

LOS DESLIZAMIENTOS GENERADOS POR EL TERREMOTO DE LIMON, 1991

Ingrid Vargas. Glenn Hyman. Alvaro Burgos. Sergio Velasquez

Summary: Landslides generated by the 1991 Limon earthquake were mapped from Landsat Thematic Mapper satellite imagery. A hard copy of a May 14, 1992 image was used to trace landslide scars on acetate paper. The acetate was digitized on a scanner and imported into a Geographic Information System (GIS) for processing. Over 100 square kilometers of tropical rainforest was affected by earthquake-triggered landslides. It is estimated that approximately 2 million cubic meters of biomass and 1.5 million cubic meters of sediment was delivered to the stream channel and riparian areas. The full implication of the spatial distribution of landslide damage has yet to be determined. There does seem to be some relation with slope gradient although many steep areas close to the epicenter were not affected. The great majority of landslides were located near the Fila Matama and could be related to the Rio Blanco geological fault where the greatest elevation displacements were found.

Introducción

El 22 de abril de 1991 en la zona Atlántica de Costa Rica ocurrió un terremoto de magnitud $M_s=7,5$ (Red Sismológica Nacional, 1991). Los resultados fueron entre otros, una gran área afectada por la generación de deslizamientos y la pérdida de un gran volumen de biomasa. Además, causó gran impacto en las desembocaduras de los principales ríos de la región por el transporte de sedimentos. Las zonas más dañadas fueron: la Fila Matama, el Río Barbilla y Chirripó principalmente en la parte media, la cuenca alta del Río Duruy y el Cerro Kus. Los objetivos del presente trabajo fueron mapear la distribución de los deslizamientos, estimar los movimientos de sedimentos y la pérdida de biomasa, y analizar algunos efectos de los deslizamientos en las cuencas hidrográficas de la vertiente Atlántica de la Cordillera Talamanca.

Materiales y métodos

El trabajo consistió en una foto interpretación de la zona utilizando la imagen en formato pictórico LANDSAT4-TM adquirida el 14 de mayo de 1992, con una composición en falso color, que permite establecer límites tierra-agua, además de analizar las condiciones del suelo y la vegetación, también se logran distinguir las características geomorfológicas y los rasgos en las estructuras geológicas regionales. En azul se representa la banda del visible, en rojo la del infrarrojo cercano y en verde el infrarrojo medio. La escala es 1: 100 000, con una resolución de 25m x 25m y la cobertura de nubes inferior al 1 %.

Las áreas afectadas por los deslizamientos y los ríos de la zona fueron trazados sobre una lámina de acetato. Los elementos que facilitaron la identificación de las áreas desprovistas de vegetación y de suelos fueron los rasgos geomorfológicos, tales como: accidentes en la topografía, textura, color y la tonalidad de las áreas alteradas.

Las láminas de acetato fueron digitalizadas utilizando un "scanner" óptico de formato

grande. Después los datos fueron importados a los dos paquetes de sistema de información geográfica PCI EASI/PACE y ARC/INFO. Se hizo la georeferenciación utilizando las herramientas para procesar imágenes en PCI. Se utilizaron las confluencias de los ríos como puntos de control para georeferenciar el mapa digital. Se hizo un ajuste "rubber sheeting" utilizando una interpolación bilineal para preparar el mapa final.

Una vez georeferenciada, se hizo una transformación "raster to vector" para analizar el mapa de deslizamientos con otros datos geográficos. Se unieron los polígonos de deslizamientos a mapas digitales de curvas de nivel (escala 1:200 000), el epicentro del terremoto, los límites de cuencas hidrográficas, y un índice de mapas de escala 50.000. El mapa fue impreso en una impresora de inyección de tinta de color.

Se presentan gráficas mostrando la relación entre el caudal y las concentraciones de sedimentos para las cuencas hidrográficas de los ríos Pacuare, Barbilla, y Telire. Desafortunadamente, la estación fluviográfica del Río Chirripó, la cual experimentó la mayor cantidad de deslizamientos, fue destruida por los efectos del terremoto y sus réplicas.

Resultados

Se calculó una área de 100.37 kilómetros cuadrados de tierra afectada por los deslizamientos. Aunque es posible que las pocas áreas de la imagen con nubes presentaron deslizamientos, es poco probable dado que las áreas adyacentes no están afectadas. La imagen del presente estudio fue tomada un año después del terremoto y es posible que se diera un crecimiento de vegetación durante ese período. No obstante esto no se presentó porque un reconocimiento de campo ejecutado dos años después del terremoto demostró que muy poca regeneración había ocurrido (Carlos Picado, comunicación personal). Además, no hay una aparente clase espectral entre el bosque primario y las áreas de deslizamientos; algo que sugiere que hubo poco crecimiento de vegetación. La cifra de 100.37 kilómetros cuadrados es de 40 kilómetros cuadrados menos que otra estimación hecha con fotografías aéreas (Vahrson et al. 1992). Se necesita investigar la diferencia en la cifra del presente estudio y la de Vahrson y otros (1992) para determinar las razones para tan considerable diferencia en las estimaciones. Desafortunadamente el estudio de Vahrson no describe la metodología para hacer el mapa.

Basado en la área afectada por deslizamientos se estima que 2 millones de metros cúbicos de biomasa, y 1.5 millones de metros cúbicos de sedimentos fueron entregados al sistema de drenaje o a las áreas marginales. La cantidad de sedimentos entregada al sistema de drenaje fue calculada asumiendo que había un perfil de suelos y regolita de 2 metros de profundidad y que 75 por ciento llegó a los canales de los ríos.

Las gráficas de concentraciones de sedimentos antes y después del terremoto muestran que en el mismo caudal había aumentos de las concentraciones de hasta dos órdenes de magnitud. En general hay menos relación entre el caudal y concentraciones de sedimentos después del terremoto.

Discusión

La pérdida en la cobertura vegetal es el resultado de la generación de deslizamientos.

causados por factores tales como: las características litológicas-geotécnicas, estructurales, geomorfológicas y climáticas (principalmente precipitación), y las propiedades de los eventos disparadores (sismos), tipo de ruptura de las fallas, propagación de ondas sísmicas, y otros.

El mayor número de deslizamientos se produjo en la Fila Matama, causados posiblemente por la activación de la Falla Superficial del Río Blanco la cual posee una dirección N43°E y una longitud de 2.2 km (Denyer et al, 1994). Este falla es la responsable de los mayores desplazamientos verticales registrados en toda la región afectada por el terremoto.

Hay muy pocos datos sobre precipitación en la zona, lo cual hace difícil saber el contenido de humedad de suelos antes del terremoto. En otro estudio no se ha encontrado una relación entre las áreas afectadas y la litología de las rocas (Chacón, 1993). El mapa indica que los deslizamientos ocurrieron en las pendientes fuertes. Sin embargo, la falta de deslizamientos en pendientes igualmente fuertes y más cerca al epicentro sugiere que el ángulo de las pendientes no es el único control. Los deslizamientos generados por el terremoto aumentaron las concentraciones de sedimentos en 2 órdenes de magnitud. Las gráficas de las concentraciones de sedimentos y caudal demuestran que habrá dificultades derivando una curva de descarga de los sedimentos después del terremoto. Dado que muchas laderas todavía no han recuperado su vegetación 4 años después del terremoto, lo que hace probable que el aumento en las concentraciones de sedimentos continuará por algunos años más.

Literatura citada

- Amador, J. A. R.E. Chacón, O.G. Lizano. 1994. Estudio de efectos geofísicos del terremoto de Limón mediante percepción remota y análisis hidrometeorológico. Revista Centroamericana de Geología. Volumen Especial: El Terremoto de Limon. pp. 153-171.
- Chacon, Teresita. 1993. Estabilidad de laderas y el impacto del terremoto de Limon. Tesis de Grado. Heredia: Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.
- Denyer et al. 1994. Esfuerzos y paleo-esfuerzos de la cuenca de Limon. Revista Geologica de America Central. Volumen Especial: Terremoto de Limon. pp. 39-52.
- Mora, S., R. Mora. 1994. Los deslizamientos causados por el terremoto de Limon: factores de control y comparación con otros eventos en Costa Rica. Revista Geológica de América Central. Volumen Especial: El Terremoto de Limon. pp. 139-153.
- Red Sismologica Nacional. 1991. Datos e información preliminar sobre el sismo de Telire-Limon, 22 de abril de 1991 (MI=7.5) y sus réplicas. Archivos y datos inéditos.
- Vahrson, Wilhelm-Gunther, Sadi Laporte M., Gonzalo Hernández R., Lidier Esquivel V. 1992. Hydrological changes and floods related to the April 22, 1991 earthquake in Limon, Costa Rica. Heredia: Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.