrollo Internacional de los EE.UU. (USAID, por sus siglas en inglés) aportó los fondos necesarios para la realización de este estudio. Este trabajo se realizó con la colaboración del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y el Grupo Internacional de Geología del U. S. Geological Survey (Investigación geológica de los Estados Unidos).

Referencias

- Cruden, D.M. and Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, *in* Turner, A.K., and Schuster, R.L., eds., *Landslides-investigations and mitigation: Washington D.C.*, National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Keefer, D.K., and Johnson, A.M., 1983, Earth flows—Morphology, mobilization and movement: U.S. Geological Survey Professional Paper 1264.
- Pierson, T.C., and Costa, J.E., 1987, A rheologic classification of subaerial sediment-water flows, *in* Costa, J.E., and Wiczorek, G.F., eds., *Debris flows/avalanches-process, recognition, and mitigation: Geological Survey of America, Reviews in Engineering Geology*, v. 7, p. 1-12.
- Skempton, A.W., Leadbeater, A.D., and Chandler, R.J., 1989, The Mam Tor landslide, north Derbyshire: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A329, p. 503-547.
- Varnes, D.J. 1978, Slope movement types and processes, *in* Schuster, R.L., and Krizek, R.J.

eds., Landslides—Analysis and control: Washington D.C., National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 176, p. 12-33.

Este es un reporte preliminar y no se ha revisado su cumplimiento con los estándares editoriales de la U.S. Geological Survey o del Código Estratigráfico Norteamericano. Cualquier uso de los nombres comerciales, de productos o de empresas sólo tiene finalidades de descripción y no implica patrocinio por parte del gobierno de los Estados Unidos

La cobertura ARC/INFO y el archivo PDF de este mapa están disponibles en: <http://geology.cr.usgs.gov/greenwood-pubs.html>